

## Qué hacer en el trauma del plexo braquial. Conceptos actuales

### What to do in the brachial plexus trauma. Current concepts

Enrique Vergara-Amador<sup>1</sup>

#### Resumen

*La cirugía de plexo braquial ha mejorado sustancialmente los resultados en las lesiones del mismo. Desde el advenimiento de la microcirugía y sus técnicas se han desarrollado múltiples opciones en el tratamiento quirúrgico, que con un cirujano especializado en estas lesiones e interviniendo en el momento adecuado han logrado mejorar el pronóstico. Existen diferentes técnicas usando injertos nerviosos, transferencias nerviosas dentro del mismo plexo o por fuera de él. El momento ideal de cirugía para esperar buenos resultados es hasta los 6 meses del trauma.*

**Palabras clave:** plexo braquial, nervio accesorio, nervio cubital.

#### Abstract

*Brachial plexus surgery has substantially improved outcomes in brachial plexus injuries. Since the appearance of microsurgical techniques have been developed several surgical treatment options than with a surgeon specializes in these injuries and intervening at the right time, have improved the prognosis.*

*There are different techniques using nerve grafts, nerve transfers within the same plexus or extra plexus. The ideal time for successful result is up to 6 months of trauma.*

**Keywords:** brachial plexus, nerve transfer, ulnar nerve.

Fecha de recepción: 24 de agosto de 2014  
Fecha de aceptación: 5 de octubre de 2014

<sup>1</sup> MD. Profesor de Ortopedia y Traumatología. Cirujano de mano y plexo braquial. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C. (Colombia).

**Correspondencia:** Enrique Vergara - Amador. Unidad de Ortopedia. Servicio de mano y plexo braquial. Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina. Ciudad Universitaria. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D. C. (Colombia). Tel. (571) 2876773-2870630. [enriquevergaramd@gmail.com](mailto:enriquevergaramd@gmail.com), [emvergaraa@unal.edu.co](mailto:emvergaraa@unal.edu.co)

## INTRODUCCIÓN

El trauma del plexo braquial tiene efectos catastróficos para el paciente, lo cual altera totalmente la estabilidad familiar, social y laboral, que lo llevan muchas veces a problemas de depresión severa y algunas veces con ideas de suicidio.

En general ocurre en la población joven, laboralmente activa y asociado con frecuencia a accidentes en moto (1, 2). En Colombia no existen estadísticas, pero se puede calcular que alrededor del 90 % de las lesiones de plexo braquial tiene como causa un accidente de motocicleta (2).

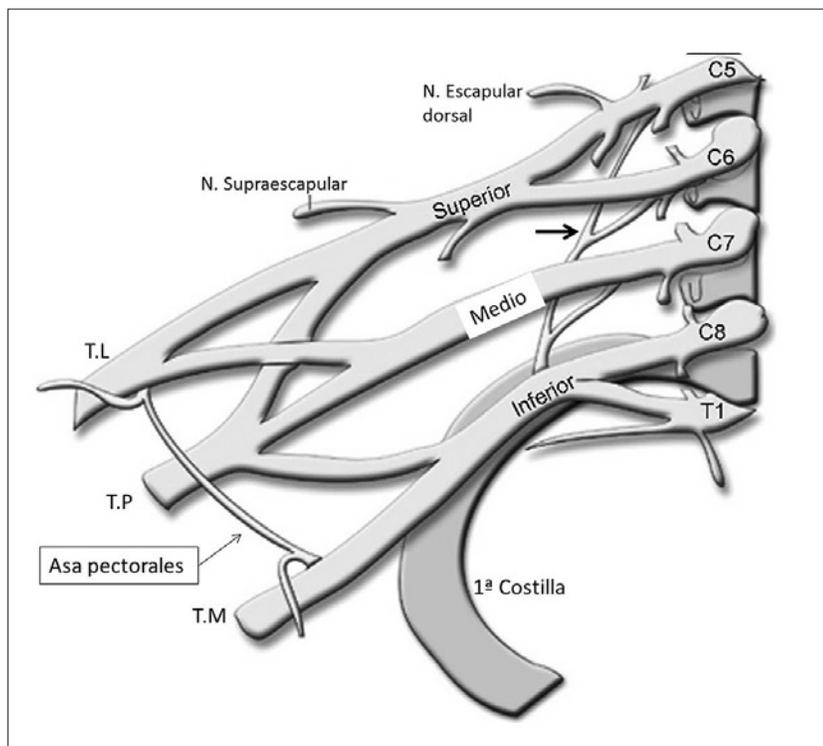
Antes de la década del 80 estas lesiones conducían a una pérdida funcional importante, y muchas veces a indicación de amputación del

miembro superior paralítico. Hoy en día, con el desarrollo de la microcirugía, instrumental y técnicas quirúrgicas se pueden conseguir resultados satisfactorios para la funcionalidad e integración del paciente. Existe aún un amplio campo de trabajo en la parte básica, investigación y cirugías, especialmente en la parte de regeneración nerviosa, ya que para la mano paralizada tenemos al día de hoy malos resultados.

## Anatomía y fisiopatología

El plexo braquial está conformado por las C5, C6, C7, C8 y T1. Cuando la raíz C4 forma parte del plexo, se dice que es un plexo prefijado (figura 1).

TL: tronco lateral, TP: tronco posterior, TM: tronco medial.



**Figura 1.** Esquema del plexo braquial. Flecha negra: nervio torácico largo. Luego el tronco primario superior, medio e inferior.

La raíz C4 da origen al nervio frénico que enerva al diafragma. Es importante tenerlo en consideración, ya que en una lesión de plexo que se acompañe de una parálisis diafragmática es indicativo de que hay un daño muy proximal de raíces; además de que no se puede tener en consideración como un posible nervio donador en transferencias nerviosas.

La raíz C5 y C6 forman el tronco primario superior y tronco lateral, del cual se origina el nervio supraescapular (que inerva los músculos supraespinoso e infraespinoso), y el nervio musculocutáneo (que inerva el músculo bíceps y el braquial anterior).

La raíz C7 forma en su mayor parte el tronco posterior, que clásicamente da origen en su mayor parte al nervio axilar y al nervio radial, que son los que producen la extensión del codo a través del tríceps, la flexión y abducción el hombro a través del músculo deltoides y la extensión de la muñeca y los dedos.

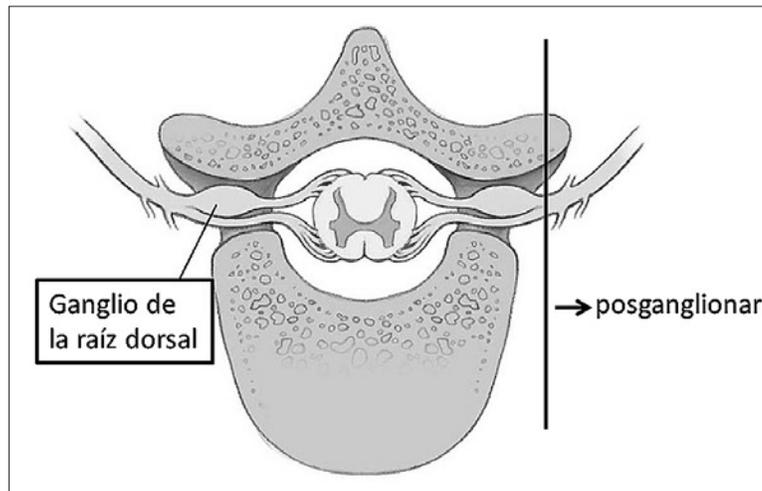
De la parte proximal de las raíces C5, C6, C7 salen ramas que conforman el nervio torácico largo (figura 1).

Las raíces C8 y T1 conforman el tronco primario inferior y tronco medial, que dan origen al nervio cubital y gran parte del nervio mediano, que son los responsables de la flexión de la muñeca, de los dedos y de la musculatura intrínseca de la mano.

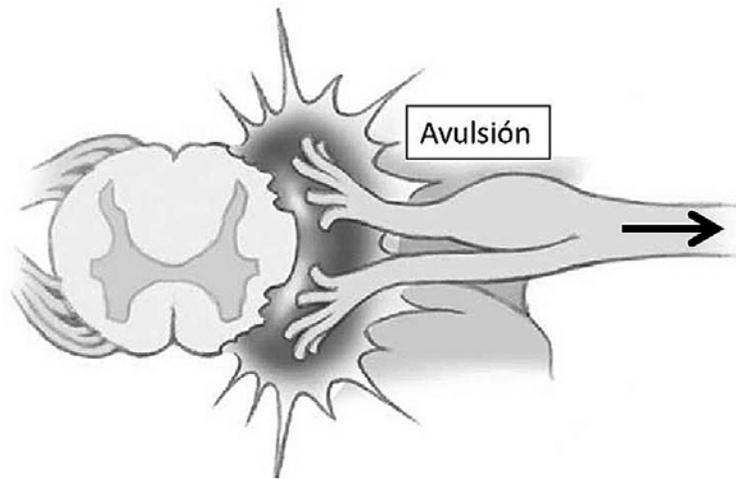
La lesión del plexo braquial es causada casi siempre por la tracción que se ejerce sobre el plexo cuando la cabeza de la persona, al caer de un vehículo a gran velocidad, choca contra el suelo, colocando el cuello en desviación y al hombro en aducción. Esto afecta en principio las raíces C5-C6 + /-C7. De acuerdo con la magnitud y colocación del miembro superior y la cabeza, así será la magnitud de la lesión, llegando hasta la parálisis completa con miembro superior flácido (1-5).

De acuerdo con el nivel de la lesión, estas son supraclaviculares, retroclaviculares e infraclaviculares.

Según el sitio, es importante definir si la lesión es preganglionar, cuando esta es proximal al ganglio de la raíz dorsal, o posganglionar, cuando es distal al ganglio (figura 2).



**Figura 2.** Esquema que muestra el ganglio de la raíz dorsal que es intradural. Las lesiones posganglionares ocurren distal al ganglio.



**Figura 3.** Se muestra una lesión preganglionar, que es proximal al ganglio y avulsión de las raicillas. Esta lesión es irreparable.

Estas lesiones preganglionares son irreparables, ya que son intradurales, dentro del canal raquídeo, y la única opción son las transferencias nerviosas.

Las lesiones proximales al ganglio de la raíz dorsal son arrancamientos o avulsión, y producen una lesión motora por daño de las raicillas que vienen de las células del asta anterior (figura 3). La sensibilidad está conservada, ya que el ganglio queda en continuidad con el extremo distal de la raíz.

Lesiones posganglionares son susceptibles de reparación, ya que son abordables por cirugía y están situadas distal al cuerpo celular que tiene la potencialidad de regenerarse (1-5).

Una tracción del plexo produce lesiones variadas. La clasificación de Sunderland es útil para comprender la naturaleza de la lesión (6).

Se puede clasificar así:

- *Neuropraxia*: esta puede ser reversible rápidamente, y rara vez llega al cirujano.
- *Nervios externamente intactos* (Sunderland tipo I y II): si la mejoría no llega espontáneamente, se puede hacer reparación del plexo o neurotizaciones.
- *Neuroma en continuidad*: es una lesión posganglionar (Sunderland tipo III y IV): requiere de reparación quirúrgica después de la extirpación del neuroma.
- *Ruptura posganglionar* (neurotmesis, Sunderland V): es una lesión que permite reparación a través de injertos nerviosos.
- *Avulsión*: es una lesión preganglionar. En la que es imposible hacer reparaciones directas en la raíz. Requiere de transferencias nerviosas.

### **Evaluación preoperatoria**

El examen físico permite una precisión diagnóstica en el 90 % de los casos. Todos los músculos de la extremidad afectada deben ser evaluados. La escala del Medical Research Council es una buena guía, en la cual M0 es parálisis total y M5 es arco de movimiento completo contra la gravedad y contra resistencia (5).

Las lesiones del tronco superior o de las raíces C5 y C6 producen una parálisis de la abducción y rotación externa del hombro y de la flexión del codo. Sobre la raíz C7 siempre se ha dicho que es la que produce la extensión del codo, muñeca y dedos; siendo esto evidente cuando hay lesión de C5 y de C6. Cuando se ha sacrificado C7 como raíz donante en la transferencia contralateral o ipsilateral, se ha observado que no es específica de algún músculo o grupo muscular, y no causa déficit muscular serio, y si este llegara a suceder, siempre es temporal (7-9).

Una escapula alada indica una lesión del nervio torácico largo, que inerva el músculo serrato anterior. Si la escápula está separada de la línea media del tronco, indica parálisis de romboides y probablemente del elevador de escápula, que está inervado por el nervio escapular dorsal, que se origina muy proximal de la raíz C5.

Cuando todas las raíces están afectadas, se produce una parálisis completa con un miembro flácido.

En menos del 5 % de los casos se puede observar una lesión de las raíces inferiores (C8-T1 ± C7) que compromete seriamente la función de la mano (1, 5).

La presencia de un síndrome de Claude Bernard - Horner (miosis, ptosis y enoftalmos) confirma avulsión de la raíz inferior.

La presencia de dolor a la palpación en la fosa supraclavicular se observa en las lesiones preganglionares.

Una parálisis del diafragma, inervado por el frénico, sugiere una avulsión de C5 y C4.

### **Exámenes complementarios**

Los estudios electrofisiológicos son de gran importancia; mucho más para el seguimiento del paciente que para el diagnóstico. Debe ser hecho por un buen servicio de electrofisiología y en común acuerdo con el cirujano que va a tratar el plexo.

Desafortunadamente, la gran mayoría de los estudios que el paciente trae al cirujano por primera vez no están bien realizados y no aportan valor al diagnóstico.

Para evitar falso negativo, el estudio electrodiagnóstico es recomendable después de la tercera semana del evento inicial, ya que los cambios motores y sensitivos son evidentes, y en el registro electromiográfico aparecen los potenciales de denervación (1, 5, 10,11).

Cuando es un examen para diagnóstico, es de mucho valor para el cirujano tener información de la musculatura paravertebral y de los músculos romboides y elevador de la escápula, ya que su lesión indicaría que el daño es intradural y casi que imposible de hacer reparación directa en el plexo. El estudio electrodiagnóstico ayuda además a determinar qué músculos están en proceso de reinervación.

La resonancia magnética es actualmente una herramienta valiosa para visualizar una raíz con avulsión. La aparición de pseudomeningocele es casi sinónimo de ella.

La mielografía con TAC es más específica para mostrar la avulsión, pero es un método invasivo que no exento de riesgos (5,12).

En general, un buen examen físico es suficiente para diseñar un plan de tratamiento quirúrgico (1,11).

### **El momento ideal de cirugía**

Cuando una lesión del plexo braquial no ha mostrado recuperación espontánea a los 3 meses, este debe ser explorado. El tiempo es crucial, debido a la eventual pérdida de las placas neuromusculares, que ocurre a los 2 años de la denervación (1,10).

Clásicamente se ha tomado el bíceps como el patrón de referencia. Cuando esta lesión no ha recuperado a los 3 meses, está indicado la cirugía. Hay que tener en cuenta el grado de recuperación del bíceps cuando esta lesión ha aparecido.

Debe encontrarse una contracción del bíceps contra gravedad para no indicar la cirugía. Cuando a los 6 meses hay flexión del codo pero no contra la gravedad, está indicado que se explore el plexo braquial (1, 2, 5, 11, 13,14).

Hemos observado algunos pacientes en los que la flexión del codo ha recuperado contra gravedad pero no ha habido mejoría en el hombro, sin recuperación de la abducción; en estos casos está indicada la cirugía para reconstruir el nervio supraescapular.

Si la clínica y los exámenes complementarios diagnostican una avulsión, no es necesario

esperar los primeros tres meses, y una exploración quirúrgica se indica de inmediato.

Los resultados clínicos son similares cuando la cirugía se realiza entre el primero y sexto mes de la lesión. Los buenos resultados disminuyen dramáticamente entre el sexto y el noveno mes. Los malos resultados son la constante después del noveno mes (1, 5, 11).

En paciente jóvenes o en niños esta indicación puede llevarse hasta los 12 meses de la lesión.

### **Estrategia general en la reconstrucción del plexo braquial**

La cirugía de plexo braquial tomó un entusiasmado interés después de la Segunda Guerra Mundial (15). Con el desarrollo de las técnicas microquirúrgica, en la década de los setenta, aparecieron muchos autores interesados en el tema, que descubrieron e innovaron en el tratamiento quirúrgico de estas lesiones en los niños y en adultos (3, 4, 15,16-18).

Se puede dividir los tipos de cirugía en tres grandes categorías:

1. Cirugía para reparar los nervios directamente a través de injertos de nervio.
2. Cirugía a través de transferencias nerviosas o neurotizaciones.
3. Cirugía secundarias: las que se realizan en huesos, tendones o músculos, no en los nervios. En estas se incluyen las artrodesis, los trasplantes musculares y las transferencias tendinosas.

Dependiendo del tiempo transcurrido de la lesión y del sitio se decide qué técnica usar, pero siempre es mejor tratar de hacer la reparación del nervio.

El tipo de lesión (pre- o posganglionar), la edad del paciente y el tiempo transcurrido influyen sobre el tipo de tratamiento. Si se está retardado en el tiempo de la cirugía, o el componente es de avulsión, es mejor enfocarse en neurotizaciones, que permitirá una reinervación más rápida (1-5,11,13).

Las cirugías secundarias se realizan después de las reparaciones nerviosas o en casos muy tardíos, para restaurar funciones a través de trasplantes musculares, transferencias tendinosas o artrodesis.

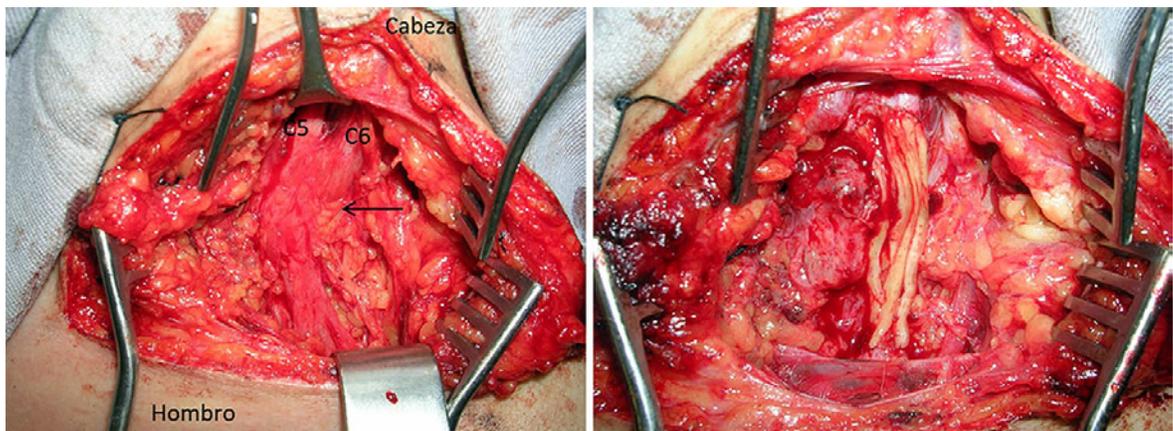
Una cosa es clara: todos los pacientes tienen una oportunidad de cirugía, sin importar el tiempo transcurrido.

La cirugía de los nervios se puede dividir en:

- Reparación dentro del plexo.
- Reparación fuera del plexo.
- Las transferencias nerviosas distales.
- Transferencia C7 contralateral.

Con frecuencia se hace combinación de todos ellos.

• *Reparación dentro del plexo:* Cuando hay lesiones posganglionares, con raíces disponibles, es posible hacer reparaciones en el plexo con interposición de injertos nerviosos (figura 4). Para esto se usan las raíces disponibles para conectar a troncos, cordones o nervios individuales. Es preferible no hacer conexiones a troncos, más bien a cordones o directamente a nervios, para evitar la dilución de los axones en regeneración (1,2,5,11).



**Figura 4.** Se observa a la izquierda una lesión del tronco primario superior y formación de neuroma (flecha). Se alcanza a ver las raíces de C5 y C6 en buen estado. A la derecha la reconstrucción del plexo con resección del neuroma e interposición de injertos nerviosos desde las raíces de C5 y C6.

Se puede usar la raíz C7 ipsilateral en caso de lesiones de C5 y de C6, en el que se encuentre mala calidad del muñón nervioso proximal (19, 20).

- *Reparación fuera del plexo*

Cuando no es posible la reparación del plexo, por ejemplo, en avulsión de alguna o todas las raíces, se usan nervios donantes fuera del plexo (neurotizaciones). El nervio accesorio espinal (NEA) hacia el nervio supraescapular (NSE), para la reinervación de los músculos supraespinoso e infraespinoso, es una de las transferencias nerviosas más usadas (21-24).

Esta transferencia da aceptables resultados para la abducción de hombro con resultados entre 30 y 50°. Nosotros no hemos logrado más de 45° en promedio cuando ha sido usada sin reparación del nervio axilar. Cuando este último ha sido reconstruido se ha logrado hasta 81° (2).

La rotación externa es lo último que se recupera con el nervio supraescapular, y solo en algunos casos. Se puede explicar por reinervación tardía del músculo infraespinoso, que en el camino de la reinervación está en segundo lugar (22).

También pueden usarse los nervios intercostales del plexo cervical, y en ocasiones el nervio frénico (11,13, 25, 26, 27). La pérdida de función pulmonar por el uso del nervio frénico es compensada en pacientes jóvenes que permanecen asintomáticos. Con el tiempo, por deterioración de la capacidad pulmonar y en situaciones de alta demanda, pueden desarrollar complicaciones respiratorias (1, 28).

- *Transferencias nerviosas distales*

El concepto de las transferencias nerviosas distales es usar parcialmente el recurso de un nervio funcionalmente intacto, usando fascículos del nervio sano hacia el nervio lesionado. Por estar más cerca del objetivo, que es el músculo denervado, la reinervación es más rápida (25-31). El nervio donante resulta en poco déficit funcional. Entre estas las más usadas son:

- Un fascículo del nervio cubital a nervio del bíceps (29).
- Rama de la cabeza larga del tríceps a la posterior división del nervio axilar para deltoides o a la división anterior para la rama de deltoides y redondo menor (31).
- Rama del mediano a nervio del braquial anterior (30).

- *Transferencia de la raíz C7 contralateral*

Descrito por Gu et al. (7). Para este procedimiento se usa la raíz C7 contralateral, parcial o completa, que a través de injerto de nervio libre o vascularizado se conecta a los nervios que van a la musculatura proximal del plexo que se va a reconstruir, principalmente el tronco superior o el cordón posterior, buscando reinervar el nervio axilar y parte del radial (7,8,9).

### **Lesiones extradurales o posganglionares de C5 y C6 ± C7**

En todos los casos la rama inferior del nervio espinal accesorio es transferida al nervio supraescapular.

Durante la exploración, si las raíces presentan buen aspecto, con fascículos que sobresalen

después de la sección con el bisturí, se pueden conectar mediante injerto de nervio.

La raíz C5 hacia la parte anterior y superior del tronco, y C6 hacia la parte posterior del tronco. Si solo una raíz está disponible, se deberá conectar hacia la parte anterior de este. Ahora, si esta es de buen grosor, se puede repartir la parte anterior de la raíz hacia la parte anterior del tronco y la parte posterior de la raíz hacia el tronco posterior (1, 11, 32).

Igualmente se hace la neurotización distal del bíceps con fascículos del cubital; asegurando, de este modo, otra posibilidad para la recuperación de la flexión del codo (25, 29, 30, 32).

Si se encuentra lesionado C7, se siguen los mismos principios de cirugía.

### Lesiones intradurales o preganglionares C5-C6

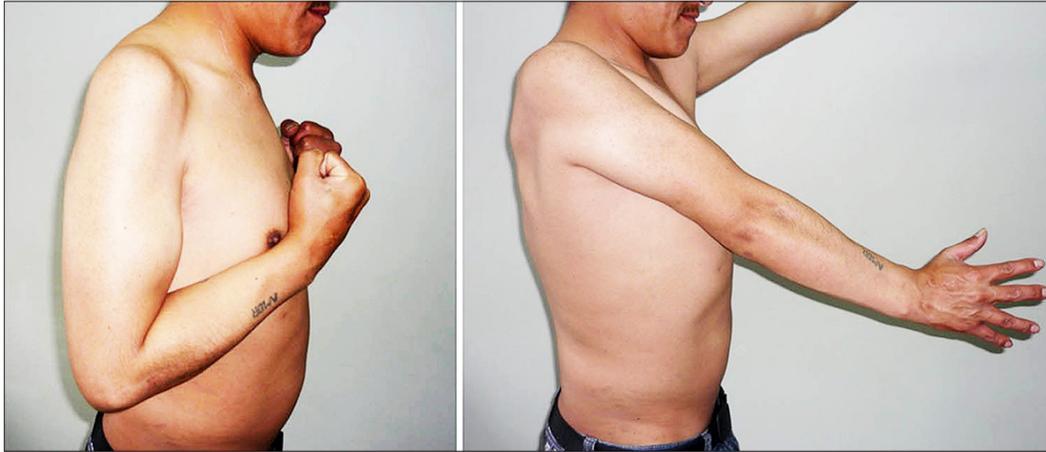
En estas lesiones, lo mismo que en un paciente mayor o en reparaciones tardías, no importando si es pre- o posganglionar, se indica inmediatamente realizar transferencias nerviosas distales (1,2, 5,11, 25, 32-34):

- Se repara el nervio supraescapular con el nervio espinal accesorio.
- Rama de la cabeza larga del tríceps a la posterior división del nervio axilar para deltoideos o a la división anterior para la rama de deltoideos y redondo menor (2, 35-37).
- Uno o dos fascículos del nervio cubital a nervio del bíceps (29, 30, 38).
- Rama del mediano a nervio del braquial anterior (30, 38).

Se puede esperar una abducción del hombro entre 45 y 110° y algo de rotación externa. La flexión del codo esperada puede ser de 90 a 130° (figuras 5 y 6).



**Figura 5.** Paciente de 36 años, caída de moto, lesión del plexo alta (C5- C6). Se observa la imposibilidad de realizar flexión y abducción e hombro derecho ni flexión de codo. A la derecha se aprecia la atrofia de músculos supra- e infraespinoso, además de aplanamiento del hombro derecho.



**Figura 6.** Paciente operado a los 6 meses del trauma, con neurotización del nervio supraescapular con el nervio espinal accesorio, y con fascículos del nervio cubital al nervio del bíceps en el brazo. Inició recuperación desde los 5 meses de la cirugía. A los 20 meses de la cirugía tenía flexión de codo de 130° y fuerza M4, flexión de hombro de 40° y abducción de 30°. No había recuperado rotación externa de hombro.

Si hay lesión posganglionar de C7, este es injertado hacia el tronco medio o cordón posterior. Si la lesión es preganglionar, o de edad avanzada o la reparación es tardía, se prefiere una transferencia nerviosa hacia el nervio axilar o al nervio del tríceps, de acuerdo con las necesidades funcionales que requiera el paciente (31-34).

#### **Lesiones pre- o posganglionares de C8 y T1**

Las funciones del hombro y el codo se mantienen conservadas. La cirugía se enfoca hacia la reconstrucción de la mano, pero con malos resultados de la reparación nerviosa. Se prefiere otros procedimientos, como las transferencias musculares o tendinosas y las artrodesis. Se puede realizar la transferencia del braquial anterior a través de injerto de tendón hacia los flexores profundos de los dedos y el flexor largo del pulgar (39). La interfalángica del pulgar es fusionada, y la extensión del pulgar, si no está presente, y

de los dedos se corrige con tenodesis en el retináculo extensor o en el dorso del radio y el cúbito. También, si hay hiperextensión de la metacarpofalángica, se corrige con algunas de las técnicas descritas para mano en garra.

En un paciente joven, y si es temprana la cirugía, se puede intentar la neurotización con C7 contralateral o ipsilateral para inervar la parte inferior del tronco o cordón medial (19,29). También pueden usarse algunas transferencias nerviosas distales, entre estas el nervio del braquial anterior hacia el mediano o cubital, o para reconstruir la parte sensitiva del lado cubital (40-44), o transferencias tendinosas (45).

#### **Parálisis total del miembro superior. Lesión C5-T1**

Es necesario explorar todo el plexo y tratar de buscar la mayor cantidad de nervios que se va a transferir. El NEA se transfiere al NSE.

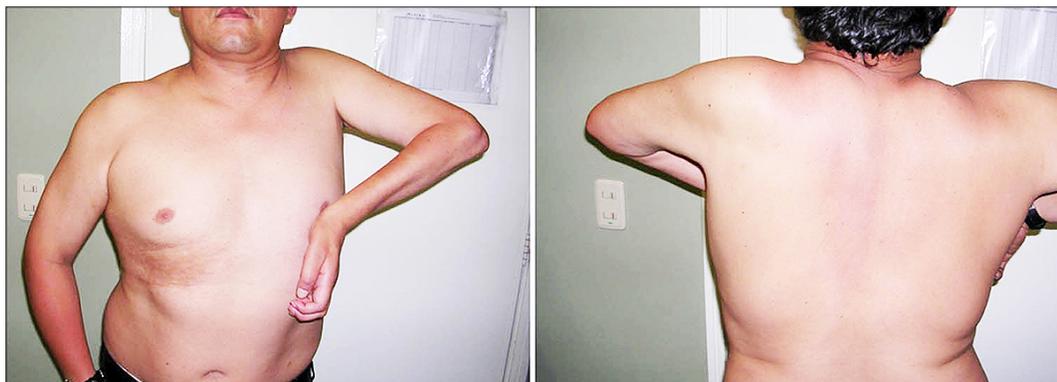
Si hay alguna raíz disponible, esta se conecta a la división anterior del tronco superior intentando reactivar el musculocutáneo y parte de mediano.

Se puede usar también el nervio del elevador de la escápula hacia la rama para la cabeza larga del tríceps mediante un injerto largo (32).

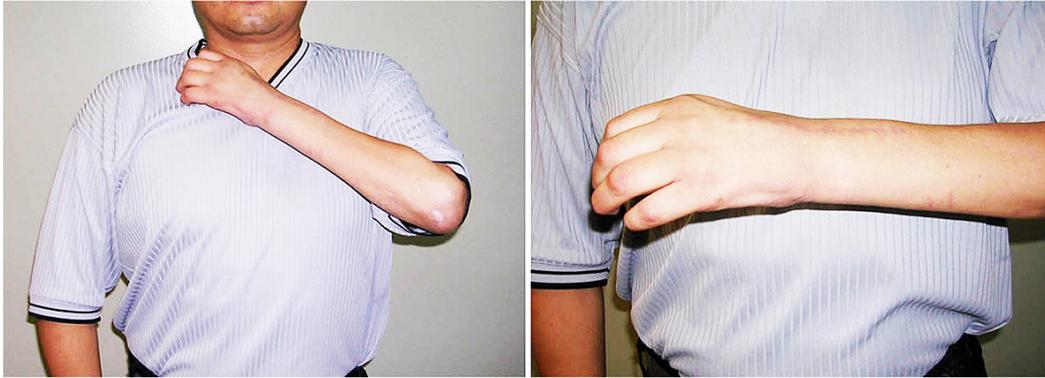
La reparación nerviosa buscando funcionalidad en la mano no ha tenido resultados satisfactorios (1, 4, 5, 11, 24, 25, 32). Los recursos quirúrgicos se encaminan hacia el hombro y al codo, con el objetivo de lograr 40° de abducción de hombro, 30° de rotación externa y al menos 90° de flexión de codo (figuras 7, 8, 9).



**Figura 7.** Paciente de 34 años, lesión total del plexo braquial izquierdo, que era su lado dominante, ocasionado por caída en moto a alta velocidad. Se aprecia parálisis completa del miembro superior izquierdo. Se operó a los 6 meses del trauma, y se encontró únicamente un muñón de C5 disponible. Se reconstruyó con NEA el NSE, se injertó nervios de C5 hacia el nervio del bíceps y otro injerto hacia el rama interna del mediano. También se colocó injerto nervioso de rama cervical sensitiva a rama externa del mediano.



**Figura 8.** A los 3 años de la cirugía se aprecia flexión de codo de 120° y fuerza de M4 y una abducción de 60°. No recuperó nada motor en la mano, ni rotación externa de hombro. Había algo de sensibilidad protectora en el territorio del nervio mediano.



**Figura 9.** La función y actitud del miembro superior mejoró con cirugías secundarias de artrodesis de muñeca y con osteotomía de rotación externa de humero.

Si quedan nervios disponibles, se trata de reinervar la parte motora del nervio mediano, con el fin de aspirar a algo de función motora en los flexores de la mano y muñeca. La parte lateral del nervio mediano, que es más sensitiva, se puede neurotizarse con alguna rama sensitiva del plexo cervical, aspirando que se logre algo de sensibilidad en la mano (25, 32).

Si la lesión es posganglionar y está en etapas tempranas, la reconstrucción dentro del plexo es posible con el uso de injertos nerviosos.

Si definitivamente todo el plexo presenta avulsión sin disponibilidad de raíz, se puede reconstruir el NSE con el NEA, o reconstruirse con la raíz C7 contralateral mediante un injerto largo, y el NEA se reserva para conectarse al cordón lateral o directamente al nervio del bíceps a través de un injerto.

Los intercostales se pueden usar para activar el bíceps o el tríceps braquial. Se puede considerar el uso de otros nervios, como el nervio frénico, el nervio del platismo, el nervio hipogloso entre otros (22, 24-27, 46, 47).

En un metaanálisis hecho para mostrar la eficacia del nervio espinal accesorio o inter-

costales en la reinervación del bíceps, en el 71 % de las transferencias al musculocutáneo se logró flexión del codo M3 y en el 37 % M4 de una manera global (nervios intercostales 54 % y el nervio espinal accesorio 39 %). Únicamente evaluando el NEA hacia el bíceps a través de injerto de nervio dio como resultado en el 77 % de los pacientes una fuerza del bíceps M3 y en 29 % de M4. Al día de hoy sigue siendo valedero considerar este tipo de transferencias en una lesión total (48).

En una etapa posterior se puede hacer una transferencia funcional con el músculo gracilis, usando los vasos toracodorsales y activándolo mediante dos intercostales.

Por supuesto, para esta técnica se requiere no haber usado los intercostales. Distalmente, pasando a través de codo, se conecta el músculo gracilis a los flexores profundos de los dedos y al flexor largo del pulgar (49-51).

En una siguiente etapa, si definitivamente no se ha recuperado un extensor de la muñeca, se opta por una artrodesis de ella.

Cuando el paciente con lesión total de plexo braquial viene remitido o consulta muy tarde,

se puede realizar transferencias de tendones con los músculos que haya disponibles, artrodesis de hombro y muñeca para mejorar la postura y transferencia muscular funcional libre para tratar de mejorar la flexión de codo ( 52-53).

## CONCLUSIONES

- El tiempo ideal de cirugía de plexo es antes de los 6 meses. Aun entre los 6 y 9 meses se logran resultados aceptables. Más allá de los 9 meses en general no se tienen buenos resultados.
- Los pacientes con lesión de la parte superior del tronco muestran buenos resultados en un 70%, mientras que los de lesión total del plexo tienen buenos resultados en solo 20 % de los casos.
- Lesiones preganglionares muestran resultados peores que las lesiones posganglionares.
- La parálisis total del plexo con lesión preganglionar tienen peores resultados y son inversamente proporcionales al número de raíces arrancadas.
- Todos los pacientes con lesión del plexo braquial necesitan atención temprana por un especialista de plexo braquial. El tratamiento en conjunto con un grupo de rehabilitación brindará al paciente mejores opciones para un buen resultado. Ningún paciente debe ser abandonado sin ofrecer tratamiento y rehabilitación, sin importar el tiempo transcurrido.

**Conflicto de intereses:** ninguno.

**Financiación:** Universidad Nacional de Colombia.

## REFERENCIAS

1. Thatte MR, Babhulkar S, Hiremath A. Brachial plexus injury in adults: Diagnosis and surgical treatment strategies. *Ann Indian Acad Neurol* 2013;16 (1): 26-33. DOI: 10.4103/0972-2327.107686
2. Vergara-Amador E. Combinación de transferencias nerviosas en el tratamiento de lesiones altas del plexo braquial. *Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología* 2012; 26(2): 128-142.
3. Narakas A. Surgical treatment of traction injuries of the brachial plexus. *Clin Orthop* 1978; 133:71-90.
4. Narakas A. Brachial plexus surgery. *Orthop Clin North Am* 1981;12: 303-23.
5. Giuffre JL, Kakar S, Bishop AT, Spinner RJ, Shin AY. Current concepts of the treatment of adult brachial plexus injuries. *J Hand Surg Am* 2010; 35(4):678-88. DOI: 10.1016/j.jhsa.2010.01.021
6. Sunderland S. *Nerves and Nerve Injuries*. London: Churchill Livingstone; 1978.
7. Gu YD, Zhang GM, Chen DS, Yan JG, Cheng XM, Chen L. Seventh cervical nerve root transfer from the contralateral healthy side for treatment of brachial plexus root avulsion. *J Hand Surg Br* 1992, 17(5): 518-21.
8. Gu YD. Contralateral C7 root transfer over the last 20 years in China. *Chin Med J* 2007; 120(13):1123-1126.
9. Zhang CG, Gu YD. Contralateral C7 nerve transfer - Our experiences over past 25 years. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj* 2011; 6 (1): 10. DOI: 10.1186/1749-7221-6-10
10. Ferrante MA. Electrodiagnostic Assessment of the Brachial Plexus. *Neurol Clin* 2012;30:551-80. DOI: 10.1016/j.ncl.2011.12.005
11. Bertelli JA, Ghizoni MF. Results and current approach for Brachial Plexus Reconstruction. *J Brachial Plex and Peripher Nerve Inj*. 2011; 6:2. DOI: 10.1186/1749-7221-6-2
12. Amrami KK, Port JD. Imaging the brachial plexus. *Hand Clin* 2005; 21:25-37.
13. Terzis JK, Papakonstantinou KC. The surgical treatment of brachial plexus injuries in adults. *Plast Reconstr Surg* 2000;106:1097-122.

14. 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.
15. Seddon HJ. The use of autogenous grafts for the repair of large gaps in peripheral nerves. *Br J Surg* 1947; 35:151-67. DOI: 10.1002/bjs.18003513808
16. Millesi H. Surgical management of brachial plexus injuries. *J Hand Surg* 1977;2: 367-78.
17. Millesi H. Brachial plexus injuries: Nerve grafting. *Clin orthop* 1988;237:43-56.
18. Gilbert A, Tassin JL. Reparation chirurgicale du plexus brachial dans la paralysie bsthétricale. *Chirurgie* 1984;110:70-5.
19. 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* 2003; 23: 105-108.
20. Vergara Amador E, Ramirez A. Ipsilateral brachial plexus C7 root transfer. Presentation of a case and a literature review. *Neurocirugía (Astur)* 2013 Mar; S1130-1473.
21. 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* 1988; (237): 67-74.
22. Narakas AO, Hentz VR. Neurotization in brachial plexus injuries. Indications and results. *Clin Orthop Relat Res* 1988 Dec; (237):43-56.
23. Bertelli JA, Ghizoni MF. Transfer of the Accessory Nerve to the Suprascapular Nerve in Brachial Plexus Reconstruction. *J Hand Surg Am* 2007 Sep;32(7):989-98.
24. Terzis JK, Kostas I. Suprascapular nerve reconstruction in 118 Cases of adult posttraumatic brachial plexus. *Plast Reconstr Surg* 2006;117 (2): 613, 2006.
25. Colbert SH, Mackinnon SE. Nerve transfers for brachial plexus reconstruction. *Hand Clin* 2008;24:341-61. DOI: 10.1016/j.hcl.2008.07.001
26. Robla J, Scolovsky M, Di Masi G, Robla D, Domitrovic L, Campero A, Fernández J, Ibáñez J, García J. Técnicas de reconstrucción nerviosa en cirugía del plexo braquial traumatizado. Parte 2: Transferencias nerviosas intraplexuales. *Neurocirugía* 2011; 22: 521-534.
27. Gu YD, Wu MM, Zhen YL, Zhao JA, Zhang GM, Chen DS et al. Phrenic nerve transfer for brachial plexus motor neurotization. *Microsurgery* 1989;10: 287-9.
28. Xu WD, Gu YD, Lu JB, Yu C, Zhang CG, Xu JG. Pulmonary function after complete unilateral phrenic nerve transection. *J Neurosurg* 2005;103:464-7.
29. Oberlin C, Beal D, Leechavengvongs S, Salon A, Dauge MC, Sarcy JJ. Nerve transfer to biceps muscle using part of ulnar nerve for C5-C6 avulsion of the brachial plexus: anatomical study and report of four cases. *J Hand Surg Am* 1994; 19 (2): 232-7.
30. 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* 2005; 30A:978-985.
31. 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* 2003; 28 (4):633-8.
32. Bertelli JA, Ghizoni MF. Reconstruction of complete palsies of the adult brachial plexus by root grafting using long grafts and nerve transfers to target nerves. *J Hand Surg Am* 2010; 35(10):1640-6. DOI: 10.1016/j.jhsa.2010.06.019
33. 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.
34. 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* 2006; 31(2):183-9.
35. Malungpaishrope K, Leechavengvongs S, Uerpaiojkit C, Witoonchart K, Jitprapaikul-

- sarn S, Chongthammakun S. Nerve transfer to deltoid muscle using the intercostal nerves through the posterior approach: An anatomic study and two case reports. *J Hand Surg Am* 2007;32: 218-24.
36. 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* 2007; 107(2):370-7.
  37. 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* 2001 Sep; (390):244-251.
  38. 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* 2006; 117: 915-9.
  39. Bertelli JA, Ghizoni MF. Brachialis muscle transfer to reconstruct finger flexion or wrist extension in brachial plexus palsy. *J Hand Surg Am* 2006; 31(2):190-6.
  40. Gu Y, Wang H, Zhang L, Zhang G, Zhao X, Chen L. Transfer of brachialis branch of musculocutaneous nerve for finger flexion: Anatomic study and case report. *Microsurgery* 2004; 24: 358-62.
  41. Zhao X, Lao J, Hung LK, Zhang GM, Zhang LY, Gu YD. Selective neurotization of the median nerve in the arm to treat brachial plexus palsy. An anatomic study and case report. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86-A:736-42.
  42. Dong Z, Gu YD, Zhang CG, Zhang L. Clinical use of supinator motor branch transfer to the posterior interosseous nerve in C7-T1 brachial plexus palsies. *J Neurosurg* 2010; 113:113-7. DOI: 10.3171/2010.1.JNS091441
  43. Soldado F, Bertelli J. Free Gracilis Transfer Reinnervated by the Nerve to the Supinator for the Reconstruction of Finger and Thumb Extension in Longstanding C7-T1 Brachial Plexus Root Avulsion. *J Hand Surg Am* 2013; 38(5):941-6. DOI: 10.1016/j.jhsa.2013.02.009
  44. Bertelli JA. Distal sensory nerve transfers in lower-type injuries of the brachial plexus. *J Hand Surg Am* 2012; 37(6):1194-9. DOI: 10.1016/j.jhsa.2012.02.047
  45. Bertelli JA, Ghizoni MF, Tacca CP. Transfer of the supinator muscle to the extensor pollicis brevis for thumb extension reconstruction in C7-T1 brachial plexus palsy. *J Hand Surg Eur* 2010; 35: 29-31. DOI: 10.1177/1753193409350251
  46. Socolovsky MP, Bertelli JA, Masi GD, Campero A, Garategui L, Conesa H, Ghizoni MF. Surgical anatomy of the platysma motor branch as a donor for transfer in brachial plexus repair. *Surg Radiol Anat* 2008; 30(8):669-74. DOI: 10.1007/s00276-008-0372-z
  47. Bertelli JA, Ghizoni MF. Transfer of the platysma motor branch to the accessory nerve in a patient with trapezius muscle palsy and total avulsion of the brachial plexus: case report. *Neurosurgery* 2011; 68(2):E567-70. DOI: 10.1227/NEU.0b013e318202086c
  48. Merrell GA, Barrie KA, 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 Am* 2001; 26 (2):303-14.
  49. Doi K, Sakai K, Kuwata N, Ihara K, Kawai S. Double-muscle technique for reconstruction of prehension after complete avulsion of brachial plexus. *J Hand Surg* 1995; 20: 408-14.
  50. Doi K, Muramatsu K, Hattori Y, Otsuka K, Tan SH, Nanda V, et al. Restoration of prehension with the double free muscle technique following complete avulsion of the brachial plexus: Indications and long-term results. *J Bone Joint Surg* 2000; 82:652-66.
  51. Dodakundi C, Doi K, Hattori Y, Sakamoto S, Fujihara Y, Takagi T, Fukuda M. Outcome of surgical reconstruction after traumatic total brachial plexus palsy. *J Bone Joint Surg Am* 2013; 95(16):1505-12. DOI: 10.2106/JBJS.K.01279
  52. Elhassan B, Bishop A, Shin A, Spinner R. Shoulder tendon transfer options for adult patients with brachial plexus injury. *J Hand Surg Am* 2010; 35(7):1211-9. DOI: 10.1016/j.jhsa.2010.05.001
  53. Atlan F, Durand S, Fox M, Levy P, Belkheyar Z, Oberlin C. Functional outcome of glenohumeral fusion in brachial plexus palsy: A Report of 54 Cases. *J Hand Surg Am* 2012; 37(4):683-8. DOI: 10.1016/j.jhsa.2012.01.012