

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**  
**SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**LESIONES TRAUMÁTICAS DE PLEXO BRAQUIAL: RECONSTRUCCIÓN**  
**PRIMARIA**

**Trabajo final de graduación sometido a la consideración del comité de la**  
**Especialidad en Ortopedia y Traumatología para optar por el grado y título de**  
**Especialista en Ortopedia y Traumatología**

**SHARON ALVAREZ SOLANO**

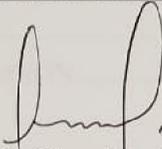
**2020**

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO**

Para mis padres Orlando y Yamileth, por su comprensión y ayuda en momentos malos y menos malos. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

Para mi esposo Minor, por su paciencia, comprensión, empeño, fuerza; por su amor, por ser tal y como es. Es la persona que más directamente ha sufrido las consecuencias del trabajo realizado. Realmente quien me llena por dentro para conseguir un equilibrio que me permita dar el máximo de mí. Nunca podré estar lo suficientemente agradecida con él.

“Este trabajo final de graduación fue aceptado por el comité de la Especialidad en Ortopedia y Traumatología del Programa de Posgrado en Especialidades Médicas de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Especialista en Ortopedia y Traumatología”.



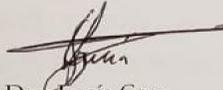
Dr. Diego Díaz Salas

Profesor Guía



Dr. Randall Ramírez

Lector



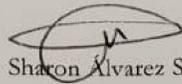
Dra. Lucía Cruz

Lectora



Dr. Diego Rodríguez

Coordinador de la Especialidad



Sharon Álvarez Solano

Sustentante

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO .....	ii
RESUMEN.....	v
LISTA DE TABLAS .....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS .....	viii
OBJETIVOS.....	3
LESIONES TRAUMÁTICAS DEL PLEXO BRAQUIAL .....	4
MECANISMO DE LESION .....	8
GRADO DE LESION .....	8
PATRONES COMUNES DE LESIÓN.....	9
EVALUACION DEL PACIENTE .....	11
ELECTROMIOGRAFIA .....	13
EVALUACION POR IMÁGENES .....	15
CONCEPTOS DE MANEJO QUIRÚRGICO.....	18
NEUROTIZACION.....	18
INDICACIONES DE CIRUGIA .....	20
CONTRAINDICACIONES PARA CIRUGIA .....	21
PRIORIDADES DE LA RECONSTRUCCION .....	22
INTERVENCIONES POR DÉFICIT FUNCIONAL.....	23
ÁMBITO PSICOLOGICO DEL PACIENTE CON LESIÓN DE PLEXO BRAQUIAL .....	29
CONCLUSIONES .....	30
BIBLIOGRAFIA .....	31

## RESUMEN

En los inicios del siglo IX, antes de que se desarrollaran las técnicas y equipo en microcirugía, diferentes cirujanos ya habían publicado resultados prometedores en cuanto a la reconstrucción en las lesiones de plexo braquial. Fue hasta los años de 1970 y 1980 cuando se empezó a aplicar técnicas de injertos de nervios, descritos por Millesi, tanto en lesiones traumáticas del plexo braquial como de nacimiento. Estos pioneros establecieron indicaciones y métodos de reconstrucción con mejores resultados en sus pacientes sometidos a procedimiento quirúrgico que aquellos manejados conservadoramente.

A finales de los ochentas e inicios de los noventas se dieron grandes avances en el diagnóstico y nuevas técnicas quirúrgicas. Nuevos procedimientos y tratamientos experimentales no quirúrgicos fueron introducidos. A finales de 1990, reconstrucciones más agresivas en las cuales se utilizaron fuentes extra plexo para la reinervación de transferencias musculares vascularizados fueron reportados.

En los últimos 10 años se ha expandido el rol de las transferencias nerviosas y la introducción de técnicas novedosas ha cambiado la forma en que se realiza la cirugía en este tipo de lesiones. Aunque aún no se alcanza la recuperación completa de la funcionalidad después la reconstrucción, se ha mejorado considerablemente los resultados en diferentes traumatismos, y la investigación continua brinda una dirección prometedora para el desarrollo de nuevas técnicas a futuro. **(Robert J. Spinner, 2017)**

El presente trabajo tiene como objetivo demostrar las técnicas quirúrgicas más utilizadas en el manejo agudo de esta patología, y un poco de la experiencia en nuestro medio.

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valoración de fuerza muscular. (Shelley S. Noland, 2019).....	12
Tabla 2. Transferencias nerviosas de la extremidad superior. (Linda Dvali, 2007) .....	22

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Trauma raíces inferiores. (Shelley S. Noland, 2019).....	4
Figura 2. Trauma raíces superiores. (Shelley S. Noland, 2019).....	4
Figura 3. Anatomía del plexo braquial. (Netter, 2010) .....	5
Figura 4. Anatomía del plexo braquial. (Netter, 2010) .....	7
Figura 5. Componentes motores y sensitivos del plexo braquial. (Shelley S. Noland, 2019) .....	11
Figura 6. Lesión pre y post ganglionar. (Allen, 2010) .....	14
Figura 7. Clasificación de Nagano, signos mielográficos en la avulsión de raíces nerviosas del plexo braquial. N, normal; A1, ligera sombra en manga de la raíz; A2, obliteración del tip de la raíz con sombra al pie, o ausencia de raíz; A3, obliteración del tip de la raíz sin presencia de la raíz o sin sombra visible de raíz visible; D, defecto en lugar de sombra de raíz; M, meningocele traumático. (Nagano A, 1989) .....	16
Figura 8 Mielografía con presencia de dos pseudomeningoceles derechos y su imagen en tomografía axial. (Robert J Spinner, 2017) .....	17
Figura 9. Neurotización terminolateral. (Chuang, 2007).....	20
Figura 10. Presentación esquemática de la transferencia fascicular doble. A. La rama motora braquial y fascículo de nervio mediano son identificados. B.Rama motora de bíceps y fascículo de FCU del nervio ulnar son identificados. C. El fascículo del nervio mediano es co adaptado a la rama motora del braquial y fascículo de nervio ulnar a la rama motora del bíceps. (Liselotte F.B, 2015) .....	25
Figura 11. Transferencia de la tercer y cuarta rama de intercostal para el nervio musculocutáneo. (Liselotte F.B, 2015) .....	25

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**NSE** (Nervio Supra escapular).

**EM** (Electromiografía).

**SNAP** (Potenciales de acción de sensitivos).

**FCU** (Flexor carpo ulnar).



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

**SEP** Sistema de  
Estudios de Posgrado

**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, \_\_\_\_\_ Sharon Álvarez Solano \_\_\_\_\_, con cédula de identidad \_\_\_\_ 113290448 \_\_\_\_\_, en mi condición de autor del TFG titulado \_\_\_\_\_ Lesiones Traumáticas de Plexo Braquial: reconstrucción primaria \_\_\_\_\_

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG

a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que

establezca el Sistema de Estudios de Posgrado.      **SI**  **NO \***

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de

Tesis o Tutor (a)

y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte de \_\_\_\_\_ el Sistema de Estudios de Posgrado.

**INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:**

Nombre Completo: \_\_\_\_\_ Sharon Álvarez Solano \_\_\_\_\_

Número de Carné: B58339 Número de cédula:

\_\_\_\_\_.

Correo Electrónico: smascr@hotmail.com

\_\_\_\_\_.

Fecha: 3 agosto 2020 . Número de teléfono: 83193479

\_\_\_\_\_.

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Dr. Diego Diaz

\_\_\_\_\_.



**FIRMA ESTUDIANTE**

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Describir las diferentes técnicas utilizadas en la actualidad para la reconstrucción primaria de lesiones de plexo braquial.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Detallar la forma de presentación de las lesiones de plexo braquial.
- Presentar los resultados obtenidos en pacientes tratados quirúrgicamente según revisiones bibliográficas.

## LESIONES TRAUMÁTICAS DEL PLEXO BRAQUIAL

Las lesiones traumáticas del plexo braquial en el adulto son lesiones devastadoras y que alteran la vida diaria del paciente, resultando en discapacidades físicas, psicológicas y socioeconómicas. Estas lesiones pueden resultar de diferentes etiologías, incluyendo traumas penetrantes, caídas, y accidentes en vehículo automotor. La mayoría son lesiones cerradas en la región supraclavicular. Los traumas de alta energía que giran la cabeza violentamente lejos del hombro pueden resultar en injuria a las raíces superiores y con variedad de daño a las raíces inferiores del plexo braquial (**Figura 1**).

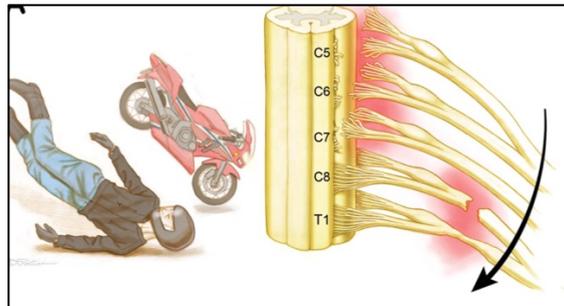


Figura 1. Trauma raíces inferiores. (Shelley S. Noland, 2019)

La abducción y tracción violenta puede resultar en una lesión de las raíces inferiores y con algún grado de daño en las raíces superiores (**Figura 2**).



Figura 2. Trauma raíces superiores. (Shelley S. Noland, 2019)

Aunque el número exacto de lesiones que se presentan por año es difícil de conocer, la población con actividades extremas y deportes de alto riesgo, así como el aumento de sobrevivientes en los accidentes de tránsito, ha incrementado esta estadística. La mayoría de casos ocurre en hombres con una edad media de 15 a 25 años. **(Shelley Noland, 2019)**

## Anatomía

El plexo braquial está formado usualmente por los ramos ventrales de cinco nervios espinales (C5-T1), aunque existen algunas variantes, que incluyen contribuciones desde C4 (prefijado) o T2 (post fijado). Los ramos dorsales pequeños, que no forman parte del plexo, inervan los músculos para espinales y piel de la región posterior del cuello. Una vez que los nervios espinales pasan a través del foramen espinal, forman el plexo braquial entre el escaleno anterior y el medio. Su anatomía es dividida en cinco segmentos: 1- raíces, 2- troncos, 3- divisiones, 4- cordones y 5- ramas terminales. **(Figura 3)**

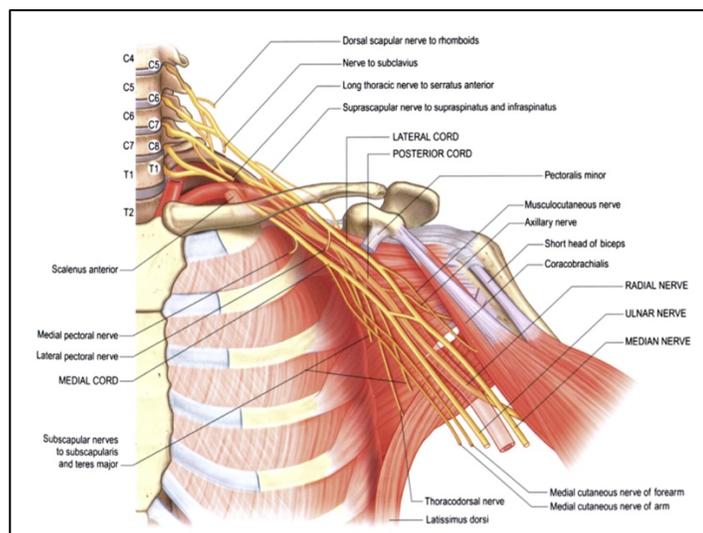


Figura 3. Anatomía del plexo braquial. (Netter, 2010)

- 1- ***Nervios espinales:*** dos nervios terminales emergen al nivel de las raíces espinales: el nervio dorsal escapular (C4-C5), el cual abastece al músculo elevador de la escápula y romboideos; y el nervio torácico largo (C5-T1), el cual inerva al músculo serrato anterior. Una lesión a este nivel resultaría en una escápula halada. El nervio frénico (C3-C5), considerado un nervio extra plexo, se ubica sobre el escaleno anterior, de ahí que una lesión a este nivel provocará una parálisis y elevación subsecuente del diafragma. El ganglión simpático reposa en proximidad a nivel de la raíz de T1. Por tanto, una lesión a este nivel estará asociada al Síndrome de Horner, que consiste en miosis, enoftalmos, ptosis y anhidrosis.
- 2- ***Troncos:*** dos nervios terminales emergen al nivel de los troncos: nervio supra escapular (NSE) (C5-C6), el cual inerva el supra e infraespinoso, emerge desde el aspecto supero lateral del tronco superior, en la localización referida como el Punto de Erb; y el nervio al músculo subclavio (C5-C6), que es más pequeño y emerge del lado medial del tronco superior.
- 3- ***Divisiones:*** el nivel de la división puede ser conceptualizado como el Ecuador del plexo braquial. Las raíces forman los troncos que viajan posterior a la clavícula y luego se dividen en divisiones anteriores y posteriores que inervan los músculos flexores y extensores respectivamente.
- 4- ***Cordones:*** después de que el plexo braquial ha viajado distal a la clavícula, se embebe en la vaina axilar. Las divisiones anteriores del tronco superior y medio forman el cordón lateral, y el tronco inferior se convierte en el cordón medial. Las divisiones posteriores de cada tronco forman el cordón posterior. Estos son nombrados en referencia a su relación anatómica con la segunda porción de la

arteria axilar, la cual está localizada posterior al músculo pectoral menor.

(Bachoura, 2013) (Figura 4)

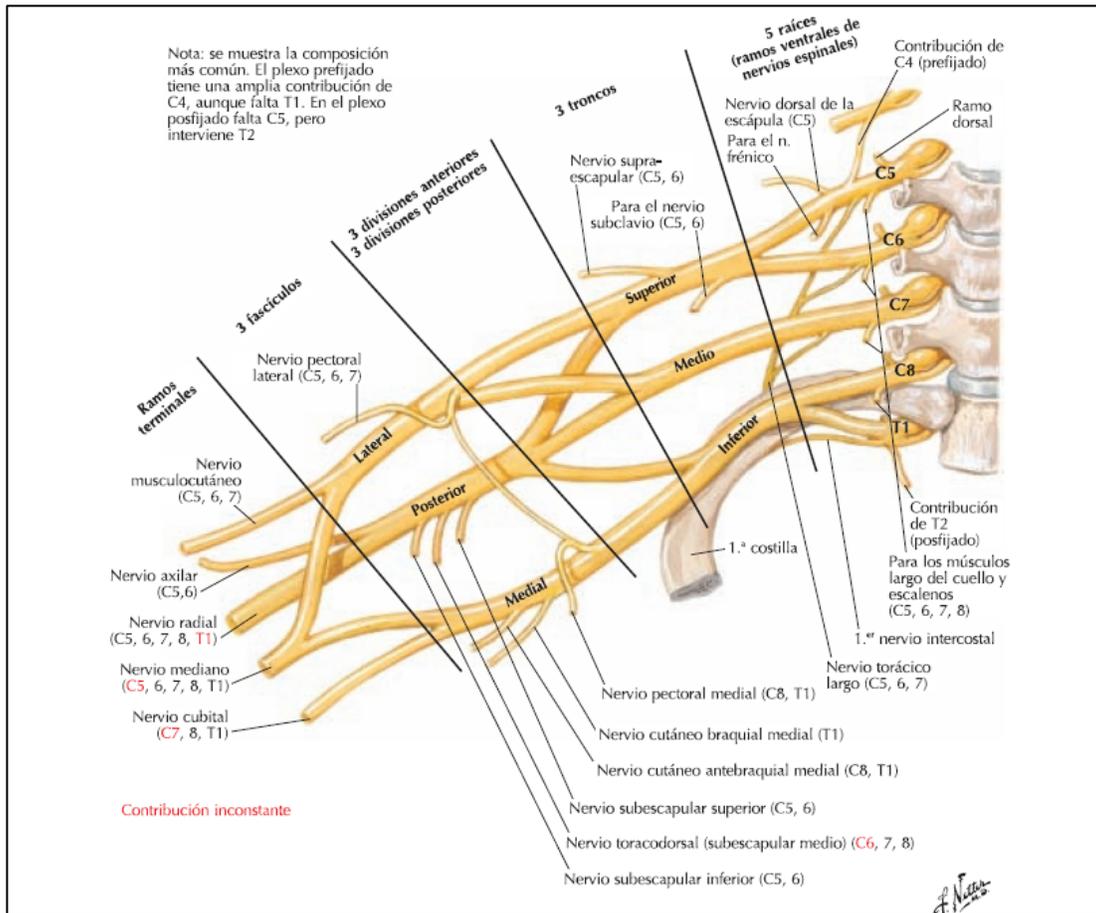


Figura 4. Anatomía del plexo braquial. (Netter, 2010)

## MECANISMO DE LESION

El mecanismo de la lesión dicta el tiempo de intervención. En heridas abiertas con objetos cortantes, está indicado la exploración inmediata y reparación primaria de la porción herida. Lesiones contusas abiertas: la exploración esta justificada, con identificación de los nervios afectados para ser reparados posteriormente. Para las 3 a 4 semanas, la lesión nerviosa estará demarcada. Heridas por arma de fuego de baja velocidad, generalmente resultan en neuropraxia, por lo que son lesiones que deben ser observadas. Por otra parte, las heridas por arma de fuego de alta velocidad demandan exploración quirúrgica. En lesiones por tracción o estiramiento, el tiempo exacto de intervención es más controversial. **(Allen, 2010)**

## GRADO DE LESION

Los sistemas de clasificación de lesión del nervio periférico en neuropraxia, axonotmesis y neurotmesis por Seddon y de primer a quinto grado por Sunderland son los usualmente descritos para referirse a lesiones del plexo braquial. La neuropraxia, o primer grado de Sunderland, se refiere a un daño localizado en la mielina con deficiencias de conducción. La recuperación completa se espera en 4 a 12 semanas. La axonotmesis, o lesión de segundo grado, se refiere a la disrupción de los axones nerviosos, seguido de degeneración walleriana. La regeneración axonal completa se puede esperar a una velocidad 1 a 3 mm/día desde el sitio de la lesión al músculo objetivo. En las lesiones de tercer grado, un desarreglo interno del endoneuro y fibrosis intrafascicular resulta en una recuperación parcial. Lesiones de cuarto grado: se refirieren a la disrupción perineural e intrafascicular, formando neuromas en continuidad, sin esperar recuperación espontánea. La neurotmesis o lesiones

de quinto grado describen lesiones con sección completa nerviosa donde se necesitará reparación quirúrgica.

## PATRONES COMUNES DE LESIÓN

En las lesiones de plexo braquial, cualquier combinación de estiramiento, ruptura y avulsión puede ocurrir. Sin embargo, ciertos patrones son más frecuentes, tal como las lesiones supraclaviculares (nervios y troncos, descritos por la raíz involucrada, es decir: C5-C6, C5-C7, C8-T1, o pan plexo), lesiones infraclaviculares (cordones y ramos terminales) o retroclaviculares (divisiones).

### **Lesión C5-C6**

Aproximadamente el 15% de los pacientes tienen lesión de los nervios C5 y C6 o en la unión donde forman el tronco superior: punto de Erb. Estos pacientes tienen déficit en la estabilidad del hombro, abducción y rotación externa e interna (supraespinoso, infraespinoso, deltoides y subescapular), así como en la flexión de codo (bíceps, braquial y braquiorradial) y en la supinación de antebrazo (bíceps y supinador). El déficit sensitivo se presentará en la distribución de C5-C6. Este tipo de lesión se suele referir con el epónimo de parálisis de Erb o Duchenne Erb, en reconocimiento a los trabajos de Wilhelm Heinrich y Guillaume Duchenne.

### **Lesión C5-C7**

Presente en aproximadamente un 20-30% de los pacientes, debilidad de los músculos inervados por C5 y C6 como descrito previamente, acompañado de lesión parcial o completa de C7. En estos pacientes se presentará debilidad variable del codo, muñeca y en

ocasiones de los extensores de los dedos. La contribución de C7 para extensión de la muñeca y extensión de los dedos e incluso al flexor profundo de los dedos varía entre pacientes, llevando a diferentes grados de debilidad. La alteración sensitiva en la porción proximal del brazo, así como en el pulgar, índice y dedo medio puede estar presente. Este patrón de lesión se conoce como Erb-plus.

### **Lesión C8-T1**

Presente en el 10% de los pacientes. Estos pacientes se presentarán con debilidad de los intrínsecos de la mano, así como una debilidad variable en extrínsecos y extensores de los dedos. La pérdida de sensibilidad en los dígitos ulnares, aspecto medial del antebrazo y región distal del brazo puede presentarse. Un compromiso de las raíces bajas puede resultar en un síndrome de Horner, el cual se identifica en la exploración física por miosis, ptosis, anhidrosis y enoftalmos. Este tipo de lesión se conoce como parálisis de Klumpke o Dejerine- Klumpke.

### **Lesión panplexo (C5-T1)**

Ocurre en un 50-75% de los pacientes. Presentando un brazo caído y una mano insensible. Ocasionalmente ciertos elementos pueden estar parcialmente dañados. **(Robert J. Spinner, 2017)**

## EVALUACION DEL PACIENTE

No existe algo como “el típico paciente de plexo braquial”. Cada paciente, aún teniendo la distinción de lesión de plexo braquial, es diferente. Las lesiones asociadas, los eventos alrededor del trauma y la recuperación son muy individuales. La mayoría de pacientes tendrán en común un accidente en vehículo automotor de alta velocidad.

En la primera visita, debe ser extraída una historia detallada de la lesión y lesiones asociadas. Cada paciente debe tener un examen físico detallado, involucrando los componentes motor y sensitivo de cada grupo muscular inervado por el plexo braquial (**Figura 5**).

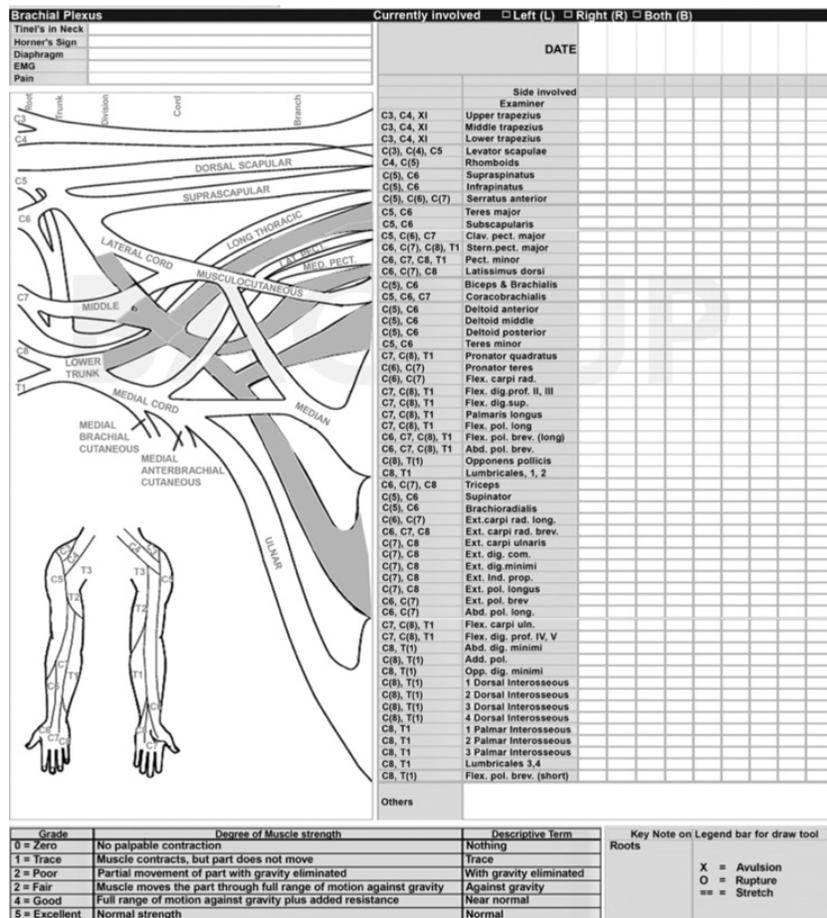


Figura 5. Componentes motores y sensitivos del plexo braquial. (Shelley S. Noland, 2019)

Cada músculo es valorado por su fuerza y graduado de 0 a 5, según el Consejo Británico de Investigación Médica (**Tabla 1**).

Tabla 1. Valoración de fuerza muscular. (Shelley S. Noland, 2019)

<b>Grado</b>	<b>Estado muscular</b>
0	Sin contracción
1	Algún trazo de contracción
2	Movimiento activo sin gravedad
3	Movimiento activo contra gravedad
4	Movimiento activo contra gravedad y resistencia
5	Fuerza normal

Se debe registrar la sensibilidad por dermatomos, así como la sensibilidad en dos puntos de los dedos, de ser posible. La presencia o ausencia del signo de Tinel en el plexo supra e infra clavicular debe ser determinado, ya que puede ser un indicador de que la lesión es distal al foramen espinal (post ganglionar). Deben registrarse arcos de movilidad tanto pasivos como activos del hombro, codo y muñeca, así como los reflejos.

Signos específicos, como el signo de Horner o dolor severo en una extremidad anestésica, sugiere pérdida de la aferencia de la extremidad. Estos hallazgos son indicativos de que la lesión es proximal al foramen espinal (pre ganglionar) e implican mal pronóstico para la recuperación espontánea.

Una examinación vascular por palpación de los pulsos radial y ulnar debe ser llevada a cabo para descartar o identificar lesiones vasculares concomitantes. Finalmente, el examen por una lesión del cordón espinal es necesaria, ya que se ha documentado una incidencia de un 2 a 5% con las lesiones de plexo braquial.

## ELECTROMIOGRAFIA

Los estudios de electro diagnóstico se realizan para verificar la severidad de la lesión de plexo braquial y determinar si el tratamiento quirúrgico es necesario. Sin embargo, hay escasa evidencia respecto a cuáles variables predicen de mejor manera el pronóstico de estos casos. La evaluación de electromiografía (EM) es utilizada para establecer la presencia de axones intactos y estimar la severidad de la pérdida axonal. Estos datos se recogen en una escala ordinaria (completa, reducida, discreta o ninguna). El reclutamiento motor normal o reducido generalmente indica un buen pronóstico de recuperación. La EM además de confirmar el diagnóstico, nos puede ayudar a distinguir lesiones pre ganglionares de las post ganglionares. Los pacientes con lesión preganglionar tendrá potenciales de acción sensitivos (SNAP) preservados a pesar de tener una extremidad insensible en la distribución del nervio afectado. Los SNAP están ausentes en las lesiones post ganglionares o lesiones combinadas. Debe realizarse el estudio EMG de base y velocidad de conducción nerviosa a las 3-4 semanas posterior a la lesión.

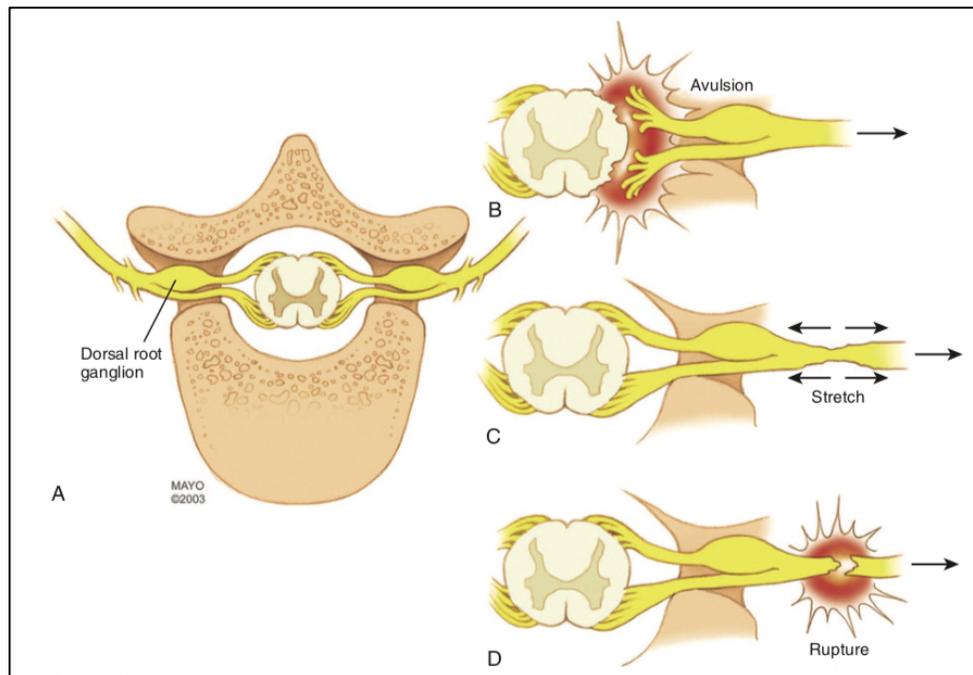


Figura 6. Lesión pre y post ganglionar. (Allen, 2010)

En el estudio realizado por Impasto y colaboradores se evaluaron pacientes con lesión de plexo braquial y la habilidad de la electromiografía para determinar el resultado clínico. Sus resultados los revisaremos a continuación:

Se realizó un estudio retrospectivo de enero 2005 a diciembre 2015, los criterios de inclusión fueron: 1- lesión traumática de C5-C6, tronco superior o cordón lateral, 2- seguimiento mayor a 1 año posterior al trauma con pruebas manuales musculares documentados por un fisioterapeuta o médico, 3- EMG con reclutamiento documentado de deltoides, infraespinoso o bíceps braquial.

Un total de 5718 EM fueron realizadas en un periodo de 10 años en el centro médico de Harborview en Denver, Colorado. 106 estudios identificaron lesiones del plexo braquial, de los cuales, 57 documentaron lesión C5-C6, tronco superior o cordón lateral, para un total de 21 pacientes con criterios adecuados de inclusión.

Dieciséis pacientes con un total de 27 músculos para el grupo 1 (no reclutamiento), mientras que cinco pacientes para un total de 8 músculos para el grupo 2 (reclutamiento discreto o severamente reducido).

Se encontró que en el grupo 1 los resultados fueron pobres, con 0 de 27 músculos probados que mejoraran su fuerza a más de 4/5. Los resultados fueron mejores en el grupo 2, pero sólo 2 de los 8 músculos mejoraron a más de 4/5 en fuerza.

Un reto en el manejo de las lesiones de plexo braquial es el tiempo adecuado para la cirugía de transferencia nerviosa (3-6 meses), que ocurre antes que la recuperación máxima nativa (18-24 meses). Por lo que, en la práctica actual, muchos cirujanos y fisiatras utilizan la presencia de reclutamiento voluntario como una variable pronóstico; pacientes sin presencia de esta actividad para los 3-6 meses determina una pobre probabilidad de recuperación y deberán ser sometidos a tratamiento quirúrgico. **(David Impasto, 2017)**

## EVALUACION POR IMÁGENES

La toma de radiografías de columna cervical, tórax, cintura escapular y húmero es importante en traumas de alta energía con lesión de plexo braquial para descartar fracturas o luxaciones, así como parálisis diafragmática en lesiones proximales de C3-C5. Fracturas de la primera y segunda costilla se asocian a lesión de plexo braquial y debe ser tomado en cuenta si se plantea la posibilidad quirúrgica con transferencia de nervios intercostales, los cuales pueden no ser aptos hasta en 10% según la estadística.

La mielografía y tomografía mielográfica, aunque son un poco invasivas son consideradas los métodos más confiables para detectar avulsión de raíces nerviosas **(Figura 7)**. Los hallazgos han sido clasificados por Nagano y colegas en seis categorías, desde raíces

normales hasta la presencia de pseudomeningocele traumático (**Tabla 2**). Este estudio se realiza generalmente a las 3 o 4 semanas post trauma para permitir la adecuada visualización posterior a la disolución de posibles hematomas.

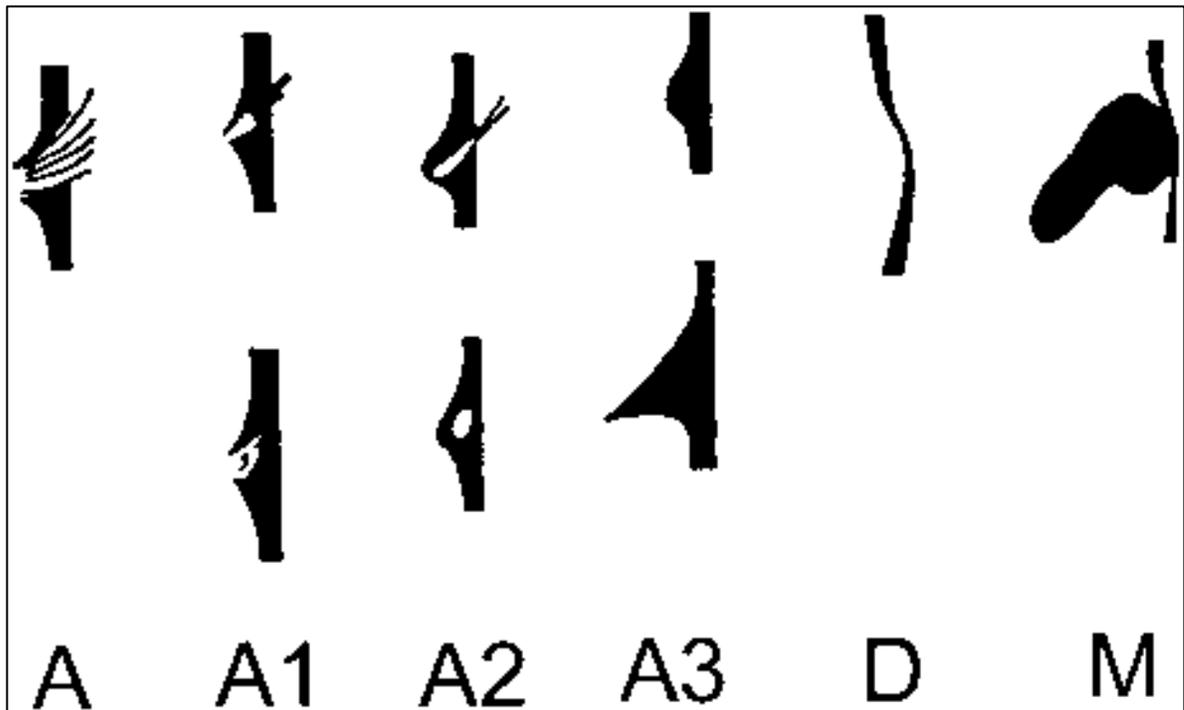


Figura 7. Clasificación de Nagano, signos mielográficos en la avulsión de raíces nerviosas del plexo braquial. N, normal; A1, ligera sombra en manga de la raíz; A2, obliteración del tip de la raíz con sombra al pie, o ausencia de raíz; A3, obliteración del tip de la raíz sin presencia de la raíz o sin sombra visible de raíz visible; D, defecto en lugar de sombra de raíz; M, meningocele traumático. (Nagano A, 1989)

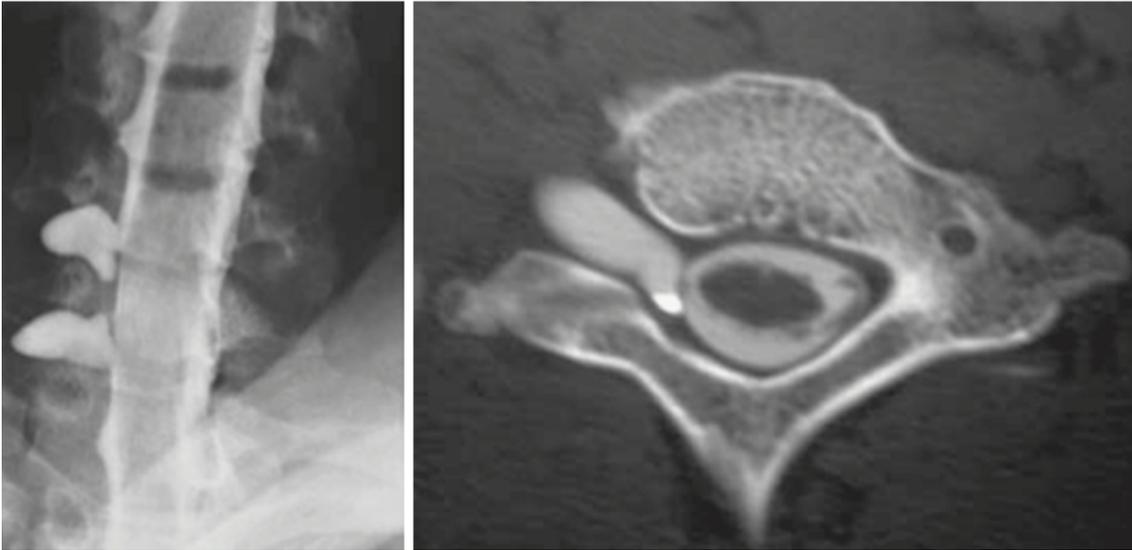


Figura 8 Mielografía con presencia de dos pseudomeningoceles derechos y su imagen en tomografía axial. **(Robert J Spinner, 2017)**

En cuanto a los estudios por resonancia magnética, en las lesiones post ganglionares se puede observar engrosamiento nervioso con una señal de baja intensidad en T1 y una T2 incrementada. Además, es posible valorar la continuidad estructural o discontinuidad con retracción, la presencia de compresión por hematomas o desplazamiento de fracturas.

En las lesiones preganglionares es posible la valoración de pseudomeningoceles, la administración de gadolinio intravenoso es útil para la identificación de raíces avulsionadas. Otro signo importante es la potenciación de imagen en los músculos para espinales denervados, debido a una dilatación de la red vascular y aumento del espacio extracelular en la zona afectada. **(Hendrik W. van Es, 2010)**

## CONCEPTOS DE MANEJO QUIRÚRGICO

### NEUROTIZACION

La neurotización es un procedimiento quirúrgico que intencionalmente divide un nervio fisiológicamente intacto, con poca morbilidad y lo transfiere a un nervio irreparable y denervado, más distal y más importante.

Esta puede ser ampliamente clasificada en cuatro categorías: neurotización extra plexo, intraplexo, de corta distancia, y neurorrafia terminolateral.

***Neurotización extra plexo:*** significa transferencia de un componente no braquial. Los más utilizados son el nervio frénico, espinal accesorio, ramas motoras profundas del plexo cervical, nervios intercostales, nervio hipogloso y nervio C7 contralateral.

El nervio frénico es el nervio motor al diafragma, se origina de C3 a C5, pero principalmente de C4. Se encuentra en las superficies ventrales y mediales de los músculos escaleno anterior. Siempre es el primer nervio encontrado después de la disección del tejido adipofacial. La transección de este nervio puede causar distress respiratorio importante en niños menores de 2 años, pero en la mayoría de adultos no causa mayor complicación a excepción de disnea nocturna en casos excepcionales.

El nervio espinal accesorio es la rama motora del esternocleidomastoideo (ECM) y músculo trapecio, se encuentra por debajo del ECM, pasando lateral, oblicuo y posterior del músculo trapecio. La disección debe ser lo más distal posible hasta las dos o tres ramas terminales que entran al músculo, las cuales son divididas para la transferencia.

Los nervios intercostales se localizan por debajo del periostio de las costillas luego de la disección de los músculos intercostales externos e internos. Cada nervio tiene

dos ramas principales: la central profunda y ramas superficiales laterales; la central es predominantemente motora y utilizada para las transferencias.

### **Neurotización intra plexo**

La neurotización intra plexo es utilizada en casos de una avulsión no global, en la cual al menos uno de los nervios espinales está disponible para transferencia.

En una ruptura de C5 y avulsión de C6, o en una ruptura de ambas pero con C5 más sana que C6, las fibras de C5 son transferidas a C6 o a la división anterior del tronco superior para la flexión de codo. La división posterior del tronco superior o nervio supra escapular es inervado posteriormente por el C6 lesionado; o neurotizaciones extra plexo combinadas con nervio frénico o espinal accesorio.

### **Neurotización de corta distancia**

Es un procedimiento de transferencia nerviosa donde se provee coaptación directa a un sitio más distal cerca del órgano, músculo o piel objetivo; así, se permite la recuperación a mayor velocidad tanto motor como sensitivo. Ejemplos de esta técnica corresponden a la neurotización del espinal accesorio a supraescapular, nervio de cabeza larga del tríceps a nervio axilar, entre otros.

La ventaja de esta técnica implica una adaptación directa sin la necesidad de tomar un injerto, un tiempo quirúrgico menor y los extremos nerviosos son sanos , evitando tejido fibroso y la zona del trauma.



de la herida con reparación nerviosa y/o vascular. Con mucho debate, algunos cirujanos recomiendan intervención quirúrgica temprana (menor a 3 meses) en lesiones severas, como la avulsión o ruptura. Sin embargo, el “timing” más común es de 3 a 6 meses del trauma. Esto permite una ventana suficiente de tiempo para determinar la trayectoria de recuperación e identificar mejor el pronóstico que tendrá en paciente **(Aaron Bunnell, 2018)**.

## CONTRAINDICACIONES PARA CIRUGIA

Las contraindicaciones absolutas para una cirugía de reconstrucción de plexo son pocas. Rigidez, contracturas, edad, comorbilidades médicas, trauma craneoencefálico asociado y lesión de médula espinal deben tomarse en consideración en el proceso de toma de decisiones. La principal contraindicación es metas irreales o una actitud inadecuada del paciente de atravesar el proceso tanto quirúrgico como de recuperación y rehabilitación. Es crucial informarle al paciente las posibles opciones quirúrgicas, relación riesgo beneficio, proceso de rehabilitación posterior a la cirugía, porcentaje de éxito, amplia extensión de tiempo de recuperación y la posibilidad de cirugías adicionales.

La cirugía tampoco es usualmente indicada en pacientes con recuperación espontánea en proceso en todos los elementos afectados ya que estos resultados serán mejores sin la intervención en el quirófano. Se cree además que las lesiones de C8-T1 tienen una contraindicación relativa para la reparación primaria o injerto debido a la habilidad limitada para que la regeneración exitosa alcance la mano. Las transferencias nerviosas del antebrazo, o la reconstrucción secundaria con transferencias tendinosas podría tener resultados más predecibles. Finalmente, en lesiones donde ha pasado más de un año desde el trauma, la

reconstrucción primaria está generalmente contraindicada a menos, talvez, en un paciente joven. En casos selectos, pueden considerarse tranferencias nerviosas distales hasta los 18 meses posterior al trauma. **(Robert J. Spinner, 2017)**

## PRIORIDADES DE LA RECONSTRUCCION

La flexión de codo es la prioridad en cuanto a recuperación de función en la extremidad afectada, seguida por la estabilidad al hombro, abducción y rotación externa. La reconstrucción de la muñeca y mano es más difícil debido a la gran distancia desde el sitio de la lesión y la baja velocidad de regeneración nerviosa. **(Justin MB, 2008)**. Los métodos tradicionales de reconstrucción no alcanzarán las placas motoras terminales antes de que se presente la atrofia. Finalmente, la sensibilidad de la mano deberá ser considerada cuando sea posible. En la mayoría de casos no se cuenta con suficientes donantes nerviosos para brindar todas las funciones deseadas **(Tabla 3)**.

Tabla 2. Transferencias nerviosas de la extremidad superior. **(Linda Dvali, 2007)**

Músculo/Nervio deficiente	Nervio/fascículo donador
<p><i>Flexión codo</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bíceps y braquial</li> <li>2. Bíceps</li> <li>3. N. Musculocutáneo</li> </ol>	<p>Rama flexor carpo ulnar de N. ulnar, rama flexor carpo radial del N. Mediano.</p> <p>N. Pectoral medial, toracodorsal, intercostales.</p>

<p><i>Abducción del hombro</i></p> <p>N. Supraescapular</p> <p>N. Axilar</p>	<p>N. distal accesorio</p> <p>Rama del tríceps del N. radial, Pectoral medial, toracodorsal, intercostales.</p>
<p><i>Extensión de la muñeca y dígitos</i></p> <p>N. radial</p>	<p>Rama flexor superficial dedos, palmar largo, ramas de N. mediano.</p>
<p><i>Pronación</i></p> <p>Ramas pronadoras de N. mediano</p> <p>Función intrínseca de la mano</p> <p>N. Ulnar</p>	<p>Flexor superficial dedos, palmar largo.</p> <p>Nervio interóseo anterior.</p>

## INTERVENCIONES POR DÉFICIT FUNCIONAL

### **Abducción del hombro**

La recuperación de la abducción del hombro no sólo es importante por sus implicaciones funcionales, sino que además puede reducir el dolor en asociación con la subluxación del hombro e inestabilidad glenohumeral. Esta restauración es demandante ya que este se mueve en múltiples direcciones resultando en contracciones coordinadas de diferentes grupos musculares.

Para restablecer la función del hombro se requiere la reconstrucción de dos nervios: supraescapular y axilar. Para la reconstrucción de nervio supraescapular, el nervio espinal

accesorio es el utilizado más comunmente. Para el nervio axilar, se utilizan ramas del nervio radial a nivel del tríceps, ya sea cabeza medial o larga, y el nervio pectoral medial. Otros abordajes reportados incluyen nervio frénico a supraescapular, nervios intercostales para axilar y nervio toracodorsal para axilar.

Yang y colaboradores (**Yang LJ, 2012**), revisaron 55 pacientes que fueron sometidos a transferencias nerviosas con reparación proximal y encontraron que 64% de los pacientes alcanzaban una fuerza muscular mayor o igual a 3. Y en otros estudios que recibieron sólo reparación nerviosa únicamente un 28 % alcanzaban resultados con fuerza muscular de 3 o más.

### **Flexión de codo**

La recuperación de la flexión del codo es considerada el principal objetivo de la cirugía de plexo. Esta se logra de la acción principalmente de dos músculos, bíceps braquial que además supina el antebrazo y el braquial. Ambos son inervados por ramas del musculocutáneo, el cual provee inervación a la piel en la superficie lateral del brazo y antebrazo vía nervio cutáneo lateral antebraquial. Para reconstruir la rama del bíceps, el donador más utilizado es el fascículo del flexor carpo ulnar (FCU) del nervio ulnar, también conocido como procedimiento de Oberlin (**Figura 8**). Para reconstruir tanto el bíceps como el braquial, se utiliza además el fascículo del flexor carpo radial del nervio mediano. En caso de ameritar una reconstrucción más alta del musculocutáneo se puede utilizar nervios intercostales y pectoral medial (**Figura 9**).

Otros métodos disponibles incluyen toracodorsal y nervio frénico a musculocutáneo (**Liu Y, 2015**).

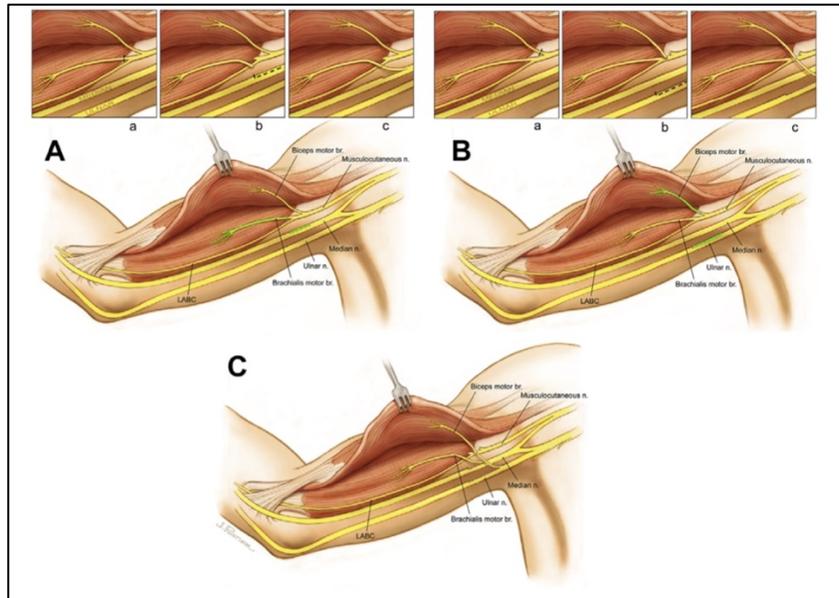


Figura 10. Presentación esquématica de la transferencia fascicular doble. A. La rama motora braquial y fascículo de nervio mediano son identificados. B. Rama motora de bíceps y fascículo de FCU del nervio ulnar son identificados. C. El fascículo del nervio mediano es adaptado a la rama motora del braquial y fascículo de nervio ulnar a la rama motora del bíceps. (Liselotte F.B, 2015)

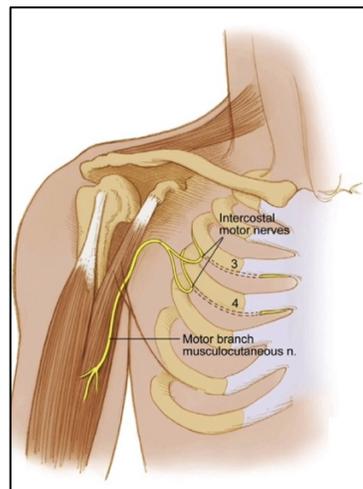


Figura 11. Transferencia de la tercer y cuarta rama de intercostal para el nervio musculocutáneo. (Liselotte F.B, 2015)

### **Extensión de codo**

La extensión del codo puede ser restablecida por reinervación de ramas del tríceps del nervio radial. Entre los donadores reportados se incluyen fascículos del FCU del nervio ulnar y nervios intercostales **(Gao K, 2013)**.

### **Flexión pulgar**

La flexión del pulgar puede ser restaurada mediante reinervación del nervio interóseo anterior (NIA). Utilizando como donador la rama braquial del musculocutáneo. En el caso de la función motora de la mano propiamente dicha, las transferencias nerviosas son limitadas, debido a la larga distancia requerida para la regeneración nerviosa. Generalmente cuando los axones que se han regenerado alcanzan los músculos flexores del pulgar, ya estos se han atrofiado de manera irreversible. En esta situación, estas unidades no funcionales pueden ser sustituidas mediante tranferencias musculares mediante microcirugía, también conocido como transferencia muscular funcional libre. **(Maldonado AA, 2016)**.

### **Lesión completa de plexo**

Los pacientes con una lesión completa (C5-T1) tienen pobre pronóstico, y las opciones disponibles para una transferencia son limitadas. Un abordaje frecuentemente utilizado es un intento de restablecer alguna función muscular proximal que permita estabilidad del hombro y una potencial flexión de codo. Opciones para estas circunstancias incluye: espinal accesorio a supraescapular e intercostales a axilar. Otros abordajes más agresivos incluyen el uso del nervio frénico, C7 contralateral, artrodesis y transferencia libre muscular.

### **Recuperación sensitiva de la mano**

La recuperación motora ha sido el principal objetivo en cuanto a la reconstrucción de plexo braquial. Sin embargo, una función sensitiva básica de protección es imperativa una vez que la prensión haya sido recuperada. Hay pocos reportes en cuanto a este tipo de tratamiento. En el 2008 se realizó una revisión en cuanto a la recuperación sensitiva con la transferencia nerviosa de nervios intercostales al nervio mediano o ulnar. De 1992 al 2004, en el hospital general de Ogori Daichi y escuela de medicina de Yamaguchi, Japón, se trataron 45 pacientes con avulsión completa del plexo braquial mediante el siguiente método de reconstrucción: 1) exploración quirúrgica del plexo braquial mediante test electrofisiológico y reparación de las raíces cervical en la medida de lo posible; 2) transferencia muscular libre de nervio espinal accesorio para restablecer flexión de codo y extensión de los dedos; 3) transferencia muscular libre de 5to y 6to intercostal para restablecer flexión de dedos, 4) transferencia de 3ero y 4to intercostal a la rama motora de tríceps para restablecer extensión de codo y 5) transferencia de rama sensitiva de intercostal a nervio mediano o ulnar para sensibilidad de la mano.

Se dio un seguimiento posterior a la reconstrucción de mínimo de 3 años; solo 17 pacientes candidatos fueron adecuados en su adhesión al programa de rehabilitación. Con una media de edad de 26.4 años, siendo intervenidos en un intervalo de 9.8 meses posterior al trauma. Para la reconstrucción sensitiva se utilizaron tres ramos sensitivos de intercostal en 7 pacientes –dos ramos en 5 pacientes, y un ramo en 5 pacientes–, siendo el nervio mediano receptor en 14 y el nervio ulnar en 3.

Para la evaluación de los resultados obtenidos se evaluó el avance en la presencia del signo de Tinel, test de monofilamento de Semmes – Weisten (se prueban monofilamentos numerados de 1.65 a 6.65 con una presión en la piel suficiente para que este se doble), test

de discriminación de dos puntos estática y dinámica, percepción de vibración mediante el estímulo con un diapasón de 30-, 128-, y 256- ciclos/segundo, percepción de temperatura (utilizando una barra de metal previamente temperada con agua caliente a 50 grados centígrados; así como una barra fría, siendo el test perceptible como sí o no), y localización de la percepción de sensibilidad, utilizando la escala modificada de Highet (S0 – S1 – S2 – S2m- S3- S3m – S4).

Resultados: signo de Tinel presente en todos los pacientes, el tiempo medio de recuperación inicial fue de 17.9 meses. Todos los pacientes percibieron al menos filamento 6.65 en el territorio del nervio mediano o ulnar. Ninguno de los pacientes logró discriminación de dos puntos. La vibración con 30 ciclos/segundo fue detectada en 12 pacientes. 8 pacientes presentaron sensación ante el calor y 13 al frío, 8 pacientes hacia ambos. Los pacientes con lesión de plexo braquial generalmente sufren de dolor severo (causalgia) en la extremidad superior, en esta serie de casos, solo dos pacientes presentaron dolor severo y cuatro no reportaron dolor.

Los resultados limitados obtenidos en este estudio son útiles en las actividades de la vida diaria en pacientes severamente discapacitados ya que de lo contrario la extremidad afectada sería del todo insensible. **(Yasunori Hattori, 2009).**

## ÁMBITO PSICOLÓGICO DEL PACIENTE CON LESIÓN DE PLEXO BRAQUIAL

La incidencia de desórdenes por estrés post traumático, depresión y distrés psicológico es alto en el trauma ortopédico. Estudios previos han demostrado que un tercio de los pacientes con lesiones en la mano experimentan depresión y signos de trastornos del humor. En una manera similar, las lesiones nerviosas de la extremidad superior afectan la función diaria, llevando a una disminución de la calidad de vida percibida por el paciente.

Estudios que valoran la calidad de vida, los resultados funcionales y la satisfacción del paciente posterior a una cirugía de reconstrucción del plexo braquial concluyeron que estos pacientes son afectados en términos de su estatus financiero, empleo, independencia en actividades del diario vivir, imagen corporal, estado emocional subjetivo y satisfacción general a pesar de las mejorías en los resultados motores (**Zoe A Landers, 2018**).

## CONCLUSIONES

- Las lesiones de plexo braquial pueden ser devastadoras para el paciente y son difíciles de comprender para él y su familia.
- El conocimiento de la anatomía, evaluación clínica, estudios radiológicos y electrofisiológicos, opciones de tratamiento, y reconocimiento del adecuado momento de realizar la intervención quirúrgica le darán al cirujano las herramientas para brindar la mejor atención posible.
- Aún en lesiones severas pan plexo, las actuales opciones de tratamiento le permiten al paciente tener la habilidad de realizar cierto grado de flexión de codo, abducción de hombro y su estabilidad y esperar por algún grado de función de la mano, limitada pero potencialmente útil.
- Expectativas reales deben ser establecidos desde el inicio del proceso, con la idea de que un único procedimiento no es capaz de garantizar resultados prometedores o regresar a un estado previo a la lesión.

## BIBLIOGRAFIA

- Shelley Noland, A. B. (2019). Adult Traumatic Brachial Plexus Injuries . *Journal of American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 705.
- Bachoura, R. L. (2013). Adult Brachial Plexus Injury: Evaluation and Management. *Orthopaedic Clinics of North America* , 592-594.
- Allen, J. G. (2010). Current concepts of the Treatment of Adult Brachial Plexus Injuries. *Current concepts*, 679-680.
- David Impasto, K. I. (2017). Prognostic value of needle electromyography in traumatic brachial plexus injury. *Muscle and Nerve*, 595-597.
- Aaron Bunnell, D. K. (2018). Planning Interventions to Treat Brachial Plexopathies. *Phys Med Rehabil Clin N*, 1-11.
- Yang LJ, C. K. (2012). A systematic review of nerve transfer and nerve repair for the treatment of adult upper brachial plexus injury. *Neurosurgery*, 417-29.
- Liu Y, X. X. (2015). Phrenic nerve transfer to the musculocutaneous nerve for the repair of brachial plexus injury: electrophysiological characteristics. *Neural Regen Res*, 328-33.
- Gao K, L. J. (2013). Outcome after transfer of intercostal nerves to the nerve of triceps long head in 25 adult patients with total brachial plexus root avulsion injury. *Journal of Neurosurgery*, 606-10.
- Maldonado AA, K. M. (2016). Free functioning gracilis muscle transfer versus intercostal nerve transfer to musculocutaneous nerve for restoration of elbow flexion after traumatic adult brachial pan-plexus injury. *Plast Reconstr Surgery*, 483-88.

- Chuang, D. C.-C. (2007). Neurotization and Free Muscle Transfer for Brachial Plexus Avulsion Injury. *Hand Clinics*, 91-103.
- Justin MB, S. M. (2008). Nerve Transfers in the Forearm and Hand. *Hand Clinics*, 319-340.
- Liselotte F.B, A. Y. (2015). Nerve Transfers to Restore Elbow Function . *Hand Clinics*, 165-174.
- Linda Dvali, S. M. (2007). The Role of Microsurgery in Nerve Repair and Nerve Grafting. *Hand Clinics*, 73-81.
- Hendrik W. van Es, T. L. (2010). MRI of the brachial plexus: A pictorial review . *European Journal of Radiology* , 391-402.
- Yasunori Hattori, K. D. (2009). Sensory Recovery of the Hand with Intercostal Nerve Transfer following Complete Avulsion of the Brachial Plexus . *Plastic and Reconstructive Surgery* , 276-283.
- Nagano A, O. N. (1989). J Hand Surg . *Usefulness of myelography in brachial plexus injuries.* , 14:59.
- Shelley S. Noland, A. T. (2019). Adult Traumatic Brachial Plexus Injuries. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeon*, 706:715.
- Robert J Spinner, A. Y. (2017). Traumatic Brachial Plexus. En S. W. Wolfe, *Greens Operative Hand Surgery* (pág. 1152). Filadelfia: Elsevier.
- Zoe A Landers, R. J. (2018). The Psychological Impact of Adult Traumatic Brachial Plexus Injury . *Journal of Hand Surgery* , 950.e1.

11 de julio de 2020

Señores  
Universidad de Costa Rica  
Sistema de Estudios de Posgrado

Estimados señores:

Yo, David Chacón Martínez, cédula de identidad 1-1103-0772, vecino de San Pedro de Montes de Oca, Licenciado en docencia para la enseñanza de la filología, cuento con conocimientos y experiencia en revisión filológica de textos.

Doy fe de que he revisado el Trabajo Final de Graduación de la estudiante Sharon Álvarez Solano, cédula 1-1329-0448, cuyo título es **LESIONES TRAUMÁTICAS DE PLEXO BRAQUIAL: RECONSTRUCCIÓN PRIMARIA**, para optar por la especialidad en Ortopedia y Traumatología.

Dicho trabajo indicado anteriormente cuenta con la revisión y corrección filológicas en aspectos fundamentales, se han observado y aplicado las normativas vigentes sobre la corrección de estilo de los componentes notacionales (ortografía), gramaticales (morfosintaxis), lingüísticos (discurso, léxico y semántica) y conceptuales (cohesión y coherencia). Por tanto, el trabajo es apto para ser presentado a las autoridades universitarias competentes.

Quedo a su disposición para cualquier consulta en:  
Email: davidchaconm@gmail.com  
Teléfono celular: 87147880

Sin ningún particular se despide,



Lic. David Enrique Chacón Martínez  
Filólogo, UCR  
Número de colegiado  
Colypro 66498

