

Experiencia de un año en el Hospital General “Manuel Gea González” en las lesiones nerviosas del miembro superior y plexo braquial

Carlos Alberto Rodríguez-Aceves¹, Alexander Cárdenas-Mejía²

RESUMEN

El sistema nervioso periférico conecta los centros nerviosos superiores con los músculos o receptores sensitivos. La mayoría de los nervios que controlan el movimiento y sensibilidad del miembro superior tienen origen en el plexo braquial, el cual está formado por las raíces ventrales de los nervios espinales cervicales C5 a T1. Las lesiones ocasionan pérdida en distintos grados de estas funciones. Son frecuentes en población activa de adultos jóvenes. La etiología que afecta a los nervios periféricos puede ser: lesión aguda (trauma), compresiones crónicas y neoplasias. En 2010 y hasta abril 2011, se trataron 10 pacientes: 4 con mononeuropatía, 4 con plexopatía de etiología traumática y 2 por patología tumoral de plexo braquial. Los procedimientos existentes para la reparación quirúrgica consisten en: neurorrafia primaria, neurolisis, neurotizaciones, injertos nerviosos y transferencias musculares libres, cuyo objetivo principal es restaurar la función motora y sensitiva en áreas esenciales del miembro superior. En relación con las características de la lesión, se establece el tiempo idóneo y técnica para llevar a cabo una reparación quirúrgica de los nervios afectados.

Palabras clave: nervio periférico, plexo braquial, lesión nerviosa, reconstrucción nerviosa.

One year experience in General Hospital “Manuel Gea Gonzalez” in upper limb nerve and brachial plexus injuries.

ABSTRACT

The peripheral nervous system connects the superior nerve centers to muscles and sensory receptors. Most of the nerves that control the movement and sensitivity of the upper limb originate in the brachial plexus which is formed by the ventral roots of the cervical spinal nerves C5 to T1. Injuries in varying degrees cause loss of these functions. They are common in young adult population. The etiology that affects the peripheral nerves may be: acute injury (trauma), chronic injury (compression) and neoplasms. In 2010 and until April 2011, 10 patients were treated: 4 with mononeuropathy, 4 with plexopathy of traumatic etiology, and 2 brachial plexus tumor pathology. Current surgical repair include: neurorrhaphy, neurolysis, nerve grafts, neurotizations and free muscle transfers, whose main purpose is to restore sensory and motor function in essential areas of the upper limb. In relation to the characteristics of the injury, sets the ideal time and technique to perform surgical repair of the affected nerves.

Key words: peripheral nerve, braquial plexus, nerve injury, surgical nerve repair.

La cirugía de los nervios periféricos tiene una larga historia. En contraparte a las ideas de Hipócrates y Galeno, quienes afirmaban que este tipo de lesiones no eran susceptibles de reparación, se realizaron múltiples intentos en la época medieval por conseguirlo,

sin embargo, esta idea no fue aceptada hasta 1800. Un progreso significativo en el tratamiento quirúrgico de esta entidad fue resultado de la experiencia obtenida durante la Primera y Segunda Guerra Mundial, debido a los avances en el conocimiento anatómico y el desarrollo de

*Trabajo presentado en el XXI Congreso Mexicano de Cirugía Neurológica (julio 2011).

nuevas técnicas^{1,2}. Existen diversos factores que influyen en los resultados: tipo de nervio, edad del paciente, nivel de la lesión, extensión de la lesión, lesiones asociadas, técnicas quirúrgicas y tiempo de evolución³. En la estructura del nervio periférico, el tejido conectivo se individualiza en forma de tres vainas que organizan la estructura interna del tronco nervioso: endoneuro, perineuro y epineuro^{3,5}. En relación a esta disposición se establecen las clasificaciones de las lesiones descritas por Seddon y Sunderland: neuropraxia, axonotmesis y neurotmesis, que permiten comprender la fisiopatología de la lesión, así como establecer un pronóstico y conducta terapéutica adecuada^{6,9}. Si bien la clasificación de Sunderland es más precisa, es mucho menos utilizada, ya que además de ser más compleja, no añade mayor utilidad al manejo. De acuerdo a la clasificación de Seddon, en la neuropraxia existe bloqueo temporal de la conducción manteniendo la continuidad estructural, sin afeción axonal ni degeneración walleriana distal. En la axonotmesis existe lesión axonal asociada a degeneración walleriana distal preservando el endoneuro y el perineuro, lo que permite dirigir la regeneración del axón hasta el órgano blanco a una velocidad de 1mm/día; en ambos tipos de lesiones existe posibilidad de recuperación espontánea. La neurotmesis se refiere a la sección completa del nervio con pérdida completa de la función y sin posibilidades de recuperación espontánea^{6,9}. En la clasificación de Sunderland se adhieren 2 grados y corresponden de la siguiente manera: *grado I* a la neuropraxia, *grados II a IV* axonotmesis y difieren entre sí por la integridad del tejido conectivo, teniendo el *grado II* mejor pronóstico que el *IV* en cuanto a recuperación espontánea; el *grado IV* es similar a la neurotmesis, sólo que el aspecto del nervio es en continuidad, ambos cabos nerviosos están unidos por tejido cicatrizal, pero no por tejido nervioso. Existe un sexto grado de lesión denominado neuroma en continuidad que contiene distintos componentes de las lesiones descrito contantelación descritas^{10,11} tabla 1 y 2. El sistema nervioso periférico es el nexo que conecta los centros nerviosos en donde se generan y sincronizan los impulsos nerviosos con los músculos o receptores sensitivos¹². La mayoría de los nervios que controlan el movimiento y sensibilidad del miembro superior tienen origen en el plexo braquial, el cual está formado por las raíces ventrales de los nervios espinales cervicales C5 a T1, existen algunas variables como el plexo prefijado (mayor contribución de C4) y el plexo posfijado (mayor contribución de T2) de importancia clínica y quirúrgica¹³⁻¹⁷. En relación a las características de la lesión (extensión y nivel, entre otros) se genera pérdida en distintos grados de la sensibilidad y fuerza muscular del miembro superior. Los tres grandes grupos de lesiones que afectan a los nervios periféricos

son: traumatismos, compresiones crónicas y neoplasias; siendo las primeras las más frecuentes que se presentan en su mayoría en adultos jóvenes por accidentes en vehículos motorizados^{10,12,18}. Durante la valoración inicial es importante identificar la extensión, localización, severidad y tiempo de evolución de la lesión para establecer un pronóstico y criterio quirúrgico. Sin embargo, en ocasiones el examen clínico puede ser insuficiente, por lo que se requieren pruebas complementarias. Dentro de los estudios requeridos para el diagnóstico de las lesiones son útiles la angiografía, mielografía, RM y tractografía^{12,19,20}. El diagnóstico funcional puede establecerse mediante los estudios neurofisiológicos como la electromiografía que aporta datos después de la tercera semana de producida la lesión, así como, estudios de conducción sensitivo-motora que pueden establecer la localización de la lesión y datos de degeneración-regeneración^{12,21,22}.

Tabla 1. Clasificación de lesiones nerviosas (Seddon, Sunderland & Mackinnon).

Grado	Mielina	Axón	Endoneuro	Perineuro	Epineuro
I	Neuropraxia	×/√	√	√	√
II	Axonotmesis	×	×	√	√
III		×	×	×	√
IV		×	×	×	×
V	Neurotmesis	×	×	×	×
VI	Mixto	Variabilidad en afeción de fibras y fascículos, cambios patológicos mixtos			

× No preservado √ Preservado

Tabla 2. Lesiones nerviosas: pronóstico, hallazgos neurofisiológicos y tratamiento quirúrgico. (Mackinnon).

Grado		Recuperación	Tiempo	EMG / VCN (fibrilación)	EMG / VCN (PUM)	Cirugía
I	Neuropraxia	Completa	12 sem	-	Normal	-
II	Axonotmesis	Completa	1" por mes	+	+	+/-
III		Parcial	1" por mes	+	+	+/-
IV	Neuroma en continuidad	No	No	+	-	+
V	Neurotmesis	No	No	+	-	+
VI	Mixto	Impredecible	Depende	-/+	-/+	+

EMG. Electromiografía VCN. Velocidades de conducción nerviosa PUM. Potencial de unidad motora.

Los procedimientos hoy existentes para la reparación quirúrgica consisten en: neurorafia primaria, neurolisis, transferencias nerviosas o neurotizaciones que consisten en anastomosar un nervio sano con el nervio lesionado sacrificando la función del primero,

Recibido: XXXXXX Aceptado: XXXXXX.

¹Médico Adscrito Neurocirugía Hospital General Manuel Gea González. ²Médico Adscrito Cirugía Plástica y Reconstructiva Hospital General Manuel Gea González. Correspondencia: Carlos Alberto Rodríguez-Aceves. Calzada de Tlalpan # 4800. Col. Sección XVI, 14080 México, D.F.

E-mail: crodac@yahoo.com.mx

injertos nerviosos y transferencias musculares libres, que tienen como objetivo principal restaurar la función motora y recuperar la sensibilidad en áreas esenciales del miembro superior^{11,23-29}.

De acuerdo a las características de la lesión se establece el tiempo idóneo en el que se requiere realizar un procedimiento quirúrgico. En las lesiones agudas clasificadas como abiertas, con compromiso vascular es necesario realizar una exploración urgente; en contraparte las lesiones consideradas como cerradas pueden manejarse de inicio conservadoramente con un periodo de observación promedio de 3 meses, esperando recuperación espontánea de la misma. En general cuando está indicada la exploración quirúrgica los resultados obtenidos son mejores si se realizan antes del primer año de ocurrida la lesión⁹. Es importante complementar el tratamiento con terapia de rehabilitación previa y posterior al procedimiento quirúrgico^{30,31}.

OBJETIVOS

1. Presentar la experiencia de un año en el tratamiento de lesiones nerviosas del miembro superior y plexo braquial en el Hospital General "Manuel Gea González."
2. Analizar la utilidad de las principales técnicas de reconstrucción para tratamiento de las lesiones de nervio periférico y plexo braquial.

MATERIAL Y MÉTODOS

En enero 2010 a abril de 2011 se recibieron 10 pacientes con patología de nervio Periférico y plexo braquial en la Clínica de Nervio periférico del Servicio de Cirugía Plástica y Reconstructiva del Hospital General "Manuel Gea González". Se revisaron de manera retrospectiva los expedientes clínicos, etiología, tiempo de evolución, tratamiento y resultados.

RESULTADOS

Pacientes: se atendieron 10 pacientes con patología de nerviosa del miembro superior y plexo braquial en un periodo de 14 meses en el Hospital General "Manuel Gea González". La distribución por sexo, edad y lateralidad se presentó de la siguiente manera: hombres 5 (50%) y mujeres 5 (50%); extremidad derecha 5 (50%) y extremidad izquierda 5 (50%); ≤ 10 años 2 (20%), entre 20 y 30 años 3 (30%), entre 30 y 50 años 4 (40%) y 1 $\geq$ a 50 años (10%). De acuerdo a la etiología 8 (80%) fueron secundarios a traumatismo (uno de ellos por trauma abierto punzocortante) y 2 (20%) por tumores de la vaina nerviosa (schwannoma y neurofibroma). En relación con el tiempo de evolución hasta el

momento de la atención, la distribución fue la siguiente: 6 a 12 meses en 7 (70%) pacientes y más de 1 año en 3 (30%) pacientes.

Signos y síntomas: el cuadro clínico y hallazgos en la exploración física se establecieron de acuerdo al nivel de la lesión, con la siguiente distribución: **1.** Ramas terminales del plexo braquial que corresponden a lesiones completas en 2 nervios radiales (2%), 1 lesión completa de nervio cubital por traumatismo cerrado (1%) y 1 lesión incompleta de nervio cubital por trauma punzocortante (1%). **2.** Plexo braquial supraclavicular con 2 lesiones incompletas (2%) y 1 con lesión completa (1%) por traumatismo cerrado y **3.** Plexo braquial infraclavicular con 2 lesiones incompletas de origen neoplásico (schwannoma y neurofibroma respectivamente) y 1 lesión completa por traumatismo cerrado (1%).

Diagnóstico: en la exploración física en todos los pacientes se corroboró la afección mediante estudios preoperatorios de neurofisiología, que incluyeron velocidades de conducción nerviosa y electromiografía, mismos que fueron registrados intraoperatoriamente en aquellos pacientes con involucro de lesiones del plexo braquial (5 casos); los hallazgos descritos fueron equivalentes al grado de lesión reportada en la exploración física. Fue necesaria la realización de resonancia magnética nuclear en los pacientes con etiología neoplásica, en 2 pacientes que requirieron transferencias musculares se realizó angiografía del miembro afectado para evaluar vasculatura.

Tratamiento: para el caso de los 2 pacientes con patología neoplásica, la resección quirúrgica de la lesión fue el procedimiento de elección. Para las lesiones aisladas de ramas terminales fueron necesarias: **1.** Neurotización de nervio mediano a nervio interóseo posterior en una lesión radial; **2.** Aplicación de injertos nerviosos de nervio sural entre los cabos proximal y distal de las tres lesiones restantes. El manejo de la patología de plexo braquial tanto supra como infraclavicular una vez realizada la exploración bajo monitoreo y estimulación transoperatorios consistió en neurotizaciones entre distintos componentes extra-plexales/intraplexales, así como transferencias nerviosas distales como los procedimientos de Oberlin I y II, además de la aplicación de injertos nerviosos de nervio sural entre estructuras intraplexales. En dos de los casos, debido a la cronicidad, fue necesaria la realización de transferencias musculares, utilizando el músculo Gracilis como donador.

Evolución: para evaluar el resultado de una reparación nerviosa se utiliza como criterio la recuperación de las funciones sensitiva y motora según la escala del *British Medical Research Council* (BMRC), considerando una recuperación sensitiva útil aquella $\geq S2$, en tanto que

a nivel motor se considera útil $\geq$ M3 (contracción que vence gravedad)¹². Hasta el análisis de los resultados el 80% de los pacientes presentó clínicamente una mejoría motora evaluada en M3 o mayor en las funciones restauradas de acuerdo a esta escala, corroborada además por estudios de neurofisiología 6 a 12 meses posteriores al procedimiento. En tanto que la recuperación de la sensibilidad no es un signo confiable de regeneración, en especial porque se manifiesta de manera tardía y es difícil de evaluar clínicamente. Uno de los pacientes con transferencia muscular libre presentó necrosis del músculo transplantado, tabla 3 y figuras de la 1 a la 8.

Tabla 3. Resultados.

No	Sexo	Edad	Lado	Etiología	Tiempo	Lesión	Cirugía	Evolución
1	F	32	Izq	Trauma (fractura)	2 años	Radial completo M0	Neurotización más injerto	M1
2	M	54	Izq	Trauma	2 años	Plexo SC incompleto M0 flexión codo Mano íntegra	Gracilis	M3 en flexión
3	F	42	Der	Trauma (luxación hombro)	2 años	Plexo completo M0	Gracilis	Necrosis grasa
4	M	10	Der	Trauma	8 meses	Plexo SC incompleto M0 hombro y codo	Neurotización extra e intraplexal	M3 en abducción de hombro y flexión de codo
5	F	10	Der	Trauma	7 meses	Cubital completo M0	Neurotización más injerto	M4
6	M	26	Izq	Trauma punzocortante	8 meses	Cubital incompleto M2 oposición meñique e hipoestesia	Resección de neurinoma con neurotización e injerto	M4
7	F	36	Der	Tumor	6 meses	Schwannoma infraclavicular M3 codo y muñeca	Resección	M5
8	F	43	Izq	Tumor	1 año	Neurofibroma infraclavicular M1 codo y pronosupinación	Resección	M5
9	M	29	Der	Trauma (fractura)	9 meses	Radial completo M0	Neurotización	M4
10	M	23	Izq	Trauma	7 meses	Plexo IC incompleto M0 flexión codo y extensión de muñeca	Neurotización	M3 en flexión de codo y extensión de muñeca

SC. Supraclavicular IC. Infraclavicular



Figura 1. Caso 4. Masculino de 10 años con lesión incompleta de plexo braquial de 8 meses de evolución, en evaluación preoperatoria con incapacidad para la abducción de hombro M0 e inestabilidad del mismo.



Figura 2. Caso 4. Masculino de 10 años con lesión incompleta de plexo braquial de 8 meses de evolución, en evaluación preoperatoria con incapacidad para la flexión de codo M0.



Figura 3. Caso 4. Control posquirúrgico a los 12 meses, pos exploración de plexo braquial supraclavicular. Neurotización de nervio espinal a supraclavicular con mejor control de la articulación glenohumeral y recuperación de la abducción en M3.



Figura 4. Caso 4. Control posquirúrgico a los 12 meses. Neurotización de fascículo motor de nervio cubital a musculocutáneo (procedimiento de Oberlin I) con recuperación de la flexión del codo en M3.



Figura 5. Caso 10. Masculino de 23 años con lesión incompleta de plexo braquial de 7 meses de evolución, en evaluación preoperatoria con incapacidad para la flexión de codo MO.



Figura 6. Caso 10. Masculino de 23 años con lesión incompleta de plexo braquial de 7 meses de evolución en evaluación preoperatoria con incapacidad para la flexión de codo y extensión de la muñeca MO.

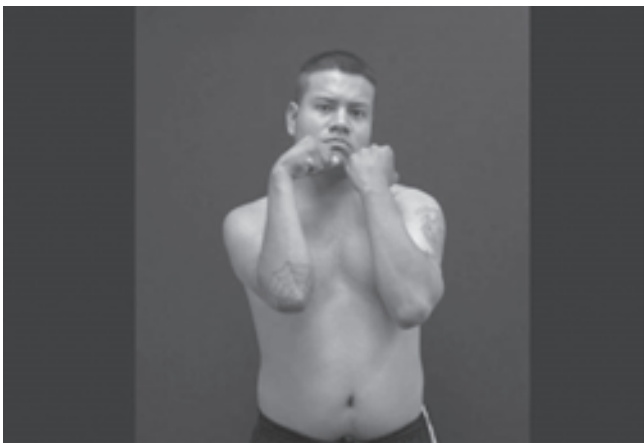


Figura 7. Caso 10. Control posquirúrgico a los 12 meses. Neurotización de fascículo motor de nervio cubital a musculocutáneo (procedimiento de Oberlin I) con recuperación de la flexión del codo en M4.

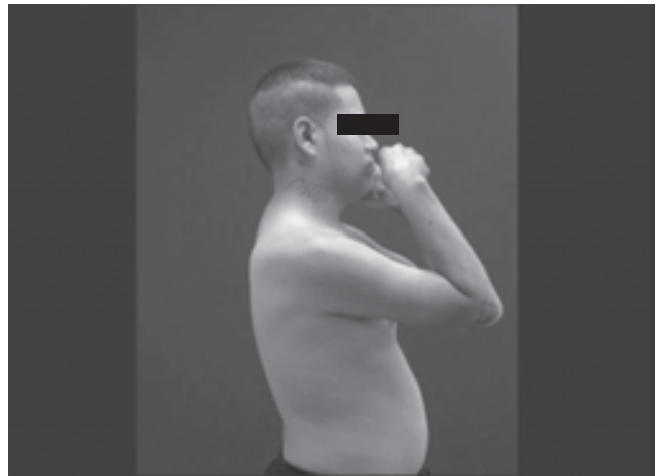


Figura 8. Caso No. 10: Control posquirúrgico a los 12 meses. Neurotización de fascículo motor de nervio mediano a interóseo posterior (radial) con recuperación del control de la muñeca y mejoría de la extensión en M3.

DISCUSIÓN

Es importante considerar los factores que determinan el pronóstico en las lesiones de los nervios periféricos previo a establecer un plan quirúrgico, así como individualizar la prioridad en el reestablecimiento de la función en cada paciente. Para la evaluación de las mismas es indispensable el conocimiento anatómico de las diferentes estructuras que conforman el plexo braquial y sus ramas, ya que de ello depende establecer con exactitud, cuáles son las estructuras afectadas y el nivel de lesión. Si bien la semiología y exploración física son suficientes para establecer un diagnóstico topográfico, los estudios adicionales son de gran utilidad para complementar el conocimiento en cuanto a extensión, severidad y pronóstico de la lesión. La elección de distintas técnicas para la reconstrucción en la cirugía de nervios periféricos depende de las características de la lesión, considerando el tiempo de evolución y extensión como factores importantes en la elección de las mismas. De acuerdo a la experiencia del cirujano, las técnicas empleadas para restituir una función pueden variar aún en lesiones similares. Analizando los resultados obtenidos, consideramos que los factores que determinaron su mala evolución fueron los siguientes: manejo tardío de la lesión por evolución prolongada con atrofia importante de la musculatura inervada, así como lo extenso de la lesión que comprometía la totalidad de la función. En el caso de una transferencia muscular, procedimiento realizado para recuperar la flexión del codo, se complicó con el desarrollo de necrosis del músculo Gracilis, condición reportada en la literatura hasta en un 15% y no necesariamente asociada a la técnica quirúrgica^{32 34}. En concordancia con la literatura, la mayoría de

las lesiones fueron secundarias a traumatismo y de estas, las lesiones cerradas, predominantemente causadas por accidentes en vehículo motorizado son las más frecuentes. No encontramos una diferencia en cuanto a lateralidad ni distribución por sexo.

CONCLUSIÓN

Los factores que condicionan un pronóstico favorable en las lesiones de los nervios periféricos y plexo braquial son: edad, neurografía primaria sin interposición de injertos, cirugía temprana, lesiones puras (sensitivas/motoras) e incompletas, transferencias distales, injertos cortos. En contraparte los factores que se identifican para un pronóstico desfavorable incluyen: edad >50 años, lesiones proximales al codo, lesiones completas, interposición de injertos, cirugía tardía e injertos largos; este último es un factor pronóstico dependiente del tiempo de evolución y la rehabilitación posoperatoria²⁴. Es necesario el manejo multidisciplinario en este tipo de lesiones, así como un seguimiento posoperatorio por un espacio de 2 años. Recalcamos la importancia que tiene el factor tiempo en el pronóstico de las lesiones, ya que entre mayor sea el periodo de retraso para la atención, las probabilidades de restauración de la función son menores.

REFERENCIAS

- Friedman AH, Jeffrey W, Midha R. Introduction: peripheral nerve surgery-biology, entrapment and injuries. *Neurosurg Focus* 2009; 26(2): E1.
- Socolovsky M, Bortz J. Historia de la cirugía de nervios periféricos, con especial interés en la influencia que tuvieron los conflictos armados. *Rev Argent Neuroc* 2005; 19: 237.
- Freinkel RF, Orta PR. Técnicas microquirúrgicas usadas en la reparación de los nervios periféricos (revisión de la literatura). *Rev Argent Neuroc* 2009; 23: 173.
- Sunderland S. The connective tissues of peripheral nerves. *Brain* 1965;8:841-54.
- Reina MA, López A. Morfología de los nervios periféricos, de sus cubiertas y de su vascularización. *Rev Esp Anestesiol Reanim* 2000; 47:464-75.
- Seddon H. Three types of nerve injuries. *Brain* 1943;66:237.
- Sunderland S. A classification of peripheral nerve injuries producing loss of function. *Brain* 1951; 74: 491-516.
- Burnett M, Zaggar E. Pathophysiology of peripheral nerve injury: a brief review. *Neurosurg Focus* 2004;16(5): article 1.
- Socolovsky M, Di Masi G, Campero A. Conceptos actuales en cirugía de nervios periféricos parte III: ¿Cuándo se debe operar un nervio lesionado?. *Rev Argent Neuroc* 2007; 21: 71.
- Mackinnon S, Lee DA. *Surgery of the peripheral nerves*. New York: Thieme Medical Publishers, 1988.
- Fox IK, Mackinnon S. Adult peripheral nerve disorders: nerve entrapment, repair, transfer and brachial plexus disorders. *Plast Reconstr Surg* 2011; 127(5): 105e-118e.
- Socolovsky M, Siqueira M, Malessy M. Introducción a la cirugía de nervios periféricos. 1ª. Edición. Buenos Aires: Ediciones Journal, 2013; 148.
- Maniker AH. *Operative exposures of peripheral nerve surgery*. 1st edition. New York: Thieme, 2004; 8-21.
- Russell SM. *Examination of peripheral nerve injuries: an anatomical approach*. 1st edition. New York: Thieme, 2006; 65-89.
- Siqueira MG, Martins RS. *Anatomia Cirúrgica das vias de acesso aos nervos periféricos*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Di Livros, 2006.
- Sinelnikov RD. *Atlas de anatomía humana*. 4ª ed. Rusia: Editorial Mir, 1984.
- Mazurek MT, Shin AY. Upper extremity peripheral nerve anatomy: Current concepts and applications. *Clin Orthopaedics Related Research* 2001;383:7-20.
- Kim DH, Murovic JA. Mechanisms of injury in operative brachial plexus lesions. *Neurosurg Focus* 2004; 16(5): Article 2.
- Singh T, Kliot M. Imaging of peripheral nerve tumors. *Neurosurg Focus* 2007; 22(6): E6.
- Rose D, Kurtis IA. Magnetic resonance neurography for the evaluation of peripheral nerve, brachial plexus and nerve root disorders. *J Neurosurg* 2010; 112: 362-71.
- Chin KF, Di Mascio L. The value of preoperative and intraoperative electromyography in the management of obstetric brachial plexus injury. *J Neurosurg Pediatrics* 2010;6:595-9.
- Strandberg EJ, Mozaffar T. The role of neurodiagnostic studies in nerve injuries and other orthopedic disorders. *J Hand Surg* 2007; 32A: 1280-90.
- Bhandari PS, Sadhotra LP. What is new in peripheral nerve repair?. *IJNT* 2007; 4(1): 21-3.
- Socolovsky M, Di Masi G. Use of long autologous nerve grafts in brachial plexus reconstruction: factors that affect the outcome. *Acta Neurochir* 2011;153(11): 2231-40.
- Robla J, Socolovsky M. Técnicas de reconstrucción nerviosa en cirugía de plexo braquial traumatizado parte I: transferencias nerviosas extraplexuales. *Neurocirugía* 2011; 22: 507-20.
- Robla J, Socolovsky M. Técnicas de reconstrucción nerviosa en cirugía de plexo braquial traumatizado parte II: transferencias nerviosas intraplexuales. *Neurocirugía* 2011; 22: 521-34.
- Thung TH, Mackinnon S. Nerve transfers: indications, techniques and outcomes. *J Hand Surg* 2010; 35A: 332-41.
- Weber R, Mackinnon S. Nerve transfers in the upper extremity. *Journal of the American Society for Surgery of the Hand* 2004; 4(3): 200-13.
- Boretto JG, Alfie V. Neurotizaciones extraplexuales e intraplexuales en el tratamiento de las avulsiones radiculares (C5-C6) traumáticas del plexo braquial del adulto. 2009;75: 192-9.
- Mohammad A. Observations on rehabilitation of peripheral nerve injuries in Kashmir Valley. *IJPMR* 2007; 14:27-32.
- Captain W. Peripheral nerve surgery- postoperative rehabilitation. *J Neurosurg* 1944; 1(2):149-55.
- Barrie KA, Steinmann SP. Gracilis free muscle transfer for restoration of function after complete brachial plexus avulsion. *Neurosurg Focus* 2004;16(5):article 8.
- Zuker RM, Manktelow RT. Functioning free muscle transfers. *Hand Clin* 2007; 23: 57-72.
- Adams JE, Kircher MF, Spinner RJ. Complications and outcomes of functional free gracilis transfer in brachial plexus palsy. *Acta Orthop Belg* 2009; 75 (1): 8-13.