



Lesión total de plexo braquial de nacimiento

Total brachial plexus birth injury

Pablo Zancolli,* Rogelio Josué Solano Pérez,‡
René Humberto Barraza Arrambide,§ Jorge Francisco Clifton Correa,¶
Leonardo López Almejo,|| Ana Fernanda Espinosa de los Monteros Kelley,**
Raúl Emérico Rodríguez Martínez‡‡

* Cirujano Ortopedista, Cirujano de Mano, Cirugía de Nervio Periférico, Staff en Hospital Fundación Favaloro Buenos Aires Argentina. Diplomado de Cirugía de Plexo Braquial UAdE Torreón, Máster Brachial Plexus International School.

† Cirujano Ortopedista, Cirujano de Columna, Cirugía de Nervio Periférico, Staff en Hospital «Dr. Víctorio de la Fuente Narváez», CDMX. Diplomado de Cirugía de Plexo Braquial UAdE Torreón, Máster Brachial Plexus International School.

§ Cirujano Ortopedista, Cirujano de Mano, Cirugía de Nervio Periférico, Staff Christus Muguerza Hospital Saltillo, Profesor del Diplomado de Cirugía de Plexo Braquial UAdE Torreón, Máster Brachial Plexus International School.

¶ Cirujano Plástico. Profesor de Cirugía de Plexo Braquial y nervio periférico. Hospital Universitario. Universidad Autónoma de Coahuila. Profesor del Máster en Cirugía de Plexo Braquial BPIS.

|| Cirujano Ortopedista, Cirujano de Mano, Cirugía de Nervio Periférico, Staff en Star Médica Aguascalientes, Profesor del Diplomado de Cirugía de Plexo Braquial UAdE Torreón, Máster Brachial Plexus International School.

** Cirujano Ortopedista, Cirujano de Mano, Cirugía de Nervio Periférico, Staff en Hospital Real San José Guadalajara Profesor del Diplomado de Cirugía de Plexo Braquial UAdE Torreón, Máster Brachial Plexus International School.

‡‡ Cirujano Ortopedista, Cirujano de Mano, Cirugía de Nervio Periférico, Staff en Hospital Puerta de Hierro Guadalajara. Diplomado de Cirugía de Plexo Braquial UAdE Torreón, Máster Brachial Plexus International School.

Correspondencia: Pablo Zancolli. Cerviño Capital Federal Buenos Aires. 4679 Argentina, 1425.

Correo electrónico: pablozancolli@yahoo.com.ar, ORCID ID: 0000-0002-0376-8002.

RESUMEN

Las lesiones totales de plexo braquial de nacimiento resultan en una discapacidad crónica de la extremidad afectada. En este tipo de lesiones es importante determinar el tipo de lesión radicular (preganglionar o postganglionar). La presencia del síndrome de Horner es sugestiva de avulsión radicular. Una lesión plexual total, el síndrome de Horner y la avulsión radicular son factores pronósticos desfavorables en cuanto a la recuperación funcional motora. La reconstrucción microquirúrgica plexual permite

ABSTRACT

Total neonatal brachial plexus injuries results in chronic impairment of the affected limb. It's important in this type of injuries to determine if the roots lesion is preganglionic or postganglionic. Horner's syndrome is suggestive of root avulsion. Total plexopathy, Horner's syndrome and root avulsion are poor prognostic factors related to motor recovery. Microsurgical reconstruction of the plexus permits the diagnosis of the lesion and aims to restore reinnervation of primary functions. Nerve reconstruction

Citar como: Zancolli P, Solano PRJ, Barraza ARH, Clifton CJF, López AL, Espinosa de los Monteros KAF y col. Lesión total de plexo braquial de nacimiento. Ortho-tips. 2020; 16 (4): 173-181. <https://dx.doi.org/10.35366/97816>



realizar el diagnóstico definitivo de la lesión nerviosa y tiene por objeto la reinervación de las funciones principales de la extremidad. La reconstrucción nerviosa a través de injertos de nervio y transferencias nerviosas dependerá del tipo de lesión plexual y radicular. Existe consenso con respecto a que las lesiones totales de plexo braquial de nacimiento y las lesiones con presencia de Horner sean intervenidas quirúrgicamente a los tres meses de vida. En esta publicación se revisarán los aspectos clínicos y las prioridades terapéuticas en las lesiones totales de plexo braquial de nacimiento.

Palabras clave: Lesión del plexo braquial, parálisis total del plexo braquial al nacer, avulsión de la raíz, síndrome de Horner.

through nerve grafts and nerve transfers will depend on the type of root and plexus lesion. There is a general consensus that microsurgical reconstruction should be performed by three months of age in the case there is a total injury to the plexus or the presence of Horner's syndrome. In this paper, we review the clinical findings and reconstructive priorities for total neonatal brachial plexus injuries.

Keywords: Brachial plexus injury, total brachial plexus birth palsy, Root Avulsion, Horner's syndrome.

INTRODUCCIÓN

La lesión nerviosa en la patología del plexo braquial de nacimiento varía desde la neuropraxia, axonotmesis, neurotmesis hasta la avulsión de las raíces a la médula espinal (*Tabla 1*).¹⁻³ En cuanto a su extensión Narakas en 1987 describe cuatro tipos de grupos lesionales: grupo I (C5- C6); grupo II (C5- C6- C7); grupo III (C5- T1 sin presencia del síndrome de Horner); grupo IV (C5- T1 con presencia del síndrome de Horner).⁴

Lo más frecuente en dicha patología es la lesión parcial del plexo superior (grupo I/C5-C6) por mecanismo de tracción y estiramiento. La mayor parte de estas lesiones suele recuperarse de manera espontánea.⁵ Entre 20 y 30% de todas las lesiones de plexo braquial de nacimiento no se recuperan espontáneamente en su totalidad.⁶ Cuanto mayor sea la extensión de la lesión, es decir, mayor el grupo de Narakas, menor será la posibilidad de recuperación espontánea.⁷ En los casos más severos (Narakas III y IV) se produce la lesión de las raíces inferiores del plexo braquial (C8-T1) que proveen inervación a la mano.⁸ En estos casos por lo general la totalidad del plexo se encuentra afectado. La lesión aislada del tronco inferior del plexo (Dejerine-Klumpke) es rara.⁹ La incidencia de lesiones totales de plexo braquial de nacimiento es de 10-58% según la literatura, clínicamente el paciente se presenta con una parálisis flácida de la totalidad de la extremidad superior¹⁰ (*Figura 1*). La presencia del síndrome de Horner por afectación de las fibras simpáticas se asocia por lo general a la avulsión de alguna raíz baja y por ende, a mayor gravedad de la lesión.¹¹ (*Figura 2*).

El diagnóstico en una lesión de plexo braquial de nacimiento es clínico. Dentro del arsenal de estudios complementarios, la literatura hace referencia a los siguientes métodos: La radiografía de tórax es útil para descartar fracturas en la extremidad afectada, también para evaluar el compromiso diafragmático.¹² La ecografía diafragmática provee utilidad en la evaluación de la función del nervio

Tabla 1: Tipos de lesión nerviosa según la microanatomía afectada (+); y su correlación con la clasificación de Seddon y Sunderland.

Grado de Sunderland	Conducción	Axón	Endoneuro	Perineuro	Epineuro	Clasificación de Seddon
I	+	-	-	-	-	Neuropaxia
II	+	+	-	-	-	
III	+	+	+	-	-	Axonotomesis
IV	+	+	+	+	-	
V	+	+	+	+	+	Neurotomesis

Tomado de: Thatte MR.³

frénico en estos pacientes con lesiones totales. Los estudios de conducción nerviosa y electromiografía no se utilizan en la práctica, ya que presentan problemas técnicos y proporcionan pronósticos demasiado optimistas en cuanto a la posibilidad de recuperación de la lesión.¹³ Con respecto al estudio por imágenes se mencionan la neurografía del plexo braquial así como la mielo TAC (tomografía axial computarizada). Éstos requieren de una anestesia general en esta población de pacientes, siendo estudios costosos y a pesar de que pueden proporcionar información al cirujano en cuanto al estado de las raíces, la presencia de pseudomeningoceles no es patognomónico de avulsión radicular en esta población.¹⁴ En última instancia, no se modifica la indicación quirúrgica en las lesiones totales de plexo braquial de nacimiento. Finalmente, la estrategia reconstructiva se definirá en el acto operatorio dependiendo del estado y número de raíces disponibles a utilizar.

En contraste con lo que ocurre en lesiones altas de plexo braquial de nacimiento en las que por lo general se indica la reconstrucción microquirúrgica, según la recuperación de la función del bíceps, entre los tres y nueve meses de vida.^{5,15-18} En pacientes con presencia del síndrome de Horner se recomienda la exploración y reconstrucción microquirúrgica del plexo braquial lo antes posible, por lo regular a los tres meses de vida.¹⁹⁻²¹ A menor edad del paciente en la reconstrucción primaria mejor es el resultado. Según Terzis y Ko-



Figura 1: Extremidad flácidida en un paciente con lesión total de plexo braquial derecho de nacimiento. Imagen del autor.

kklalis se obtuvo una recuperación satisfactoria de la mano en 100% de los casos (seis pacientes) operados a los tres meses de vida; y en 67% de los pacientes (siete casos) operados a los siete meses. Los resultados de la reconstrucción quirúrgica del plexo braquial han demostrado ser superiores al tratamiento conservador en estos pacientes.^{22,23}

El tratamiento de estas lesiones totales es complejo. Frecuentemente el escenario quirúrgico presenta avulsión de múltiples raíces y abundante fibrosis que afectan las raíces con potencial fuente axonal (es decir, aquéllas con lesión extraforaminal y que forman parte del neuroma, pero preservan su conexión al sistema nervioso central). Los métodos reconstructivos dependen de los hallazgos intraoperatorios, cada caso debe ser valorado de acuerdo a la extensión y al tipo de lesión de cada raíz. Las opciones reconstructivas incluyen: a) En raíces con una lesión de tipo postganglionar, o también llamada extraforaminal, la resección del neuroma y utilización de la raíz como fuente axonal con injerto de nervio. b) En lesiones avulsivas, preganglionares, o también denominadas intraforaminales, la reconstrucción se basa en el uso de transferencias nerviosas de tipo intraplexual o extraplexual según la extensión de la lesión (*Figura 3*). Sin embargo, la terapéutica continúa durante todo el crecimiento del paciente, la reinervación y recuperación de la función muscular contribuye también al desarrollo de deformidades secundarias. La falta de balance muscular en un niño en crecimiento conlleva a contracturas articulares, deformidades óseas y luxaciones articulares que deberán ser tratadas de manera oportuna.²⁴



Figura 2: Síndrome de Horner en un paciente con lesión total de plexo braquial derecho de nacimiento. Imagen del autor.

OBJETIVOS Y PRIORIDADES EN LA RECONSTRUCCIÓN MICROQUIRÚRGICA

A) Mano

A diferencia de los adultos, en los pacientes pediátricos con lesiones totales de plexo braquial de nacimiento, existe la posibilidad de restaurar la reinervación de la musculatura de la mano tanto extrínseca como intrínseca, además de su sensibilidad.²¹⁻²³ Dado que los infantes presentan capacidades neurorregenerativas superiores a las de los adultos, Gilbert sugiere que se debe intentar restaurar la función de la mano en estos pacientes con lesiones totales de plexo braquial de nacimiento. Una extremidad superior reinervada con una mano paralítica será deficiente en cuanto a su función. Por consiguiente, el objetivo principal en una lesión de plexo total de nacimiento es reinervar el tronco inferior. Éste se encuentra conformado por las raíces C8 y T1 y su reconstrucción proporcionará axones a la musculatura extrínseca e intrínseca de la mano. Pondaag y Mallesy presentan 16

casos donde evalúan el resultado funcional de la mano luego de la reconstrucción primaria del plexo braquial en parálisis totales de plexo braquial de nacimiento obteniendo en 69% de los casos una mano de Raimondi tres o más (*Tabla 2*).²³ El-Gammal y colaboradores también evalúan 35 casos con lesiones de plexo braquial totales de nacimiento, de los cuales 53% de los pacientes obtuvieron una mano funcional (Raimondi > o igual a tres) en el seguimiento postoperatorio.²⁵ Haerle y Gilbert publicaron buenos resultados de la función de la mano en 76% de los pacientes; sin embargo, estos resultados incluyen una serie de pacientes en quienes se realizó cirugía secundaria (transferencias tendinosas) en una etapa tardía, no evaluándose estrictamente la recuperación funcional a través de la reconstrucción nerviosa.²¹

B) Flexión de codo

Como segunda prioridad reconstructiva se encuentra reinervar la flexión de codo. La manera de cumplir con dicho objetivo dependerá de la cantidad de raíces que se encuentren aptas como fuente axonal y posibles de utilizar a través de injertos de nervio. La flexión de codo (grado *Medical Research Council* tres o más) obtenida en este tipo de lesiones varía entre 75.1 y 94% según la literatura.²⁵⁻²⁸

La reinervación de la flexión del codo en lesiones totales de plexo de nacimiento puede realizarse mediante distintos métodos: a) La utilización de alguna raíz en buen estado macroscópico con lesión extraforaminal que se encuentre apta para proporcionar axones a través de injertos de nervio a la división anterior del tronco superior, cordón lateral o nervio musculocutáneo, obteniendo por este método una flexión de codo satisfactoria en 72.2% de los casos.²⁵ b) Neurotizaciones extraplexuales en el caso de presentar avulsión de varias raíces o de haber utilizado la única raíz viable disponible para la reinervación de la mano. La neurotización del nervio musculocutáneo puede realizarse a través de los nervios intercostales con resultados favorables en la obtención de una función satisfactoria de codo. Reflejo de esto, los trabajos de Kraukauer y Wood demostraron un resultado de M3 o más en seis de ocho pacientes con esta neurotización.²⁶ Kawabata y colaboradores obtuvieron un resultado de M4 en 84% de los pacientes habiendo sido operados antes de los cinco meses.²⁷ Terzis y Kostas demuestran un excelente resultado con esta neurotización, obteniendo resultados de M4-M5 en cinco de seis pacientes.²⁸ El-Gammal y su equipo

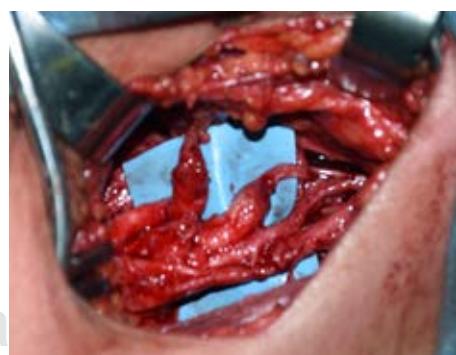


Figura 3: Lesión total de plexo braquial con múltiples raíces avulsionadas en las cuales puede evidenciarse el ganglio de la raíz dorsal. Imagen del autor.

Tabla 2: Escala funcional de la mano de Raimondi.

Grado	Descripción
0	Función nula. Parálisis completa o escasa flexión digital. Pulgar sin uso. Poca sensibilidad o sin sensibilidad
1	Función deficiente. Flexión digital activa limitada, ausencia de extensión digital y de muñeca, pinza lateral del pulgar presente o ausente
2	Extensión activa de la muñeca con flexión pasiva digital (tenodesis), pinza lateral del pulgar pasiva (por medio de la pronación del antebrazo)
3	Función satisfactoria. Completa flexión activa de muñeca y dedos, pulgar móvil con abducción-oposición parcial, balance intrínseco, sin supinación activa, potencial para cirugía secundaria
4	Función buena. Completa flexión activa de muñeca y dedos, extensión activa de muñeca, extensión digital débil o ausente, buena oposición de pulgar con intrínsecos cubitales activos, pronación y supinación parcial
5	Función excelente. Grado 4 + extensión digital y pronación/supinación casi completa

Raimondi P: Evaluación de los resultados en parálisis obstétrica de plexo braquial. La Mano.

Tomado de: Congreso Internacional de Parálisis de Plexo Braquial, Heerlen, Holanda, 1993.

publican la obtención de un resultado funcional satisfactorio utilizando al menos tres nervios intercostales neurotizando el nervio musculocutáneo en 91.6% de los pacientes.²⁵

Otra de las opciones en el arsenal terapéutico para restablecer la flexión de codo es utilizar el nervio extraplexual espinal accesorio para neurotizar el nervio musculocutáneo.²⁹ Esta neurotización tiene la desventaja de requerir de un injerto de nervio largo. A diferencia de los nervios intercostales cuya coaptación es directa, el requerimiento de un injerto de nervio largo prolonga el tiempo para la reinervación muscular.

C) Hombro

En lesiones totales de plexo braquial de nacimiento, una vez reconstruida la reinervación de la mano y la flexión del codo, el tercer objetivo dentro de la estrategia quirúrgica es restablecer la musculatura del hombro. Su reinervación es compleja, ya que consta del músculo deltoides y el redondo menor (a través del nervio axilar) y también de los músculos supraespínoso e infraespínoso (dada por el nervio supraescapular), requiere estar equilibrada con los rotadores internos (subescapular y pectorales) y la musculatura periescapular. La reinervación de la musculatura del hombro no sólo restablece la función motora de esta articulación, sino que también proporciona estabilidad glenohumeral mejorando así la función y el control en la flexión de codo.

Según El-Gammal y colegas en lesiones totales de plexo braquial de nacimiento, la reinervación de la musculatura del hombro puede realizarse a través de injertos de nervio desde una raíz viable a la división posterior del tronco superior o cordón posterior. A esto puede agregarse una transferencia nerviosa

extraplexual del nervio espinal accesorio al nervio supraescapular. Los mismos autores publican como resultados una abducción satisfactoria en 37.1% de los pacientes y una rotación externa del hombro en 54.3% de los casos tratados.²⁵

D) Extensión de codo

Como cuarto objetivo reconstructivo se encuentra restituir la extensión del codo. La misma se realiza mediante injertos de nervio a través de una raíz no avulsionada al cordón posterior o al nervio radial. La misma restablecerá no sólo la extensión del codo, sino también puede por la misma vía restaurar la extensión de muñeca y digital. Debemos recordar que la división posterior del tronco inferior (principalmente las fibras que provienen de C8) proveen inervación aparte del tríceps, con lo cual la reinervación del tronco inferior no sólo tiene por objeto la reinervación de la mano, sino que también parte de la extensión del codo. El-Gammal y colaboradores describen resultados satisfactorios en 77% de los casos en cuanto a la extensión de codo. Sin embargo, sólo se obtuvo una extensión satisfactoria de muñeca en 35% de los casos. Los mismos autores describen la obtención de una extensión digital satisfactoria en 48% de los casos con esta estrategia reconstructiva.²⁵

E) Sensibilidad

Por último, aunque no menos importante, en las lesiones totales de plexo braquial de nacimiento es importante considerar dentro de la estrategia reconstructiva la recuperación de la sensibilidad de la extremidad y de la mano. La evaluación de la sensibilidad es compleja de realizar en este grupo etario. Sin embargo, la presencia de cambios tróficos en la mano (úlceras, onicodistrofias), reflejo de trastornos sensitivos es algo que con frecuencia se observa en estos pacientes. Consideramos que la restauración de la sensibilidad protopática y esterognóstica ayuda significativamente en la rehabilitación de una extremidad para obtener al final una mejor función de la misma en las actividades de la vida diaria. Se dificulta estimular la rehabilitación de una función motora reinervada si la misma extremidad carece de un estímulo periférico a través de la sensibilidad. Es decir, consideramos que la sensibilidad ayuda en la recuperación de la representación cortical de esa extremidad y por ende, facilita su rehabilitación y función. La sensibilidad puede reconstruirse por medio de injertos de una raíz viable a la división anterior del tronco superior. Por la neurotización del cordón lateral a través de nervios intercostales sensitivos se proporciona inervación sensitiva a la contribución del nervio mediano; asimismo, a través de la reconstrucción del tronco inferior, en las lesiones totales de plexo braquial se han demostrado resultados en cuanto a la sensibilidad postoperatoria similares a los hallados en las lesiones parciales altas.³⁰

DISCUSIÓN

Las lesiones de plexo braquial de nacimiento totales representan entre 10-58% de los casos según la literatura. En la misma se produce la lesión de las raíces

inferiores del plexo braquial que proveen inervación a la mano. El paciente se presenta con una parálisis flácida que incluye la totalidad de la extremidad superior. La presencia del síndrome de Horner se asocia a mayor severidad de la lesión y a la posibilidad de una lesión avulsiva en una o más raíces. Ante el diagnóstico de una lesión total de plexo braquial de nacimiento la recomendación es operar lo antes posible, por lo general a los tres meses de vida porque la recuperación de la función de la mano depende de la edad del paciente al momento de la cirugía.³¹ La clave para una buena recuperación funcional de la mano es la reinervación de la musculatura intrínseca. Según El-Gammal en caso de no lograrse ésta, los resultados funcionales empeoran incluso ante la presencia de recuperación de musculatura extrínseca de la mano. La recuperación de la función de la mano es lenta, según Gilbert continúa hasta aproximadamente los ocho años de edad, y es probable que se requieran procedimientos secundarios para mejorar las deformidades secundarias desarrolladas durante el crecimiento del niño en el antebrazo, muñeca y mano para mejorar la función final de la mano.

Considerando los objetivos terapéuticos en el tratamiento de las lesiones totales de plexo braquial de nacimiento, el plan reconstructivo podría resumirse en la siguiente línea de pensamiento. Una reconstrucción anatómica puede realizarse ante la presencia de *cuatro o cinco* raíces aptas para injertar. En el caso de que el paciente muestre una lesión con *tres raíces* viables, se utilizará la mejor raíz evaluada intraoperatoriamente para neurotizar el tronco inferior, y las otras raíces para neurotizar la división anterior (o cordón lateral) y división posterior del tronco superior (o cordón posterior) para lograr la función de codo y hombro. En caso de existir *dos raíces* disponibles a injertar, se utilizará la mejor raíz para el tronco inferior y la otra raíz para la división posterior del tronco superior (o cordón posterior), la transferencia de nervios intercostales para neurotizar el nervio musculocutáneo y el nervio espinal accesorio para el nervio supraescapular. Si sólo se encuentra *una raíz* disponible, se utilizará la raíz C7 contralateral con injertos de nervio hacia el tronco inferior, la raíz disponible homolateral se utilizará para injertar la división posterior del tronco superior, los nervios intercostales para neurotizar el nervio musculocutáneo y el nervio espinal accesorio para neurotizar el nervio supraescapular.³²

BIBLIOGRAFÍA

1. Seddon H.J. A classification of nerve injuries. Br Med J. 1942; 2 (4260): 237-239.
2. Sunderland S. Nerves and nerve injuries. London: Churchill Livingstone, 1978.
3. Thatte MR, Hiremath A, Nayak NN, Patel NN. Obstetric brachial plexus palsy: diagnosis and management strategy. Journal of Peripheral Nerve Surgery. 2017; 1: 2-9.
4. Narakas A. Obstetric brachial plexus injuries. In: Lamb DW (ed.) The paralysed hand. Edinburgh, Churchill Livingstone, 1987. pp. 116-135.
5. Laurent JP, Lee R, Shenaq S, Parke JT, Solis IS, Kowalik L. Neurosurgical correction of upper brachial plexus birth injuries. J Neurosurg. 1993; 79: 197-203.
6. Annika J, Paul U, Anna-Lena L. Obstetric brachial plexus palsy- a prospective, population-based study of incidence, recovery and long-term residual impairment at 10 to 12 years of age. Eur J Paediatr Neurol. 2019; 23: 87-93.
7. Al-Qattan MM, El-Sayed AA, Al-Zahrani AY, et al. Narakas classification of obstetric brachial plexus palsy revisited. J Hand Surg Eur. 2009; 34: 788-791

8. Bager B: Perinatally acquired brachial plexus palsy- a persisrtant chalange. *Acta Paediatr.* 1997; 86: 1214-1219.
9. AL-Qattan M, Clarke HM, Curtis CG. Klumpke's birth palsy. Does it really exists? *J Hand Surg Br.* 1995; 20: 19-23.
10. Michelow BJ, Clarke HM, Curtis CG. The natural history of obstetrical brachial plexus palsy. *Plast Reconstr Surg.* 1995; 93: 675-680.
11. Narakas AO. Injuries of the brachial plexus and neighboring peripheral nerves in vertebral fractures and other trauma of the cervical spine. *Orthopade.* 1987; 16: 81-86.
12. Terzis JK, Kokkalis ZT. Pediatric brachial plexus reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* 2009; 124: 370e-85e.
13. Heise CO, Siqueira MG, Martins RS, Gherpelli JL. Clinical-electromyography correlation in infants with obstetric brachial plexopathy. *J Hand Surg Am.* 2007; 32: 999-1003.
14. Chow BC, Blaser S, Clarke HM. Predictive value of computed tomographic myelography in obstetrical brachial plexus palsy. *Plast Reconstr Surg.* 2000; 106 (5): 971-977.
15. Gilbert A, Tassin JL. Surgical repair of the brachial plexus in obstetric paralysis. *Chirurgie,* 1984.
16. Waters PM. Comparison of the natural history, the outcome of microsurgical repair, and the outcome of operative reconstruction in brachial plexus birth palsy. *J Bone Joint Surg.* 1999; 81A: 649-659.
17. Clarke HM, Curtis CG. An approach to obstetrical brachial plexus injuries. *Hand Clin.* 1995; 11: 563-580; discussion 580-581.
18. Water PM. Obstetric brachial plexus injuries: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg.* 1997; 5: 205-214.
19. Gilbert A. Long term evaluation of braquial plexus surgery in obstetrical palsy. *Hand Clin.* 1984; 11: 583-595.
20. Pondaag W, Malessy M. Evidence that nerve surgery improves functional outcome for obstetric brachial plexus injury. *J Hand Surg Eur.* 2020; 1753193420934676.
21. Haerle M, Gilbert A. Management of complete obstetric brachial plexus lesions. *J Pediatr Ortho.* 2004; 24: 194-200.
22. Hentz VR. Is microsurgical treatment of brachial plexus palsy better than conventional treatment? *Hand Clin.* 2007; 23: 83-89.
23. Pondaag W, Malessy MJ. Recovery of hand function following nerve grafting and transfer in obstetric brachial plexus lesions. *J Neurosurg.* 2006; 105: 33-40.
24. Zancolli EA, Zancolli ER. Palliative surgical procedures in sequelae of obstetrical palsy. *Hand Clin.* 1988; 4: 643-669.
25. El-Gammal TA, El-Sayed A, Kotb MM, et al. Total obstetric brachial plexus palsy: results and strategy of microsurgical reconstruction. *Microsurgery.* 2010; 30 (3): 169-178.
26. Kraukauer JD, Wood MB. Intercostal nerve transfer for brachial plexopathy. *J Hand Am* 1994.
27. Kawabata H, Shibata T, Matsui Y, Yasui N. Use of intercostal nerves for neurotization of the musculocutaneous nerve in infants with birth-related brachial plexus palsy. *J Neurosurg.* 2001; 94: 386-391.
28. Terzis JK, Kostas I. Intercostal nerve neurotization for the treatment of obstetrical brachial plexus palsy patients. *Semin Plast Surg.* 2005; 19: 66-74.
29. Midha R. Nerve transfers for severe brachial plexus injuries: a review. *Neurosurg Focus.* 2004; 16: E5.
30. Ho ES, Davidge K, Curtis CG, et al. Sensory outcome in children following microsurgery for braquial plexus birth palsy. *J Hand Surg Am.* 2019; 44 (2): 159.e1-159.e8.
31. Terzis JK, Kokkalis ZT. Outcomes of hand reconstruction in obstetric brachial plexus palsy. *Plast Reconstr Surg.* 2008; 122: 516-526.
32. Gu YD. Contralateral C7 root transfer over the last 20 years in China. *Chin Med J (Engl).* 2007; 120: 1123-1126.