

TÉCNICAS MICROQUIRÚRGICAS USADAS EN LA REPARACIÓN DE LOS NERVIOS PERIFÉRICO (REVISIÓN DE LA LITERATURA)

Flávio Freinkel Rodrigues¹ Rafael Orta Pérez

¹Facultad de Medicina de la UFRJ. ²Maternidad Escuela-Sector de Neurocirugía UFRJ, Río de Janeiro, Brasil

RESUMEN

Los autores hacen una revisión de la literatura y de las bases de datos PubMed y Lilacs acerca de las principales técnicas microquirúrgicas usadas en las operaciones de los nervios periféricos. Concluyen que este tipo de intervención quirúrgica depende del uso correcto de la técnica y también de otros factores.

Palabras clave: microcirugía, técnicas, nervios periféricos.

INTRODUCCIÓN

En el siglo pasado aumentó el conocimiento sobre neuroanatomía, neurofisiología y regeneración axonal; actualmente, con el desarrollo y perfeccionamiento de las técnicas quirúrgicas, aumentó la seguridad en las intervenciones de nervios periféricos que pese a todo tiene resultados pobres en comparación con la cirugía de otros tejidos.

Existen diversos factores que influyen en el resultado de la cirugía de los nervios periféricos, según Brown¹, a saber: tipo de nervio, edad del paciente, nivel de la lesión, extensión de la lesión, lesiones asociadas, técnica quirúrgica y factor tiempo.

Existen factores básicos que influyen en el éxito de la reparación de los nervios periféricos lesionados y también diferentes opiniones de varios autores en relación a la importancia de estos factores, pero la mayoría concuerda en que cada uno de ellos tiene influencia directa o indirecta en la regeneración nerviosa.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Neurorrafia

Según Bonnet², en la estructura del nervio periférico, el tejido conectivo se individualiza en forma de tres vainas que organizan la estructura interna del tronco nervioso. Estas vainas son:

1. Epineuro: tejido que envuelve el nervio, que forma una vaina que lo separa de las otras estructuras.

2. Perineuro: vaina densa multilamelar y muy resistente.

3. Endoneuro: tejido conjuntivo que sustenta los fascículos y forma en éstos una delicada vaina.

Según Bonnet³, es necesario tener en cuenta la diferencia entre fascículo quirúrgico y fascículo anatómico; el primero representa la verdadera unidad microquirúrgica del nervio y está formado por varios fascículos

los anatómicos agrupados; así, podemos aislar, como en el caso del nervio radial en el brazo, cuatro a cinco fascículos quirúrgicos (en realidad existen 15 a 20 fascículos anatómicos agrupados).

Antes de la introducción del microscopio quirúrgico en la cirugía de los nervios periféricos la técnica empleada en la neurorrafia era la sutura epineural. Con la introducción del microscopio quirúrgico por Smith en 1964, hubo una evolución de la técnica y se comenzó a realizar la sutura interfascicular.

Se consiguió el principal objetivo que era mejorar el afrontamiento fascicular y los resultados de las neurorrafias fueron muy superiores. Las técnicas de sutura para mejor afrontamiento fascicular están basadas en los criterios morfológicos del nervio (vasos y calibre de los fascículos). Se utilizan hilos de orientación interfascicular para hacer la sutura perineural o interfascicular (esta es actualmente la más utilizada ya que en la epineural el afrontamiento fascicular no es satisfactorio). La tensión a nivel de la sutura constituye un elemento nefasto para el éxito del procedimiento quirúrgico del nervio. La separación que crea la tensión entre el coto proximal y el distal del nervio es favorable a la interposición de tejido fibroso entre ellos. Otro factor es el isquémico, que en la superficie de sección del nervio, ligado a la elasticidad del tejido conjuntivo intraneural y una compresión relativa de la microcirculación intraneural, es perjudicial al crecimiento axonal.

Hace mucho tiempo se demostró que la tensión tiene un efecto deletéreo, no solamente en las suturas primarias, sino cuando es aplicada secundariamente por movilización de una articulación inicialmente en hiperflexión con el objetivo de aproximar los extremos del nervio.

En la experiencia de Hasse⁴, la sutura epineural de los nervios periféricos no consigue una recuperación funcional satisfactoria en gran número de casos. La recepción insuficiente de tejido fibroso, granulomas de cuerpo extraño, tensión, aporte sanguíneo insuficiente y la formación de tejido cicatrizado en la línea de sutura, son factores importantes que perjudican la regeneración nerviosa. Este autor, que realizó un estu-

dio comparativo, a través evaluaciones clínicas y electrofisiológicas, entre la técnica con sutura interfascicular y la epineural en una serie grande de pacientes, concluye que la técnica de sutura interfascicular es muy superior y evita los principales factores que contribuyen a una mala recuperación del nervio.

Material de sutura

Los estudios experimentales buscan los materiales que dan resultados menos nocivos para la recuperación. De gran importancia es la forma mediante la cual se fijan las suturas, por la destrucción de tejido nervioso en el paso de la aguja y del hilo, y también la reacción provocada por los materiales extraños al tejido nervioso. Todos estos factores constituyen obstáculos a la regeneración.

En la búsqueda del material de sutura menos agresivo al tejido nervioso, son decisivas las siguientes cualidades:

1. El material de sutura debe producir una reacción fibroblástica mínima.

2. La duración de la reacción debe ser lo más corta posible. En este aspecto, los materiales absorbibles llevan clara ventaja sobre los no absorbibles.

3. Se debe usar el material del calibre más fino posible para que el traumatismo de inserción sea mínimo y la superficie en contacto con el tejido nervioso sea la menor posible.

4. La aguja y el hilo de sutura deben guardar proporción entre sí.

Los riesgos introducidos por la reacción al material de sutura después de la reparación del nervio, no causan una lesión directa de las fibras nerviosas sino un acúmulo celular que produce desviación del curso de los axones, dificultando la restauración y una actividad fibroblástica local que posteriormente dará lugar a fibrosis en la línea de sutura. La fibrosis comprime algunos axones y actúa como barrera infranqueable para otros. La cantidad y calidad de actividad celular en las fases iniciales tiene como objetivo la fijación de la sutura y no pueden ser consideradas como índices seguros de la influencia que esta actividad ejerce sobre la regeneración axonal. Suponiendo que tal reacción ejerza este tipo de influencia, debido a que algunos materiales de sutura provocan una reacción celular diferente cuando los comparamos entre sí, vamos a clasificarlos según el grado de respuesta celular asociada.

Por orden, de la menor hasta la mayor respuesta celular no fibroblástica, tenemos: tántalo, cabello humano, nylon, catgut simple, seda y catgut cromado. Debemos evitar la fibrosis en la línea de sutura para lo cual debemos seleccionar materiales de sutura que provoquen una respuesta fibroblástica mínima. Teniendo en cuenta esto, el orden de prioridad es: catgut simple, catgut cromado, seda, cabello humano, tántalo y nylon.

Unión del nervio sin sutura

Debido a la reacción de los materiales de sutura y a sus riesgos en relación a la regeneración nerviosa, se

buscaron métodos sin sutura para unir los extremos del nervio. Algunos para mantener los extremos del nervio en posición ideal hasta que la cicatrización natural efectúe la unión, otros, idealizados para confinar los axones que crezcan en la dirección correcta, evitando así una dispersión.

Ninguno de estos métodos elimina la anastomosis errónea de los axones que se produce en la línea de sutura, pero por las dificultades técnicas, estos métodos no deben ser utilizados en los casos de nervios gruesos o cuando exista tensión en la línea de sutura.

Los métodos que ya fueron utilizados para unir los extremos del nervio sin material de sutura son:

- 1. Coágulos plasmáticos.** Este método fue introducido experimentalmente por Young y Medawar⁵ en 1940 y aplicado en la clínica por Seddon y Medawar⁶; utiliza plasma sanguíneo coagulado para efectuar la unión entre los extremos del nervio.

- 2. Fibrina adhesiva.** Finas y uniformes láminas de fibrina, preparadas a partir de productos de plasma sanguíneo humano fraccionado, impregnado con trombina y recubiertas con fibrinógeno sobre el lado que va a ser aplicado al nervio.

- 3. Cinta adhesiva de micropore.** En este método, se consigue la anastomosis neural manteniendo los extremos del nervio en yuxtaposición mediante trozos quirúrgicos de micropore.

- 4. Tejidos adhesivos.** Las investigaciones para viabilizar la posibilidad de la continuidad del tronco nervioso mediante un tejido adhesivo, sólo sirvió para confirmar la utilidad de este método.

- 5. Unión mediante tubos.** Con esta técnica, los extremos del nervio se mantienen yuxtapuestos y la zona de unión se protege con un tubo de algún material biológico o no biológico, que la envuelve en forma de manguito. Manguitos biológicos: arterias, venas o colágeno; no biológicos: tántalo, milipore, silastic.

En revisión de Da Silva et al⁷, las investigaciones desarrolladas en las décadas de 1980 y 1990, propiciaron la evolución del concepto mecánico de la tubulización: el conocimiento más claro con respecto a los mecanismos de crecimiento axonal, junto con el reconocimiento de la importancia de un soporte físico en fallas neurales con pérdidas extensas de sustancia, proporcionó el resurgimiento del interés por la técnica.

Aunque muchos estudios experimentales han confirmado la efectividad del uso de la técnica, la distancia máxima en que su uso puede ser sugerido fue motivo de controversia, por lo que en trabajos realizados comparando la tasa histológica de crecimiento axonal en nervio peróneo de ratas⁸, en tubos venosos usados intervalos de entre 10 y 60 milímetros, confirmaron las observaciones clínicas y empíricas de que el uso de tubos sólo sería efectivo en distancias menores de 30 milímetros.

La microsutura del nervio con hilo es muy eficaz gracias a la técnica microquirúrgica, que reduce el trauma operatorio y favorece el alineamiento de los fascículos. Sin embargo, debe ser considerada la posibilidad de evitar o reducir la manipulación del nervio con pinzas y agujas, que producen la fibrosis inmediata o tardía, reacción de cuerpo extraño, inclusión de

cuerpo extraño en el endoneuro, alineamiento fascicular errado o apretado. Hay tendencia a reducir al mínimo la cantidad de puntos de sutura en el nervio.

La reparación sin punto de sutura representa una idea innovadora y tiene como objetivo principal evitar el trauma en la delicada estructura del nervio.

Young y Medewar⁵, introdujeron un nuevo tipo de sutura sin hilo, realizando la aproximación de los cotos de nervio ciático con fibrina. El material consta de dos componentes: fibrinógeno y proteínas del plasma (globulina, albúmina, factor XII). El segundo contiene además trombina y cloruro de calcio.

Se realiza la epineurectomía y se yuxtaponen la extremidad proximal y distal del nervio a ser reconstruido; se aplica con micropinza una cantidad mínima de adhesivo de fibrina sobre la circunferencia, formando así una película alrededor del nervio en forma de manguito, que asegura una sutura perfecta.

Para evitar eventuales adherencias de la sutura con tejido adyacente, se coloca una protección con material no adherente (goma).

Estudios experimentales han demostrado, tanto en el plano histológico como fisiológico, la utilidad de la sutura nerviosa con sellador de fibrina.

La dificultad técnica es evitar que el material entre en contacto con la superficie interna de los fascículos. Esta sutura necesita de inmovilización postoperatoria más larga (2 semanas).

Podrá asociarse el sellante de fibrina a los puntos de sutura, a fin de reducir el número de puntos y mejorar el afrontamiento fascicular.

Unión del nervio con láser

El láser es utilizado como amplificador de la luz con emisión de radiación; su acción depende de tres factores: tipo de láser, longitud de onda y energía. La energía del láser en el tejido provoca fotoestimulación, vaporización y coagulación.

La moderada vaporización, con gradual liberación de energía, causan desnaturalización de las proteínas y esto se aprovecha como efecto sellante.

Los utilizados son: Láser CO₂, Láser Yag-neodymium y Argon-láser.

La irradiación total del láser tiene una duración de 2 a 5 minutos. La mayor parte de la fibrina que envuelve la fibra nerviosa se torna adherente y solidifica posteriormente, asegurando la resistencia de la sutura.

La ventaja de la sutura con láser es la mejor regeneración axonal y menor tejido cicatrizal a nivel de la sutura.

Tensión a nivel de la sutura en el nervio

Es el principal error técnico de los profesionales que trabajan con cirugía de nervios.

La tensión a nivel de la sutura produce una intensa proliferación de tejido conectivo, con la sucesiva formación de tejido cicatrizal que funciona como obstáculo al paso de los axones. El daño causado por la tensión se extiende por el nervio, causando degeneración de las fibras, fibrosis intraneural y compromiso vascular con

formación de neuroma. Highet y Sanders⁹ observaron que el estiramiento a nivel de la sutura, seguido de movilización precoz postoperatoria, causa dehiscencia de la sutura y fibrosis reactiva externa.

Injertos

Después de muchas tentativas de utilización de injertos nerviosos para reparar las fallas de substancia de los nervios periféricos, fue Albert, citado por Marmor¹⁰, quien realizó el primer injerto en el hombre, después de trabajos experimentales de Phillippeux y Vulpian en 1870.

A pesar de los esfuerzos de numerosos autores para desarrollar estas técnicas, los resultados son aún hoy aleatorios y existen muchos problemas, el más importante de los cuales reside en la propia naturaleza del injerto.

Aún hoy, uno de los problemas más difíciles en el tratamiento del traumatismo de las extremidades, es el reparo de las largas fallas de nervios. Varias técnicas, algunas de ellas ya mencionadas en el presente artículo, han tenido poco éxito en este tipo de cirugía.

Después de las primeras tentativas de Foerster, la superioridad de los injertos autólogos fueron comprobadas por Bielschowsky y Under en trabajos experimentales. Más recientemente, Seddon¹¹ relata buenos resultados con el transplante de injertos autólogos. A pesar de los resultados favorables publicados por varios autores, la dificultad en la obtención de nervios para injertos es evidente. El primer obstáculo es ciertamente la pérdida de función debido al sacrificio del nervio donante, lo que limita considerablemente las indicaciones. Otro obstáculo es la diferencia de calibre entre el injerto y el tronco nervioso que debemos reparar y la vascularización del injerto a nivel de la anastomosis o por el lecho del injerto.

Basados en los trabajos experimentales de Millesi¹² y Samii¹³, hubo mayor desarrollo con los injertos fasciculares, que superó la mayor parte de estos problemas.

Primero el injerto de nervios cutáneos permite obtener gran cantidad de tejido y permite abarcar importantes pérdidas de substancia, el problema del diámetro es solucionado por la sutura fascicular, porque es posible adaptar varios fascículos a un mismo injerto de nervio cutáneo.

Según Kline¹⁴, la importancia de las células de Schwann (CS) en la regeneración nerviosa fue confirmada en cultivos de tejidos y en estudios de injertos nerviosos. Las CS proliferan en el coto distal después de una lesión del nervio, hay aumento de la miosina, que es un factor estimulante del crecimiento axonal que puede ser acelerado por condiciones creadas. Este crecimiento es producido, al menos en parte, por la producción de proteínas del citoesqueleto y por la formación de neurofilamentos. Estudios de la degradación de la mielina y su formación después de la lesión, muestran la importancia del medio ambiente.

Las técnicas de biología molecular han ayudado a definir las bases celulares y moleculares para la supervivencia de las neuronas "in vitro" e "in vivo", y detalla-

das descripciones de estos eventos fueron revisadas por varios como Frostick¹⁵ y Fu¹⁶. Esta es un área de enorme acumulación de conocimientos neurológicos, aunque los resultados clínicos no acompañaron el desarrollo de la ciencia.

La regeneración y la supervivencia de las células del cuerpo neuronal después de la lesión axonal son prerrequisitos en el crecimiento de los axones y son mantenidos por cierto número de factores neurotróficos, que son clasificados en 3 grandes grupos:

1. NGF (Factor de Crecimiento Neurotrófico).

BDNF (Factor Neurotrófico derivado del Encéfalo).

2. Citoquinas-Neuropoyetinas-CNTF (Factor Ciliar Neurotrófico).

3. FGF (Factor de Crecimiento Fibroblástico)

Los nervios periféricos tienen un rico aporte sanguíneo que constituye una verdadera barrera, este es un aspecto importante en la regeneración. El interés clínico en la reparación fascicular ha aumentado en los últimos años, la falla en la aproximación del tejido neural y la tensión en la sutura conducen a malos resultados en la cirugía de los injertos.

No sabemos aún si existe el tamaño ideal del injerto para la reparación de lesiones nerviosas.

La prevención de rechazo de los homoinjertos fue realizada por Mackinnon et al¹⁷, manipulando el sistema inmunológico del receptor. El grado de regeneración del nervio, después de semejante tratamiento, es significativamente inferior al que ocurre en los autoinjertos frescos. Este estudio esclarece un punto fundamental; para los nervios periféricos la inmunodepresión del homoinjerto es beneficiosa, pero el injerto autólogo es superior.

Uno de los problemas más difíciles para el cirujano es decidir qué hacer cuando existe un defecto grande en el nervio. El injerto constituye la solución ideal para el problema cuando hay una fuente accesible de injertos nerviosos capaces de ser aceptados por los tejidos del paciente. Los autoinjertos no producen reacción inflamatoria y no son rechazados por el paciente, pero no existen en cantidad suficiente para atender las necesidades. Entonces se torna evidente que, si se puede resolver el problema de rechazo en el caso de homoinjerto y de heteroinjerto, éstos funcionarán tan bien como los autoinjertos. Los axones en regeneración necesitan de un canal para su progresión, tanto como el aporte sanguíneo.

Campbell et al¹⁸, intentaron emplear Milipore como cobertura para proteger el homoinjerto de la destrucción. El Milipore es un filtro de acetato de celulosa que permite el paso de tejido para nutrir el injerto. Se alcanzó algún éxito en animales de experimentación, pero su utilización no fue tan eficaz en humanos. Campbell¹⁸ también sugirió la utilización de silastic para envolver el injerto; se cree que éste podría interferir en el aporte sanguíneo del nervio en regeneración.

Marmor¹⁰ propone los siguientes principios:

a) Los homoinjertos tienen actualmente un valor apenas limitado. Deben ser irradiados con 1,66 megarads, congelados y almacenados en bancos de nervios,

hasta que sean necesarios. Cuando son utilizados deben acompañarse con la de administración de quimioterápicos como la azatioprina.

b) En el caso de injerto autólogo, el nervio safeno externo (sural), debe ser la prioridad y generalmente se usa uno de los nervios que, por la longitud (40 centímetros en el adulto), puede ser utilizado para varios puentes en el defecto de la lesión nerviosa. En las lesiones nerviosas múltiples, pueden removerse ambos nervios safenos y, si es necesario, el nervio cutáneo braquial medial. Para remover del nervio safeno externo, después de la incisión en piel, debe ser expuesto entre el maléolo lateral, al lado de la vena safena. Después de múltiples y pequeñas incisiones, el nervio puede prepararse para ser retirado hasta la fosa poplítea. Para mejor resultado del injerto, debe ser tenida en cuenta la distribución fascicular del cabo nervioso; el diámetro de los fascículos en el mismo tronco nervioso puede ser diferente y también hay estructuras del coto proximal y distal. Pueden aplicarse distintas técnicas en cada coto nervioso, dependiendo de la estructura fascicular de cada uno.

c) La división en fascículos o en grupos fasciculares es solamente recomendada, después de la remoción del epineuro, si existiese bastante tejido conjuntivo interfascicular y cuando no exista intercomunicación fascicular.

d) En caso de que un fascículo sea del mismo diámetro del injerto, éste puede ser disecado, aislado y anastomosado con el injerto. Si un grupo de fascículos tiene el doble de calibre, debe ser anastomosado con dos injertos. Varios injertos de nervio safeno pueden ser suturados con el nervio, en casos de que éste sea polifascicular y dividido en varios grupos fasciculares. Es importante que el injerto no sea menor que el defecto del nervio, para evitar la tensión en las líneas de sutura.

e) Para adaptación y fijación del injerto individual, se hace una sutura en el coto nervioso con uno o dos puntos con hilo 10-0.

f) El injerto interfascicular permite resolver problemas de tensión en casos de pérdida de sustancia que exceda la reserva elástica del nervio (5 a 25 mm). Los mismos principios aplicables a la sutura simple deben seguirse para los injertos.

Lundborg¹⁹ demostró experimentalmente que lo que se realiza en la práctica es una sutura de los grupos fasciculares o fascículos quirúrgicos, cuando es retirado un autoinjerto libre, la revascularización de tal injerto de pequeño calibre es rápida y se da entre el 3º y 7º día.

Taylor²⁰ utiliza otra técnica en la que el injerto es vascularizado: en el caso del nervio safeno, éste es irrigado por la arteria safena (que es un ramo de la arteria femoral), la que debe ser disecada junto con el segmento del nervio que irá a servir de injerto y posteriormente, también anastomosada.

Otra técnica más reciente para el injerto de nervios, es hecha por el equipo de J.P. Bossé, citado por Privat²¹, que realiza colocación de injertos interfasciculares en dos tiempos, sutura inicialmente al coto proximal, seguida, tres a cuatro meses después, de la sutura al coto distal. Parece interesante y los resultados preliminares son mejores de los que se logran con el uso de la

técnica convencional. Esta técnica está indicada para largos injertos, del orden de 15 a 25 cm de longitud. La mayor dificultad inherente a esta técnica es la de encontrar el cabo distal del nervio durante la segunda intervención. Privat innovó la técnica de colocación de injerto en dos tiempos, introduciendo sistemáticamente el injerto y el nervio por debajo de la piel, para poder identificarlo fácilmente. Esta modificación técnica se torna interesante, pues permite realizar suturas distales en un tiempo mínimo. Por otro lado, Privat afirma que, en los injertos más cortos (de 8 cms de largo) la técnica convencional es la mejor.

Seckel et al²² en 1984, introdujeron experimentalmente el uso de prótesis tubular biodegradable y estudiaron la regeneración del nervio ciático de ratas. Un segmento largo de nervio ciático de rata fue extirpado y la guía fue usada como puente entre dos cotos. El guía de Poly (DL ácido láctico trietil citrado), tenía un diámetro interno de 2 mm. Los cabos nerviosos fueron suturados en el lumen de la guía con hilos de nylon 10-0.

Observaron que el nervio regeneró y creció dentro del lumen de la guía, hasta llegar al coto distal a 10 mm de distancia; con el tiempo, la pared de la guía fue desapareciendo gradualmente. En el estudio histológico, después de 3 meses, observaron abundante vascularización en el nervio regenerado y tejido conjuntivo epineural, donde se formaban bandas perineurales dividiendo los fascículos en varios tamaños. Este proceso biológico puede ser menos traumático para el alineamiento fascicular del nervio lesionado.

Dhalin y Lundborg²³ desarrollaron la técnica para el uso de tubos de silicona. Es una alternativa en la reparación primaria del nervio. Representa el concepto a favor de que la acumulación de células inflamatorias mediadoras de factores neurotróficos, que a su vez estimulan la formación de una matriz de fibrina entre las extremidades del nervio.

La técnica es simple de realizar y causa pequeño trauma quirúrgico en el nervio. Un importante detalle técnico es que el diámetro del tubo debe exceder el diámetro del nervio, para evitar la compresión del mismo.

Estos tubos de silicona no deben ser usados para injertos de nervios digitales cuando la falla fuera entre 0,5 y 3 cm.

Neurólisis

La neurólisis consiste en la liberación del tronco nervioso de adherencias y de tejido cicatrizal constrictivo. La neurólisis externa es la liberación del tronco nervioso de su lecho, en tanto que la interna constituye un esfuerzo dirigido a liberar los fascículos del tejido cicatrizal interfascicular (Fig. 1).

Neurólisis externa

En este tipo de intervención, se separa cuidadosamente todo el tronco nervioso del tejido cicatrizal mediante disección simple. Nunca el nervio debe ser abordado en su porción lesionada. Primeramente el nervio es identificado y disecado en su porción distal y proximal al

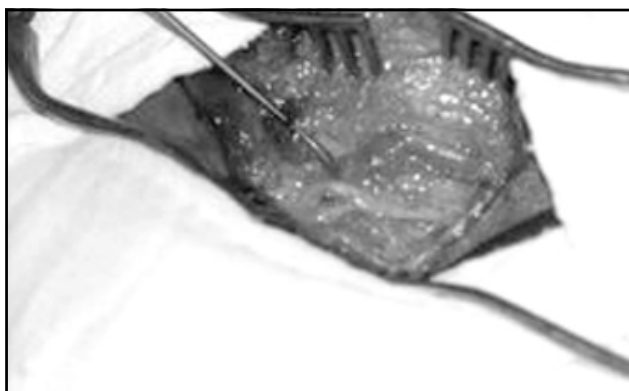


Fig. 1. Exposición quirúrgica del nervio tibial posterior.

área afectada por el tejido cicatrizal. Todas las fases de la intervención deben ser realizadas con las mayores precauciones posibles, ya que es necesario preservar la irrigación sanguínea del tronco nervioso y evitar lesiones isquémicas del nervio. Cuando se está liberando el nervio se debe evitar la lesión de su arteria principal. Inicialmente, la neurólisis se limita a la superficie del nervio que no se encuentra fija en el vaso, en raros casos está justificado el sacrificio de la arteria principal, a fin de preservar la continuidad; en caso de ser necesario, el nervio debe ser transportado para un lecho nuevo y más favorable, a fin de minimizar el riesgo de ser nuevamente comprimido por el tejido cicatrizal local.

En las tentativas de evitar compresión alrededor del nervio mediante la introducción de material extraño (láminas de tántalo y amnioplastia), no se obtuvo éxito alguno, ya que aparece una fibrosis reactiva en torno de este material, implicando una amenaza para el nervio. Más recientemente se han utilizado vainas de silastic, material que parece tener mayor tolerancia de los tejidos y no provoca mucha fibrosis (Fig. 2).

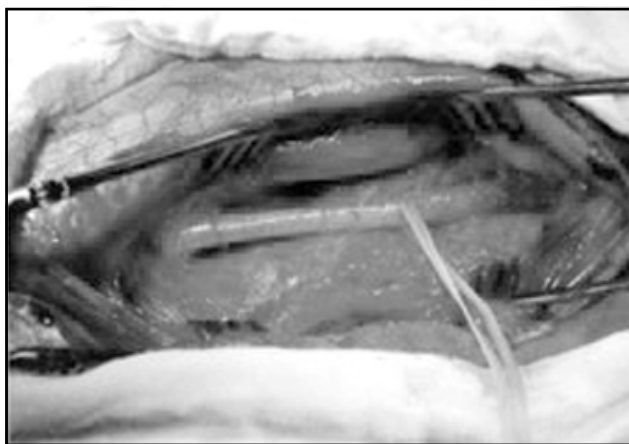


Fig. 2. Exposición quirúrgica del nervio ciático en la pierna.

Neurólisis interna

La neurólisis interna, según Suderland⁶, es un procedimiento técnicamente más difícil y perjudicial, ya que constituye la liberación de los fascículos en el

interior del tronco nervioso. Algunos autores inyectan suero fisiológico tibio en el tejido interfascicular, con la finalidad de relajar el tejido cicatrizal y poder evaluar su densidad y extensión.

La técnica principal consiste en la incisión cuidadosa y delicada del epineuro en sentido longitudinal, a fin de evaluar la compresión sobre los fascículos. Una extensión de esta técnica es la disección del tejido cicatrizal perifascicular que rodea individualmente los fascículos, liberando los ejes nerviosos dentro del tronco.

En todas las fases de la disección, se deben tomar precauciones para evitar lesionar las finas comunicaciones interfasciculares, que no deben ser confundidas con adherencias. Una complicación grave es la lesión de la fina red vascular fascicular, que va a producir hemorragia o isquemia y, en ambos casos, da lugar a cicatrización con fibrosis. Sin duda las técnicas microquirúrgicas redujeron los riesgos de la neurólisis interna y la convirtieron en un procedimiento útil y seguro.

Durante una neurólisis, además de todos los cuidados ya citados, es prudente conservar una lámina de tejido conjuntivo donde están los vasos, en la cara posterior del tronco nervioso, limitando la neurólisis a los fascículos más externos de la circunferencia del nervio.

Los principales objetivos de la neurólisis son:

1. Aliviar el dolor, liberando las adherencias que fijan el nervio.
2. Facilitar la regeneración y acelerar la recuperación.
3. Interrumpir la regeneración.
4. Después de recuperación insatisfactoria por una sutura inadecuada.

Transposición nerviosa

Para Sunderland²⁴, los nervios periféricos son más propensos a la deformación mecánica y otras lesiones cuando se encuentran en localización subcutánea, en contacto con huesos, o cuando cruzan articulaciones, en particular la superficie extensora de éstas.

La disminución de la compresión de los nervios constituyen las principales indicaciones para su transposición (creación de un nuevo trayecto). Esta técnica favorece la recuperación nerviosa. Así, la transposición de nervio cubital a la posición anterior al epicóndilo humeral interno, con la finalidad de mejorar la neuritis traumática causada por la fricción progresiva por detrás del epicóndilo durante los movimientos del codo, detiene el deterioro progresivo de la función del nervio, a veces con importante mejoría.

Es difícil precisar el valor de la transposición en caso de sutura de nervio, ya que ahí actúan factores a través del proceso regenerativo que interfieren en el resultado final. Pero, sin duda, existen pruebas suficientes que demuestran que la técnica no tiene efecto nocivo sobre el proceso de regeneración.

Neurotización

En las avulsiones radiculares del plexo braquial y en los traumatismos por estiramiento, la única posibilidad

de reinervar la parte distal del plexo es realizar una anastomosis con nervios vecinos. La primera de estas anastomosis o neurotizaciones fue realizada por Seddon en 1963, que reinervó los músculos bíceps y braquial anterior, anastomosando la parte distal del nervio musculocutáneo a los segundos y cuartos intercostales.

Narakas²⁵, a través de esta misma técnica de neurotización del nervio musculocutáneo, pudo utilizar otros nervios vecinos como el espinal, pero fue Kotani²⁶, que en 1972 relató su experiencia en la neurotización del nervio musculocutáneo del tronco primario superior y del radial, por el nervio espinal.

Según Bonnet², estas anastomosis son apenas paliativas y no se debe esperar resultados funcionales completos. Tiene apenas la finalidad de evitar las amputaciones, dolores crónicos y también conservar el trofismo del miembro por la recuperación parcial de la sensibilidad. Los resultados desde el punto de vista motor son aún limitados. Sobre los progresos de la microneurocirugía en este tipo de tratamiento, la recuperación de un bíceps por la anastomosis espinalmusculocutáneo, es un gran progreso.

Narakas²⁵ constató que las reconstrucciones microquirúrgicas son parcialmente eficaces en el dolor crónico en más de 50% de los casos. Pero, según este autor, no siempre es posible explicar el mecanismo de acción de estas operaciones.

Privat²¹ mostró que el resultado de las neurotizaciones es muy variable; en algunos casos hay disminución del dolor, en otros no hay ninguna influencia. Observó también que cuando existe avulsión única hay mejoría del dolor en 70% de los casos operados. En las avulsiones de hasta 3 raíces aún hay alguna mejoría, pero en las avulsiones totales del plexo, no obtuvo ninguna mejoría del dolor a través de este tipo de intervención.

Todos estos estudios confirman el pobre pronóstico en las lesiones de plexo en que existen síndromes dolorosos, mostrando que las lesiones cerradas que afectan la médula espinal con avulsión de raíces nerviosas tienen mayor probabilidad de presentar dolores severos y persistentes. Es posible que la reconstrucción quirúrgica hecha en la primera semana después del traumatismo, pueda prevenir la aparición del dolor en muchos casos (Fig. 3).

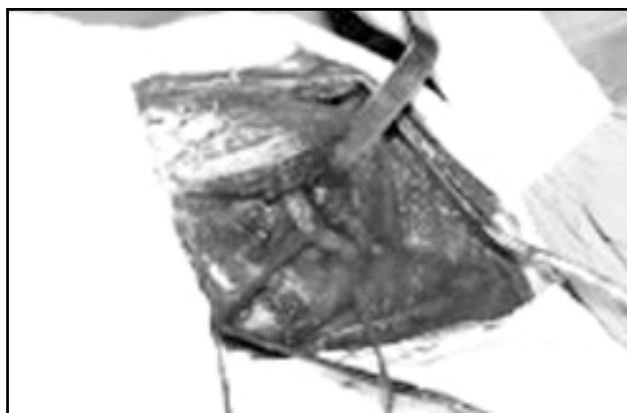


Fig. Nº 3 Exposición anatómico-quirúrgica del plexo braquial.

Utilización de Stem-cells (células-tronco)

En revisión de Martins²⁷, numerosas investigaciones evalúan la utilización de células-tronco en una gran variedad de lesiones y patologías resultando en la expansión del conocimiento actual de la biología de esas células.

En estudio experimental de Yasuyuky Amoh utilizando células madre-adultas pluripotenciales en crecimiento activo, tomadas del folículo piloso de ratones transgénicos e implantadas en lesiones de nervio ciático y tibial posterior de estos especímenes, evidenciaron la diferenciación *in vitro* de estas células en tejido neural (células de Schwann) y vasos sanguíneos después de transplantadas, así como la recuperación de la función motora medida por la contracción del músculo gastrocnemio a la estimulación eléctrica y capacidad de caminar en los animales transplantados. Estos resultados sugieren que las células-madre procedentes del folículo piloso ofrecen una accesible e importante fuente autóloga de células-madre adultas para la medicina regenerativa.

La utilización de este tipo de terapéutica de las lesiones de nervios periféricos requiere el esclarecimiento de diversas incógnitas surgidas en el campo experimental y su posterior transferencia para ser corroboradas en la experiencia clínica.

Se han destacado esfuerzos importantes en este sentido, lo que probablemente torna previsible su aplicación futura en el tratamiento de las lesiones traumáticas de nervios.

DISCUSIÓN

Por muchos años hubo una fuerte tendencia a favor de la reparación tardía de las lesiones de nervios periféricos.

Cuando había lesiones traumáticas de los tejidos en torno de la lesión del nervio, era difícil tratar el nervio sin haber cicatrización de la herida o con proceso inflamatorio local. El período para reparar el nervio dependerá de la gravedad de la lesión nerviosa y su asociación con contusión y fragmentación de las extremidades del nervio, la extensión de la lesión, el grado de lesión de los tejidos adyacentes y contaminación.

El reparo secundario del nervio está indicado cuando otros tejidos fueron envueltos en el trauma o existe contaminación de la herida. La mayor ventaja del reparo tardío es permitir demarcar el segmento de nervio lesionado. La desventaja de esta conducta es la disminución progresiva del diámetro de los tubos endoneurales y de los fascículos, con el aumento de la fibrosis y la retracción de los cotos del nervio. Otro fuerte argumento para el reparo tardío está basado en el tiempo de curso de las alteraciones metabólicas de la célula nerviosa después de la lesión; esto ocurre porque, tras la sección, el cuerpo celular que da origen a los axones presenta óptimo potencial metabólico 2 o 3 semanas después de la lesión; se supone que la regeneración axonal sea más rápida en este período.

Harris et al²⁸ abogan que en las heridas limpias en las que hay transección del nervio por cuchillo o vidrio,

y cuando hay condiciones técnicas adecuadas, la reparación primaria del nervio debe ser en las primeras 24 horas. En esta fase, los túbulos endoneurales son de tamaño normal y la anastomosis puede ser hecha sin tensión.

La reparación primaria de las lesiones nerviosas es particularmente ventajosa en las lesiones del plexo braquial y del nervio ciático proximal. En estos casos existe gran posibilidad de realizar anastomosis término-terminal, porque no hay retracción ni necesidad de interposición de injerto, lo que mejora el resultado.

La reparación primaria está fuertemente aconsejada por Daniel y Terzis²⁹ en las lesiones nerviosas muy distales, pues se pueden identificar los fascículos sensitivos de los nervios motores por estimulación eléctrica.

En muchos casos, especialmente cuando hay lesión nerviosa asociada a lesión vascular, es útil explorar los nervios en la fase aguda; cuando no es posible la sutura del nervio, se puede realizar apenas la aproximación, para facilitar una recuperación secundaria del nervio.

El tratamiento quirúrgico no objetiva únicamente la recuperación motora y sensitiva, otro factor importante para la indicación de la operación es el dolor. Este es un fenómeno constante en la lesión de nervios periféricos que trae gran impacto en la calidad de vida del paciente²⁹.

Es fundamental recordar que la cirugía reparadora de un nervio periférico lesionado es el tratamiento más eficaz para el dolor; sin embargo, las indicaciones para la intervención quirúrgica deben seguir una rutina y se deben tener en cuenta criterios básicos como: después de una lesión traumática, en caso de que haya sección completa del nervio, no hay plazo definido para ser realizada la cirugía reparadora, en el caso de lesión traumática cerrada, se debe aguardar como mínimo 3 semanas (neuropraxia) y realizar exámenes electrofisiológicos que indiquen el tipo de gravedad de la lesión.

Estudios estadísticos sobre 3.656 lesiones de nervios periféricos realizado por Woodhall y Beebe³⁰ durante la Segunda Guerra Mundial, comprueban que en la extremidad superior, y en orden decreciente de frecuencia, los nervios más afectados fueron: cubital, mediano, radial, musculocutáneo y axilar. En la extremidad inferior demostraron que con más frecuencia eran lesionados el ciático, ciático poplíteo externo y el interno.

Las heridas lacerantes y perforantes de la extremidad superior son, en nuestra época, las causas de mayor incidencia de lesión de nervios periféricos.

CONCLUSIÓN

Existe gran variedad de técnicas quirúrgicas para la reparación de los nervios periféricos, y también muchos factores que inciden en los resultados de estas técnicas. Entonces, debe ponerse mucha atención en el método aplicado para obtener un resultado satisfactorio.

Actualmente están siendo utilizadas nuevas técnicas, aunque deben aún ser testeadas para comprobar su eficacia a través de estudios experimentales en grandes series.

Bibliografía

1. Brown PW. Factores que influyen en el éxito del reparo quirúrgico de los nervios periféricos. *Clin. Cirúrg. da América do Norte*. Ed. Guanabara Koogan SA, 1972; 10:1137-1155.
2. Bonnet A. *Microchirurgie des Lésions Traumatiques du Plexus Brachial*. Montpellier. Faculté de Médecine, 1977.
3. Bonnel F.: Lésions traumatiques des nerfs périphériques membre supérieur. *Neurochirurgie*. 1982; 28: 71.
4. Hasse J, Bjerre P, Semesen K. Median and ulnar nerve transactions treated with microsurgical interfascicular cable grafting with autogenous sural nerve. *J Neurosurg*. 1984; 53:73-84.
5. Young JZ, Medawar PB. Fibrin suture of peripheral nerves. *Lancet*. 1940; 2:126.
6. Seddon HJ, Medawar PB. Fibrin suture of human nerves. *Lancet*. 1942; 2:87.
7. Da Silva F T, Pretto F L. Uso da técnica de tubulização para o reparo de lesões do sistema nervoso periférico. *Arq. Bras. Neurocir*. 2007; 26(1): 16-23.
8. Strauch B: Determining the maximal length of a vein conduit used as an interposition graft for nerve regeneration. *J Reconstr Microsurg* 12: 521-7, 1996.
9. Hight WB, Sanders FK. The effects of stretching nerves after suture. *Br J. Surg*. 1943; 30:355.
10. Marmor L. Enxerto de nervo no reparo nervoso periférico. Simpósio sobre lesões cirúrgicas dos nervos e seu reparo. *Clin Cirur Am Norte*. 1972; 10:1177-1187.
11. Seddon H J. Nerve grafting. *J Bone Joint Surg. Br*. 1963; 45:449-461.
12. Millesi H. Reappraisal of nerve repair. *Surg clin North Am*. 1986; 61:321.
13. Samii M. Fascicular peripheral nerve repair. *Moderns technics in surgery*. Futura publishing company. Neurosurgery. 1980; 17:21.
14. Kline DG. Civilian gunshot wound to the brachial plexus. *J. Neurosurg*. 1989; 70:166.
15. Frostick SP, Kemp GJ. Schwann cells, neurotrophic factors, and peripheral nerve regeneration. *Microsurgery*. 1998; 18: 397-405.
16. Fu SY, Gordon T. The cellular and molecular basis of peripheral nerve regeneration. *Mol Neurobiol*. 1997; 14:67-116.
17. Mackinnon SE, Dellon AL. *Surgery of the peripheral nerve*. New York: Theme Medical Publishers:1988.
18. Campbell JB. Peripheral nerve repair. *Clin. Neurosurg*. 1987; 17:126-141.
19. Lundborg E, Brane-Mark PI. Microvascular structure and function of peripheral nerves. *Vital microscopic studies of the nerves in rabbit adv. Microcirc*. 1968; 1:66.
20. Taylor IG, Ham FJ. The free vascularized nerve graft. *Plast Reconstr Surg*. 1976; 57: 413.
21. Privat JM. Lésions Traumatiques. Lexique et rappels lésions traumatiques élémentaires; principes de suture et greffes. *Neurochirurgie*. 1982; 28:93-97.
22. Seckel BR, Chiu TH, Nylas E et al. Nerve regeneration through synthetic biodegradable nerve guides. *Plast Reconstr Surg*. 1984; 74:173-181.
23. Dahlin LB, Lundborg G. Use of tubes in peripheral nerve repair. *Neurosurgery Clinics North America*. 2001; 12:341-349.
24. Sunderland S. *Nerve and nerve injuries*. 2nd ed. London: Edinburgh, Churchill, Livingstone Ltda:1978.
25. Narakas A. Les greffes nerveuses: experience clinique. *Ann. Chir. Main*. 1989; 8:302.
26. Kotani GT. The postoperative results of nerve transfer for the brachial plexus injury with root avulsion. *Proc 14th Am Meet Yap, Osaka*. 1971.
27. Martins R S, Siqueira M G. Utilização das células-tronco no tratamento das lesões traumáticas de nervos. *Arq. Bras. Neurocir*. 2005; 24(2): 67-72.
28. Harris ME, Tindall S. Techniques of peripheral nerve repair. In: *Surgical management of peripheral nerve injury and entrapment*. Neurosurg Clin N America. 1991; 2:13-104.
29. Rodrigues FF. Traumatismos dos nervos periféricos - aspectos cirúrgicos. *Rev Bras Neurol*. 1990; 26:90-116.
30. Woodhall B, Beebe GW. Peripheral nerve regeneration. A follow-up study of 3656 world war II. Injured, Veterans Administration Monographs Washington, 1956.

ABSTRACT

The authors present a literature and database PubMed and Lilacs review of the usual microsurgical techniques in peripheral nerves operation. The authors conclude that this type of opera-

tion depends on the correct use of this technique and also on other factors.

Key Words: Microsurgical, Techniques, Peripheral nerves.

COMENTARIO

Los autores han hecho una profunda y exhaustiva revisión de un tema de fundamental importancia dentro de la cirugía de las lesiones nerviosas periféricas, como es el de las técnicas de sutura. Sin embargo, existen algunos puntos mencionados en el artículo que en verdad son un tanto polémicos, y que se discuten a continuación:

- Para la neurografía directa, no está demostrado que la sutura interfascicular sea mejor que la epineural. De hecho, al contrario de lo mencionado por los autores, la sutura epineural no ha sido abandonada a favor de la interfascicular, sino todo lo contrario. Los resultados de esta última no son sensiblemente superiores, como se describe, sino equiparables, a la sutura epineural, debido probablemente a la mayor tendencia a la fibrosis que genera la sutura interfascicular. Asimismo, esta técnica requiere mayor tiempo y destreza técnica para ser realizada, lo cual limita su aplicación^{1,2,3}.

- Respecto al material empleado para la sutura, se menciona como aquel de preferencia en orden decreciente: el Catgut, la seda, el cabello humano, el Tántalo y por último el Nylon. Sin embargo, innumerables trabajos de la literatura ubican a los hilos de Nylon calibre 10.0 y 11.0, montados en una aguja curva atraumática, como el material de sutura más comúnmente empleado (gold standard) para unir dos cabos nerviosos, así como el de primera elección^{4,5,6}.

- En la sutura con adhesivo de fibrina, el material no se coloca con una micropinza, como se describe, sino con las jeringas especialmente diseñadas, de uso habitual en neurocirugía (por ejemplo, para la prevención de fístulas de LCR en cirugía de cráneo o columna). Esto facilita el manejo del adhesivo evitando su coagulación demasiado temprana. Asimismo, ha sido demostrado que si una pequeña cantidad de adhesivo penetrara en el intervalo de unión entre los dos extremos, ésta no estaría condenada al fracaso, ya que los axones en

crecimiento logran atravesar el mencionado material. Los puntos verdaderamente en contra del uso del adhesivo de fibrina son el costo del mismo, y el hecho mencionado por los autores de que requieren una inmovilización más prolongada en el post-operatorio para evitar dehiscencias^{7,8,9,10}.

- Si bien es cierto que la tensión en el sitio de sutura es el elemento que más contribuye para un resultado negativo en una neurorrafia, también es verdad que cierto grado de tensión, limitado por puntos epineurales, es un método adecuado para la obtención de una sutura funcionalmente efectiva y cuyos resultados son mejores que cuando se utiliza un injerto. Diversos estudios en animales, entre ellos uno recientemente publicado en esta revista, demuestran este hecho^{11,12,13}.

- Los autoinjertos, según refieren los autores del trabajo, no existen en cantidad suficiente para atender las necesidades de reparación. Si tenemos en cuenta que ambos nervios surales en un adulto brindan 80 cm de autoinjerto en total, sumados a otros nervios cutáneos sacrificables en el miembro superior, de acuerdo a la patología (p. ej. Braquial cutáneo), es muy raro que los autoinjertos no sean suficientes, aún para reconstruir lesiones complejas de dos o tres nervios en simultáneo.

La insuficiencia de injertos autólogos es verdaderamente un problema habitual en una patología específica: las lesiones graves obstétricas del plexo braquial^{4,8}.

- Por último, al describir las transferencias nerviosas (neurotizaciones) los autores citan a Bonnet, quien refiere que éstas son apenas paliativas y no se deben esperar resultados funcionalmente completos. Esta cita fue publicada en 1977, aunque en verdad, las neurotizaciones han revolucionado la cirugía del plexo braquial en las últimas dos décadas, obteniendo excelentes resultados sobre todo en el aspecto motor. Por ejemplo, la técnica de Oberlin (transferencia de fascículos de cubital al bíceps) posee resultados positivos en más del 90% de los casos. Numerosas citas avalan este concepto^{14,15,16}.

En resumen, el presente trabajo constituye una referencia bibliográfica muy útil en el tratamiento de las lesiones traumáticas de los nervios, dado que es sumamente completo. Se destacan en este comentario algunos puntos discordantes con la literatura mundial publicada sobre el tema.

Mariano Socolovsky
Hospital de Clínicas

Bibliografía

1. Levinthal R, Brown WJ, Rand RW. Comparison of fascicular, inter-fascicular and epineural suture techniques in the repair of simple nerve lacerations. **J Neurosurg**. 1977;47(5):744-50.
2. Margić K, Poljsak Z, Pavlin. Indications and methods of treatment of injuries of the peripheral nerves. Comparative clinical results of the management of the median nerve and ulnar nerve using the epineural, perineural fascicular suture and transplantation. **Acta Chir Jugosl**. 1983; 30(2): 173-85.
3. Orgel MG. Epineurial versus perineurial repair of peripheral nerves. **Clin Plast Surg**. 1984; 11(1): 101-4.
4. Millesi H. Bridging defects: autologous nerve grafts. **Acta Neurochir Suppl**. 2007; 100: 37-8.
5. Spinner RJ. Operative care and techniques. En: Kim, DH, Midha R, Murovic JA y Spinner RJ. *Nerve Injuries*, 2ª edición, Nueva York, Saunders editors, 2008.
6. Jalabey M. Primary nerve repair. En: Slutsky DJ, Hentz VR. *Peripheral nerve surgery-Practical Applications in the Upper Extremity*, 1ª Edición, Filadelfia, Churchill Livingstone, 2006, pp29.
7. Isaacs JE, McDaniel CO, Owen JR, Wayne JS. Comparative analysis of biomechanical performance of available "nerve glues". **J Hand Surg Am**. 2008; 33(6): 893-9.
8. Malessy MJ, Pondaag W. Obstetric brachial plexus injuries. **Neurosurg Clin N Am**. 2009; 20(1): 1-14.
9. Martins RS, Siqueira MG, Silva CF, Godoy BO, Plese JP. Electrophysiologic assessment of regeneration in rat sciatic nerve repair using suture, fibrin glue or a combination of both techniques. **Arq Neuropsiquiatr**. 2005; 63(3A): 601-4.
10. Ornelas L, Padilla L, Di Silvio M, Schalch P, Esperante S, Infante RL, Bustamante JC, Avalos P, Varela D, López M. Fibrin glue: an alternative technique for nerve coaptation—Part II. Nerve regeneration and histomorphometric assessment. **J Reconstr Microsurg**. 2006; 22(2): 123-8.
11. Hentz VR, Rosen JM, Xiao SJ, McGill KC, Abraham G. The nerve gap dilemma: a comparison of nerves repaired end to end under tension with nerve grafts in a primate model. **J Hand Surg Am**. 1993; 18(3): 417-25.
12. Maeda T, Hori S, Sasaki S, Maruo S. Effects of tension at the site of coaptation on recovery of sciatic nerve function after neurorrhaphy: evaluation by walking-track measurement, electrophysiology, histomorphometry, and electron probe X-ray microanalysis. **Microsurgery**. 1999; 19(4): 200-7.
13. Bustamante J, Socolovsky M, Emmerich J, Pennini MG, Lausada N, Domitrovic L, Fernandez E, Martins RS. Efectos de la eliminación de la tensión mediante puntos epineurales: estudio comparativo empleando diferentes técnicas de sutura en un modelo animal. **Rev Arg de Neurocir** 2009; 23(2): 71-8.
14. Liverneaux PA, Diaz LC, Beaulieu JY, Durand S, Oberlin C. Preliminary results of double nerve transfer to restore elbow flexion in upper type brachial plexus palsies. **Plast Reconstr Surg**. 2006; 117(3): 915-9.
15. Midha R. Nerve transfers for severe brachial plexus injuries: a review. **Neurosurg Focus**. 2004; 16(5): E5.
16. Colbert SH, Mackinnon SE. Nerve transfers for brachial plexus reconstruction. **Hand Clin**. 2008;24(4): 341-61.