



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ

T E S I S

EFFECTIVIDAD DE LA NEUROTOMÍA SELECTIVA DEL NERVI  
MUSCULOCUTÁNEO Y NERVI TIBIAL PARA PACIENTES  
ESPÁSTICOS DEL HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO  
GÓMEZ

PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN:

NEUROCIRUGÍA PEDIÁTRICA

P R E S E N T A

DR. ANTONIO HEREDIA GUTIÉRREZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. FERNANDO CHICO PONCE DE LEÓN



CIUDAD DE MÉXICO, FEBRERO 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FOLIA DE FIRMAS

DRA. REBECA GÓMEZ CHICO VFLASCO  
DIRECTORA DE ENSEÑANZA Y DESARROLLO ACADÉMICO

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'F. Chico', written over a large, faint circular stamp.

DR. FERNANDO CHICO PONCE DE LEÓN  
Jefe del Departamento de Neurocirugía Pediátrica

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Vicente González Carranza', written over a large, faint circular stamp.

DR. VICENTE GONZÁLEZ CARRANZA  
MÉDICO ADSCRITO DE NEUROCIROUGÍA PEDIÁTRICA  
ASESOR METODOLÓGICO

## **Dedicatoria**

**A mis padres, Sr. Antonio Heredia Acevedo y Sra. Ma. Victoria Gutiérrez Arreguín, por guiarme en este camino de vida.**

**A mis maestros del Hospital Infantil de México Federico Gómez:**

**Dr. Fernando Chico Ponce de León**

**Dr. Luis Felipe Gordillo Domínguez**

**Dr. Samuel Torres García**

**Dr. Vicente González Carranza**

**Por formarme como un neurocirujano completo.**

**Especial agradecimiento al Dr. Fernando Chico Ponce de León y Dr. Samuel Torres García, por creer en este proyecto y beneficiar a nuestros pacientitos.**

## INDICE

1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	3
3. Antecedentes.....	10
4. Marco Teórico.....	11
5. Planteamiento del problema.....	11
6. Pregunta de investigación.....	12
7. Justificación.....	12
8. Objetivos.....	12
Objetivo General.....	12
Objetivos Específicos.....	12
9. Metodología.....	12
9.1 Tipo de Estudio.....	12
9.2 Diseño de estudio.....	13
Neurotomía selectiva del nervio musculocutáneo.....	13
Neurotomía selectiva del nervio tibial.....	16
9.3 Criterios de inclusión.....	18
9.4 Criterios de exclusión.....	19
9.5 Criterios de eliminación.....	19
9.6 Tiempo y espacio.....	19
10. Consideraciones éticas.....	19
11. Plan de análisis estadístico.....	19
12. Descripción de variables.....	20
13. Resultados finales.....	24
14. Discusión.....	32
15. Conclusión.....	37
16. Limitaciones del estudio.....	37
17. Cronograma de actividades.....	38
18. Referencias bibliográficas.....	39
19. Anexos.....	43
Foto 1.....	43
Foto 2.....	43
Foto 3.....	44
Foto 4.....	44
Foto 5.....	45
Foto 6.....	45
Foto 7.....	46
Foto 8.....	46
Foto 9.....	47
Foto 10.....	47
Foto 11.....	48

Foto 12.....	48
Foto 13.....	49
Foto 14.....	49
Foto 15.....	50
Foto 16.....	50
Foto 17.....	51
Foto 18.....	51
Foto 19.....	52
Foto 20.....	52
Foto 21.....	53
Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa.....	54
Escala de Ashworth.....	55

## 1. Resumen

**Antecedentes:** La parálisis cerebral es una causa común de discapacidad en la población pediátrica, afecta a 2 por cada 1000 nacidos vivos y su manifestación más común es la espasticidad, ello como resultado de una lesión al sistema nervioso central. La espasticidad requiere manejo multidisciplinario con fisioterapeutas y médicos, así mismo se dispone de distintas opciones terapéuticas, como lo son fármacos anti espásticos vía oral, bomba de infusión de baclofeno, aplicación de toxina botulínica tipo A, cirugía ortopédica y neurocirugía, destacando la drezotomía, rizotomía y neurotomía selectiva de nervio periférico.

**Objetivo:** Evaluar los resultados y la mejoría, con la neurotomía selectiva del nervio musculocutáneo y tibial en pacientes pediátricos con espasticidad.

**Material y métodos:** Durante Junio de 2017 y Mayo 2018, se operaron 6 pacientes espásticos y 9 extremidades, un nervio por extremidad; se realizó evaluación clínica y se analizó la edad, sexo, tiempo de evolución de la enfermedad, etiología, terapéutica utilizada antes de la cirugía, goniometría articular pre y postquirúrgica, escala de Ashworth, Clasificación de la función motora gruesa, complicaciones y satisfacción de la cirugía.

**Resultados:** Se operaron 4 mujeres y 2 hombres. 8 extremidades superiores y 1 inferior. 4 derechas y 5 izquierdas. La edad mínima fue de 2 años y la máxima de 17 años, edad promedio de 11.3 años. La evolución de la enfermedad fue de 119 meses en promedio, una mínima de 4 meses y una máxima de 192 meses. En los 6 pacientes la etiología fue de origen cerebral. La terapéutica previa utilizada fue fisioterapia y baclofeno vía oral en los 6 pacientes y en 2 pacientes se utilizó toxina botulínica tipo A.

En la goniometría de reposo postoperatoria se logro amplitud de 30.5° en promedio, con una mínima de 5° y máxima de 50°; en la goniometría de extensión postoperatoria, se logro una amplitud de 37.2° en promedio, con una mínima de 0° y máxima de 75°.

En la escala de Ashworth para la evaluación de la espasticidad, de las 9 extremidades operadas, 6 se encontraban en grado IV y 4 pasaron a grado II y 2 a grado III, el de grado III paso a grado II y 2 de grado II, 1 paso a grado I y otro se quedo en grado II. En la escala de clasificación de la función motora gruesa no hubo cambios en el preoperatorio y postoperatorio. No hubo complicaciones asociadas a la cirugía y ésta fue evaluada con 9.5 en promedio en una escala del 1 al 10 por los familiares.

**Conclusión:** La Neurotomía selectiva de nervio periférico está indicada en pacientes con espasticidad, en quienes fallo la medicación oral y la terapia física sola. Tiene la ventaja, sobre otros procedimientos quirúrgicos disminuyendo los costos. Es un tratamiento definitivo, seguro, reproducible y ayuda a la independencia de los medicamentos antiespásticos. Se requiere terapia física posterior a la neurotomía para optimizar los resultados. La cirugía ortopédica puede complementar el tratamiento de la espasticidad para fines estéticos, más no debe anteponerse a la neurotomía selectiva de nervio periférico.



## 2. Introducción

La espasticidad es el resultado de una lesión en el sistema nervioso central, al afectar la corteza cerebral (motoneurona superior) y sus vías descendentes localizadas en la médula espinal, provocando una alteración en el tono muscular y el reflejo de estiramiento muscular. Hay que recordar el funcionamiento en condiciones normales del tono y reflejo de estiramiento muscular. El huso neuromuscular es una cápsula rodeada de tejido conectivo y está formada por fibras intrafusales, terminaciones sensitivas primarias o fibras de tipo 1 y terminaciones sensitivas secundarias o fibras de tipo 2. Al estimularse las fibras intrafusales, estas se elongan y estimulan las terminales sensitivas, que ingresan por la raíz posterior sensitiva a la médula espinal para establecer sinapsis con las motoneuronas alfa. El estímulo aferente emerge por la raíz anterior medular, que es la responsable final de la contracción muscular. En el mismo momento suceden tres mecanismos: 1. Las motoneuronas alfa de los músculos antagonistas reciben estímulos inhibitorios (fenómeno de inhibición recíproca). 2. Los axones de las motoneuronas alfa que inervan el músculo agonista estimulan las neuronas Renshaw, las cuales transmiten señales inhibitorias a las motoneuronas alfa cercanas (fenómeno de inhibición recurrente) y 3. Las motoneuronas gamma son activadas de manera simultánea para evitar que el huso neuromuscular mantenga una apropiada sensibilidad y no inhiba la contracción muscular <sup>1,2</sup>.

El órgano tendinoso de Golgi es un receptor ubicado en la unión músculo-tendinosa. Al registrar aumentos de tensión envía impulsos aferentes sensitivos a la médula para inhibir la acción de las motoneuronas alfa. Su acción protege al músculo de sufrir tensiones excesivas. Los estímulos en su mayoría ingresan a la médula espinal por los nervios sensitivos alcanzan los centros motores. Estos centros motores espinales constituyen los centros tonígenos que serán regulados por niveles superiores.

Los centros superiores facilitadores, como el núcleo de Deiters, reciben información del laberinto y ejercen su acción sobre los músculos. Es de importancia la acción reguladora del núcleo rojo, que enlaza la corteza cerebral, las formaciones subtalámicas, el vermis cerebeloso y los núcleos motores espinales y del tallo cerebral <sup>1-3</sup>.

Al perderse el control supraespinal, la actividad refleja segmentaria medular cambia. Los componentes neurales como los receptores sensitivos periféricos, la información aferente primaria, las interneuronas inhibitorias, las neuronas fusimotoras o la respuesta de las alfa motoneuronas alteran su propia información. También se observa un claro aumento de los reflejos polisinápticos. Así mismo se suprime la información sensorial aferente que descarga en múltiples niveles espinales, lo que inhibe la liberación de neurotransmisores excitatorios. El resultado es la reducción de los potenciales polisinápticos excitatorios en las motoneuronas espinales. A nivel del tronco encefálico, los haces vestíbulo y reticuloespinales y sus núcleos pueden afectarse de manera directa o indirecta.

El primero actúa estimulando la contracción de los músculos antigravitatorios. El segundo tiene acción inhibitoria sobre el tono muscular, por lo tanto, al generarse una lesión en la corteza cerebral, ésta dejara de ejercer su influencia excitatoria sobre él, por lo que se produce espasticidad. En el caso del tracto vestíbulo-espinal, el efecto observado es un aumento del tono en los músculos antigravitatorios por falta de la acción de la corteza.

La espasticidad se define como una dependencia de la velocidad y mayor resistencia a la movilidad pasiva del músculo; o como una actividad muscular inapropiada asociada con daño de la neurona motora superior.

La espasticidad se manifiesta en niños como aumento del tono muscular, reflejos primitivos persistentes, hiperreflexia y retraso en las habilidades motoras. La espasticidad inhibe el uso del control motor y conduce a un trastorno musculoesquelético progresivo como contracturas, deformación ósea y articulares<sup>1-3</sup>.

La parálisis cerebral es una causa común de espasticidad y discapacidad en niños. Incluye un rango de síndromes no progresivos de la postura y el deterioro motor resultante de una lesión, descrita renglones arriba, ya sea en útero o en los dos primeros años de vida. La prevalencia de la parálisis cerebral se estima en 2 por 1.000 niños<sup>1-4</sup>. Los rasgos comunes de la parálisis incluyen trastornos del movimiento, debilidad muscular, ataxia, rigidez y espasticidad<sup>1-6</sup>.

La parálisis cerebral infantil se puede clasificar en parálisis cerebral espástica (hipertónica), parálisis cerebral hipotónica, parálisis cerebral discinética (distónica y coreoatetósica) y parálisis cerebral atáxica (alteración del equilibrio y la coordinación). La parálisis cerebral espástica comprende el 70-80 % del total de la parálisis cerebral infantil y a la vez se subdivide en 3 tipos: diplejía espástica o paraparética (afecta extremidades inferiores), hemiparética (afecta un lado del cuerpo) y cuadriparética (afecta las cuatro extremidades) <sup>1-6</sup>. El diagnóstico de espasticidad requiere una historia clínica completa y examen físico. La exploración física se centra en el tono muscular, fuerza, rango pasivo de movimiento articular, reflejos de estiramiento muscular, presencia de deformidad de las extremidades, alineación vertebral.

Los estudios de neuroimagen ayudan a evaluar evidencia de hemorragia, hidrocefalia, isquemia, traumatismo craneoencefálico, estados después de una operación neuroquirúrgica, anomalías del sistema nervioso central.

La espasticidad es comúnmente cuantificada con la escala de espasticidad de Ashworth, así mismo se evalúa la clasificación de la función motora gruesa con la GMFCS (*Gross Motor Function Classification System*) <sup>5,6</sup>.

El tratamiento de la espasticidad detiene la progresión de contracturas o deformidades, y a menudo restaura la función a las extremidades afectadas, facilita el cuidado del paciente, disminuye el dolor e incrementa la calidad de vida <sup>7-11</sup>. Las opciones para el tratamiento de la espasticidad incluyen programas físicos de rehabilitación y el uso de férulas y órtesis para evitar la deformidad osteoarticular, así mismo opciones farmacológicas y quirúrgicas, dependiendo el tipo de espasticidad a tratar y la duración de los efectos de la terapéutica <sup>12,13</sup>. Figura 1.

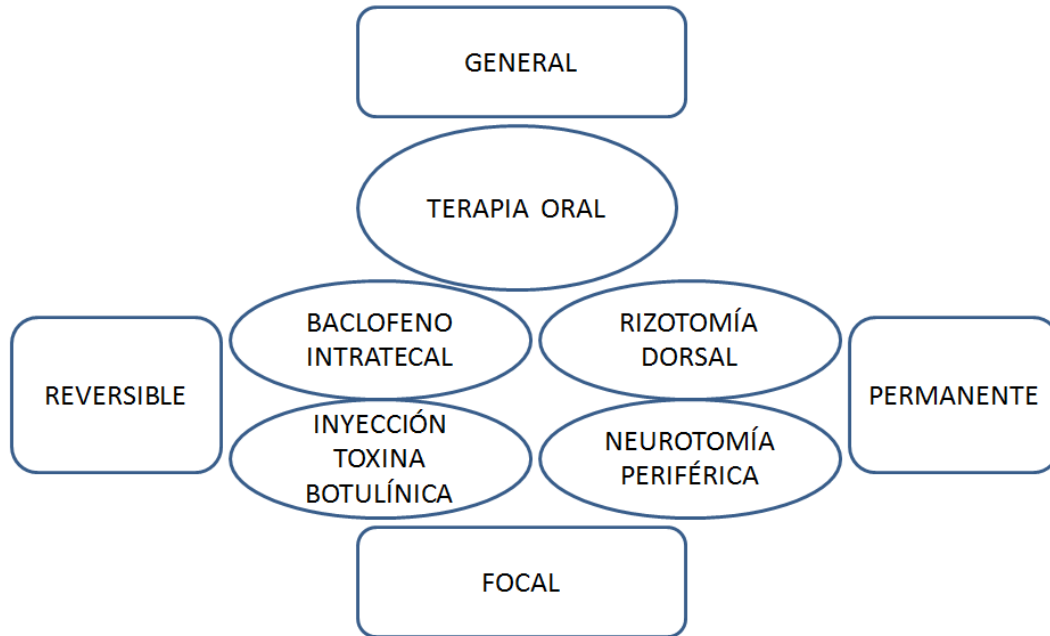


Fig. 1. Manejo de la espasticidad. El manejo es basado en el tipo de espasticidad, si es focal o general y permanente o definitivo.

En cuanto a la medicación oral, se dispone de los siguientes fármacos:

*Baclofeno.* Se lo ha considerado como el tratamiento de elección para la espasticidad generalizada. Es un agonista del neurotransmisor inhibitorio GABA (ácido gamma amino butírico). Disminuye el tono muscular y su uso está indicado en los pacientes con parálisis cerebral espástica. Atraviesa la barrera hematoencefálica y se une a los receptores GABA de las interneuronas espinales, lo que causa la inhibición presináptica de la liberación de los neurotransmisores excitatorios.

Se absorbe rápidamente por vía oral y tiene una vida media de alrededor de 3,5 horas. El hígado lo metaboliza de manera parcial y la mayor parte se excreta por riñón. Puede ocasionar confusión, producir sedación, mareos, ataxia, debilidad, hipotensión ortostática y parestesias. La suspensión súbita puede producir un síndrome de abstinencia, con un incremento de la espasticidad, acompañada de espasmos, alucinaciones, confusión, convulsiones e hipertermia; por lo tanto su suspensión debe ser progresiva <sup>14,15</sup>.

*Diazepam.* Es el medicamento para el tratamiento de la espasticidad más antiguo y todavía en uso. Es útil para reducir la espasticidad originada por lesiones cerebrales y de la médula espinal. Aumenta las inhibiciones presináptica y postsináptica en la medula espinal al incrementar la afinidad de los receptores GABA por el GABA endógeno. Se absorbe rápidamente vía oral y alcanza su nivel máximo en 1 hora. Se metaboliza en el hígado y sus metabolitos tienen una vida media de 20 a 80 horas. El efecto secundario más frecuente es la sedación. Además, suele producir ataxia, trastornos de la memoria y la atención, debilidad, estreñimiento, retención urinaria y sialorrea. Puede causar adicción fisiológica y tolerancia medicamentosa. Los síntomas de abstinencia son: agitación, irritabilidad, temblor, contracciones musculares, náuseas, convulsiones, insomnio e hiperpirexia<sup>14,15</sup>.

*Dantroleno.* Es un derivado de la hidantoína, actúa directamente sobre el músculo esquelético, inhibiendo la liberación de calcio en el retículo sarcoplásmico, disociando el mecanismo de excitación eléctrica-contracción. De esta manera, afecta las fibras intrafusales y extrafusales. Es un relajante muscular. El principal factor que limita su empleo es la generación de debilidad muscular y por ese motivo su uso está limitado en los pacientes cuadripléjicos y espásticos graves. Se absorbe bien por vía oral, con un nivel máximo a las 3-6 horas de su ingesta. Su vida media es de 9 horas y se une con fuerza a las proteínas plasmáticas. Se metaboliza en el hígado. Se desconoce si puede atravesar la barrera hematoencefálica. Su asociación con diazepam disminuye la espasticidad. Las reacciones adversas incluye debilidad muscular generalizada, sedación y en ocasiones hepatitis<sup>14,15</sup>.

*Tizanidina.* Es un agonista  $\alpha_2$ -adrenergico eficaz para reducir la espasticidad y los espasmos dolorosos. Se une a nivel presináptico a los receptores  $\alpha_2$ -adrenergicos en la médula espinal, e inhibe la liberación de neurotransmisores excitatorios de las neuronas presinápticas, facilita la acción de la glicina (neurotransmisor inhibitorio) y previene la liberación de aminoácidos excitatorios como el glutamato y el aspartato de las terminaciones presinápticas.

No ocasiona debilidad muscular (a diferencia del baclofeno y del dantroleno). No se ha definido su dosis en niños. Se sugiere iniciar con una dosis única de 2 mg y luego aumentar 2 mg c/semana. Dosis máxima: 36 mg/día, en 3-4 tomas. Sus reacciones adversas incluyen somnolencia, hipotensión, sequedad de boca y astenia <sup>14,15</sup>.

En cuanto a los bloqueadores neuromusculares tenemos la toxina botulínica tipo A. Es una terapia relativamente nueva <sup>10,16</sup>. Se trata de un agente bloqueante neuromuscular que puede reducir el tono muscular en la espasticidad y en la distonía. Actúa a nivel de la unión neuromuscular. Es producida por una bacteria, el *Clostridium botulinum*, y desencadena una parálisis generalizada como la del botulismo. Hay siete serotipos diferentes de toxina botulínica (A, B, C, D, E, F y G) y solo los dos primeros están comercialmente disponibles. El A es el que se suele utilizar más en la práctica diaria debido a que es el que tiene un efecto más duradero que las demás. La toxina botulínica A produce una quimio - denervación que puede ser empleada para balancear la fuerza muscular sobre las articulaciones de los niños con parálisis cerebral. Comienza su acción entre las 12 y 72 horas de su administración y sus efectos se mantienen entre 3-6 meses, según el paciente. Se aplica en el músculo o grupos musculares que se desean debilitar, para disminuir la espasticidad. Los efectos secundarios a largo plazo incluyen reacción inmunitaria a la toxina botulínica, sensibilización a la misma e intoxicación ocasionando parálisis muscular severa y respiratoria <sup>16</sup>.

Dentro del tratamiento neuroquirúrgico, se dispone la administración de baclofeno intratecal, por medio de una bomba de infusión continua, lesiones en la médula espinal como la llamada drezotomía, que es una lesión en el sitio de entrada de la raíz nerviosa a nivel dorsal (*DREZ: Dorsal Root Enter Zone*), rizotomía dorsal, lesiones selectivas sobre los nervios periféricos responsables de la hiperestimulación muscular en las extremidades y cirugía ortopédica la cual incluye alargamiento y transferencias tendinosas, tenotomías, capsulotomías articulares y osteotomías <sup>12,13</sup>.

La neurotomía periférica (NP) mejora la función motora, reduciendo el exceso de tono mediante el equilibrio entre músculos agonistas y antagonistas. Figuras 2 y 3.

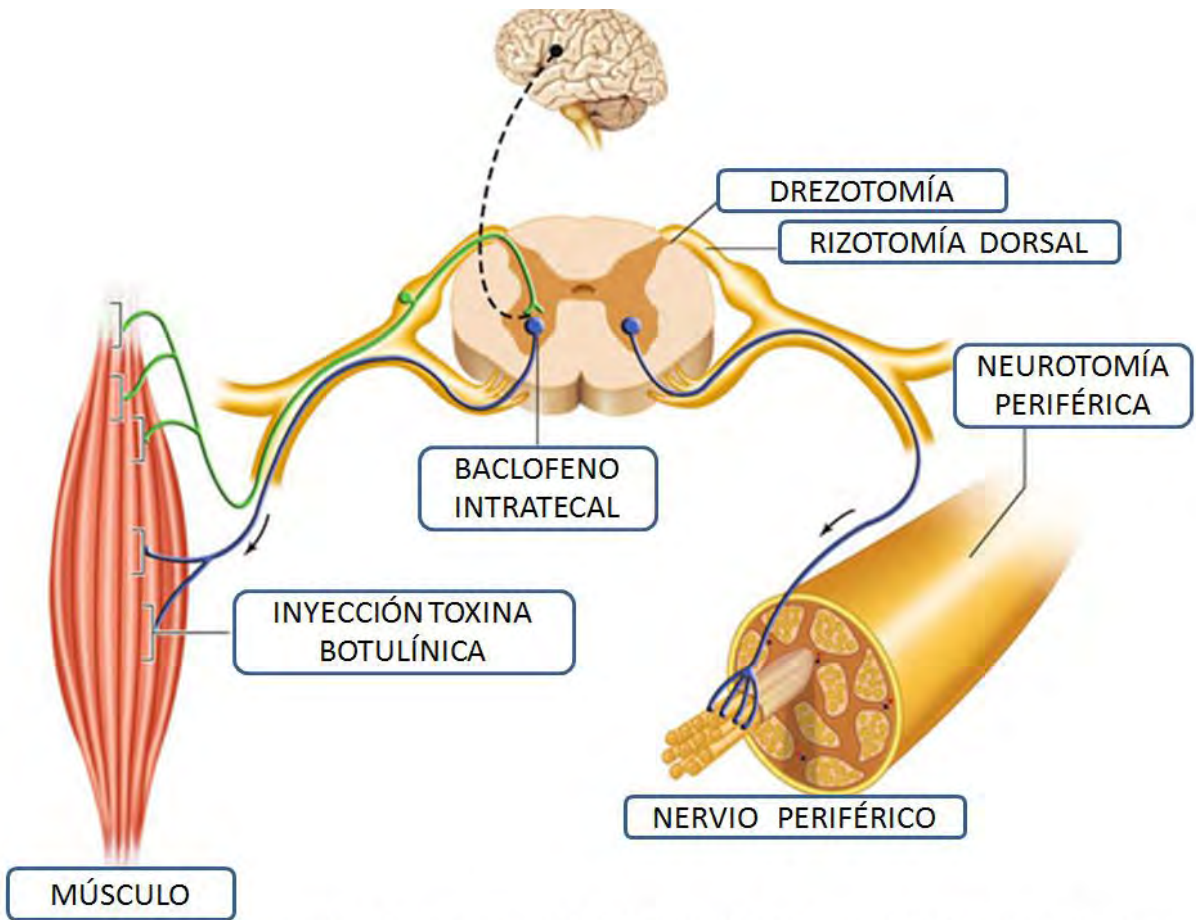


Fig. 2. Opciones neuroquirúrgicas para reducir la espasticidad y sus blancos terapéuticos. Tomado de M. Sindou et al. Neurosurgery for Spasticity-Springer-Verlag, Wien 2014

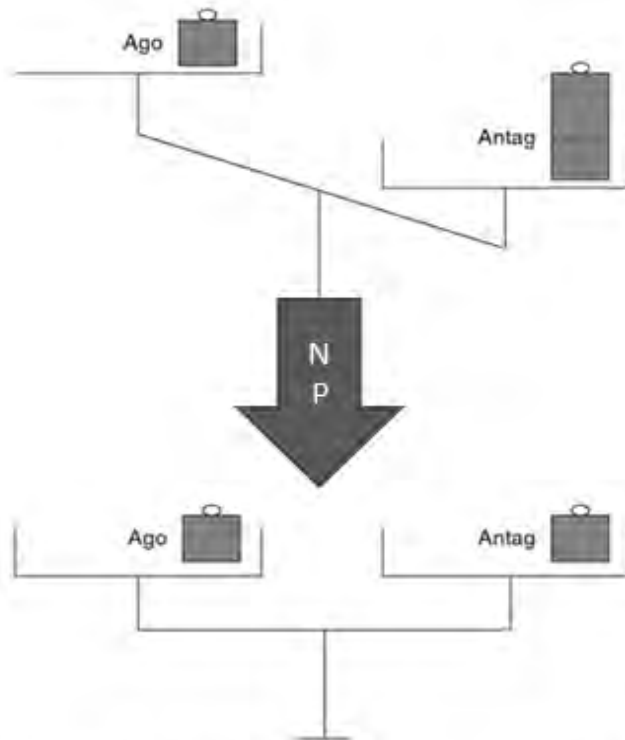


Fig. 3. La Neurotomía Periférica (NP) mejora la función motora, reduciendo el exceso de tono mediante el equilibrio entre músculos agonistas y antagonistas.

### 3. Antecedentes

La neurotomía para el tratamiento de la espasticidad inicia en 1887 con Lorenz, realizando una neurotomía del nervio obturador para el tratamiento de la cadera espástica en aducción<sup>17</sup>. En 1912 Stoffel realiza una neurotomía del nervio tibial para el tratamiento del pie equino espástico, sin embargo las complicaciones asociadas como debilidad muscular, alteraciones sensitivas y síndromes dolorosos, desfavorecieron la utilización de estos procedimientos. Esto favoreció el uso de medicamentos antiespásticos en disponibilidad vía oral<sup>18</sup>.

En 1976 Gros y colaboradores introducen la neurotomía selectiva parcial para los ramos motores de los nervios con ayuda de estimulación eléctrica intraoperatoria y el uso del microscopio quirúrgico<sup>19</sup>. En 1988 Sindou y Mertens introducen la prueba del bloqueo del nervio periférico con anestésico local como predictor de éxito de la neurotomía<sup>20</sup>.



#### **4. Marco teórico**

Los pacientes pediátricos con espasticidad pueden tener distinta etiología, siendo la más común la parálisis cerebral infantil asociada a hemorragia intracerebral, hidrocefalia, neuroinfección, encefalopatía hipóxico-isquémica, traumatismo craneoencefálico y lesiones medulares. Los pacientes candidatos a neurotomía selectiva de nervios periféricos serán evaluados con la escala de Ashworth, la cual nos indica los distintos grados de espasticidad en relación con el tono muscular de la extremidad afectada, goniometría del movimiento de las articulaciones afectadas y los reflejos de estiramiento muscular <sup>7-15</sup>.

Si bien, la espasticidad asociada a la parálisis cerebral infantil es por lo general difusa, en ocasiones es focalizada a un grupo muscular, ocasionándole deformidad osteoarticular al paciente y dolor por atrapamiento neuromuscular, en otros casos es focalizada como en las lesiones medulares, siendo muy común la afección del nervio tibial en los disrrafismos medulares, ocasionando una deformidad del pie en equino varo <sup>6</sup>.

Los pacientes que se beneficiaran de una neurotomía selectiva se seleccionaran mediante una evaluación preoperatoria previa, una prueba es la respuesta a la anestesia general (pacientes sometidos a un procedimiento quirúrgico distinto a la cirugía de espasticidad) observándose disminución de la espasticidad y aquellos pacientes que se encuentren en tratamiento con toxina botulínica tipo A y hayan presentado disminución de la espasticidad, serán candidatos ideales a neurotomía selectiva de nervio periférico <sup>7-13,21-26</sup>.

#### **5. Planteamiento del problema**

La parálisis cerebral espástica es un problema frecuente en nuestro medio. Hay desinterés médico por este grupo de pacientes. Los cuidados otorgados son difíciles de llevar a cabo y costosos, dificultando su tratamiento. Se necesitan opciones terapéuticas efectivas y no costosas.

## **6. Pregunta de investigación**

¿Hay mejoría producida por la neurotomía selectiva del nervio musculocutáneo y nervio tibial para pacientes espásticos del Hospital Infantil de México Federico Gómez?

## **7. Justificación**

La justificación se basa en que el problema es frecuente en nuestro medio, y el tratamiento médico es costoso, tiene efectos adversos y mal apego al mismo. El tratamiento quirúrgico es accesible, mucho menos costoso que los tratamientos médicos y de rehabilitación, motivo por el cual se propone como una solución al problema con menos complicación que las otras opciones.

## **8. Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar los resultados y la mejoría, con la neurotomía selectiva, en pacientes pediátricos con espasticidad.

### **Objetivos Específicos**

Evaluar los resultados y la mejoría, con la neurotomía selectiva del nervio musculocutáneo en pacientes pediátricos con espasticidad de extremidad superior  
Evaluar los resultados y la mejoría, con la neurotomía selectiva del nervio tibial en pacientes pediátricos con espasticidad de extremidad inferior y deformación del pie en equino varo.

## **9. Metodología**

**9.1 Tipo de estudio:** Estudio Clínico - Prospectivo, Observacional, Descriptivo, Longitudinal

## **9.2 Diseño de estudio:**

Se realiza ingreso del paciente en la consulta externa de Neurocirugía, en donde se lleva a cabo un interrogatorio y exploración física, incluyendo la edad, sexo, tiempo de evolución de la enfermedad, etiología de la misma, terapéutica previa utilizada (ya sea manejo médico y/o fisioterapia), se evalúa con la escala de Ashworth , la clasificación de la función motora gruesa (*GMFCS Gross Motor Function Classification System*) y se determina la extremidad a ser operada, para lo cual se hace medición del ángulo de la extremidad a ser intervenida quirúrgicamente; a nivel extremidad superior se mide el ángulo del codo, formado por el antebrazo sobre el brazo en reposo y estiramiento máximo con un goniómetro y en la extremidad inferior se mide el ángulo del tobillo, formado por el dorso del pie y la articulación tibioperonea en su porción medial, tanto en reposo como en estiramiento máximo.

Una vez seleccionado el paciente para ser intervenido quirúrgicamente, se procede a llevar a cabo la cirugía, ya sea neurotomía selectiva del nervio musculocutáneo o del nervio tibial.

Cuando es sometido el paciente a cirugía se da seguimiento por la consulta externa de Neurocirugía a los 2 y 6 meses, se realiza nueva exploración neurológica y goniometría de las extremidades y se registra en la base de datos.

A continuación se describe la técnica quirúrgica utilizada en nuestro protocolo.

### Neurotomía Selectiva del Nervio Musculocutáneo.

La neurotomía selectiva del nervio musculocutáneo está enfocada a disminuir el tono del músculo bíceps braquial y el coracobraquial, restableciendo el balance entre la flexión y extensión del antebrazo sobre el brazo, logrando de esta forma una extremidad más funcional y evitando la deformación osteoarticular de la misma y el dolor producido por la contracción sostenida de los músculos flexores del brazo.

La técnica quirúrgica consiste en la anestesia general del paciente sin la utilización de relajante muscular, esto permitirá la estimulación nerviosa transoperatoria, el paciente es colocado en la posición decúbito dorsal y con la extensión de la extremidad superior a operar, previo protocolo de asepsia y antisepsia, así como antibiótico profiláctico (cefalosporina de primera generación), se procede a realizar una incisión en la cara medial del brazo, por debajo del borde inferior del músculo bíceps braquial, se disecciona y se localiza el tejido celular subcutáneo, posteriormente la fascia aponeurótica la cual se corta; se palpa el borde inferior del músculo bíceps y mediante estimulación nerviosa transquirúrgica, se identifica el nervio musculocutáneo, el cual dará flexión del brazo sobre antebrazo por estimulación del bíceps braquial. Se exponen las ramas del nervio musculocutáneo que inervan el bíceps braquial, que se seccionan, en un 70-80% de las mismas, se coagulan los bordes de la neurotomía y se deja una brecha de 1 cm entre segmentos resecados, se corrobora hemostasia y se cierra el tejido celular subcutáneo con vycril 2-0 y piel con nylon 3-0. Se finaliza el procedimiento. Como en toda estructura anatómica es necesario considerar sus variantes anatómicas como lo sugieren Strauch y Chase<sup>26,27</sup>. Figura 4 y 5.

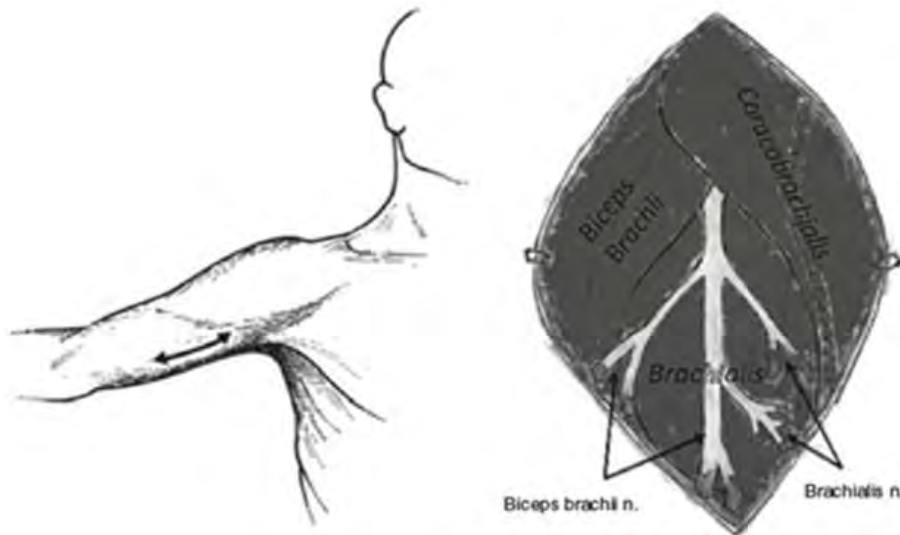


Fig. 4. Abordaje quirúrgico y exposición para el nervio musculocutáneo y sus ramas. Tomado de M. Sindou et al. Neurosurgery for Spasticity- Springer-Verlag. Wien 2014.

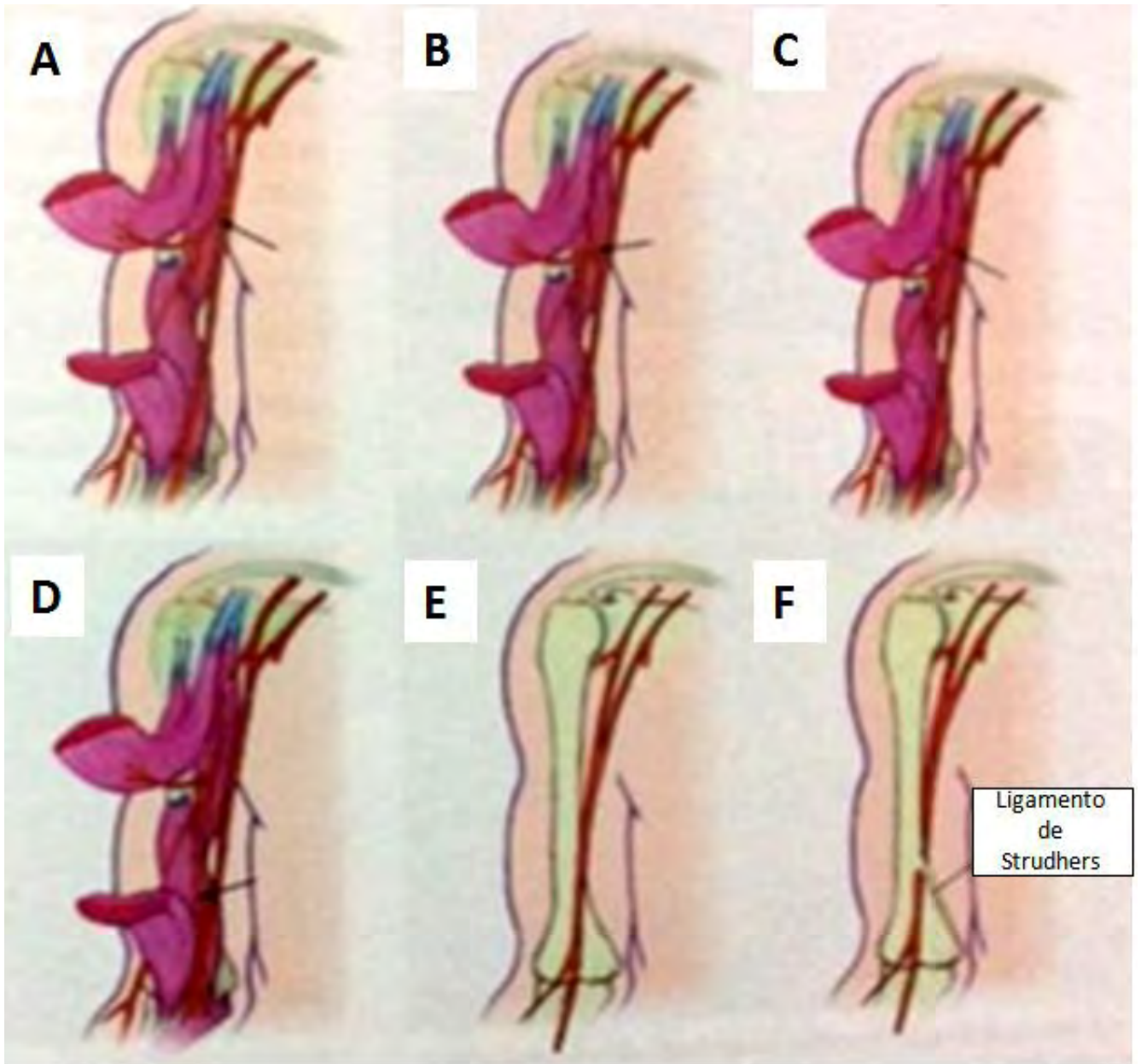


Fig. 5. Variaciones del nervio musculocutáneo y su comunicación con el nervio mediano, según Strauch y Chase.

## Neurotomía Selectiva del Nervio Tibial

La neurotomía selectiva del nervio tibial y sus ramos en el hueco poplíteo, está enfocada a disminuir el tono del músculo tríceps sural (músculo gastrocnemio medial y lateral y músculo sóleo) y el músculo tibial anterior, los cuales son responsables del pie en equino (tríceps sural) y varo (músculo tibial anterior), para restituir el balance anatómico de la biomecánica de la marcha y lograr una deambulación adecuada. La técnica quirúrgica consiste en la anestesia general del paciente sin la utilización de relajante muscular, permitiendo la estimulación nerviosa transquirúrgica. El paciente es colocado en decúbito ventral, protegiendo adecuadamente la vía aérea. Se realiza protocolo de asepsia y antisepsia y la administración de antibiótico profiláctico, se procede a realizar una incisión en el hueco poplíteo, a nivel del pliegue cutáneo y una extensión superior e inferior de aproximadamente 5 cm, siguiendo la línea media entre el espacio intergastrocnemio, localizando un plano avascular y un ramo de la vena sural superficial, la cual se puede sacrificar, posterior a ello la fascia aponeurótica se secciona, con estimulación eléctrica se logra identificar el tronco tibial y sus ramos, localizando primeramente los ramos motores hacia los gastrocnemios medial y lateral, los cuales son referidos con una banda siliconada. Posteriormente, a nivel del tronco principal del nervio tibial, en su borde lateral se identifican los fascículos que inervan el músculo sóleo; el nervio tibial es referido con una banda siliconada. Finalmente se identifica el nervio sural, el cual no ocasionara movimiento alguno mediante electro estimulación, al ser un nervio sensitivo y no motor, éste se aísla con una banda siliconada de un color distinto a los demás nervios motores. Se corrobora la inervación muscular y sus ramos nerviosos mediante neuroestimulación, presentándose contractura muscular a dicho estímulo. Se procede a seccionar un 50-75 % de las fibras nerviosas destinadas a cada músculo gastrocnemio y en el tronco principal, se corrobora la identificación de las fibras nerviosas destinadas al músculo tibial anterior, el cual dará inversión del pie, se corta un 50-75% de fibras, dejando una brecha de 1 cm entre ambos cabos nerviosos, el nervio sural, no debe seccionarse, pues ocasionará una disestesia dolorosa y perdida de la sensibilidad. Se corrobora hemostasia y se cierra el tejido celular subcutáneo con vycril 1-0 y piel con nylon 3-0. Se finaliza el procedimiento.

De la misma manera se deben considerar las variantes anatómicas como lo sugiere Baroncini<sup>26, 28, 29</sup>. Figura 6 y 7.

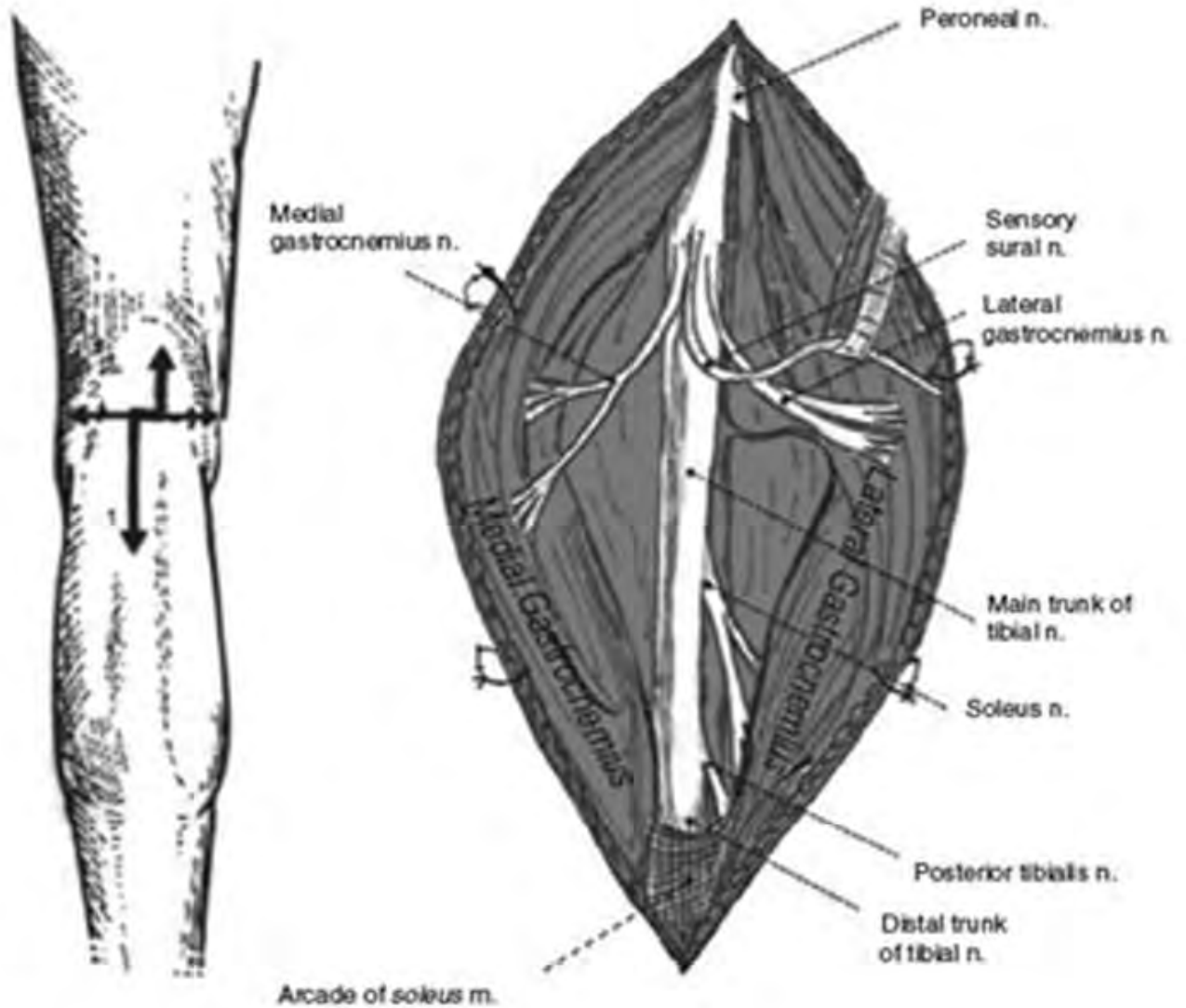


Fig. 6. Abordaje quirúrgico y exposición para el nervio tibial y sus ramos. Tomado de M. Sindou et al. Neurosurgery for Spasticity-Springer-Verlag. Wien 2014.

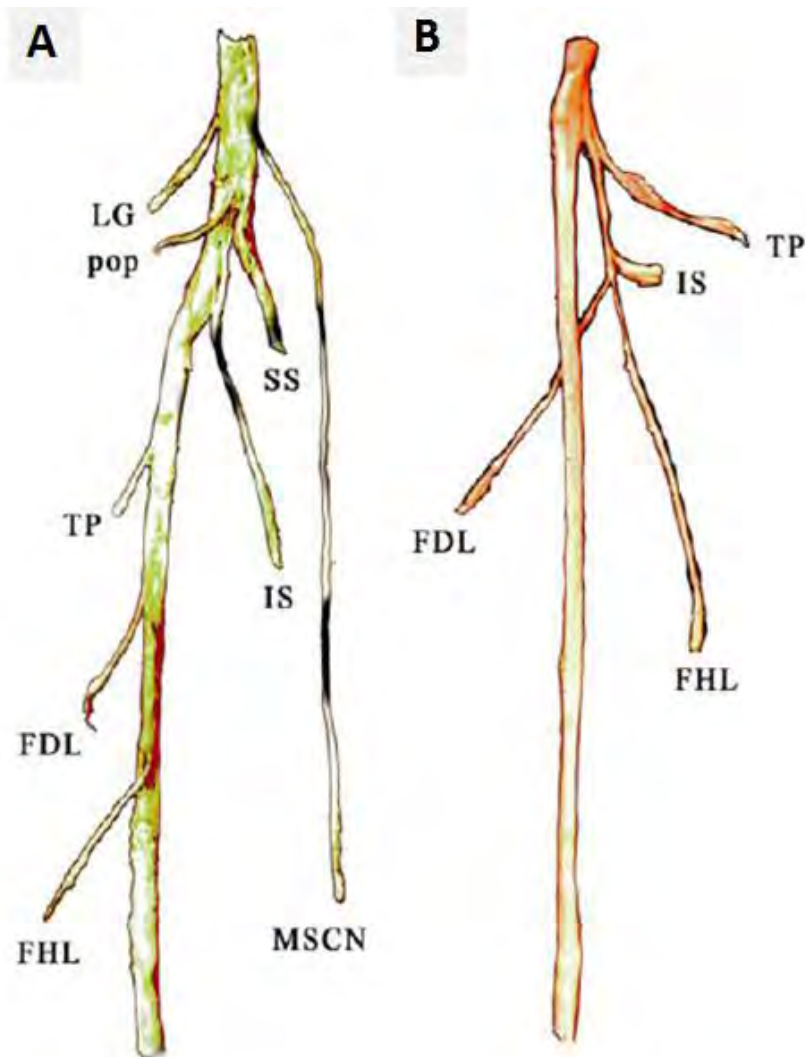


Fig. 7. Variaciones del nervio tibial, según Baroncini. *LG* Lateral Gastrocnemius. *POP* Popliteus. *TP* Tibial Posterior. *FDL* Flexor Digitorum Longus. *FHL* Flexor Hallucis Longus. *SS* Superior Soleus. *IS* Inferior Soleus. *MSCN* Medial Sural Cutaneus Nervus.

### 9.3 Criterios de inclusión:

Pacientes con espasticidad de 2 a 18 años.

Pacientes con respuesta a la aplicación de toxina botulínica tipo A para tratamiento de la espasticidad.

Pacientes sin antecedente de cirugía ortopédica en extremidades espásticas.

Expediente clínico completo.



#### **9.4 Criterios de exclusión:**

Pacientes con respuesta nula a la aplicación de toxina botulínica tipo A para tratamiento de la espasticidad.

Pacientes con deformidad osteoarticular severa y contracturas musculares.

Pacientes con antecedente de cirugía ortopédica en extremidades espásticas.

Expediente clínico incompleto.

#### **9.5 Criterios de eliminación:**

Pacientes que fallezcan antes de los 6 meses después de la cirugía o no acudan a sus citas de control y seguimiento (2 y 6 meses).

No tenga expediente clínico.

**9.6 Tiempo y espacio:** Servicio de Neurocirugía Pediátrica del Hospital Infantil de México Federico Gómez, de Junio 2017 a Mayo 2018.

### **10. Consideraciones éticas**

No existe conflicto ético, ya que los procedimientos a realizar no son experimentales y se harán previa autorización por parte del familiar y/o cuidador del paciente y firma del consentimiento informado. Se considera riesgo mínimo.

### **11. Plan de análisis estadístico**

Una vez obtenida la información se estructuró una base de datos en Excel de Windows y se describen promedios, máximos y mínimos.

## 12. Descripción de variables

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Tipo de Variable</b>	<b>Escala de Medición</b>
<b>Edad</b>	Tiempo transcurrido desde el nacimiento del paciente hasta el momento actual a su intervención quirúrgica.	Se obtendrá del expediente clínico y será reportada en años, evitándose los meses y días.	Cuantitativa Nominal	Frecuencias
<b>Sexo</b>	Características anatómo-fisiológicas y genéticas que determinan la conformación de una persona.	Se obtendrá del expediente clínico y se reportará como masculino o femenino.	Cualitativa Nominal	Frecuencias
<b>Tiempo de evolución de la enfermedad</b>	Tiempo transcurrido desde la aparición de los síntomas hasta el momento de la cirugía.	Se obtendrá del expediente clínico y se reportará en meses.	Cuantitativa Nominal	Frecuencias
<b>Etiología de la espasticidad</b>	Daño ocasionado por lesión al sistema nervioso, provocando alteración en su funcionamiento.	Se obtendrá del expediente clínico y será reportada como cerebral o medular.	Cualitativa Nominal	Frecuencias
<b>Terapéutica previa a la cirugía</b>	Tratamiento utilizado para reducir la espasticidad, puede ser médico o fisioterapia.	Se obtendrá del expediente clínico y será reportada como tratamiento médico o fisioterapia.	Cualitativa Nominal	Frecuencias
<b>Ángulo de reposo de la extremidad</b>	Ángulo formado por la articulación de dos extremidades en reposo, se analizará el del codo (brazo-antebrazo), tobillo (pie-	Se obtendrá del expediente clínico y se reportará por los ángulos resultantes de la medición de la articulación con un	Cuantitativa Nominal	Frecuencias

	pierna) en su porción medial.	goniómetro.		
<b>Ángulo de extensión máxima de la extremidad</b>	Ángulo formado por la articulación de dos extremidades en extensión máxima voluntaria, se analizará el del codo (brazo-antebrazo), tobillo (pie-pierna) en su porción medial.	Se obtendrá del expediente clínico y se reportará por los ángulos resultantes de la medición de la articulación con un goniómetro.	Cuantitativa Nominal	Frecuencias
<b>Complicaciones</b>	Cualquier incidente inesperado durante la cirugía o posterior a la realización de la misma.	Se obtendrá del expediente clínico y se considerarán: 0: Ninguna 1: Infección de la herida 2: Dehiscencia de la herida 3: Otros	Cualitativa nominal	Frecuencias
<b>Grado de espasticidad mediante Escala de Ashworth</b>	Escala aceptada internacionalmente para la medición de la espasticidad – tono muscular en las extremidades afectadas.	Se obtendrá del expediente clínico previa valoración clínica y se le asigna un grado de 0 a 4; de acuerdo a la evaluación.  0. No incremento del tono.  1. Discreto incremento del tono muscular durante el movimiento de	Cuantitativa nominal	Frecuencias

		<p>flexo-extensión.</p> <p>2. Moderado incremento del tono muscular, pero el paciente moviliza fácilmente la articulación.</p> <p>3. Considerado incremento del tono muscular, moviliza la articulación con dificultad.</p> <p>4. Extremidad rígida durante la flexión o extensión.</p>		
<p><b>Clasificación de la Función Motora Gruesa</b></p>	<p>Escala utilizada para medir las actividades de la vida diaria desde el punto de vista motriz en pacientes con espasticidad.</p>	<p>Se obtendrá del expediente clínico previa valoración clínica y se asigna un nivel del 1 al 5 de acuerdo a las actividades que se pueden realizar.</p> <p>I. Realiza actividades habituales, como correr o brincar, pero la</p>	<p>Cuantitativa nominal</p>	<p>Frecuencias</p>

		<p>velocidad, balance y coordinación son limitados.</p> <p>II. Realiza actividades habituales, pero hay dificultad para correr o brincar.</p> <p>III. Paciente utiliza andadera para caminar distancias cortas, se auxilia con silla de ruedas en distancias largas.</p> <p>IV. Paciente requiere ayuda para caminar con andadera, usa silla de ruedas para distancias cortas.</p> <p>V. Paciente</p>		
--	--	---	--	--

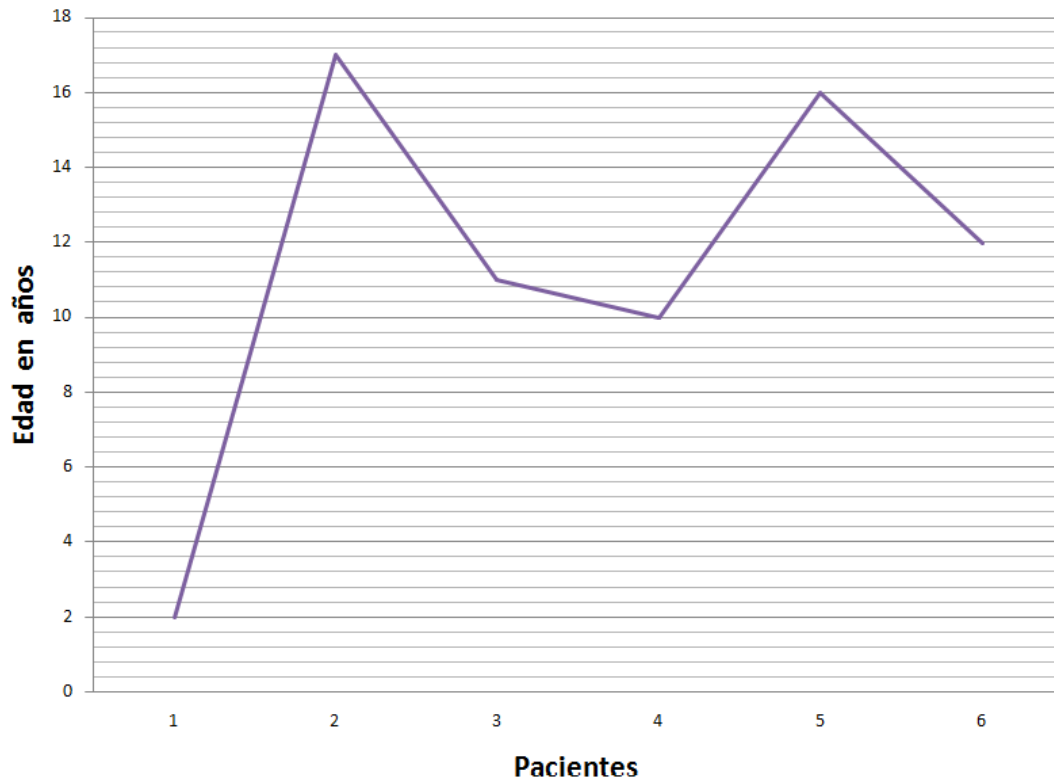
		que no tiene fuerza para vencer contra la gravedad la cabeza, cuello o tórax, se utiliza silla de ruedas.		
<b>Satisfacción de la cirugía</b>	Grado de aprobación de la cirugía y evaluación de la misma por el familiar y/o cuidador del paciente.	Se obtendrá del expediente clínico y se reportará en una escala del 1 al 10. Donde 1 equivale a insatisfacción y 10 a excelente. En base a la satisfacción se asignará un dígito del 1 al 10.	Cuantitativa nominal	Frecuencias

### 13. Resultados Finales

Durante el periodo de Junio de 2017 a Mayo de 2018 se operaron 6 pacientes y un total de 9 extremidades, en las cuales se opero un nervio por extremidad, se operaron 4 extremidades derechas y 5 extremidades izquierdas, 8 extremidades superiores y 1 extremidad inferior, así mismo se llevo a cabo la evaluación clínica y seguimiento en la consulta externa de dichos pacientes.

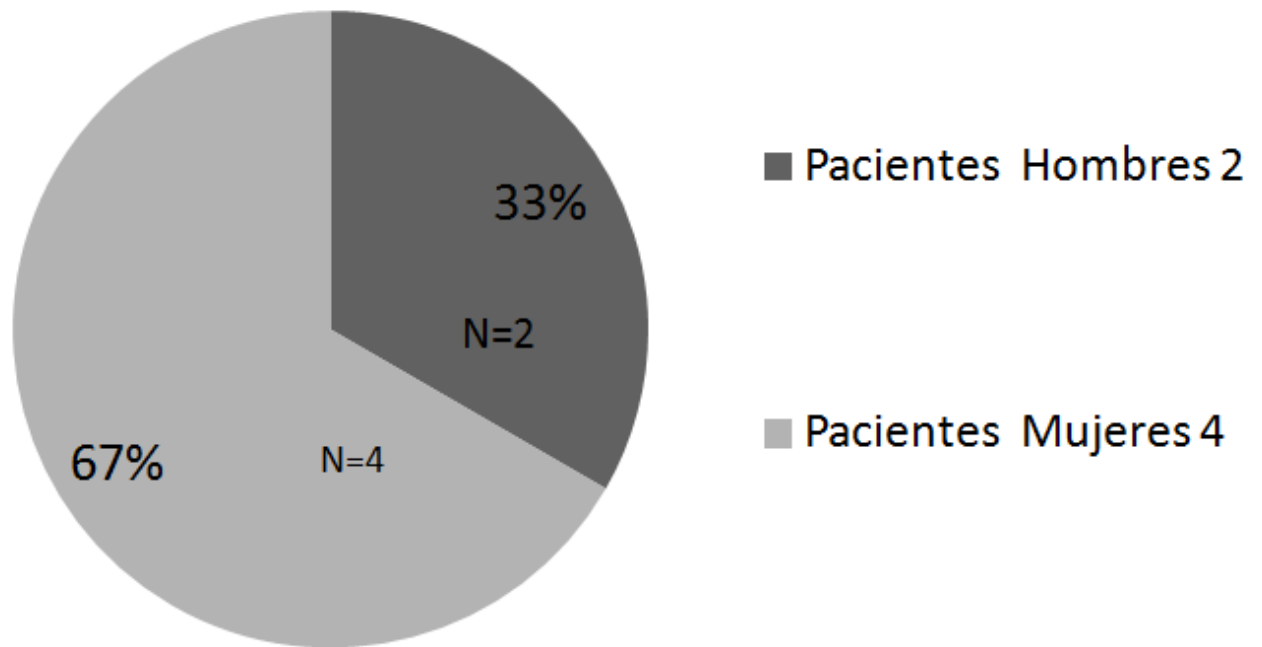
En cuanto a la edad de los pacientes, la edad mínima fue de 2 años y la edad máxima de 17 años, con una edad promedio de 11.3 años. Gráfico 1.

**Gráfico 1. Edad de los Pacientes**



El sexo de los pacientes fue de 4 mujeres y 2 hombres, mostrando una relación de 2:1 mujer a hombre. Grafico 2.

## Gráfico 2. Sexo de los Pacientes

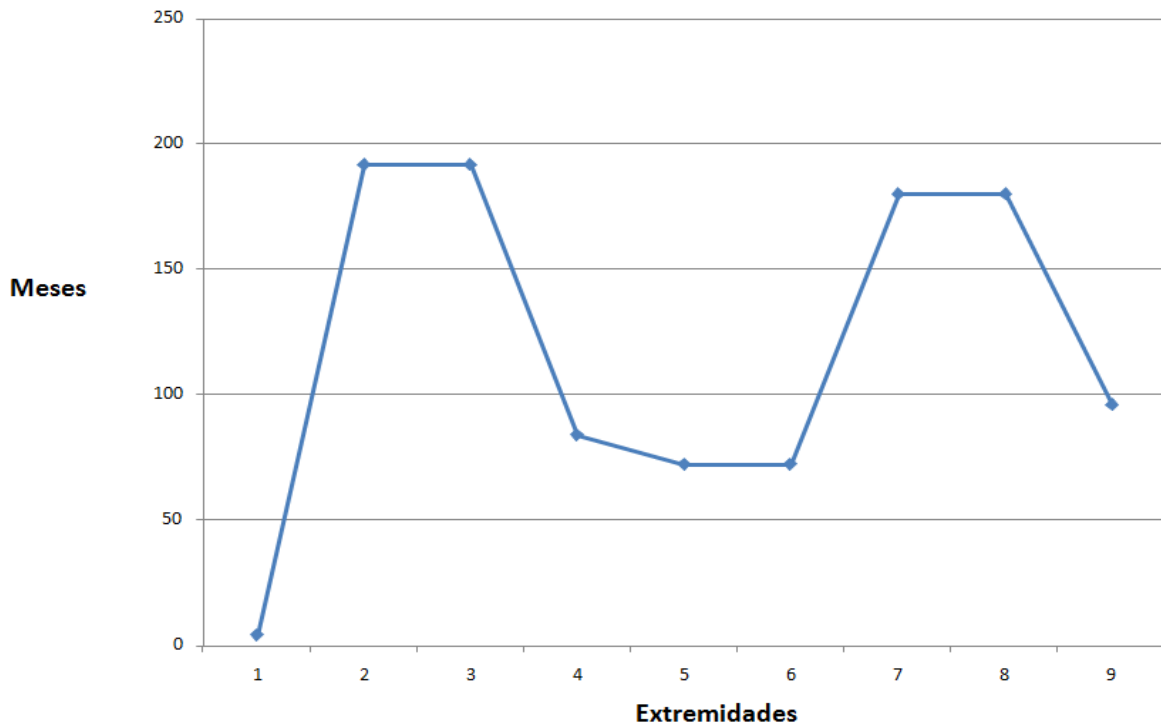


Relación Mujer a Hombre 2:1

El tiempo promedio de evolución de la enfermedad respecto al momento de la cirugía fue de 119 meses, con un mínimo de 4 meses y un máximo de 192 meses. Gráfico 3.



**Gráfico 3. Evolución de la espasticidad**



Considerando la etiología de la enfermedad, los 6 casos que se operaron tenían un origen de la espasticidad a nivel cerebral. A continuación se detallan las características Tabla I.

Paciente	Edad	Sexo	Diagnóstico
1	2 años	F	Neuroinfección remitida + Hidrocefalia + DVP
2	17 años	F	Encefalopatía hipóxico-isquémica + Hidrocefalia + DVP
3	11 años	M	Postoperado Meningioma intracraneal derecho
4	10 años	F	TCE + Craniectomía descompresiva bilateral
5	16 años	F	Encefalopatía hipóxico-isquémica + Hidrocefalia + DVP
6	12 años	M	Postoperado Astrocitoma tálamico derecho

TCE: Traumatismo craneoencefálico, DVP: Derivación Ventrículo Peritoneal

En el ámbito de la terapéutica previa a la cirugía, los 6 pacientes contaban con fisioterapia previa a la cirugía y tratamiento médico, como se muestra en la Tabla II.

Tabla II		Terapéutica previa a la cirugía	
Paciente	Edad	Sexo	Terapéutica utilizada
1	2 años	F	Fisioterapia + Baclofeno oral
2	17 años	F	Fisioterapia + Baclofeno oral
3	11 años	M	Fisioterapia + Baclofeno oral + Toxina botulínica tipo A
4	10 años	F	Fisioterapia + Baclofeno oral
5	16 años	F	Fisioterapia + Baclofeno oral
6	12 años	M	Fisioterapia + Baclofeno oral + Toxina botulínica tipo A

En el aspecto de la goniometría prequirúrgica y postquirúrgica a los 6 meses se presentaron los siguientes resultados. En la Tabla III se detalla la goniometría preoperatoria y en la Tabla IV la goniometría postoperatoria.

Tabla III		Goniometría Preoperatoria		
Número	Edad	Sexo	Ángulo Flexión- Reposo	Ángulo Extensión- Máxima
1	2 años	F	BD: 40 °	BD: 85 °
2	17 años	F	BD: 60 °	BD: 90 °
3	17 años	F	BI: 45 °	BI: 60 °
4	11 años	M	PI: 130 °	PI: 120 °
5	10 años	F	BD: 40°	BD: 80°
6	10 años	F	BI: 45 °	BI: 85 °
7	16 años	F	BD: 65°	BD: 75°
8	16 años	F	BI: 45°	BI:50°
9	12 años	M	BI: 130°	BI:150°

Tabla IV Goniometría Postoperatoria				
Número	Edad	Sexo	Ángulo Flexión- Reposo	Ángulo Extensión- Máxima
1	2 años	F	BD: 90 °	BD: 130 °
2	17 años	F	BD: 90 °	BD: 160 °
3	17 años	F	BI: 90 °	BI: 120 °
4	11 años	M	PI: 100 °	PI: 95 °
5	10 años	F	BD: 45°	BD: 80°
6	10 años	F	BI: 50 °	BI: 90 °
7	16 años	F	BD: 100°	BD: 110°
8	16 años	F	BI: 100°	BI: 125°
9	12 años	M	BI: 150°	BI: 170°

Es de llamar la atención el incremento del ángulo flexión en reposo postoperatorio de 30.5 grados en promedio, con un mínimo de 5 grados y un máximo de 50 grados. En la goniometría del ángulo extensión máxima, se logro un incremento de 37.2 grados en promedio, con un mínimo de 0 grados y un máximo de 75 grados. Referente a las complicaciones, la cual definimos como cualquier incidente inesperado durante la cirugía o posterior a la realización de la misma, no hubo complicación alguna asociada al procedimiento quirúrgico.

La evaluación de la espasticidad mediante la Escala de Ashworth nos presenta los siguientes resultados. Tabla V y Tabla VI.

Tabla V Escala de Ashworth Preoperatoria								
Número	Edad	Sexo	Extremidad	Grado 0	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4
1	2 años	F	Brazo derecho				x	
2	17 años	F	Brazo derecho					x
3	17 años	F	Brazo izquierdo					x
4	11 años	M	Pierna izquierda			x		
5	10 años	F	Brazo derecho					X
6	10 años	F	Brazo izquierdo					X
7	16 años	F	Brazo derecho					X
8	16 años	F	Brazo izquierdo					X
9	12 años	M	Brazo izquierdo			x		

Tabla VI		Escala de Ashworth Postoperatoria						
Número	Edad	Sexo	Extremidad	Grado 0	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4
1	2 años	F	Brazo derecho			x		
2	17 años	F	Brazo derecho			x		
3	17 años	F	Brazo izquierdo			x		
4	11 años	M	Pierna izquierda			x		
5	10 años	F	Brazo derecho				x	
6	10 años	F	Brazo izquierdo				x	
7	16 años	F	Brazo derecho			x		
8	16 años	F	Brazo izquierdo			x		
9	12 años	M	Brazo izquierdo		x			

De las 9 extremidades operadas, 6 se encontraban en grado IV y 4 pasaron a grado II y 2 a grado III, el de grado III paso a grado II y 2 de grado II, 1 paso a grado I y otro se quedo en grado II.

El análisis de la clasificación de la función motora gruesa en pacientes espásticos nos presenta estos resultados. Tabla VII y VIII.

Tabla VII. Clasificación de la Función Motora Guesa Preoperatoria							
Paciente	Edad	Sexo	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
1	2 años	F					X
2	17 años	F					X
3	11 años	M		X			
4	10 años	F					X
5	16 años	F					X
6	12 años	M	X				

Tabla VIII. Clasificación de la Función Motora Gruesa Postoperatoria							
Paciente	Edad	Sexo	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
1	2 años	F					X
2	17 años	F					X
3	11 años	M		X			
4	10 años	F					X
5	16 años	F					X
6	12 años	M	X				

Se comparan ambas tablas de la Clasificación de la Función Motora Gruesa, en la cual no hubo cambios.

Finalmente se realiza una evaluación de la satisfacción de la cirugía por parte de los familiares, dando un promedio global de 9.5 en la escala del 0 al 10. Tabla IX.

Tabla IX Satisfacción de la Cirugía				
Número	Edad	Sexo	Extremidad	Puntaje
1	2 años	F	Brazo derecho	9
2	17 años	F	Brazo derecho	10
3	17 años	F	Brazo izquierdo	10
4	11 años	M	Pierna izquierda	9
5	10 años	F	Brazo derecho	9
6	10 años	F	Brazo izquierdo	9
7	16 años	F	Brazo derecho	10
8	16 años	F	Brazo izquierdo	10
9	12 años	M	Brazo izquierdo	10

## 14. Discusión

### Técnica quirúrgica

El uso de equipo de microcirugía y la estimulación nerviosa transoperatoria, ha permitido que la neurotomía sea altamente selectiva y precisa, al localizar los fascículos motores a ser resecaos y los sensitivos evitando su resección. Así mismo se han evitado complicaciones postoperatorias como neuromas dolorosos y zonas de anestesia o hiperalgesia <sup>26</sup>.

Varios autores utilizan un equipo de estimulación nerviosa transoperatoria conectado a un monitor en el cual se puede ver la amplitud y voltaje de la fibra nerviosa que es estimulada, así mismo se correlaciona esta representación gráfica con el movimiento muscular aislado del nervio estimulado y permite su palpación, en el caso de estimulación de nervios sensitivos no hay respuesta muscular <sup>30-37</sup>.

Nuestro equipo utilizado no permite la representación gráfica en un monitor (estimulador nervioso marca BEIC-STIM modelo IGFA III, Buenos Aires, Argentina), pero permite la adecuada localización de fibras nerviosas motoras al ocasionar la estimulación muscular específica, corroborada con simple palpación transquirúrgica y reproduciendo el movimiento fisiológico de una extremidad al ser estimulado un segmento nervioso específico, y en caso de los nervios sensitivos no evoca respuesta motora alguna; por lo tanto no existió limitación para la adecuada localización nerviosa, la cual se complemento con los conocimientos anatómicos y fisiológicos del nervio y extremidad a ser intervenida quirúrgicamente <sup>27-29</sup>.

El objetivo de la neurotomía selectiva es restablecer el balance entre los músculos agonistas y antagonistas de una extremidad, sin embargo el reto es saber qué porcentaje de fascículos nerviosos reseca, como se ha descrito en la técnica quirúrgica; pues la resección excesiva conduciría a una debilidad de la extremidad y se perpetuaría la espasticidad en dirección opuesta a la posición inicial <sup>23,30-32</sup>. En caso de una resección insuficiente habrá recurrencia de la espasticidad. Estos inconvenientes se logran evitar durante la estimulación nerviosa transoperatoria, ya que al proceder a la sección de un fascículo, se vuelve a estimular el nervio y vemos su respuesta motora a la estimulación, si esta persiste procedemos a seccionar más fascículos, sí se obtiene la respuesta deseada se dejan intactos los fascículos restantes.

Al igual que los reportes en la literatura, se llevo a cabo en nuestros procedimientos una sección de un 50-75% de fascículos para obtener resultados óptimos, así mismo dejar una brecha entre cabo distal y proximal mayor a 5 mm y coagular ambos cabos, para evitar la posterior reanastomosis ocasionada por el crecimiento del fascículo nervioso <sup>20,34-38</sup>. Algunos pacientes presentan deformidades osteoarticulares severas, en nuestros pacientes se redujo la deformidad osteoarticular y en ocasiones se convirtió la extremidad en una funcional evitando la necesidad de cirugía ortopédica, en casos de poca respuesta podría ser de utilidad una cirugía ortopédica, pero solamente posterior a la realización de una neurotomía selectiva.

### Resultados Clínicos

En cuanto a los resultados logrados, se presentaron movimientos en grupos musculares en donde no los había, movimientos voluntarios e incremento de la fuerza en la extremidad operada. La espasticidad no solo disminuyo en la extremidad operada, también en grupos musculares inervados por nervios distintos al operado e inclusive en la extremidad ipsilateral o contralateral como piernas y brazos, llevando a un efecto benéfico global con un solo procedimiento quirúrgico.

Estos hallazgos ya han sido reportado previamente por algunos autores J. Maarrawi, et al. <sup>23</sup> con sus neurotomías selectivas de la extremidad superior al igual que P. Mertens y M. Sindou <sup>20,26</sup> en las neurotomías selectivas de extremidades inferiores y superiores, así como J. Lazareff y cols. <sup>39</sup> en el Hospital Infantil de México Federico Gómez, pero con una técnica quirúrgica distinta, la rizotomía selectiva posterior a nivel lumbar; sin embargo ningún autor da una explicación precisa del porque se presenta este fenómeno.

No sabemos el por qué existe esta mejoría generalizada. Nosotros proponemos que a la hora de seccionar un segmento nervioso que tiene que ver con una mayor excitabilidad de un cierto grupo muscular, este tiene una mayor representación a nivel cortical, en las espasticidades de origen cerebral, ocasionando una desconexión parcial a nivel corteza cerebral, pudiendo permitir un rearrreglo en la estimulación de las fibras nerviosas y al mismo tiempo se equilibra el flujo axonal entre los distintos segmentos motores de la corteza cerebral, como en las fibras de

asociación y de proyección corticales, esto como parte de la plasticidad cerebral en un cerebro en crecimiento y desarrollo. M. Socolovsky y cols.<sup>40</sup> describieron los cambios a nivel cortical con la cirugía de transferencias nerviosas y sus logros en base a la representación de la extremidad en el homúnculo motor de Penfield, lo cual nos ayuda a entender los cambios inducidos por las neurotomías selectivas y la reducción de la espasticidad en extremidades ipsilateral y contralaterales.

La evaluación de la espasticidad mostró mejoría en todos los pacientes. En el caso de una paciente, de 2 años, operada de neurotomía del nervio musculocutáneo derecho, mejoro el movimiento y logro capacidad de prensión en la mano derecha, así como movimiento de la mano izquierda y a los 6 meses disminuyo la espasticidad en las extremidades inferiores, logrando la capacidad de poder sentarse.

Otras dos pacientes sometidas a neurotomía del musculocutáneo bilateral mejoraron el movimiento y fuerza en ambas extremidades y disminuyo el número de crisis convulsivas y desaparecieron las facies álgicas, pues hubo descompresión neuromuscular asociada a la espasticidad. Un paciente mejoró el movimiento total del codo y de la mano, logrando una mano útil con fuerza de prensión. El paciente sometido a neurotomía selectiva del tibial, mejoro la marcha hasta desaparecer el pie equino y en la extremidad superior ipsilateral mostro aun mayor mejoría, siendo una mano capaz de escribir y útil en funciones de asistencia personal como comer y bañarse.

La paciente que presento menor mejoría de la espasticidad fue una sometida a neurotomía selectiva del nervio musculocutáneo bilateral, en ella fue poca la mejoría, sin embargo hubo control del cuello y disminución de las crisis convulsivas. Es importante mencionar que esta paciente tiene craneotomía descompresiva bilateral, lo que hace al encéfalo susceptible a la compresión directa inducida por la presión atmosférica, creemos que a la hora de restituir su protección craneana, mediante una craneoplastia, se dejará de comprimir la corteza cerebral y mejorará la espasticidad, pues al no estar agredida ésta, disminuirá la irritación e hiperestimulación cortical.



Hubo mejoría de todas las actividades de la vida diaria y se facilitaron los cuidados de estos pacientes, además de mejorar la apariencia estética e incorporación social, teniendo un impacto psicológico positivo en las familias. Cabe mencionar que en todos los casos se logro suspender la medicación anti espástica, solo persistiendo con la fisioterapia como parte del tratamiento adyuvante a la cirugía.

Respecto a las escalas utilizadas, la de Ashworth y la clasificación de la función motora gruesa, solo hubo mejoría en la escala de Ashworth; si bien en la escala de la función motora gruesa no hubo cambios, permaneciendo igual, podría existir mejoría en un análisis más extendido, pues solo analizamos los resultados en los 6 meses posteriores a la cirugía.

#### Alternativas a la Neurotomía Selectiva de Nervio Periférico

Como alternativas a la neurotomía se han utilizado diversas opciones como medicamentos anti espasticidad, inyección de toxina botulínica, bloqueo selectivo de nervio periférico con anestésico, bomba de Baclofeno intratecal, drezotomía, rizotomía dorsal y cirugía ortopédica. La inyección intramuscular de toxina botulínica tipo A es una excelente opción para el tratamiento de la espasticidad, al bloquear la placa neuromuscular se debilita al grupo muscular que está hiperestimulado, restituyendo el equilibrio entre agonistas y antagonistas musculares, sin embargo tiene una vida media de 3–6 meses y puede desarrollar tolerancia a la misma por sensibilización inmunológica y posteriormente no ser funcional, otro aspecto es su costo, en promedio un frasco de 100 UI cuesta 3500 a 5000 pesos, siendo necesarios hasta 4 frascos al año. Si bien, los pacientes que responden a la aplicación de toxina botulínica tienen una alta probabilidad de éxito al ser sometidos a una neurotomía selectiva de nervio periférico <sup>10,16</sup>.

El bloqueo selectivo del nervio periférico, es llevado a cabo con estimulación nerviosa percutánea, en la cual se localiza el nervio deseado en base a su función mediante la estimulación y se infiltra en el nervio un anestésico de acción larga o corta, se utiliza habitualmente Bupivacaína al 0.5 % para efectos de 2 a 4 meses y lidocaína al 2 % como prueba terapéutica para predecir el éxito de una neurotomía selectiva de nervio periférico al ser la prueba positiva.

Tiene el inconveniente de que su efecto es transitorio y se asocia a lesión nerviosa incrementando la espasticidad y dolor de la extremidad <sup>7,8</sup>.

La terapia con bomba de baclofeno intratecal aun se encuentra con acceso limitado en nuestro país y tiene el inconveniente de que el reservorio-dispensador de baclofeno hay que volverlo a llenar cada 4 a 6 meses, dependiendo del modelo de bomba utilizado. No puede ser llevado a cabo en cualquier lado, requiriendo el traslado del paciente y personal cualificado, así mismo puede haber disfunción de la bomba y sobre administración de baclofeno, pudiendo poner la vida en peligro, por intoxicación por baclofeno, si bien su ventaja es que no es un procedimiento ablativo, pero su eficacia es farmacodependiente <sup>11</sup>.

La drezotomía es un procedimiento que consiste en seccionar la zona de entrada de las raíces nerviosas a nivel dorsal de la médula espinal a través de una laminotomía en la columna, puede ser practicada a nivel cervical o lumbar, trabajando tres o más segmentos medulares. La principal ventaja es que en un procedimiento quirúrgico que disminuye la espasticidad global de las extremidades, ya sea a nivel cervical o dorsal, sin embargo sus desventajas es que la columna puede quedar inestable y hacerla escoliótica, así mismo desarrolla zonas de anestesia y el paciente se hace susceptible a lesiones cutáneas y escaras, otra desventaja es que el paciente tiene que ser manejado en la unidad de terapia intensiva en el postquirúrgico inmediato, requiriendo en promedio 7 días posterior a la cirugía para su egreso a domicilio <sup>38</sup>. La rizotomía dorsal es un procedimiento similar a la drezotomía, solo que se hacen lesiones en las raíces posteriores, selectivas, y estas pueden ser unilaterales o bilaterales, dependiendo del predominio de la espasticidad. Tiene ventajas y desventajas parecidas a la drezotomía <sup>41</sup>.

La cirugía ortopédica en la espasticidad está enfocada en corregir la deformidad osteoarticular sin tratar la causa de la espasticidad, los procedimientos utilizados son alargamientos - transferencias tendinosas, osteotomías y capsulotomías. Logran la restitución parcial de la anatomía, pero difícilmente se tiene una extremidad funcional. Los procedimientos ortopédicos imposibilitan la aplicación de otras técnicas neuroquirúrgicas para el tratamiento de la espasticidad <sup>22,24,41</sup>. 36

## **15. Conclusión**

La neurotomía selectiva de nervio periférico está indicada en pacientes con espasticidad, en quienes ha fallado la medicación anti espástica oral y la terapia física, así mismo para pacientes que desean un tratamiento anti espástico definitivo, en nuestro medio. Tiene la ventaja, sobre otros procedimientos quirúrgicos, de que es cirugía de corta estancia y el manejo puede ser ambulatorio, disminuyendo los costos, si se compara con cirugías como drezotomía o rizotomía que requieren una mas prolongada estancia intrahospitalaria.

Es una cirugía que ayuda a la independencia de medicamentos anti espásticos orales y favorece los cuidados del paciente, mejorando la calidad de vida de éstos y sus cuidadores. Desde el punto de vista económico es una excelente opción tanto para las Instituciones de salud y los familiares, disminuye considerablemente los costos de la atención integral del paciente espástico.

La neurotomía selectiva de nervio periférico es segura y reproducible, no se requiere mucha infraestructura para llevarla a cabo, se basa en conocimientos anatómicos y fisiológicos de la espasticidad y el sistema nervioso periférico, como los que debe de tener un buen neurocirujano.

Es necesaria la terapia física posterior a la realización de la neurotomía para obtener mejores resultados. La cirugía ortopédica puede complementar el tratamiento de la espasticidad para fines estéticos, más no debe anteponerse a la neurotomía selectiva de nervio periférico.

## **16. Limitaciones del estudio**

Los resultados obtenidos en este estudio únicamente pudieron ser evaluados en un lapso de 6 meses posterior a la cirugía, pues las cirugías neurológicas para el tratamiento de la espasticidad se dejaron de hacer hace mas de 25 años en el Hospital Infantil de México Federico Gómez y no tenemos registros previos de cirugía tipo neurotomía selectiva para el tratamiento de la espasticidad en nuestro hospital, únicamente cirugías tipo rizotomía.

### 17. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	Junio-Agosto 2017	Septiembre- Noviembre 2017	Diciembre 2017- Febrero 2018	Marzo-Mayo 2018	Junio 2018
Planteamiento del Proyecto	X				
Revisión Bibliográfica	X				
Elaboración del Proyecto	X	X			
Recolección de Datos		X	X	X	
Cirugía		X	X		
Procesamiento de Datos			X	X	
Análisis Estadístico					X
Conclusiones					X

## 18. Referencias bibliográficas

1. Mandigo C, Anderson R. Management of Childhood Spasticity: A Neurosurgical Perspective. *Pediatric Annals* 2006. 35(5) 1-8.
2. Bolaños – Jiménez R et al. Espasticidad, conceptos fisiológicos y fisiopatológicos aplicados a la clínica. *Rev Mex Neuroci* 2011; 12(3): 141-148.
3. Elovic E, Simone L, Zafonte R. Outcome Assessment for Spasticity Management in the Patient With Traumatic Brain Injury. *Journal of Head Trauma Rehabilitation* 2004. 19( 2): 155–177.
4. Barakat M et al. Surgical management of intractable spasticity. *Eur Spine J* 2015: 154-162.
5. T. Deltombe et al. Assessment and treatment of spastic equino varus foot after stroke: Guidance from the Mont- Godinne Interdisciplinary Group. *J Rehabil Med* 2017; 49: 1-8.
6. Gunay H, Celal M, Gurbuz Y. Incidence and type of foot deformities in patients with spina bifida according to level of lesión. *Childs Nerv Syst* 2015. (11):1515–1526.
7. Buffenoir K, Rigoard P, Lefaucheur JP. Lidocaine Hyperselective Motor Blocks of the Triceps Surae Nerves . *Am. J. Phys. Med. Rehabil* 2008; 87(4): 292-304.
8. Buffenoir et al. Neuromechanical assessment of lidocaine test block in spastic lower limbs. *Appl. Physiol. Nutr. Metab* 2013. 38: 1120–1127.
9. Sunnerhagen KS. Predictors of Spasticity After Stroke. *Curr Phys Med Rehabil Rep* 2016 4:182–185.
10. Burbaud P, Wiart L, Dubos J. A randomised, double blind, placebo controlled trial of botulinum toxin in the treatment of spastic foot in hemiparetic patients. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 1996; 61:265-269.
11. Ochs G, Struppler A, Meyerson B. Intrathecal baclofen for long-term treatment of a spasticity: a multi-centre study. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 1989; 52:933-939.
12. Sindou M, Mertens P. Neurosurgery for Spasticity. *Stereotact Funct Neurosurg* 2000; 74:217–221.
13. Decq P, Filipetti P and Lefaucheur JP. Evaluation of Spasticity in Adults. *Oper Tech Neurosurg* 2005; 7:100-108.

14. Delgado MR et al. Practice parameter: pharmacologic treatment of spasticity in children and adolescents with cerebral palsy (an evidence-based review): report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology and the Practice Committee of the Child Neurology Society. *Neurology*.2010;74(4):336-343.
15. Verrotti A, Greco R, Spalice A, Chiarelli F. Pharmacotherapy of spasticity in children with cerebral palsy. *Pediatr Neurol*. 2006 ;34 (1) :1- 6 .
16. Bollens B et al. A Randomized Controlled Trial of Selective Neurotomy Versus Botulinum Toxin for Spastic Equinovarus Foot After Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 2013. 27(8) 695–703.
17. Lorenz F (1887) Über chirurgische behandlung der angeborenen spastischen gliedstarre. *Wien Klin Rundsch* 21:25–27.
18. Stoffel A (1912) The treatment of spastic contractures. *Am J Orthop Surg* 10:611–644.
19. Gros C, Frerebeau P, Benezech L et al (1977) Selective radicular neurotomy. In: Simon L (ed) *Actualities in functional physical therapy*. Masson, Paris, pp 230–235.
20. Sindou M, Mertens P (1988) Selective neurotomy of the tibial nerve for the treatment of the spastic foot. *Neurosurgery* 23: 738–744.
21. Fève A, Decq P, Filipetti P. Physiological effects of selective tibial neurotomy on lower limb spasticity. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 1997. 63:575–578.
22. Collado et al. Does fascicular neurotomy have long – lasting effects ? *J Rehabil Med* 2006; 38: 212-217.
23. Maarrawi J et al. Long-term functional results of selective peripheral neurotomy for the treatment of spastic upper limb: prospective study in 31 patients. *J Neurosurg* 2006; 104:215–225.
24. Buffenoir K et al. Retrospective study of the long-term results of selective peripheral neurotomy for the treatment of spastic upper limb. *Neurochirurgie* 55S 2009. S150–S160.
25. Shin DK et al. Selective Musculocutaneous Neurotomy for Spastic Elbow 2010. *J Korean Neurosurg Soc* 48 : 236-239.
26. Sindou M et al. Selective peripheral neurotomy (SPN) for spasticity in childhood. *Childs Nerv Syst* 2007 23:957–970.

27. Chiarapattanakom P et al. Anatomy and internal topography of the musculocutaneous nerve: the nerve to the biceps and brachialis muscle. *J Hand Surg.* 1998. 23: 250-255
28. Rigoard et al. Anatomic bases of surgical approaches to the nerves of the lower limb: Tips for young surgeons. *Neurochirurgie* 55 (2009) 375–383.
29. Baroncini M, Baiz H, Wavreille G . Anatomical bases of tibial neurotomy for treatment of spastic foot. *Surg Radiol Anat* (2008) 30:503–508.
30. Kim JH et al. Long-Term Results of Microsurgical Selective Tibial Neurotomy for Spastic Foot : Comparison of Adult and Child. *J Korean Neurosurg Soc* 2010. 47 : 247-251.
31. Deltombe, T, Gustin T. Selective Tibial Neurotomy in the Treatment of Spastic Equinovarus Foot in Hemiplegic Patients: A 2-Year Longitudinal Follow-Up of 30 Cases. *Arch Phys Med Rehabil* 2010. 91: 1025-1030.
32. Bollens et al. Effects of selective tibial nerve neurotomy as a treatment for adults presenting with spastic equinovarus foot: a systematic review. *J Rehabil Med* 2011; 43: 277–282.
33. Kwak KW et al. Surgical Results of Selective Median Neurotomy for Wrist and Finger Spasticity. *J Korean Neurosurg Soc* 2011. 50 : 95-98.
34. Puligopu A, Purohit AK. Outcome of selective motor fasciculotomy in the treatment of upper limb spasticity. *Journal of Pediatric Neurosciences* 2011. 6: 118-125.
35. Buffenoir K, Decq P, Hamel O. Long-term neuromechanical results of selective tibial neurotomy in patients with spastic equinus foot. *Acta Neurochir* 2013 155:1731–1743.
36. Dekopov A , Shabalov V , Tomsky A. Microsurgical Selective Neurotomy in Treatment of the Focal Spastic Syndromes of Different Etiology. *N.N. Burdenko Journal of Neurosurgery* 2013. 2: 59-65.
37. Sitthinamsuwan B et al. Surgical Outcomes of Microsurgical Selective Peripheral Neurotomy for Intractable Limb Spasticity. *Stereotact Funct Neurosurg* 2013; 91:248–257.
38. Graham D et al. Single-level selective dorsal rhizotomy for spastic cerebral palsy. *J Spine Surg* 2016.2(3):195-201.
39. Lazareff JA et al. Rizotomía selectiva posterior limitada a tres niveles dorsales. Una variante para el tratamiento neuroquirúrgico de la espasticidad. *Bol Med Hosp Infant Mex.*1990. Vol 47 (2): 72-77.

40. Socolovsky M et al. Current concepts in plasticity and nerve transfers: relationship between surgical techniques and outcomes. *Neurosurg Focus* 2017 .42 (3):1-11.
41. Sakas D et al. Training charter in spasticity neurosurgery added competence. *Acta Neurochir* 2017. 7: 314-321.



## 19. Anexos



Foto1. Paciente de 2 años con espasticidad severa, pese a tratamiento médico con baclofeno vía oral. A. Paciente en reposo y B. Paciente con estiramiento pasivo de la extremidad espástica.

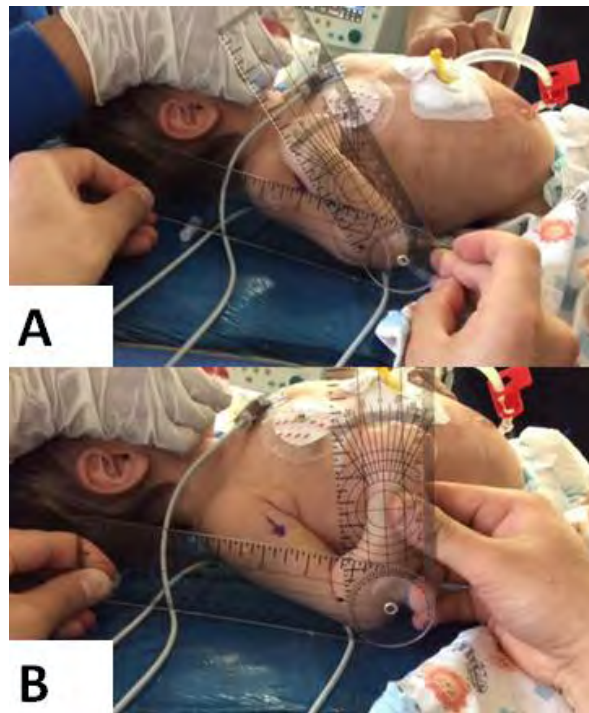


Foto 2 .A. Realización de goniometría en reposo y B. Extensión máxima preoperatoria de la extremidad a ser intervenida quirúrgicamente.

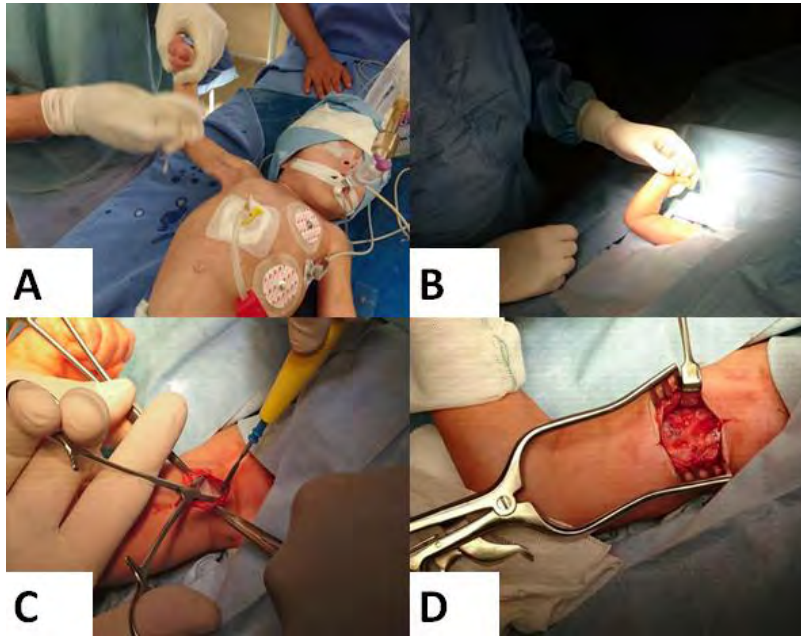


Foto 3. A. Aseo de la extremidad a ser operada. B. Campo quirúrgico expuesto. C. Apertura cutánea y de tejido celular subcutáneo y D. Apertura de la fascia muscular.

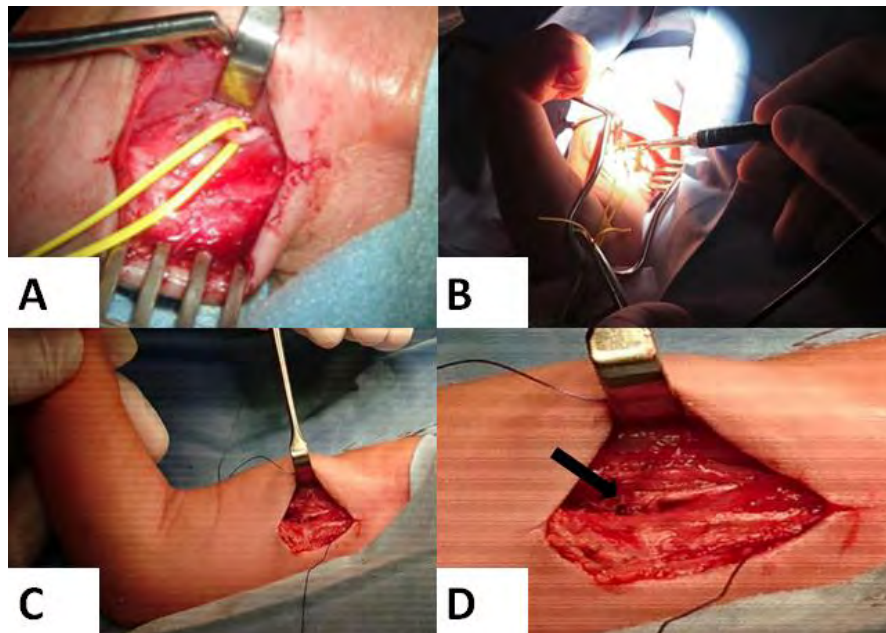


Foto 4.A. Exposición del nervio musculocutáneo con una banda siliconada. B. Estimulación nerviosa transquirúrgica para corroborar función nerviosa. C. Resección de fascículos nerviosos. D. Flecha negra indicando la zona de neurectomía.

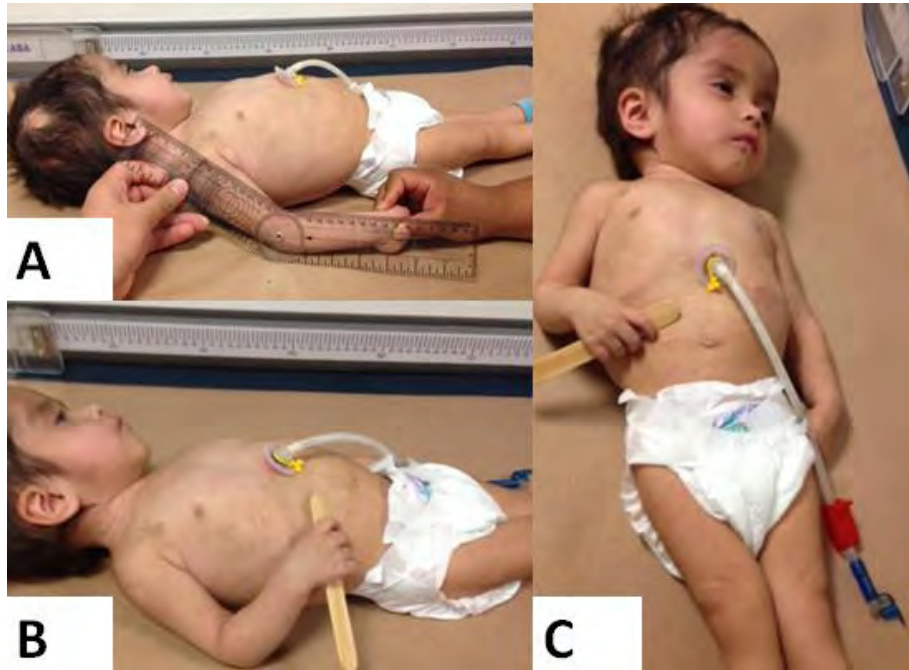


Foto 5. Paciente a los 2 meses del postquirúrgico. A. Goniometría en extensión. B. Paciente en reposo con capacidad de presión en mano derecha. C. Disminución de la espasticidad en extremidad contralateral.



Foto 6. A, B y C. Paciente a los 6 meses mostrando mejoría en las extremidades y reconocimiento de personas ajenas a su entorno familiar. D y E. Disminución de la espasticidad de las extremidades inferiores.

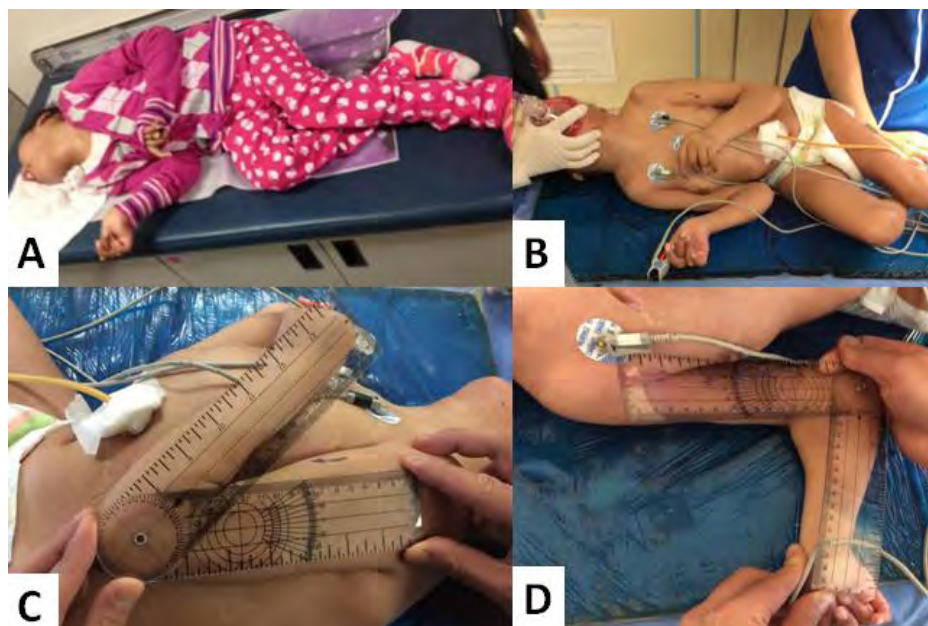


Foto 7. Paciente de 16 años con cuadriplejía espástica .A y B. Paciente en reposo y extremidades superiores con espasticidad. C y D. Goniometría en reposo y de estiramiento máximo preoperatorio.

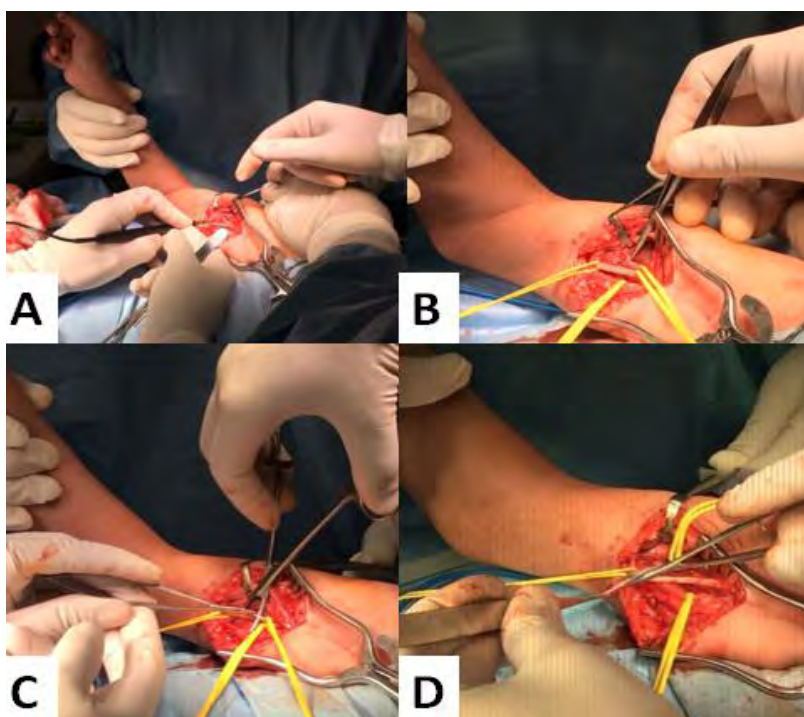


Foto 8. Neurotomía selectiva del nervio musculocutáneo. A. Estimulación nerviosa transquirúrgica. B y C. Disección fascicular. D. Neurotomía selectiva del nervio musculocutáneo.



Foto 9. Paciente a los 2 meses del postoperatorio de neurotomía del musculocutáneo bilateral. A y B. Muestra disminución de la espasticidad y capacidad de prensión de ambas manos. C. Capacidad de extensión y fuerza para empujarse.



Foto 10. Paciente a los 6 meses del postoperatorio. A y B. Muestra capacidad de sentarse y disminución de la facie álgica, así como control de la postura de la cabeza. C. Incorporación familiar integral.

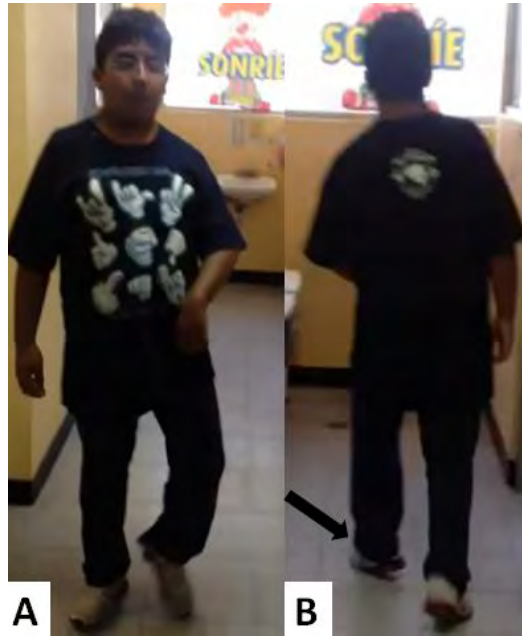


Foto 11. Masculino de 11 años con hemiplejía espástica y pie equino varo izquierdo preoperatorio. A. Visión frontal de la marcha y B. Visión posterior. La flecha negra indica la presencia del pie equino varo a pesar de ser utilizado como apoyo y soportar el peso corporal.

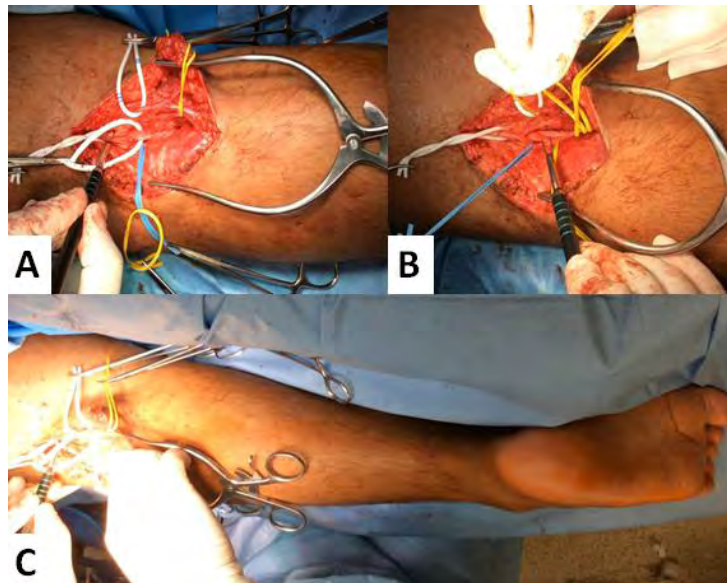


Foto 12. Exposición transquirúrgica del nervio tibial común y sus ramas. A y B. Mapeo selectivo de las ramas motoras y sensitivas del nervio tibial. C. Evidencia de la estimulación del nervio tibial y se corrobora su funcionamiento.

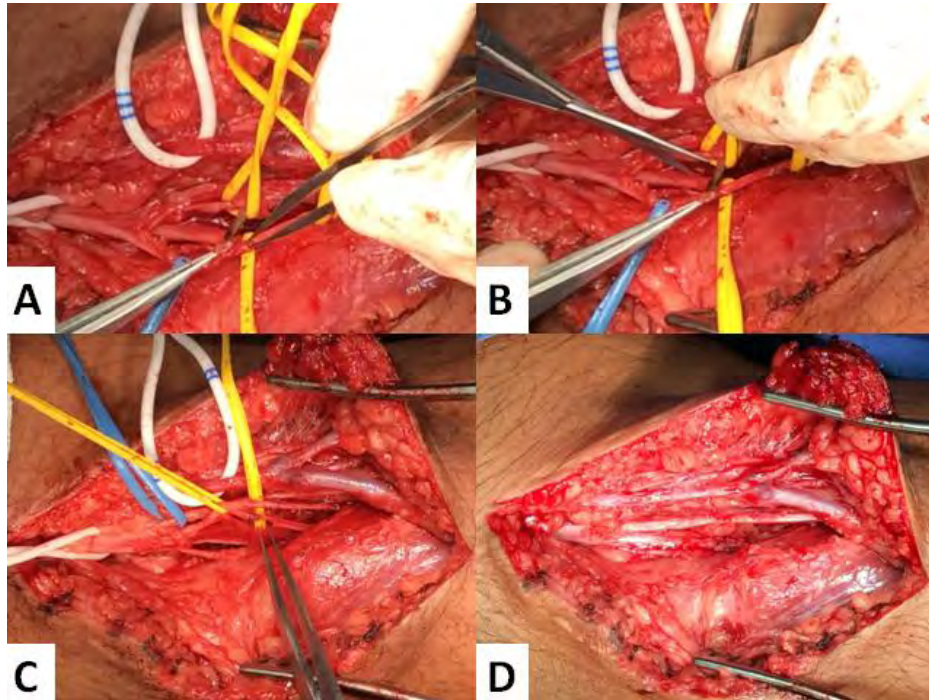


Foto 13. A y B. Muestras la resección de fascículos del nervio tibial. C. La pinza muestra la brecha de resección entre ambos cabos nerviosos. D. Vista final de la neurotomía selectiva del nervio tibial y sus ramas.



Foto 14. Paciente en el postquirúrgico inmediato, mostrando capacidad de extensión de la mano. A y B. Muestra la extensión y apertura interdigital como beneficio de la neurotomía del tibial, pese a no ser intervenida la extremidad superior.

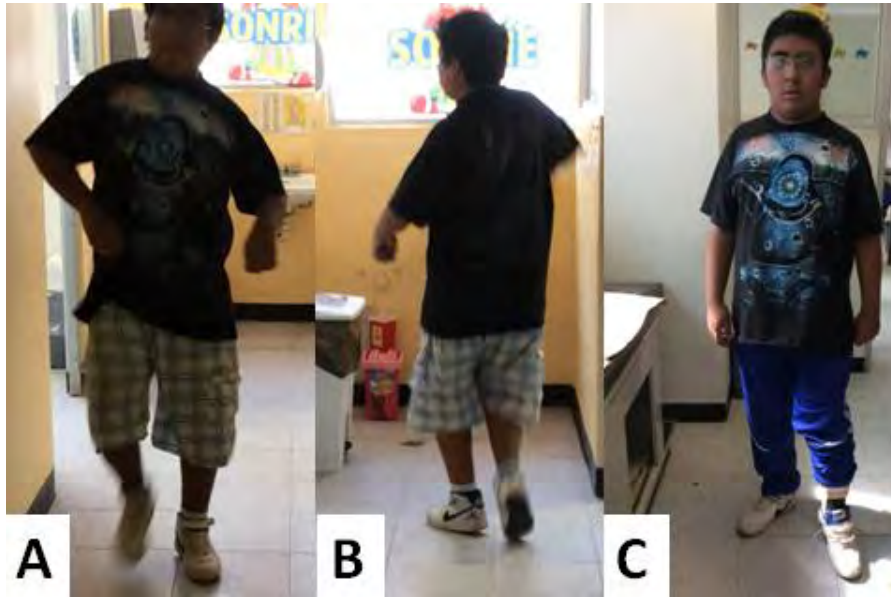


Foto 15. Paciente en el postoperatorio. A y B. A los 2 meses mostrando adaptación a la marcha y disminución del pie equino varo al tener mayor superficie de apoyo plantar. C. A los 6 meses mostrando apoyo total y disminución de la espasticidad en mano izquierda.

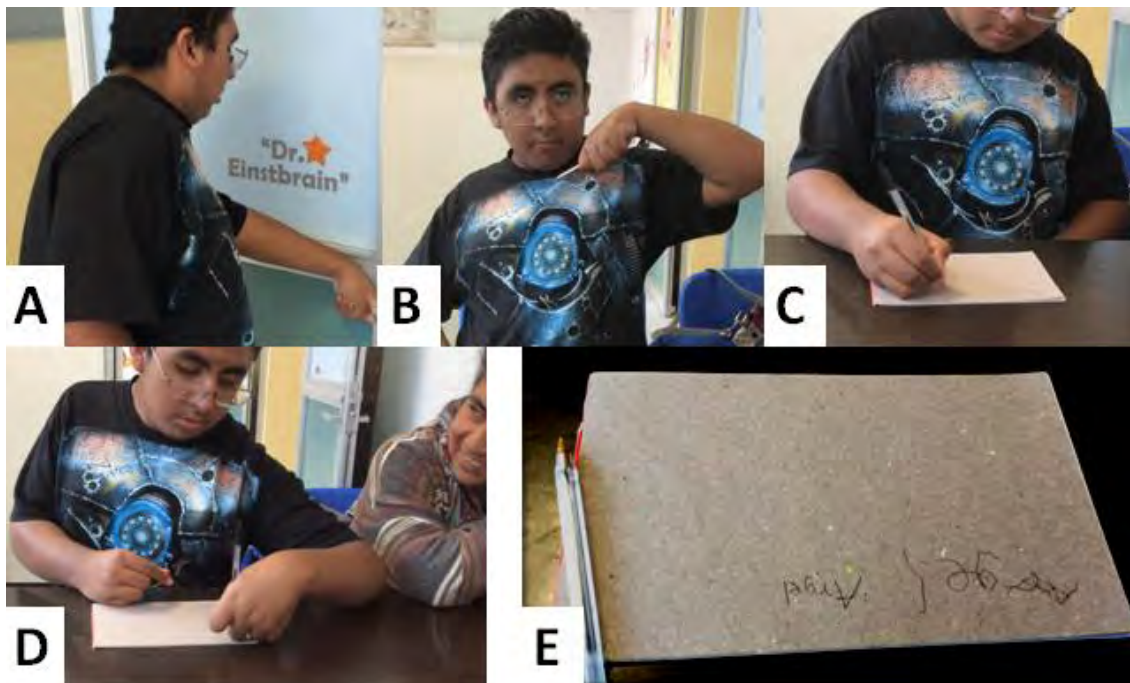


Foto 16. Postquirúrgico a los 6 meses. A. Usa la mano izquierda para abrir puertas. B. Para alimentarse. C y D. Uso de ambas manos para escritura y E. Resultado gráfico de la escritura. Evidencia de la plasticidad neuronal benéfica por la neurotomía.



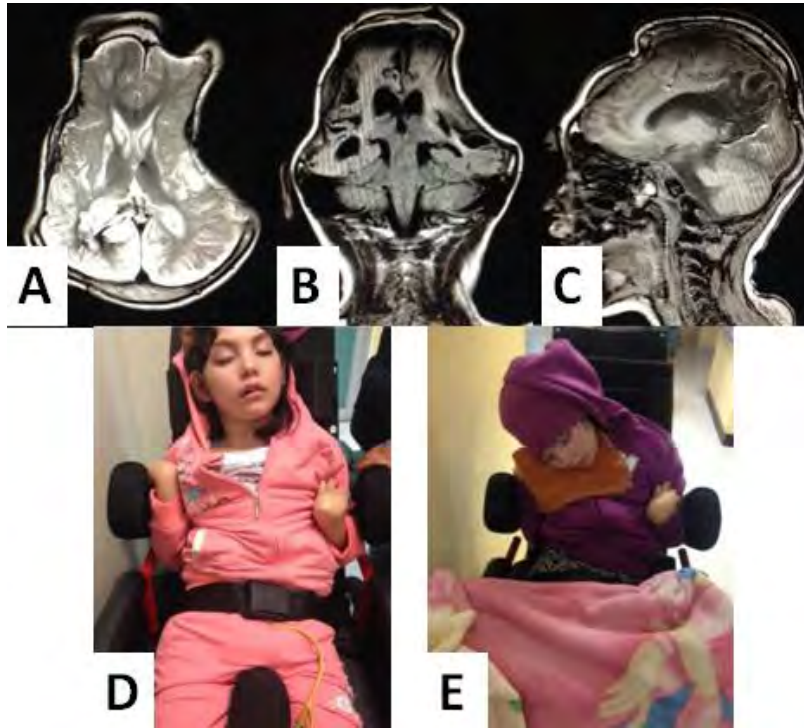


Foto 17. A, B y C. Resonancia magnética evidenciando el daño cerebral y las zonas de craniectomía bilateral. D y E. Imágenes preoperatorias, en D se evidencia sostén cefálico por la madre y E posición habitual.



Foto 18. A. Fascículo nervioso resecado en la neurotomía selectiva del nervio musculocutáneo. B Herida resultante en el postquirúrgico inmediato.

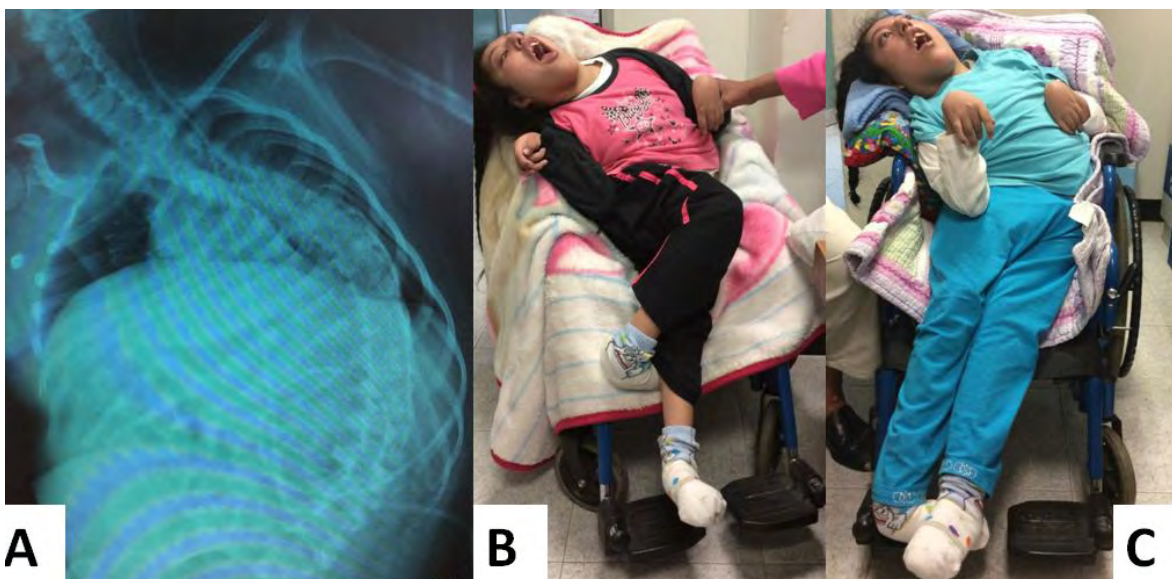


Foto 19. A. Radiografía postero anterior de columna, evidenciando escoliosis severa. B. Imagen preoperatoria. C. Imagen postoperatoria a los 6 meses mostrando disminución de la espasticidad de brazos y piernas, en una paciente de 17 años sometida a neurotomía del musculocutáneo bilateral.



Foto 20. Equipo de estimulación nerviosa transquirúrgica. Marca BEIC-STIM, modelo IGFA III. Buenos Aires, Argentina.

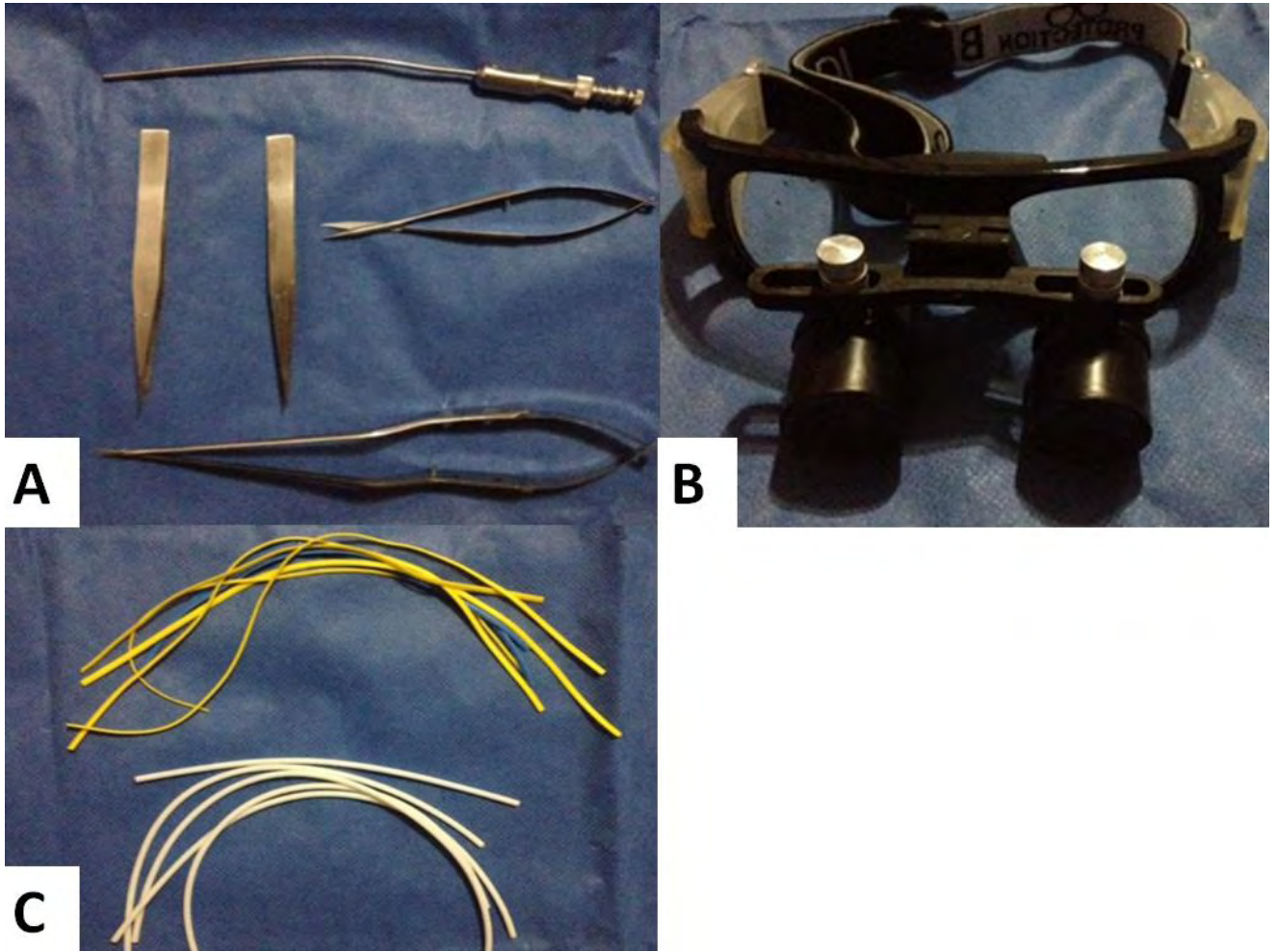
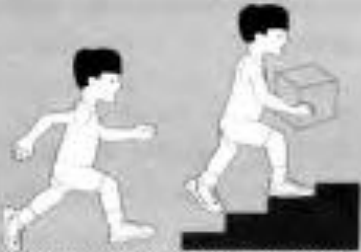



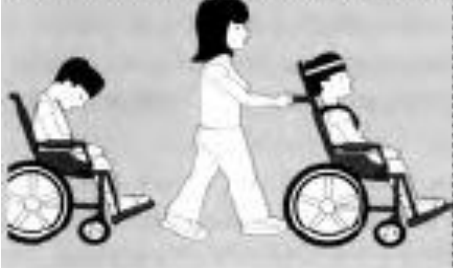


Foto 21. Equipo básico de microcirugía para realizar una neurectomía selectiva de nervio periférico. A. Cánula de aspiración fina, pinzas de joyero y microtijeras. B. Lupas quirúrgicas con aumento 2.5 X. C. Bandas siliconadas para aislar y referir nervios.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Nivel I.</b> El niño camina dentro y fuera de su hogar y sube escaleras sin limitación. Desarrolla habilidades motoras gruesas, entre ellas correr y saltar, pero la velocidad, el equilibrio y la coordinación están restringidos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Nivel II.</b> Camina dentro y fuera de su hogar y sube escaleras tomándose del pasamanos, pero presenta limitaciones al caminar en superficies desniveladas y rampas, al caminar entre la gente o en espacios limitados. En los mejores casos tiene una mínima habilidad para correr y saltar.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Nivel III.</b> Camina dentro y fuera del hogar sobre superficies a nivel y con dispositivos de asistencia para su movilidad (andador, bastones canadienses). Puede subir escaleras sosteniéndose del pasamano. Puede propulsar una silla de ruedas con las manos o ser transportado cuando viaja distancias largas, fuera del hogar o sobre superficies irregulares.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Nivel IV.</b> Camina distancias cortas con un andador o permanece en silla de ruedas en la casa, en la escuela y en la comunidad. Puede movilizarse en forma autónoma con una silla de ruedas con motor.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Nivel V.</b> Los impedimentos físicos restringen el control voluntario del movimiento y la habilidad de mantener posturas antigravitatorias con la cabeza y el tronco. Todas las áreas de la función motora están limitadas. El niño no tiene medios para movilizarse en forma independiente y requiere ser transportado (cuadro 1-1).</li> </ul>

Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa. Tomado de: Fejerman- Arroyo. Trastornos motores crónicos en niños y adolescentes. 1ra edición. Buenos Aires. Ed. Medica Panamericana. 2013.

### ESCALA DE ASHWORTH

0	Tono Normal
1	Con leve aumento del tono. ( atrapa y suelta)
2	Con aumento del tono moderado. ( atrapa normal y suelta manos)
3	Con severo aumento del tono.
4	Con hipertonicidad en grado máximo.

*Tomado de Sindou M et al. Selective peripheral neurotomy (SPN) for spasticity in childhood. Childs Nerv 2007*