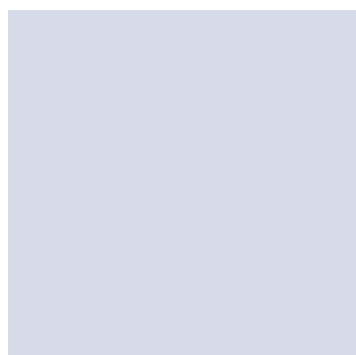
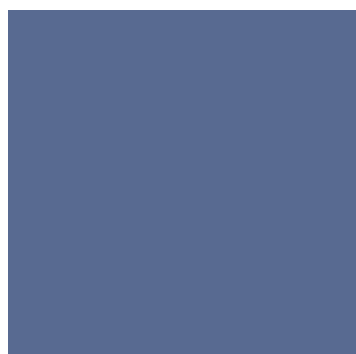
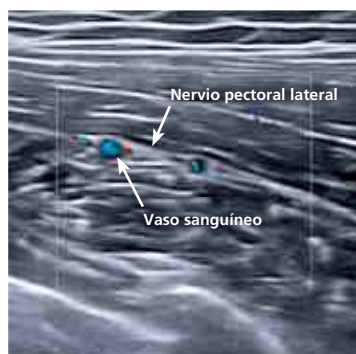


# ATLAS DE PROCEDIMIENTOS DIRIGIDOS A NERVIOS GUIADOS POR ULTRASONIDO PARA LA ESPASTICIDAD



Uso de la selección muscular específica para garantizar resultados óptimos en el tratamiento multimodal de la espasticidad





# Contenido

## 1. Prólogo ..... 1

- 1.1. Acerca de los autores ..... 1
- 1.2. Agradecimientos ..... 1
- 1.3. Cómo utilizar este atlas ..... 2
- 1.4. Cambio en el enfoque de la medición clínica para la espasticidad ..... 3

## 2. Introducción ..... 7

- 2.1. Introducción a los bloqueos nerviosos diagnósticos..... 7
- 2.2. Historia de los bloqueos motores y recomendaciones en Francia ..... 11
- 2.3. La necesidad de un atlas colaborativo multidisciplinario..... 13
- 2.4. Atención colaborativa centrada en el paciente en la neuroortopedia ..... 14
- 2.5. El papel del anestesiólogo en la atención interdisciplinaria de la espasticidad..... 17
- 2.6. Posiciones espásticas de las extremidades..... 17

## 3. Principios del ultrasonido..... 27

- 3.1. Orientación del transductor de ultrasonido..... 27
- 3.2. Relación espacial entre nervios, arterias y venas ... 29
- 3.3. Los puntos de referencia de superficie de las ramas nerviosas muestran variación..... 32
- 3.4. La anatomía individual varía. Los puntos de referencia son fundamentales ..... 33
- 3.5. Neurectomía quirúrgica..... 34
- 3.6. Imágenes tridimensionales de los nervios mediante ultrasonido ..... 35
- 3.7. Evaluación de los cambios musculares con ultrasonido en la espasticidad: uso de la escala Heckmatt modificada..... 37
- 3.8. Rastreo de un nervio de proximal a distal: nervio mediano desde el pronador redondo hasta los músculos intrínsecos..... 40
- 3.9. Visualización del líquido inyectado ..... 42
- 3.10. Parámetros del estimulador ..... 44
- 3.11. Aspectos ergonómicos relacionados con los bloqueos nerviosos diagnósticos guiados por ultrasonido para la espasticidad ..... 45

## 4. Procedimientos dirigidos a los nervios ..... 53

- 4.1. Quimioneurolisis con fenol y etanol ..... 53
- 4.2. Crioneurolisis: una nueva terapia percutánea mínimamente invasiva para el tratamiento de las extremidades espásticas..... 60

- 4.3. El algoritmo ViVe. Uso de bloqueos nerviosos diagnósticos para tratar el dolor de nuevo inicio en el hombro por hemiplejía tras un accidente cerebrovascular ..... 65

- 4.4. Neurectomía para la espasticidad de la extremidad superior ..... 67

## 5. Procedimientos dirigidos a los nervios de la extremidad superior..... 73

- 5.1. Hombro en aducción y rotación interna..... 73
- 5.2. Músculos pectorales y estructuras neurovasculares..... 74
- 5.3. Nervio pectoral lateral: músculo pectoral mayor ..... 76
- 5.4. Nervio pectoral medial: músculo pectoral menor ..... 78
- 5.5. Nervio toracodorsal: músculo dorsal ancho ..... 80
- 5.6. Codo espástico en flexión..... 82
- 5.7. Nervio musculocutáneo: músculo bíceps braquial ..... 86
- 5.8. Nervio musculocutáneo: músculo braquial ..... 88
- 5.9. Nervio radial: músculo braquiorradial ..... 90
- 5.10. La muñeca y los dedos: guía anatómica y nuevo uso del bloqueo nervioso con fenol en la región distal de la extremidad superior ..... 92
- 5.11. Anatomía de las ramas motoras de los músculos de la extremidad superior más implicados en la espasticidad..... 99
- 5.12. Evaluación de la mano espástica mediante bloqueos nerviosos diagnósticos..... 103
- 5.13. Nervio mediano: músculo pronador redondo..... 104
- 5.14. Nervio mediano: músculo flexor radial del carpo ..... 106
- 5.15. Nervio mediano: músculo flexor superficial de los dedos..... 108
- 5.16. Nervio mediano: del nervio interóseo anterior al músculo flexor profundo de los dedos ..... 110
- 5.17. Nervio mediano: del nervio interóseo anterior al músculo flexor largo del pulgar ..... 112
- 5.18. Nervio mediano: del nervio interóseo anterior al músculo pronador cuadrado..... 114
- 5.19. Del nervio mediano a los músculos intrínsecos: lumbricales 1 y 2, abductor corto del pulgar, flexor corto del pulgar, oponente del pulgar..... 116
- 5.20. Nervio cubital: músculo flexor cubital del carpo ..... 118
- 5.21. Nervio cubital: músculo flexor profundo de los dedos..... 120
- 5.22. Nervio cubital: de la rama cubital profunda a los músculos intrínsecos – parte 1 ..... 122
- 5.23. Nervio cubital: de la rama cubital profunda a los músculos intrínsecos – parte 2 ..... 124

5.24. Nervio radial: músculos extensores  
radiales largo y corto del carpo..... 126

5.25. Nervio radial: músculo extensor  
cubital del carpo..... 128

5.26. Nervio radial: músculo extensor de los dedos..... 130

**6. Procedimientos dirigidos a los nervios  
de las extremidades inferiores ..... 132**

6.1. Nervio obturador ..... 132

6.2. Nervio obturador, división anterior: rama  
que inerva al músculo aductor largo ..... 134

6.3. Nervio obturador, división anterior: rama  
que inerva al músculo aductor corto ..... 136

6.4. Nervio obturador, división anterior:  
rama que inerva al músculo *gracilis*..... 138

6.5. Nervio obturador, división anterior:  
rama que inerva al músculo pectíneo..... 140

6.6. Nervio obturador, división posterior: rama  
que inerva al músculo aductor mayor ..... 142

6.7. Nervio femoral ..... 144

6.8. Nervio femoral: músculo recto femoral..... 146

6.9. Nervio ciático..... 148

6.10. Nervio ciático: músculo bíceps femoral ..... 150

6.11. Nervio ciático: músculo semimembranoso ..... 152

6.12. Nervio ciático: músculo semitendinoso..... 154

6.13. El papel de los bloqueos nerviosos  
diagnósticos para el tratamiento del  
pie espástico ..... 156

6.14. Ultrasonido del nervio tibial..... 158

6.15. Anatomía quirúrgica del nervio tibial ..... 159

6.16. Tronco y ramas del nervio tibial ..... 160

6.17. Nervio tibial: músculo gastrocnemio ..... 162

6.18. Nervio tibial: músculo sóleo ..... 164

6.19. Nervio tibial: músculo tibial posterior ..... 166

6.20. Nervio tibial: músculo flexor largo  
de los dedos del pie ..... 168

6.21. Del nervio tibial a los músculos intrínsecos:  
nervios plantares medial y lateral ..... 170

**Índice alfabético ..... 172**

**Abreviaturas**

En el texto se utilizan las siguientes abreviaturas en inglés:

|             |                                     |              |                                                    |
|-------------|-------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------|
| <b>AFO</b>  | ortesis de tobillo y pie            | <b>FPL</b>   | flexor largo del pulgar                            |
| <b>AIN</b>  | nervio interóseo anterior           | <b>HSN</b>   | neurectomía hiperselectiva                         |
| <b>ASP</b>  | posición espástica del brazo        | <b>HSP</b>   | dolor del hombro hemipléjico                       |
| <b>BI</b>   | índice de Barthel                   | <b>LPN</b>   | nervio pectoral lateral                            |
| <b>BoNT</b> | neurotoxina botulínica              | <b>MAS</b>   | Escala de Ashworth Modificada                      |
| <b>CRPS</b> | síndrome de dolor regional complejo | <b>MSCN</b>  | nervio musculocutáneo                              |
| <b>DBUN</b> | rama profunda del nervio cubital    | <b>MPN</b>   | nervio pectoral medial                             |
| <b>DIO</b>  | músculo interóseo dorsal            | <b>PMM</b>   | músculo pectoral mayor                             |
| <b>DNB</b>  | bloqueo nervioso diagnóstico        | <b>PSS</b>   | espasticidad tras un accidente vascular cerebral   |
| <b>ECRB</b> | extensor radial corto del carpo     | <b>ROM</b>   | rango de movimiento                                |
| <b>ECRL</b> | extensor radial largo del carpo     | <b>SCI</b>   | lesión medular                                     |
| <b>ECU</b>  | extensor cubital del carpo          | <b>SEMLC</b> | quimioneurólisis multinivel de una sola aplicación |
| <b>EDC</b>  | extensor común de los dedos         | <b>SEVF</b>  | pie equino varo espástico                          |
| <b>EDB</b>  | extensor corto de los dedos         | <b>SMD</b>   | trastorno del movimiento espástico                 |
| <b>EI</b>   | intensidad del eco                  | <b>SMO</b>   | hiperactividad muscular espástica                  |
| <b>EMG</b>  | electromiografía                    | <b>SNC</b>   | sistema nervioso central                           |
| <b>EPB</b>  | extensor corto del pulgar           | <b>TBI</b>   | lesión cerebral traumática                         |
| <b>EPL</b>  | extensor largo del pulgar           | <b>TEL</b>   | línea transepicondilea                             |
| <b>FCR</b>  | flexor radial del carpo             | <b>TIP</b>   | pulgar en la palma                                 |
| <b>FIM</b>  | medida de Independencia Funcional   | <b>UMN</b>   | neurona motora superior                            |
| <b>FPB</b>  | flexor corto del pulgar             | <b>UMNS</b>  | síndrome de la neurona motora superior             |
| <b>FDP</b>  | flexor profundo de los dedos        | <b>US</b>    | ultrasonido                                        |
| <b>FDS</b>  | flexor superficial de los dedos     |              |                                                    |

## 4. Procedimientos dirigidos a los nervios

### 4.1. Quimioneurolisis con fenol y etanol

*Heakyung Kim, Amy Tenaglia  
y Michael C. Munin*

#### Introducción

La espasticidad es una característica clínica de una lesión de la neurona motora superior y se define por un aumento de la resistencia al estiramiento muscular pasivo. La espasticidad puede provocar espasmos musculares, restricción del crecimiento muscular longitudinal y fatiga por el aumento del gasto energético y las contracturas, lo que en última instancia da lugar a una discapacidad. Se necesita un enfoque integral, multidisciplinario y basado en objetivos para el tratamiento de la espasticidad, especialmente cuando hay deterioro funcional, dolor y deformidad musculoesquelética. Las opciones de tratamiento varían y pueden incluir modalidades, terapias, medicamentos orales, inyecciones y/o cirugía, dependiendo de la gravedad y la distribución de la espasticidad. En cuanto a las inyecciones, los agentes más utilizados son el fenol, el alcohol etílico y las neurotoxinas botulínicas (BoNT, por sus siglas en inglés).<sup>1</sup>

#### Fenol

##### Historia

El fenol, un derivado del benceno, también se conoce como ácido carbólico. Es un compuesto orgánico formado por un grupo fenólico unido a un grupo hidroxilo. El fenol se produce químicamente y se encuentra de forma natural en pequeñas cantidades en el agua y el aire. La molécula precursora, el benceno, es cancerígena, aunque no se considera que el fenol comparta esta clasificación.<sup>2</sup> El fenol se extrajo por primera vez del alquitrán de hulla en el siglo XIX y se utilizó inicialmente por sus propiedades antisépticas en la década de 1860. El fenol es un antiséptico, además de desinfectante, pero se utiliza principalmente para sintetizar fibras como el nylon y otros materiales.<sup>3</sup> El fenol se ha utilizado como agente neurolítico desde la década de 1930, cuando se aplicaba para generar una simpatectomía, con el fin de tratar enfermedades vasculares en humanos.<sup>4</sup> En 1959, el fenol se utilizó por primera vez para tratar la espasticidad mediante administración intratecal en pacientes con paraplejía espástica.<sup>5</sup> Las inyecciones periféricas de fenol para reducir la espasticidad se describieron en el JAMA Medical News en septiembre de 1965. Este artículo destacaba a dos fisiatras y un anestesiólogo que promovían la técnica de inyección como un nuevo método de rehabilitación para

evitar la destrucción permanente de los nervios.<sup>6</sup> El fenol se utiliza por vía perineural para crear un bloqueo nervioso sensitivo-motor mixto o en la rama del nervio motor denominado bloqueo del punto motor.<sup>1</sup>

La BoNT se autorizó para el tratamiento de la espasticidad hace más de 30 años y estas inyecciones sustituyeron en gran medida al fenol y/o al alcohol etílico en los Estados Unidos, a pesar de su costo significativamente menor y la larga duración del tratamiento. Entre las barreras que limitan un mayor uso de la neurolisis con fenol se encuentran la obtención de una solución de fenol de grado médico, los posibles efectos adversos y la habilidad necesaria para la inyección. Sin embargo, el costo de la BoNT puede ser prohibitivo para tratar la espasticidad focal y otros países siguen utilizando fenol y/o alcohol etílico.<sup>7,8</sup> Cabe destacar que el costo del alcohol etílico aumentó significativamente en 2020 debido a una nueva indicación en el tratamiento de la miocardiopatía hipertrófica.<sup>9</sup>

#### Mecanismo de acción neurolítica

El fenol provoca la desnaturalización de las proteínas y, cuando se inyecta cerca de estructuras neurales, causa la separación de la vaina de mielina, la destrucción axónica y la consiguiente degeneración walleriana que afecta a la conducción nerviosa. Cuando se inyecta en el músculo, puede causar mionecrosis. Cerca del sitio de la inyección puede ocurrir tanto destrucción nerviosa no selectiva como daño muscular localizado, y el grado se correlaciona con la concentración y la dosis de fenol aplicada.<sup>10,11</sup> Además, el fenol puede causar oclusión y fibrosis en la microcirculación en torno al nervio.<sup>12</sup> La neurolisis con fenol actúa de inmediato para reducir la espasticidad y alcanza sus efectos máximos aproximadamente una semana después de la inyección. La mejora a largo plazo después de las inyecciones de fenol se produce por degeneración walleriana. Los efectos beneficiosos de la inyección de fenol pueden durar meses o incluso años, hasta que se produce la regeneración axónica.<sup>12-14</sup> Las inyecciones de fenol pueden repetirse de forma segura a lo largo del tiempo, según sea necesario desde el punto de vista clínico.

#### Concentración y dosificación

El fenol se prepara normalmente como una solución acuosa estéril que se diluye comúnmente a una concentración del 3-6 %.<sup>15</sup> Una solución acuosa que contenga menos del 2 % de fenol solo producirá efectos anestésicos a corto plazo sin una duración clínica más prolongada. En general, el uso de soluciones con una concentración inferior al 3 % suele producir una reducción insuficiente de la espasticidad.<sup>16</sup> Las soluciones acuosas de fenol al 3 % o más suelen inducir la degeneración walleriana.<sup>10,13</sup>

En estudios anteriores se ha informado que la dosis letal en humanos es de 8,5 g, mientras que la Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades afirma que la dosis mortal por ingestión de fenol oscila entre 1,0 y 32 g.<sup>3,17</sup> Teniendo en cuenta estos datos, no se debe inyectar más de 1,0 g de fenol por sesión. Una regla general para los médicos es no utilizar más de 20 mL de solución acuosa de fenol al 5 %, ya que 1,0 g de fenol administrado en esta concentración equivale aproximadamente a 1,0 mL de fenol puro.<sup>10</sup>

La dosis en la población pediátrica puede determinarse basándose en la extrapolación de los datos de adultos y la experiencia del profesional que aplica la inyección. Las pautas de dosificación no están bien establecidas en niños, pero se considera segura una dosis total de 30 mg/kg. Al igual que en los adultos, la dosis total no debe superar 1,0 g.<sup>18</sup> Por ejemplo, la dosis para un paciente pediátrico podría calcularse utilizando un paciente adulto de 60 kg y 20 mL de fenol al 5 % como dosis máxima. Así, dado que un niño pesa un tercio del peso corporal de un adulto (un tercio de 60 kg = 20 kg de peso corporal), la dosis máxima para adultos de 20 mL debe reducirse a 7 mL en niños (una tercera parte de la dosis).

Las pautas generales para inyecciones específicas de fenol oscilan entre 0,5 mL y 1,0 mL en puntos motores y entre 0,5 mL y 3,0 mL en nervios periféricos.<sup>19</sup> Comparando el fenol con la BoNT, se ha utilizado una proporción de entre 70 y 110 unidades de toxina onabotulínica A por 1,0 mL de fenol al 5 % en niños, pero no está claro si esta relación se mantiene en adultos.<sup>20</sup>

### Eficacia

En comparación con la quimiodenervación con BoNT, la neurolisis con fenol ofrece numerosas ventajas. En primer lugar, el fenol actúa inmediatamente después de la inyección y su efecto dura casi el doble que el de la BoNT: 6 meses frente a 3. En un estudio realizado por Halpern y Meelhuysen, se inyectó fenol al 5 % a 95 pacientes y los efectos duraron entre 3 y 17 meses, con una duración modal de entre 4 y 6 meses. Además, descubrieron que el 60 % de los músculos mostraban una relajación persistente durante 6 meses o más.<sup>14</sup> En segundo lugar, el fenol es económico y se puede utilizar con más frecuencia que cada 3 meses si es necesario.<sup>7,8</sup> La cobertura típica de los seguros y la aprobación de la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos para la espasticidad restringen el uso de toxina onabotulínica A a 400 unidades como máximo cada 3 meses.

La magnitud y la duración de la respuesta tras la administración de fenol son proporcionales a la dosis y la concentración utilizadas.<sup>21</sup> Un estudio demostró el éxito del tratamiento en casi el 90 % de los pacientes que recibieron fenol al 4,5 %, en comparación con menos del 20 % de beneficio en los que recibieron la concentración al 3 %.<sup>22</sup> Múltiples estudios han demostrado que el fenol tiene el potencial de durar más tiempo con una mayor eficacia clínica en comparación con la BoNT.<sup>8,22,23</sup> Sin embargo, algunos autores consideran que el fenol produce un bloqueo nervioso más breve y menos intenso en comparación con el alcohol etílico.<sup>24</sup>

### Eficacia de la administración repetida

Hay datos limitados sobre los bloqueos nerviosos repetidos con fenol para la espasticidad crónica. Helweg-Larsen y Jacobsen lograron efectos y una duración de la mejoría similares con la administración repetida de fenol.<sup>25</sup> Además, Awad descubrió que en algunos pacientes se produce una reducción permanente de la espasticidad después del tercer o cuarto ciclo de neurolisis con fenol.<sup>26</sup> Se plantea la hipótesis de que esta observación se debe al daño muscular local y a la necrosis que conduce a la fibrosis muscular, lo que impide la

reinervación completa. Las inyecciones repetidas de fenol en un nervio específico pueden dar lugar a un efecto acumulativo que es clínicamente significativo. Por la misma razón, la localización de la rama motora con estimulación eléctrica (*e-stim*) en pacientes que han recibido múltiples inyecciones es más difícil.<sup>27</sup> Grandes volúmenes de fenol (5 mL) pueden producir un bloqueo más duradero, pero también pueden inducir fibrosis muscular, lo que implica un reto para las inyecciones repetidas. Sin embargo, la neurolisis con fenol del nervio musculocutáneo (MSCN, por sus siglas en inglés) mediante guía por ultrasonido (US, por sus siglas en inglés) en combinación con *e-stim* permite un volumen instilado menor debido a la mayor precisión en hasta ocho inyecciones repetidas.<sup>28</sup>

### Efectos adversos

El perfil de efectos secundarios del fenol varía de leve a grave. Los efectos secundarios leves incluyen dolor en la inyección, sangrado y hematomas, similares a los de otros procedimientos intervencionistas.<sup>5</sup> El fenol puede causar disestesia cuando se inyecta alrededor de nervios mixtos o sensitivos, pero la tasa de disestesia es muy variable, entre el 2 % y el 32 %.<sup>28,29</sup> Los nervios con un territorio sensitivo más amplio, como el nervio tibial, pueden tener una tasa más alta de disestesia en comparación con el MSCN o el nervio obturador, donde hay una menor incidencia de disestesia notificada que, si se presenta, es leve y transitoria.<sup>28</sup> En un niño con marcha equina, los beneficios de bloquear los nervios motores del gastrocnemio se reducirán si el niño desarrolla disestesia con una marcha antiálgica.<sup>21</sup>

Los efectos secundarios más graves, aunque menos frecuentes, incluyen edema periférico, esfacelación cutánea, debilidad motora excesiva y trombosis venosa profunda, probablemente debido a los efectos cáusticos sobre el endotelio. Las dosis sistémicas elevadas, superiores a 8,5 g, provocan toxicidad que se manifiesta con convulsiones, depresión del sistema nervioso central y, finalmente, colapso cardiovascular. La inyección intravascular involuntaria puede ser catastrófica, con esclerosis arterial e infarto del tejido distal.<sup>30</sup> Para eliminar esta complicación muy poco frecuente, la aguja para inyección debe conectarse al catéter para la anestesia. Si se observa reflujo de sangre en el tubo con la aspiración antes de aplicar la inyección, se debe retirar inmediatamente la aguja y no instilar el fenol. Dado que el fenol se metaboliza en el hígado, generalmente se evita su uso en pacientes con enfermedad hepática avanzada.<sup>5</sup> En general, los efectos secundarios graves son poco frecuentes cuando se utilizan la técnica y dosis adecuadas.<sup>30</sup>

### Alcohol etílico

#### Historia

El alcohol etílico, a menudo denominado alcohol o etanol, fue el primer compuesto alcohólico que se estudió en las células nerviosas y se utilizó para bloqueos nerviosos.<sup>31</sup> Antes de usarse para tratar la espasticidad, el alcohol etílico tenía diversas aplicaciones, desde el tratamiento de la neuralgia del trigémino y el carcinoma incurable hasta la realización de simpatectomías.<sup>32</sup>

## Mecanismo de acción y concentración

Al igual que el fenol, el alcohol provoca la desnaturalización de las proteínas y la destrucción de los tejidos, como la coagulación nerviosa y la necrosis muscular. En concentraciones bajas del 5-10 %, el alcohol actúa como anestésico local al disminuir la conductancia del sodio y el potasio. A concentraciones más altas, el alcohol desnaturaliza las proteínas de forma no selectiva y provoca lesiones celulares.<sup>32</sup> La dilución del fármaco más utilizada clínicamente oscila entre el 35 % y el 60 %.<sup>1</sup> Los primeros estudios en animales han analizado los efectos de diferentes concentraciones de alcohol con resultados variables. Las concentraciones más bajas provocaban una destrucción axónica inconstante, mientras que el alcohol absoluto producía degeneración neuronal con fibrosis extensa y regeneración parcial.

Desde el punto de vista funcional, los estudios con concentraciones de alcohol que oscilaban entre el 48 % y el 95 % encontraron diversos grados de parálisis temporal y la concentración no se correlacionó con el grado de debilidad.<sup>1</sup> En múltiples estudios se aplicó alcohol al 45 % en los músculos espásticos de niños con parálisis cerebral, con énfasis en la masa muscular y el punto motor. Los resultados mostraron una disminución de la espasticidad con preservación de la fuerza motora. Un estudio informó de una duración del beneficio de 6 a 12 meses y, esporádicamente, de hasta 2-3 años.<sup>1</sup>

Múltiples estudios han comparado la eficacia del alcohol y el fenol, con resultados variables. Un estudio realizado por Moller et al. descubrió que el fenol era más potente que el alcohol, mientras que otro realizado por Kocabas et al. descubrió que ambos eran igualmente eficaces.<sup>12,24</sup>

## Efectos adversos

Algunos estudios han demostrado que el alcohol tiene menos efectos secundarios sistémicos en comparación con el fenol.<sup>5,12</sup> Estos efectos incluyen dolor ardoroso con la inyección intramuscular, molestias musculares transitorias e hiperemia local e irritación de la piel si se inyecta superficialmente. Además, como la mayor parte del alcohol que ingresa al organismo se metaboliza, los pacientes sometidos a neurolisis con alcohol pueden presentar intoxicación aguda en el periodo inmediato posterior a la inyección.<sup>33</sup> Si se inyecta por vía perineural, existe el riesgo de producir déficits sensitivos temporales y dolor. En general, el alcohol es seguro y eficaz para tratar la espasticidad cuando se inyecta por vía intramuscular cerca del punto motor.<sup>1</sup>

## Técnica de inyección para bloqueos nerviosos, neurolisis química y bloqueos del punto motor

### Bloqueo nervioso y neurolisis química

Mientras que un bloqueo nervioso puede definirse de manera más general como el uso de agentes químicos para impedir la conducción nerviosa, la neurolisis química se refiere específicamente a la infligir daño nervioso como técnica para impedir la conducción nerviosa.<sup>1</sup>

## Bloqueos del punto motor

Los puntos motores son las áreas específicas a lo largo del vientre muscular por las que ingresa la rama motora de un nervio.<sup>34</sup> Anatómicamente, esto representa el área del músculo con una alta concentración de placas motoras terminales.<sup>35</sup> Los puntos motores se pueden identificar por vía cutánea utilizando estimulación neuromuscular y aplicando la menor intensidad y la menor duración necesarias para provocar una contracción muscular visible.<sup>34,35</sup>

## Técnica de inyección

Históricamente, el fenol y el alcohol etílico se han administrado mediante inyección percutánea guiados con estimulación eléctrica. Dado que este proceso es doloroso y requiere que el paciente permanezca inmóvil, la mayoría de los niños necesitan sedación con anestesia general o sedación consciente, mientras que los adolescentes y los adultos pueden tolerar el procedimiento sin anestesia sistémica.<sup>21</sup> Normalmente se utiliza una aguja hipodérmica con aislamiento de teflón. En promedio, la aguja tiene un calibre de 26 y una longitud que oscila entre 25 mm y 70 mm, según la complexión corporal del paciente. La base de la aguja está descubierta y sirve como electrodo estimulador.

Una vez conectada la aguja a un estimulador nervioso periférico o a una máquina de electromiografía (EMG, por sus siglas en inglés) convencional, se puede insertar a través de la piel en el músculo para localizar el punto motor o el nervio.<sup>14</sup> La estimulación de un nervio es proporcional a la corriente dividida por la distancia al cuadrado, según la ley de Coulomb. Por lo tanto, al utilizar 1 mA de corriente, hay una diferencia de 100 veces en la energía aplicada al nervio si el médico está a 1 mm de distancia en comparación con estar a 10 mm. Clínicamente, si se obtiene una contracción muscular con una intensidad de estimulación baja, significa que la aguja electrodo está muy cerca del nervio o de la placa motora terminal. Normalmente, la estimulación se inicia para producir una contracción muscular visible, que suele oscilar entre 3 y 5 mA, pero puede ser mayor cuando se realiza el procedimiento sin guía visual. A continuación, se reduce la intensidad hasta que exista una contracción muscular visible con el estímulo más bajo posible, que idealmente debería ser inferior a 1 mA.

Para mejorar la localización de los puntos nerviosos o motores, se han desarrollado técnicas combinadas que utilizan la estimulación eléctrica con guía por ultrasonido. El ultrasonido de alta frecuencia permite visualizar la ecotextura muscular, los nervios motores y cutáneos y la vasculatura. El ultrasonido permite identificar variaciones anatómicas de los nervios y/o músculos para mejorar la precisión y los resultados.<sup>36-37</sup> Con el ultrasonido, quienes inyectan pueden reducir la incidencia de disestesia y/o flebitis tras la neurolisis. En un estudio realizado por Karri et al., se revisó la neurolisis con fenol de 139 nervios pertenecientes a 57 pacientes. En todos los procedimientos se utilizó estimulación eléctrica y guía por ultrasonido; no se notificaron disestesias durante el periodo de seguimiento de más de 40 días.<sup>38</sup> Matsumoto et al. evaluaron 167 bloqueos del MSCN y compararon la estimulación eléctrica aislada con la estimulación eléctrica aunada a la guía por ultrasonido. Los resultados mostraron que la

combinación de estimulación eléctrica y guía por ultrasonido se asoció con dosis inyectadas más bajas en comparación con la estimulación eléctrica aislada (2,31 mL frente a 3,69 mL,  $P < 0,001$ ).

Con las inyecciones posteriores, la dosis de fenol aumentó con la guía con *e-stim*, pero no con la guía con *e-stim* y US, lo que indica que hubo menos cicatrización con las técnicas combinadas. Ambos métodos tuvieron un alto éxito técnico y bajas tasas de eventos adversos.<sup>28</sup> Los autores informaron que, después de identificar el nervio basándose en la respuesta a la estimulación, se podía apagar la *e-stim* y completar las inyecciones utilizando solo US. Además, hay evidencia de nivel 1 de que las inyecciones de BoNT con guía instrumental (incluyendo ultrasonido, estimulación nerviosa periférica o EMG) son más precisas que las que se basan únicamente en la guía anatómica o manual.<sup>39</sup>

La técnica de inyección de fenol requiere destreza y los clínicos novatos pueden necesitar una hora para completar el procedimiento. Sin embargo, el ultrasonido puede facilitar en gran medida la identificación del nervio, lo que puede acortar la duración del procedimiento. La estimulación eléctrica con sondeo es dolorosa y requiere que la punta de la aguja esté muy cerca del nervio despolarizante, lo que puede resultar técnicamente difícil en algunos pacientes. Para obtener resultados eficaces, el fenol debe inyectarse circunferencialmente alrededor del nervio en un proceso denominado hidrodisección. Sin visualización, el médico no puede estar seguro de dónde se encuentran las capas de líquido (a menudo lejos del nervio), pero con la visualización por ultrasonido, el médico tiene más posibilidades de obtener una hidrodisección nerviosa.<sup>21,40</sup> Localizar el punto motor o el nervio objetivo y seleccionar la dosis adecuada requiere experiencia para evitar eventos adversos. En comparación con el fenol, la BoNT se difunde fácilmente en los tejidos corporales y carece de

efectos secundarios sensitivos, lo que significa que se puede inyectar con menos precisión en la masa muscular.<sup>41</sup>

Quimioneurolisis multinivel en sesión única

La quimioneurolisis multinivel en sesión única (SEMLC, por sus siglas en inglés) se define como un procedimiento de una sola sesión que trata diversas extremidades espásticas en múltiples niveles con más de un agente quimioneurolítico. La BoNT y el fenol/alcohol etílico tienen ventajas y desventajas únicas, tal y como se enumeran en la Tabla 4-1. En combinación, estas técnicas pueden tratar la espasticidad diseminada de forma más eficaz en comparación con la BoNT sola, especialmente en niños pequeños debido a las limitaciones de dosificación basadas en el peso. La aplicación de fenol o alcohol permite tratar grupos musculares más grandes con una sola inyección y reservar la BoNT para otros músculos, tanto en niños como en adultos. Por ejemplo, en un estudio realizado por Ploypetch et al., se trataron significativamente más músculos espásticos en el grupo SEMLC en comparación con el grupo que solo recibió BoNT (15 músculos frente a 8 músculos, respectivamente). Además, el 91,4 % de los pacientes del grupo SEMLC alcanzaron los objetivos de la inyección, frente al 77,5 % del grupo que solo recibió BoNT, con efectos adversos mínimos.<sup>20</sup> La SEMLC es segura y eficaz para tratar la espasticidad diseminada.<sup>20,42</sup> La ventaja de la SEMLC sobre los medicamentos orales o el baclofeno intratecal es la capacidad de actuar de forma selectiva sobre los músculos afectados. Además, la dosis y el agente utilizados pueden ajustarse en función de la gravedad de la espasticidad y la contribución funcional de músculos específicos.<sup>20</sup>

En general, la BoNT se inyecta en músculos más pequeños, mientras que el fenol se reserva para los nervios motores con un componente

|                              | Ventajas                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Desventajas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Neurolisis con fenol/alcohol | <ul style="list-style-type: none"><li>– Rápido inicio</li><li>– Menor costo</li><li>– Mayor duración de acción</li><li>– Se puede aplicar un refuerzo en cualquier momento después de la primera inyección</li><li>– Trata múltiples músculos mediante la inyección en los nervios motores proximales</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>– Dolor durante la inyección</li><li>– Técnicamente más difícil</li><li>– Puede ser necesario sedar a los niños</li><li>– Disestesia</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Inyecciones de BoNT          | <ul style="list-style-type: none"><li>– Más fáciles de inyectar</li><li>– Menos dolorosas</li><li>– Sin efectos secundarios de disestesia</li><li>– Pueden dirigirse selectivamente a músculos más pequeños</li></ul>                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"><li>– Inicio de acción lento (3-7 días) en comparación con el fenol/alcohol</li><li>– Son costosas</li><li>– El efecto es relativamente más breve</li><li>– No se pueden administrar inyecciones de refuerzo antes de las 12 semanas siguientes a la inyección inicial</li><li>– Las dosis son limitadas debido al costo y a la dispersión desde el sitio de inyección, que restringen el tratamiento a 1-2 regiones del cuerpo</li><li>– Disfagia cuando se inyecta en los músculos de la cabeza y el cuello</li></ul> |

Tabla 4.1. Ventajas y desventajas de los agentes neurolíticos químicos.

sensitivo limitado que son fáciles de localizar. Los objetivos ideales para la neurolisis con fenol incluyen al MSCN, que irriga los flexores del codo, y el nervio obturador, que irriga los aductores de la cadera, para aliviar la marcha en tijera y la dificultad para la higiene personal.<sup>21</sup> Los bloqueos de los puntos motores de los isquiotibiales y del recto femoral, los bloqueos de los puntos motores del braquial y los bloqueos de los puntos motores del gastrocnemio y el tibial posterior también han demostrado su utilidad clínica. La BoNT es la opción preferida para músculos como los flexores de la muñeca y los dedos o los músculos intrínsecos de la mano, innervados por nervios que tienen muchos axones sensitivos que pueden dañarse y provocar disestesia. La BoNT también es útil para tratar la posición equina del pie y evitar la disestesia aplicada al nervio tibial, que inerva al gastrocnemio y al sóleo.<sup>43</sup> Sin embargo, con la guía de ultrasonido de alta frecuencia y un profundo conocimiento de la anatomía, algunos médicos pueden utilizar bloqueos con fenol distales en la extremidad superior sin causar disestesia.<sup>8</sup>

## Conclusiones

1. El fenol y el etanol se utilizan por vía perineural para inducir un bloqueo nervioso sensitivomotor mixto, o en la rama del nervio motor al músculo, denominado bloqueo del punto motor.
2. La eficacia del fenol puede persistir hasta 6 meses en muchas personas.
3. La SEMLC con BoNT y fenol/alcohol es un procedimiento en una sola sesión que permite al médico tratar múltiples músculos espásticos.
4. El uso de ultrasonido puede facilitar en gran medida la identificación de los nervios, lo que puede acortar el tiempo del procedimiento de inyección de fenol/alcohol y lograr la hidrodissección del nervio.

## Referencias

- [1] Mayer N, Simpson D (2002). Spasticity, Etiology, Evaluation, Management and the Role of Botulinum Toxin. We Move (worldwide education and awareness for movement disorders).
- [2] Centers for Disease Control and Prevention. Facts About Benzene. Emergency Preparedness and Response. <https://emergency.cdc.gov/agent/benzene/basics/facts.asp>. Accessed 24 September 2022.
- [3] Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Phenol. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, 2008.
- [4] Binet A. Valeur de la sympathectomie chimique en gynécologie. *Obstet Gynecol* 1933;27:393–415.
- [5] D'Souza RS, Warner NS. Phenol nerve block. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing; 2021;1–16.
- [6] Peripheral phenol injections reduce spasticity. *JAMA* 1965;193:31–32. doi:10.1001/jama.1965.03090120093044
- [7] Francisco GE, Li S. Spasticity. In: Cifu DX (ed) *Physical Medicine and Rehabilitation*, ed 5. Philadelphia, PA: Elsevier, 2016:487–489.
- [8] Karri J, Mas MF, Francisco GE, Li S. Practice patterns for spasticity management with phenol neurolysis. *J Rehabil Med* 2017;49:482–488.
- [9] Savarimuthu S, Harky A. Alcohol septal ablation: a useful tool in our arsenal against hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *J Card Surg* 2020;35:2017–2024.
- [10] Zafonte R, Munin MC. Phenol and alcohol in the treatment of spasticity. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2001;12:817–832.
- [11] Kheder A, Nair KP. Spasticity: pathophysiology, evaluation and management. *Pract Neurol* 2012;12:289–298.
- [12] Kocabas H, Salli A, Demir AH, Ozerbil OM. Comparison of phenol and alcohol neurolysis of tibial nerve motor branches to the gastrocnemius muscle for treatment of spastic foot after stroke: a randomized controlled pilot study. *Eur J Phys Rehabil Med* 2010;46:5–10.
- [13] Okazaki, A. The effects of two and five percent aqueous phenol on the cat tibial nerve in situ. II Effect on the circulation of the tibial nerve. *Masui* 1993;42:819–825.
- [14] Halpern D, Meelhuysen FE. Duration of relaxation after intramuscular neurolysis with phenol. *JAMA* 1967;200:1152–1154.
- [15] Botte MJ, Abrams RA, Bodine-Fowler SC. Treatment of acquired muscle spasticity using phenol peripheral nerve blocks. *Orthopedics* 1995;18:151–159.
- [16] Glass A, Cain HD, Liebgold H, Mead S. Electromyographic and evoked potential responses after phenol blocks of peripheral nerves. *Arch Phys Med Rehabil* 1968;49:455–459.
- [17] Wood KM. The use of phenol as a neurolytic agent: a review. *Pain* 1978;5:205–229.
- [18] Morrison JE Jr, Matthews D, Washington R, Fennessey PV, Harrison LM. Phenol motor point blocks in children: plasma concentrations and cardiac dysrhythmias. *Anesthesiology* 1991;75:359–362.
- [19] Escaldi S. Neurolysis: a brief review for a fading art. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2018;29:519–527.

- [20] Ploypetch T, Kwon JY, Armstrong HF, Kim H. A retrospective review of unintended effects after single-event multi-level chemoneurolysis with botulinum toxin-A and phenol in children with cerebral palsy. *PM R* 2015;7:1073–1080.
- [21] P Gormley LE Jr, Krach LE, Piccini L. Spasticity management in the child with spastic quadriplegia. *Eur J Neurol* 2001;8(suppl 5):127–135.
- [22] P Bakheit A, Badwan D, McLellan D. The effectiveness of chemical neurolysis in the treatment of lower limb muscle spasticity. *Clin Rehabil* 1996;10:40–43.
- [23] Manca M, Merlo A, Ferraresi G, Cavazza S, Marchi P. Botulinum toxin type A versus phenol. A clinical and neurophysiological study in the treatment of ankle clonus. *Eur J Phys Rehabil Med* 2010;46:11–18.
- [24] P Moller JE, Helweg-Larsen J, Jacobsen E. Histopathological lesions in the sciatic nerve of the rat following perineural application of phenol and alcohol solutions. *Dan Med Bull* 1969;16:116–119.
- [25] P Helweg-Larsen J, Jacobsen E. Treatment of spasticity in cerebral palsy by means of phenol nerve block of peripheral nerves. *Dan Med Bull* 1969;16:20–25.
- [26] P Awad E, Awad O. Injection Techniques for Spasticity: A Practical Guide to Treatment of Cerebral Palsy, Hemiplegia, Multiple Sclerosis, and Spinal Cord Injury. Minneapolis, MN: Author, 1993.
- [27] P Halpern D, Meelhuysen FE. Phenol motor point block in the management of muscular hypertonia. *Arch Phys Med Rehab* 1966;47:659–664.
- [28] P Matsumoto ME, Berry J, Yung H, Matsumoto M, Munin MC. Comparing electrical stimulation with and without ultrasound guidance for phenol neurolysis to the musculocutaneous nerve. *PM R* 2018;10:357–364.
- [29] P Gracies JM, Elovic E, McGuire J, Simpson DM. Traditional pharmacological treatments for spasticity. Part I: Local treatments. *Muscle Nerve Suppl* 1997;6:S61–S91.
- [30] P Saeed K, Adams MC, Hurley RW. Central and peripheral neurolysis. In Hurley R (ed.). *Essentials of Pain Medicine*, ed 4. Philadelphia, PA: Elsevier, 2018:655–662.
- [31] May O. The functional and histological effects of intraneural and intraganglionic injections of alcohol. *Br Med J* 1912;31:465.
- [32] Ritchie JM. The aliphatic alcohols. In: Gilman AG, Goodman LS, Rall TW, Murad F (eds). *The Pharmacologic Basis of Therapeutics*, ed 7. New York, NY: Macmillan, 1985.
- [33] Koman LA, Mooney JF, Patersen Smith B. Neuromuscular blockade in the management of cerebral palsy. *J Child Neurol* 1996;11(suppl 1):S23–S28.
- [34] Botter A, Oprandi G, Lanfranco F, Allasia S, Maffiuletti N, Minetto MA. Atlas of the muscle motor points for the lower limb: implications for electrical stimulation procedures and electrode positioning. *Eur J Appl Physiol* 2011;111: 2461–2471.
- [35] Moon JY, Hwang TS, Sim SJ, Chun SI, Kim M. Surface mapping of motor points in biceps brachii muscle. *Ann Rehabil Med* 2012;36:187–196.
- [36] Horn LJ, Sing G, Dabrowski E. Chemoneurolysis with phenol and alcohol: a “dying art” that merits revival. In: Barashear A, Elovic Elie (eds). *Spasticity Diagnosis and Management*. New York, NY: Demosmedical, 2011:101–117.
- [37] Kaymak B, Kara M, Gürçay E, Aydın G, Özçakar L. Selective peripheral neurolysis using high frequency ultrasound imaging: a novel approach in the treatment of spasticity. *Eur J Phys Rehabil Med* 2019;55:522–525.
- [38] Karri J, Zhang B, Li S. Phenol neurolysis for management of focal spasticity in the distal upper extremity. *PM R* 2020;12:246–250.
- [39] Alter KE, Karp BI. Ultrasound guidance for botulinum neurotoxin chemodenervation procedures. *Toxins (Basel)* 2017;10:18.

- [40] Bakheit AM, Thilmann AF, Ward AB et al. A randomized, double-blind, placebo-controlled, dose-ranging study to compare the efficacy and safety of three doses of botulinum toxin type A (Dysport) with placebo in upper limb spasticity after stroke. *Stroke* 2000;31:2402–2406.
- [41] Gormley M. The treatment of cerebral origin spasticity in children. *Neurorehabilitation* 1999;12:93–103.
- [42] Gooch JL, Patton CP. Combining botulinum toxin and phenol to manage spasticity in children. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85:1121–1124.
- [43] Glenn MB. Nerve blocks. In: Glenn MB, Whyte J (eds). *The Practical Management of Spasticity in Children and Adults*. Philadelphia, PA: Lea & Febiger, 1990:227–258.



## 4.2. Crioneurolisis: una nueva terapia percutánea mínimamente invasiva para el tratamiento de las extremidades espásticas

*Daniel Vincent, Eve Boissonnault y Paul Winston*

Los principios de los bloqueos nerviosos diagnósticos (DNB, por sus siglas en inglés) pueden utilizarse para determinar si es viable una neurolisis percutánea mínimamente invasiva de mayor duración. Por ejemplo, el fenol y el alcohol se utilizan para la neurolisis parcial o segmentaria de determinados músculos. Es posible realizar una neurolisis sin agentes químicos, como se ha demostrado en la práctica de la medicina del dolor mediante la ablación por radiofrecuencia o la crioneurolisis. Lloyd utilizó por primera vez nitrógeno líquido en 1961 para enfriar una sonda y acuñó el término crioanalgesia en 1976 cuando observó la ausencia de neuritis y/o neuralgia con sus procedimientos.<sup>1</sup> La crioneurolisis tiene décadas de eficacia demostrada en la literatura sobre analgesia. En comparación con la extensa literatura sobre la neurolisis quirúrgica, históricamente hay pocas menciones a la neurolisis ablativa percutánea para la espasticidad. Antes de 2019 se publicó un caso clínico sobre el uso de la ablación percutánea por radiofrecuencia en un nervio motor para tratar la espasticidad<sup>2</sup> y otro sobre la crioneurolisis.<sup>3</sup> Otro resumen publicado documentó mejoría en la espasticidad del codo mediante la crioneurolisis del MSCN.<sup>4</sup>

En primer lugar, se realizan bloqueos nerviosos diagnósticos para aislar los nervios motores responsables de la espasticidad observada; a continuación, se puede realizar una crioneurolisis, que se lleva a cabo utilizando una pequeña criosonda de 1,2-1,3 mm de diámetro que se inserta por vía percutánea en los nervios periféricos objetivo. Cuenta con una trayectoria de más de 50 años en el alivio prolongado del dolor, desde meses hasta años, cuando se utiliza en nervios sensitivos y neuromas.<sup>5,6</sup> La crioneurolisis es posible gracias al proceso de introducción de un gas a través de un orificio, que pasa de una presión alta a una presión baja que provoca su rápida expansión y una caída de la temperatura, lo que se conoce como efecto Joule-Thomson.<sup>1</sup> El enfriamiento rápido genera un óvalo o una esfera de hielo (*ice ball*, "bola de nieve") de entre 3,5 mm y 18 mm que se forma en la punta de la criosonda utilizando un sistema de circuito cerrado con CO<sub>2</sub> o N<sub>2</sub>O comprimido (Figura 4.1). La temperatura queda determinada por el punto de ebullición del gas, que suele estar entre -60 °C y -88 °C (el punto de ebullición del N<sub>2</sub>O<sup>1</sup>). La esfera

u óvalo crea una zona específica de alteración de axones y mielina. La lesión se clasifica como una lesión de segundo grado según la clasificación de Sunderland. Se trata de una axonotmesis del nervio, con la consiguiente pérdida de continuidad axónica debido a la degeneración walleriana del nervio afectado, que se extiende y se aleja de la lesión a una distancia limitada. Sin embargo, la lámina basal, el epineuro y el perineuro del nervio afectado permanecen intactos y sirven de conducto o tubo para la regeneración neural. A diferencia de la quimiodenervación con alcohol o fenol, existe poco riesgo de daño a las estructuras circundantes y de fibrosis perineural y muscular secundarias, lo que dificulta la visualización posterior por ultrasonido US. Con la crioneurolisis, no hay una amplia dispersión de líquido y la liberación de neurotrofina, implicada en la formación de neuromas dolorosos, es mínima.<sup>7</sup>

Los autores creen que la crioneurolisis realizada mediante una pequeña criosonda (p. ej, de calibre 20) puede utilizarse de forma segura y novedosa para realizar lesiones térmicas selectivas de las ramas nerviosas motoras periféricas y tratar así la espasticidad de las extremidades.<sup>8,9</sup> Es recomendable combinar la guía por ultrasonido (Figura 4.2) con la electroestimulación (*e-stim*) para identificar de forma selectiva los nervios adecuados. Para la e-estimulación, el umbral de las contracciones musculares debe ser inferior a 0,8 mA. El uso de la crioneurolisis produce un efecto inmediato en los nervios sensitivos y motores que imita al del bloqueo nervioso anestésico diagnóstico, de modo que el músculo objetivo puede identificarse fácilmente. Esto se debe a la interrupción térmica de la conducción neural, que depende del tiempo y la temperatura. Como el alcance fisiológico de la neurolisis depende de la temperatura y el tiempo de cada lesión generada, el proceso puede interrumpirse inmediatamente si se observa alguna alteración sensitiva, lo que reduce el riesgo de daño neural permanente. Este no sería el caso con la quimioneurolisis (alcohol o fenol), la neurolisis por radiofrecuencia o las neurotomías quirúrgicas. La neuromodulación por radiofrecuencia pulsada puede ofrecer el mismo resultado que la crioneurolisis, pero no se ha estudiado lo suficiente como para recomendar su uso.

En cuanto a la espasticidad, la experiencia clínica de los autores ha documentado una mejoría gradual del tono muscular y la amplitud de movimiento, que es más notable entre 1 y 3 meses después de la crioneurolisis. Con estiramientos pasivos, movimientos activos, terapias y aparatos ortopédicos, se han documentado mejoras adicionales a lo largo de varios meses.<sup>7,8</sup> También se recomienda la rehabilitación de los músculos antagonistas. El paciente puede experimentar ahora un aumento de los movimientos sin oposición. Por ejemplo, el paciente puede ser capaz de flexionar activamente el tobillo, extender la muñeca y los dedos o abducir el hombro después de que los flexores hayan sido superados con la crioneurolisis. Las terapias físicas, los aparatos ortopédicos de longitud total y la estimulación eléctrica de los antagonistas también pueden ser útiles. Además, puede ser necesario tener en cuenta otras consideraciones, como el ajuste de las ortesis para mejorar el rango de movimiento. Debido a la ubicación del nervio objetivo, inmediatamente junto a los vasos sanguíneos, cabe destacar que una revisión realizada por Gage encontró que "los vasos sanguíneos de gran calibre eran notablemente resistentes al cambio estructural después de la congelación y su función como conductos sanguíneos no se veía afectada".<sup>10</sup>



Crioneurolisis de la  
extremidad superior



Crioneurolisis de todo  
el nervio tibial

La crioneurolisis se centra principalmente en los nervios motores; sin embargo, las ramas sensitivas y los nervios mixtos también pueden tratarse, como en el caso del manejo del dolor. Esto incluye al nervio supraescapular para el dolor de hombro y los troncos nerviosos mediano y cubital para el dolor en la mano y la muñeca. El tronco tibial también tendrá un bloqueo sensitivo. También es posible realizar una crioneurolisis intramuscular en pequeñas ramas nerviosas para evitar la alteración sensitiva o preservar los músculos distales. Por ejemplo, el pronador redondo, el flexor radial del carpo, el flexor cubital del carpo, el flexor superficial de los dedos o el recto femoral.

## Selección del paciente

Los bloqueos nerviosos diagnósticos específicos sirven para aislar los grupos musculares espásticos problemáticos. Por lo general, estos grupos musculares espásticos han recibido diversas combinaciones de BoNT, quimioneurolisis (alcohol o fenol), fisioterapia y ortesis, pero han alcanzado un estancamiento terapéutico. Sin embargo, la crioneurolisis puede ser el tratamiento inicial siempre que el DNB identifique una deformidad reducible y no una contractura. Casi cualquier músculo puede ser objeto de tratamiento utilizando las ramas intramusculares descritas en este libro. Para ramas nerviosas específicas y troncos sensorimotores, los autores sugieren:

### Cintura escapular

- Nervio pectoral lateral al músculo pectoral mayor.<sup>11</sup>
- Al ser más profundo, el nervio pectoral medial es más difícil de visualizar, pero es posible.
- Nervio toracodorsal al dorsal ancho.
- Nervio supraescapular para reducir el dolor, lo que puede aumentar el rango de movimiento.

### Flexores del codo

- Musculocutáneo al braquial y al bíceps braquial.
- Radial al braquiorradial.

### Muñeca y dedos

Es imprescindible asegurarse de que no haya disestesia sensitiva en este grupo.

- Nervio mediano si no hay disestesia sensitiva con un DNB.
- Nervio cubital si no hay disestesia sensitiva con un DNB.
- Nervio radial para los extensores de los dedos.

### Cintura pélvica

- Obturador para los grupos aductores anterior y posterior.

### Rodilla

- Nervio femoral para el recto femoral.
- Nervio ciático para los isquiotibiales (probablemente afectará a todos los músculos distales).

### Pie y tobillo

- Nervio tibial para el gastrocnemio medial y lateral, sóleo, tibial posterior y flexor largo de los dedos: es para garantizar que no haya disestesia sensitiva.
- Tibial en el tobillo para los músculos intrínsecos del pie.

Se deben utilizar medidas de evolución estandarizadas para capturar los resultados del DNB y garantizar la mejoría. Se recomienda utilizar la escala de Tardieu modificada, la Escala de Evaluación Motora y la captura de video para comparar el antes y el después. Los autores han comprobado que la captura de video es muy útil para documentar la eficacia del bloqueo nervioso y el control motor. En cuanto a la evolución funcional, la Escala de Consecución de Objetivos, la Escala de Discapacidad del Brazo, el Hombro y la Mano, la Prueba de Caja y Bloque y la fuerza de prensión se encuentran entre las medidas de evolución que permiten realizar un seguimiento de los resultados. Para los aductores, se utiliza la distancia entre las rodillas. Para los procedimientos de las extremidades inferiores, se pueden utilizar numerosas evaluaciones de la marcha, además de los movimientos activos y pasivos.

## Una guía propuesta para la crioneurolisis

Es imprescindible realizar un DNB para localizar y seleccionar el nervio o la rama nerviosa deseada utilizando una pequeña dosis de un anestésico local de acción corta, como la lidocaína (1-1,5 mL de solución al 2 %). Puede ser necesario confirmar con un segundo DNB. El DNB simulará los beneficios clínicos esperados. El DNB puede predecir la posibilidad de resultados o eventos adversos, como la pérdida de función o el deterioro sensitivo. Esto es especialmente importante para el nervio tibial y la capacidad de soportar peso y caminar, o para la función de la mano. Un estimulador nervioso con pantalla digital y salida en mA fácilmente ajustable es esencial para identificar el nervio motor objetivo. Debe tener un estimulador nervioso interno o un estimulador externo conectado, que pueda conducir la electricidad a lo largo de la aguja o sonda de exploración.

### El procedimiento clínico de los autores consiste en lo siguiente:

1. Se prepara la piel con las medidas antibacterianas suficientes, por ejemplo, el uso de un gel para ultrasonido estéril o bacteriostático (2-4 % de clorhexidina).
2. Se utiliza una pequeña dosis de anestésico local para la anestesia cutánea y subcutánea para reducir el dolor en el punto de acceso percutáneo; menos de 0,5 mL de lidocaína al 1 % para evitar la difusión y la anestesia del nervio.
3. Se utilizan sondas especializadas que permiten inyecciones más profundas sin necesidad de aislamiento; estas deben utilizarse, según las instrucciones del fabricante. Si no se dispone de ellas, se puede utilizar un catéter aislante térmico (Angiocath n.º 16 o n.º 18) o una aguja de calibre similar mayor que la sonda para que sirva de guía y ofrezca protección contra la congelación cutánea. El catéter actuará como aislante adicional para proporcionar una estimulación eléctrica óptima a baja dosis y facilitará la colocación de la criosonda.
4. Se puede activar el Doppler color para garantizar la localización del nervio objetivo en el paquete neurovascular. Para la crioneurolisis, se recomienda enfocar el ultrasonido dentro del plano. Esto garantiza que la aguja grande se visualice a medida que se acerca al nervio objetivo, para minimizar la posibilidad de una reubicación innecesaria. La sonda se guía hasta que se yuxtapone a la rama del nervio motor, con la punta de

- la sonda claramente visualizada y alejada de cualquier vena o arteria.
- Se activa el estimulador antes de la inserción de la aguja o la sonda para garantizar que el músculo responda a un amperaje bajo, entre 0,5 y 0,8 mA. Mientras realiza el ultrasonido y la estimulación eléctrica, observe el movimiento muscular deseado y ajuste la profundidad de la aguja y la sonda para obtener la mejor estimulación muscular. Evite entradas excesivas o repetidas y, en caso de duda, vuelva a examinar las imágenes de ultrasonido para confirmar el mejor punto de entrada y profundidad. Si se produce una estimulación sensitiva dolorosa a lo largo de la rama sensitiva, se reajusta la punta.
  - Si el paciente experimenta una sensación dolorosa a lo largo de la vía nerviosa durante la crioneurolisis, se apaga inmediatamente el dispositivo, se deja descongelar la criosonda y se reajusta la punta de la sonda antes de reanudar el proceso de lesión.
  - Para garantizar que se produzca una neurolisis completa, los autores sugieren que se realicen dos lesiones a lo largo de la misma rama nerviosa con una separación mínima de 1 cm o desde lados opuestos de un nervio. Cada dispositivo tendrá un protocolo diferente. A una temperatura de entre  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-88\text{ }^{\circ}\text{C}$ , los autores recomiendan realizar entre 2 a 3 lesiones por cada nervio grande durante un total de entre 3 a 3,5 minutos. Es posible tratar varios nervios: un nervio en una sesión, con 2 o 3 lesiones cada uno.
  - En la extremidad superior, se ha observado que comenzar con un bloqueo del nervio supraescapular puede reducir el dolor de hombro y permitir una mejor posición para la abducción. A continuación, se puede realizar el bloqueo del nervio pectoral lateral. Esto también permitirá la rotación externa del hombro, lo que facilitará el acceso al MSCN, al mediano y al cubital.
  - Una vez finalizado el procedimiento, se estabiliza el punto de acceso percutáneo con presión y un apósito oclusivo, como una curita. Se puede aplicar pegamento cutáneo si es necesario.
  - No es necesario restringir alguna actividad específica.
  - Los pacientes que toman anticoagulantes sistémicos pueden someterse a un DNB o crioneurolisis. Sin embargo, si existe un riesgo potencial de sangrado, probablemente sea necesario suspender el anticoagulante hasta completar el procedimiento. Se debe sopesar el riesgo de suspender el anticoagulante frente a los beneficios del procedimiento. En el caso de pacientes con antecedentes de fenómenos embólicos, es prudente consultar con el médico de cabecera, el internista o el cardiólogo. Se puede utilizar una técnica de puente anticoagulante tras consultar con el internista o el hematólogo.

Los efectos secundarios incluyen un riesgo poco frecuente de infección y sangrado, así como disestesia sensitiva o dolor en las ramas sensitivas; la hipoestesia no deseada se reduce asegurándose de que el DNB no la induzca. Es posible que se produzca un síndrome de dolor regional complejo tipo II o neuritis, pero es autolimitado y se trata con medidas conservadoras. El riesgo de punción venosa se mitiga con la guía por ultrasonido. Es posible que se produzcan quemaduras por frío. Se utiliza un Angiocath para proteger la piel.



Crioneurolisis del MSCN para el braquial



Crioneurolisis del nervio mediano proximal al codo



Crioneurolisis de la división anterior del nervio obturador



Crioneurolisis de la división anterior del obturador



Crioneurolisis del nervio pectoral lateral



Demostración de la crioneurolisis intramuscular hiperselectiva

Crioneurolisis con el sistema IOVERA (Pacira)



Figura 4.1. Esfera de hielo en el dispositivo IOVERA (0,6 mm x 10 mm).

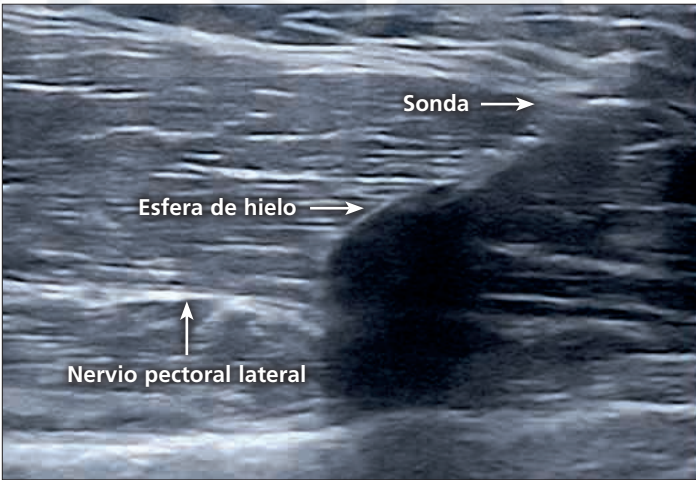


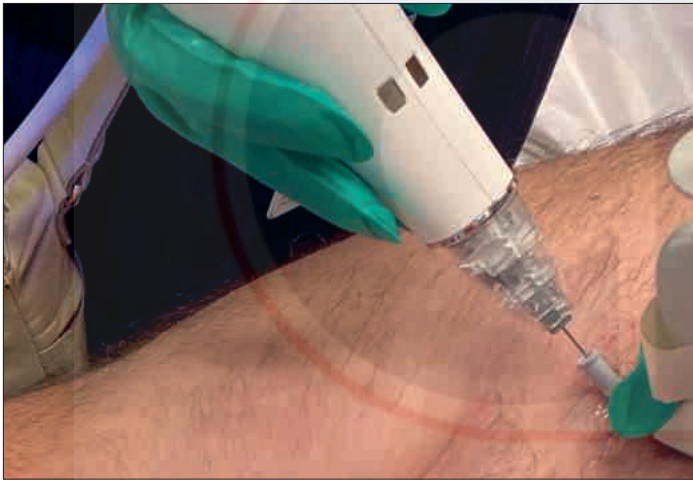
Figura 4.2. Formación de la esfera de hielo a medida que crece al lado del nervio.



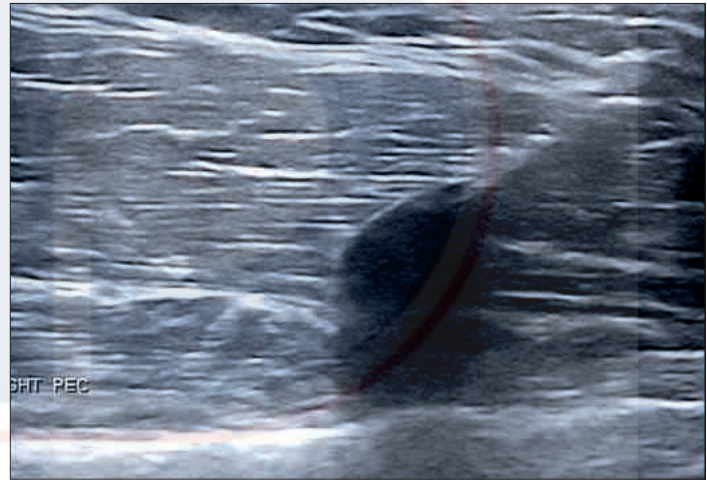
**Figura 4.3.** Crioneurolisis del nervio tibial a través de un Angiocath n.º 16.



**Figura 4.4.** Esfera de hielo del nervio tibial tocando el tronco nervioso.



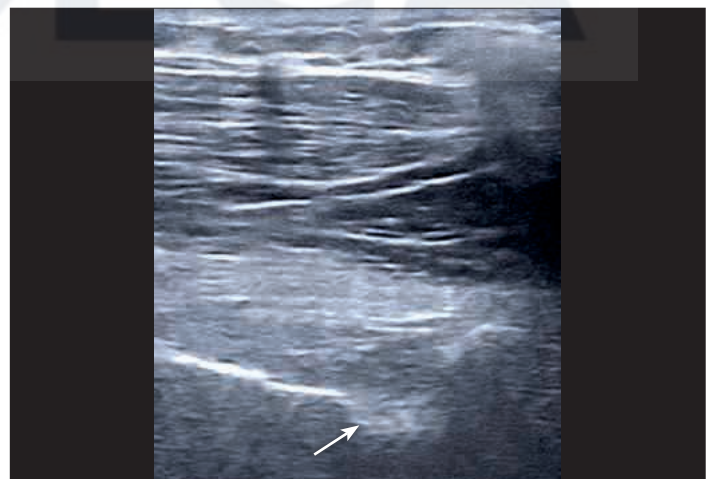
**Figura 4.5.** Crioneurolisis del nervio pectoral lateral mediante un Angiocath n.º 16.



**Figura 4.6.** Bola de hielo del nervio pectoral lateral.



**Figura 4.7.** Bola de hielo del nervio mediano. Sombra extensa bajo las estructuras vasculares.



**Figura 4.8.** Nervio supraescapular. Abordaje fuera del plano para aliviar el dolor.

## Referencias

- [1] Ilfeld BM, Gabriel RA, Trescot AM. Ultrasound-guided percutaneous cryoneurolysis for treatment of acute pain: could cryoanalgesia replace continuous peripheral nerve blocks? *Br J Anaesth* 2017;119:709–712.
- [2] Kanpolat Y, Caglar C, Akis E, Erturk A, Ulug H. Percutaneous selective RF neurotomy in spasticity. *Acta Neurochir Suppl (Wien)* 1987;39:96–98.
- [3] Kim PS, Ferrante FM. Cryoanalgesia: a novel treatment for hip adductor spasticity and obturator neuralgia. *Anesthesiology* 1998;89:534–536.
- [4] Paulin MH, Patel AT. Cryodenervation for the treatment of upper limb spasticity: a prospective open proof-of-concept study. *Am J Phys Med* 2015;94:12.
- [5] Ilfeld BM, Preciado J, Trescot AM. Novel cryoneurolysis device for the treatment of sensory and motor peripheral nerves. *Expert Rev Med Devices* 2016;13:713–725.
- [6] Trescot AM. Cryoanalgesia in interventional pain management. *Pain Physician* 2003;6:345–360.
- [7] Trescot AM (ed). *Peripheral Nerve Entrapments*. Cham: Springer International Publishing, 2016.
- [8] Winston P, Mills P, Ganzert C, Reebye R, Vincent D. Cryoneurotomy as a novel adjunct to botulinum toxin treatment for the spastic elbow: a case study. *Toxicon* 2019;156:S114–S115.
- [9] Rubenstein J, Harvey AW, Vincent D, Winston P. Cryoneurotomy to reduce spasticity and improve range of motion in spastic flexed elbow: a visual vignette. *Am J Phys Med Rehabil* 2021;100:e65.
- [10] Gage AA, Baust JM, Baust JG. Experimental cryosurgery investigations in vivo. *Cryobiology* 2009;59:229–243.
- [11] Scobie J, Winston P. Case report: perspective of a caregiver on functional outcomes following bilateral lateral pectoral nerve cryoneurotomy to treat spasticity in a pediatric patient with cerebral palsy. *Front Rehabil Sci* 2021;0:35.

### 4.3. El algoritmo ViVe. Uso de bloqueos nerviosos diagnósticos para tratar el dolor de nuevo inicio en el hombro por hemiplejía tras un accidente cerebrovascular\*

El algoritmo Victoria Canada, Verona, Italia (ViVe, por sus siglas en inglés) se creó para evaluar el dolor agudo del hombro hemipléjico

(HSP, por sus siglas en inglés), el trastorno de dolor más común después de un accidente cerebrovascular, con una incidencia estimada del 30 al 70 %. En el 17 % de los pacientes, puede aparecer incluso una semana después del accidente cerebrovascular. El dolor puede tener múltiples causas heterogéneas. En el contexto agudo, un rango de movimiento doloroso disminuido en el hombro puede deberse a una espasticidad de aparición temprana, rigidez capsular, patología glenohumeral o síndrome de dolor regional complejo (CRPS, por sus siglas en inglés). Se puede formar una contractura en hasta el 50 % de los pacientes después de un accidente cerebrovascular. Kwah et al.<sup>1</sup> demostraron que, de 200 pacientes consecutivos, el 25 % de todos los pacientes con accidente cerebrovascular y el 38 % de los pacientes con accidente cerebrovascular moderado a grave desarrollaron una contractura del hombro en un plazo de 6 meses. El síndrome hombro-mano después de un accidente cerebrovascular es una variante bien descrita del CRPS, con una incidencia estimada de

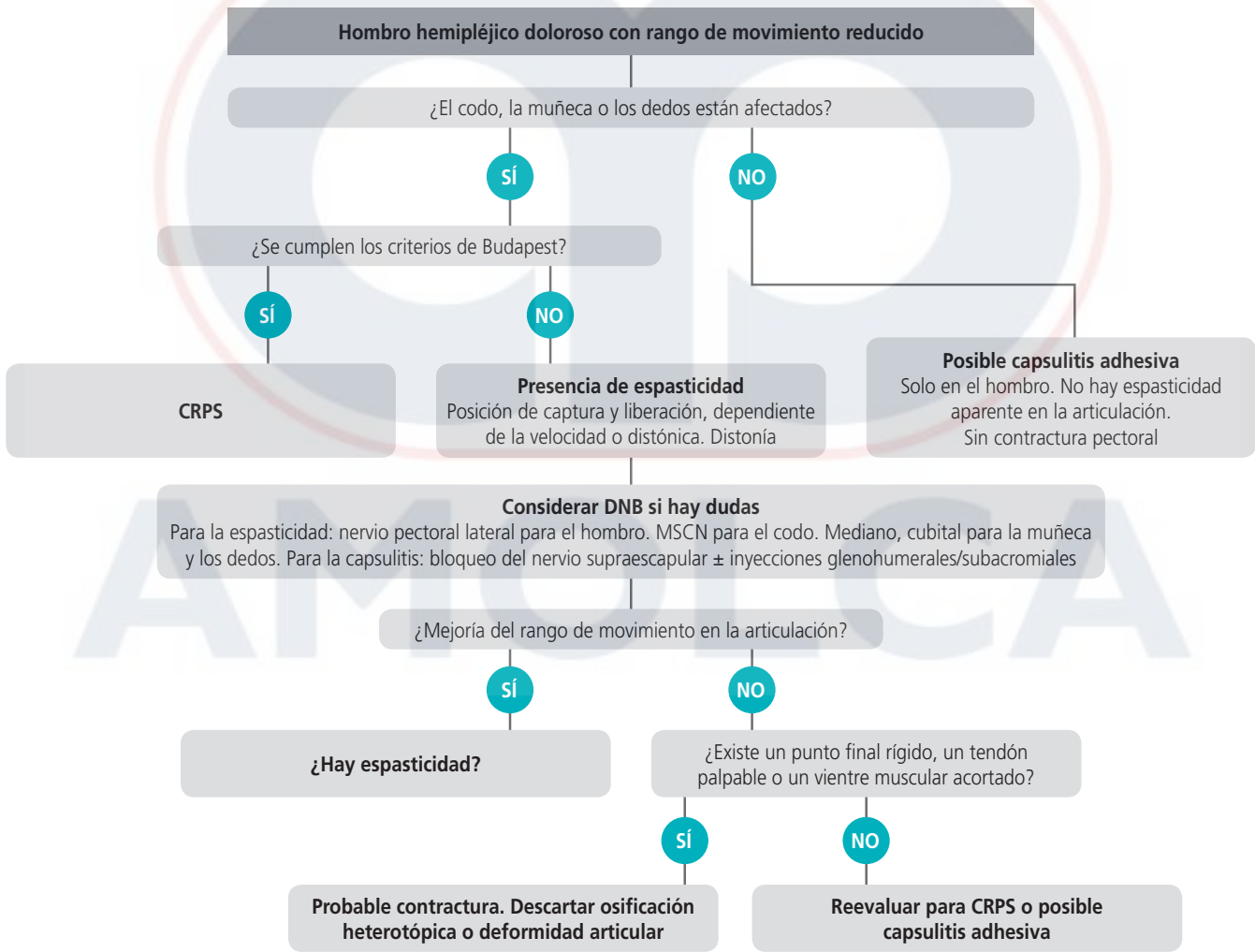


Figura 4.9. El algoritmo ViVe.

\* Reproducido de Fitterer, J, Picelli, A, Winston, P. A novel approach to new onset hemiplegic shoulder pain with decreased range of motion using targeted diagnostic nerve blocks: the ViVe algorithm. Front Neurol 2021;12:668370 | <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.668370.##>, donde pueden encontrarse todas las referencias, así como en la Figura 4.9.

hasta el 48,8 % en las primeras 28 semanas. El manejo eficaz del dolor en el hombro y la extremidad superior con disminución del rango de movimiento requiere la evaluación de cada posible factor contribuyente para un tratamiento eficaz.

El DNB es clave para diferenciar la espasticidad de la contractura y otros trastornos de inmovilidad, y puede ser útil para determinar la vía de tratamiento adecuada, incluyendo BoNT, fenol, cirugía o crioneurolisis. El algoritmo no es para el hombro flácido o subluxado.

El examen de cada articulación de la extremidad superior con HSP puede ayudar a diferenciar cada diagnóstico mediante el uso de un algoritmo. El dolor y la rigidez aislados en el hombro pueden diferenciarse como patología primaria del hombro. El bloqueo sensitivo de un DNB supraescapular o una inyección intraarticular/subacromial puede ayudar a diferenciar la capsulitis adhesiva, la artritis o la lesión del manguito rotador. El CRPS puede afectar al hombro, el codo, la muñeca y la mano, y puede evaluarse con los criterios de Budapest. La espasticidad puede diferenciarse con el uso de un DNB motor en el nervio pectoral lateral. Una combinación de estos trastornos puede causar HSP y el algoritmo de tratamiento propuesto (Figura 4.9) puede ayudar a seleccionar una vía de tratamiento sistemática.

Cuando no está claro si la disminución del rango de movimiento se debe a un dolor aislado en el hombro, al CRPS o a una hiperactividad muscular espástica, se aplican bloqueos nerviosos. Los bloqueos nerviosos sensitivos supraescapulares se realizan para el dolor aislado en el hombro (Figuras 4.10A, B) junto con inyecciones intraarticulares.

La presencia de CRPS se evalúa según los criterios de Budapest. En la fase aguda, se sugiere el tratamiento con prednisona utilizando las dosis recomendadas.

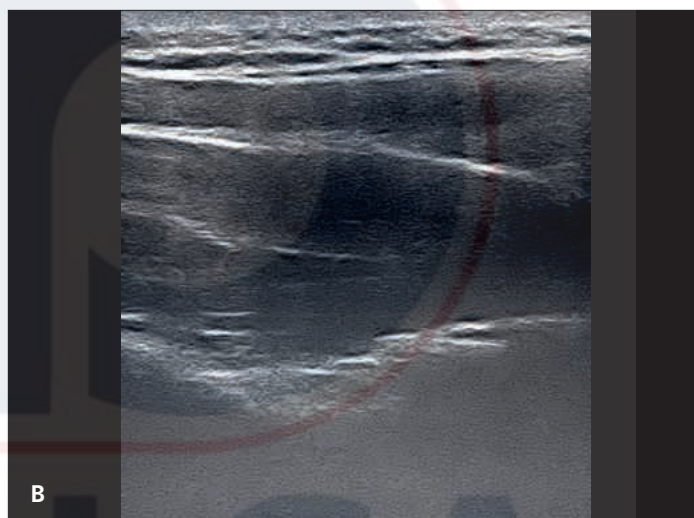
Para evaluar la contribución de la hiperactividad muscular espástica, el bloqueo del nervio pectoral lateral es el DNB principal para el hombro aducido. Los DNB aplicados desde el nervio musculocutáneo al braquial o al bíceps, y del nervio radial al braquiorradial se utilizan para el codo flexionado espástico. Los bloqueos del nervio radial y mediano o cubital se utilizan para la muñeca y los dedos (consulte las secciones de bloqueos nerviosos específicos de este Atlas). Se evalúa el dolor aislado en el hombro u otras articulaciones y se descartan otras causas de inflamación articular, artropatía u osificación heterotópica mediante el juicio clínico y pruebas, incluyendo imágenes diagnósticas del hombro según esté indicado.

Se evalúa la amplitud de movimiento activa y pasiva del paciente para detectar espasticidad y se mide utilizando la escala de Ashworth modificada y la escala de Tardieu modificada. Para el CRPS, se utiliza la presencia o ausencia de los signos y síntomas de los criterios de Budapest.

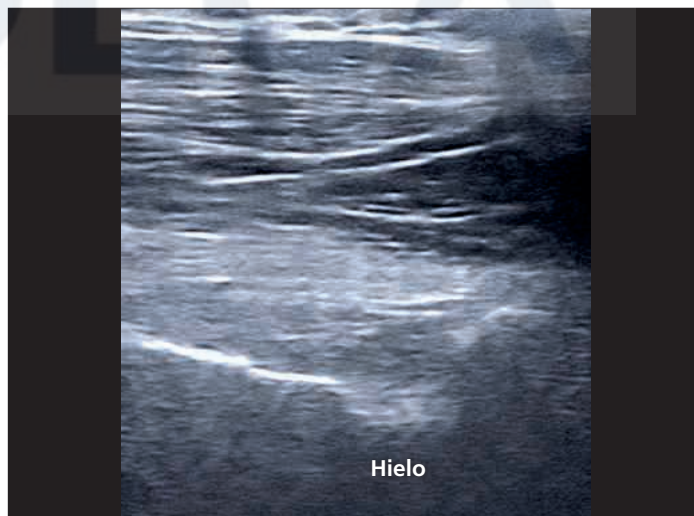
El tratamiento puede incluir prednisona y terapias o analgésicos para el CRPS. Inyecciones de cortisona para la capsulitis adhesiva, así como ablación por radiofrecuencia o crioneurolisis del nervio supraescapular (Figura 4.9). La espasticidad en la fase aguda puede tratarse con BoNT, fenol, crioneurolisis o incluso neurectomía quirúrgica. En la fase crónica, puede ser necesaria una tenotomía o una elongación muscular.



**Figura 4.10A.** Ubicación guiada por ultrasonido para localizar el nervio supraescapular en la escotadura supraescapular.



**Figura 4.10B. (continuación)**



**Figura 4.11.** Esfera de hielo para crioneurolisis en la escotadura supraescapular.

## 4.4. Neurectomía para la espasticidad de la extremidad superior

*Caroline Leclercq*

La espasticidad es responsable de varios tipos de deformidades en las extremidades, lo que provoca discapacidades funcionales variables. Su tratamiento principal es no quirúrgico, pero en algunos casos puede estar indicada la cirugía. El objetivo es mejorar la función reequilibrando las fuerzas deformantes existentes, es decir, la espasticidad, la contractura muscular y articular y la parálisis. Se utilizan múltiples procedimientos para tratar cada una de ellas.<sup>2</sup>

Independientemente de la causa de la lesión cerebral, este plan quirúrgico específico subraya la necesidad de realizar un examen clínico preliminar exhaustivo, una parte fundamental de la evaluación y el factor principal en la toma de decisiones quirúrgicas.

### Evaluación clínica

La **espasticidad** es una hipertonía muscular que se caracteriza por cinco rasgos clínicos clásicos:

1. Es selectiva y afecta principalmente a los músculos flexores, aductores y pronadores.
2. Es elástica. Los esfuerzos por reducir la deformidad encuentran resistencia, que aumenta con la fuerza aplicada, pero finalmente cede con el retorno de la extremidad a su posición inicial tan pronto como se detiene el esfuerzo.
3. Está presente en reposo y se exagera con el movimiento voluntario, la emoción, la fatiga y el dolor.
4. Los reflejos osteotendinosos son exagerados, rápidos, diseminados y policinéticos.
5. Puede haber sincinesia asociada.

La evaluación cuantitativa de la espasticidad es compleja. Las escalas clásicas de Ashworth y Ashworth modificada<sup>3</sup> se han reconocido como demasiado subjetivas<sup>4</sup> y, por lo tanto, deben combinarse con la escala de Tardieu, más precisa.<sup>5,6</sup>

La **contractura muscular** es el resultado de una espasticidad muscular prolongada sin oposición. A diferencia de la espasticidad, es permanente y no se puede superar, aunque acortar el segmento articular afectado puede aliviarla.

Puede resultar difícil establecer diferencias clínicas entre la contractura y la espasticidad. En tales casos, los bloqueos nerviosos o la toxina botulínica son útiles.<sup>7,8</sup>

**Deterioro motor:** la exploración motora de la extremidad superior espástica es difícil, especialmente cuando hay deformidades graves.

Los músculos flexores, aductores y pronadores, en su mayoría espásticos, suelen conservar cierto control voluntario, mientras que la parálisis suele afectar a los músculos antagonistas (músculos extensores y supinadores). En lugar de estar paralizados, estos músculos pueden estar presentes, pero son ineficaces debido a los agonistas espásticos. La BoNT de los agonistas espásticos puede ser útil: al disminuir su tono, permite una evaluación adecuada de los músculos "paralizados", que pueden por último mostrar un control voluntario satisfactorio.

### Neurectomía selectiva

Los objetivos del tratamiento quirúrgico pueden variar mucho, dependiendo de la gravedad de la lesión cerebral inicial. Siempre que sea posible, el objetivo es mejorar la función. Sin embargo, en algunos casos se limitará a mejorar los cuidados y la comodidad o a corregir una deformidad grave.

Se deben tener en cuenta todos los componentes de la deformidad, es decir, la espasticidad, la contractura muscular, la contractura articular y la parálisis, para restablecer un equilibrio adecuado de fuerzas en torno a la articulación afectada.

Las intervenciones nerviosas se realizan a diferentes niveles: nervios periféricos, raíces espinales, médula espinal y zona de entrada de la raíz dorsal.<sup>9</sup> Este capítulo trata exclusivamente de las intervenciones destinadas a reducir el componente espástico de la deformidad a nivel de los nervios periféricos: las neurectomías selectivas. Consisten en seccionar parte de los fascículos de un nervio motor periférico importante.

Stoffel<sup>10</sup> ya había sugerido este procedimiento en 1913, en un intento de conservar cierta función. Ganó popularidad después de que Brunelli y Brunelli<sup>11</sup> publicaran una serie clínica en 1983 y acuñaran el término "hiponeurotización".

El procedimiento se realiza en el punto de entrada del nervio en el músculo, donde normalmente se divide en varios fascículos pequeños. Bajo aumento, se resecan algunos fascículos. Brunelli y Brunelli<sup>11</sup> abogaron inicialmente por seccionar el 50 % de los fascículos, pero tras experimentar una recurrencia de la espasticidad, recomendaron la resección de un mayor número de fibras.

En la actualidad se ha adaptado esta técnica y se ha renombrado como "neurectomía hiperselectiva" (HSN, por sus siglas en inglés), que describe mejor el procedimiento<sup>12</sup> y evita posibles confusiones con las neurotizaciones. Al inicio de su experiencia, la autora realizó varios estudios anatómicos para analizar la ubicación exacta de las ramas motoras de los principales músculos de las extremidades superiores implicados en la espasticidad y estableció una cartografía de las ramas motoras de los nervios musculocutáneo, mediano, cubital y radial.<sup>13-16</sup> Estos estudios demostraron que la mayoría de los músculos de las extremidades superiores están controlados por varias ramas motoras que se originan en diferentes niveles de los troncos nerviosos principales, con muchas variaciones (véase Bini, capítulo 5.11).

## Indicaciones y contraindicaciones

La HSN está indicada cuando se desea reducir la espasticidad de forma permanente. No afecta a las contracturas musculares ni articulares. Las contracturas musculares deben tratarse con otras técnicas quirúrgicas, como la elongación de músculos o tendones, y las contracturas articulares con artrolysis, acortamiento óseo o artrodesis. La parálisis de los músculos antagonistas debe tratarse, cuando sea posible, con procedimientos reconstructivos e es (p. ej, transferencias de tendones). Sin embargo, los antagonistas débiles pueden mejorar espontáneamente después de que la HSN haya reducido el tono de los músculos agonistas espásticos.

La BoNT es eficaz a nivel local para reducir la espasticidad muscular. Inyectada directamente en el músculo objetivo, la BoNT reduce la espasticidad durante varios meses. Por lo tanto, la autora la utiliza de forma rutinaria como herramienta diagnóstica y preoperatoria para llegar a la planificación quirúrgica adecuada.

En algunos casos de espasticidad grave, la BoNT permite diferenciar la contractura muscular de la espasticidad. Además, cuando varios músculos contribuyen a la misma función, ayuda a decidir qué músculos se beneficiarían con una reducción permanente de la espasticidad. Es particularmente informativo en lo que respecta a los músculos antagonistas, que pueden parecer paralizados o muy débiles, pero que tras la inyección de los agonistas, seguida de un periodo intensivo de fortalecimiento y uso de férulas nocturnas, pueden demostrar un control voluntario satisfactorio. Su función en este contexto también es educativa, ya que imita en cierta medida los resultados de la cirugía, lo que permite demostrar a los pacientes qué resultados se pueden esperar con la HSN.

Las contraindicaciones generales para la cirugía en pacientes con espasticidad de la extremidad superior también se aplican a esta técnica: distonía o movimientos anormales; falta de apego terapéutico; expectativas poco realistas. Los problemas cognitivos no son necesariamente una contraindicación para esta técnica, siempre y cuando

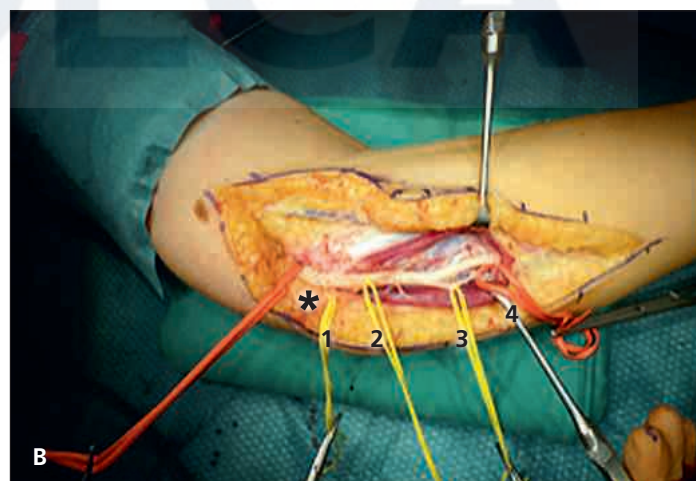
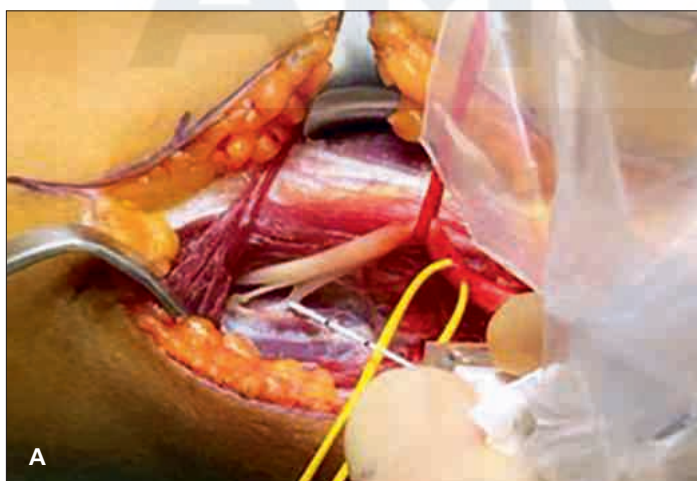
el paciente pueda hacer frente a un procedimiento quirúrgico y a los cuidados postoperatorios.

## Técnica quirúrgica

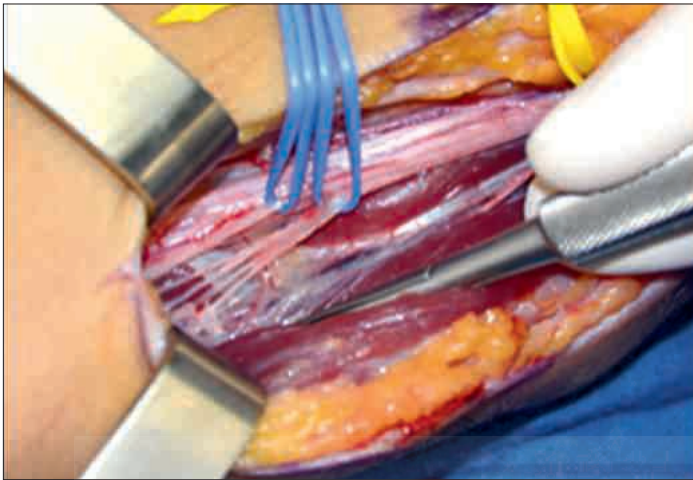
Dependiendo del paciente y del nervio afectado, la HSN puede realizarse bajo bloqueo axilar o anestesia general. Se recomienda el uso de lentes de aumento e instrumentos microquirúrgicos. Se utiliza un torniquete para los procedimientos en el antebrazo. Debido a la necesidad de estimulación nerviosa transoperatoria, la inyección de derivados del curare o bloqueadores neuromusculares está contraindicada.

La incisión cutánea sigue las pautas derivadas de estudios anatómicos previos<sup>13-16</sup> (véase Bini, capítulo 5.11), lo cual implica exponer el tronco nervioso y disecar meticulosamente las ramas motoras. Dado que puede haber una variabilidad significativa en la distribución de las ramas motoras a los músculos de las extremidades superiores, la neuroestimulación transoperatoria es útil para identificar cada una de las ramas motoras y evitar cualquier rama sensitiva (Figuras 4.12A, B). Por lo general, hay varias ramas para cada músculo involucrado y todas ellas deben identificarse para lograr un resultado satisfactorio. Cada rama se disea hasta su punto de entrada en el músculo (Figura 4.13). A continuación, utilizando instrumentos microquirúrgicos y aumento, se resecan el número necesario de fascículos de cada rama: lo más habitual es seccionar al menos dos tercios de la rama nerviosa implicada, dependiendo del grado de espasticidad y del resultado deseado. Algunos investigadores coagulan el muñón proximal para evitar la regeneración del nervio.<sup>17</sup>

Se han descrito variaciones de la técnica: para simplificar el procedimiento, algunos autores realizan una neurectomía parcial a nivel del tronco nervioso principal sin abordar el músculo o músculos objetivo. Los fascículos motores se identifican proximalmente dentro del tronco nervioso utilizando un estimulador y se resecan parcialmente.<sup>18-20</sup> Aunque es más rápida y la exposición es limitada, esta



**Figuras 4.12A, B.** Uso de la estimulación nerviosa para identificar las ramas motoras del nervio cubital para el extensor cubital del carpo (A), disección de las ramas motoras del nervio cubital: \*nervio cubital; 1-3 ramas motoras para el extensor cubital del carpo (asa amarilla); 4 ramas motoras hacia el flexor profundo de los dedos (asa roja) (B).



**Figura 4.13.** Diseción de todas las ramas del nervio mediano para el flexor radial del carpo inmediatamente antes de la neurectomía parcial.

variación técnica es menos precisa y puede generar una reducción insuficiente de la espasticidad debido a una identificación inadecuada de las ramas nerviosas y a una posible lesión de las fibras sensitivas.<sup>18</sup>

Los cuidados posoperatorios consisten en un vendaje suave y no adherente hasta que la herida haya cicatrizado. Posteriormente, se inician ejercicios suaves de los músculos afectados. Es común que se produzca una paresia temporal de los músculos objetivo durante las primeras semanas. En varios casos, esta técnica se realiza de forma concomitante con otros procedimientos de reequilibramiento (p. ej, elongación tendinosa, transferencias tendinosas) y el régimen posoperatorio variará en función de los requisitos de estos otros procedimientos.

## Resultados

Se realizó un estudio prospectivo en 42 pacientes que se sometieron a una HSN aislada de una zona articular (codo, antebrazo o muñeca) por espasticidad pura sin contractura asociada.<sup>21</sup> Los resultados se evaluaron a los 6 meses (seguimiento temprano) y en la última cita (seguimiento tardío), con un seguimiento final promedio de 30 meses. Todas las evaluaciones incluyeron la espasticidad medida por la escala de Tardieu y la escala de Ashworth modificada, la postura en reposo de la extremidad, el rango de movimiento activo y pasivo, la fuerza muscular tanto de los músculos intervenidos como de los antagonistas, los resultados funcionales medidos con la Escala de House, el logro de los objetivos y la satisfacción del paciente (escala analógica visual).

Los resultados de la HSN de la autora, realizada en 101 músculos de 42 pacientes, demostraron su eficacia para reducir la espasticidad de las extremidades superiores. En consecuencia, se observó una mejora significativa en la postura en reposo de la articulación intervenida. Otro hallazgo importante del estudio fue la conservación de la fuerza muscular, a pesar de la extirpación de dos tercios de las ramas motoras. No se observó una mejoría general en el rango de movimiento

activo debido a la ausencia de contractura muscular inicial en este grupo seleccionado. Sin embargo, según las escalas de House y de logro de objetivos, se observó una mejoría significativa de la función de las extremidades superiores.

La comparación del seguimiento temprano y tardío mostró una ligera recaída insignificante de la espasticidad; los datos a largo plazo mostraron estabilidad en los resultados.

Los resultados no mostraron alguna diferencia significativa al comparar diferentes articulaciones, excepto por un aumento significativo de la fuerza en los músculos antagonistas del antebrazo y la muñeca, pero no en el codo.

No hubo complicaciones postoperatorias inmediatas en este grupo de pacientes. Aunque en algunos casos se produjo una pérdida transitoria de la fuerza, ningún paciente refirió pérdida permanente de fuerza muscular. No hubo algún caso de irritación nerviosa, ni siquiera transitoria. Dos pacientes se sometieron a cirugías adicionales por espasticidad persistente del braquiorradial después de la HSN del nervio musculocutáneo para un codo espástico, y ambos mejoraron después de la HSN de las ramas motoras del nervio radial al braquiorradial.

## Discusión

Los resultados de la autora concuerdan con otros resultados favorables publicados en la literatura tras neurectomías parciales en la extremidad superior.<sup>9,17,19,20,22-25</sup> Sin embargo, existe poco consenso en cuanto a la evaluación, las indicaciones, la técnica y los resultados posoperatorios. Para abordar estos retos, se ha revisado sistemáticamente la literatura relativa a las diferentes técnicas de neurectomía parcial en las extremidades superiores de pacientes con espasticidad.<sup>21</sup> Es difícil realizar una comparación significativa con otras series. Yong et al.<sup>26</sup> destacaron la amplia variedad de casos en las diferentes series, la variabilidad en los criterios de selección, el número de nervios implicados, las modalidades técnicas e es y los posibles procedimientos ortopédicos asociados. Los métodos de evaluación también varían mucho y la duración del seguimiento es muy diferente entre las series.

En lo que respecta a las ramas motoras del flexor superficial de los dedos y del flexor profundo de los dedos, los estudios anatómicos de la otra sugieren que la HSN no es viable sin dañar los músculos.<sup>15</sup> Por lo tanto, no recomendamos la HSN para los músculos flexores de los dedos y, en su lugar, nos decantamos por procedimientos de elongación tendinosa a este nivel.

El fenómeno por el cual la neurectomía selectiva alivia la espasticidad sin reducir la fuerza muscular de los músculos objetivo está relacionado con la presencia de dos componentes diferentes de los nervios motores: un componente motor eferente, que tiende a regenerarse mediante la gemación ("neurotización") después de una sección parcial, y un componente aferente (fibras Ia e Ib), cuya interrupción conduce a la desaparición de la espasticidad, sin una regeneración ordenada.<sup>9,18</sup>

## Conclusión

La cirugía es solo un elemento del tratamiento rehabilitador de los pacientes con espasticidad en las extremidades superiores. Se requiere un examen clínico minucioso y una quimiodenervación local para seleccionar a los candidatos adecuados para la neurectomía parcial. Aunque existen muchas variaciones de la neurectomía selectiva, los resultados de nuestra técnica de HSN en la espasticidad de las extremidades superiores han sido prometedores, mostrando una reducción eficaz de la espasticidad y una mejora del movimiento sin

pérdida de fuerza. Además, estos resultados se han mantenido estables a mediano plazo. La hipótesis de la autora es que el aumento significativo de la fuerza de los músculos antagonistas, mediante el reequilibramiento de las fuerzas, es el responsable de la estabilidad de los resultados.

La HSN es una técnica relativamente nueva que enriquece el arsenal terapéutico del cirujano de extremidades superiores. Es necesario un seguimiento más prolongado para evaluar los resultados a largo plazo de este procedimiento.

## Referencias

- [1] Kwah, L. K., Harvey, L. A., Diong, J. H. L., & Herbert, R. D. (2012). Half of the adults who present to hospital with stroke develop at least one contracture within six months: An observational study. *Journal of Physiotherapy*, 58, 41–47.
- [2] Leclercq C. Neurological contractures: the spastic upper limb. In: Trail IA, Fleming ANM (eds), *Disorders of the Hand: Vol 3: Inflammation, Arthritis and Contractures*. London: Springer, 2015:233–252.
- [3] Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther* 1987; 67: 206–207.
- [4] Fleuren JF, Voerman GE, Erren-Wolters CV, et al. Stop using the Ashworth scale for the assessment of spasticity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2010;81:46–52.
- [5] Tardieu G, Shentoub S, Delarue R. Research on a technic for measurement of spasticity [in French]. *Rev Neurol (Paris)* 1954;9:143–144.
- [6] Gracies JM, Burke K, Clegg NJ, et al. Reliability of the Tardieu scale for assessing spasticity in children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:421–428.
- [7] Buffenoir K, Decq P, Lefaucheur JP. Interest of peripheral anesthetic blocks as a diagnosis and prognosis tool in patients with spastic equinus foot: a clinical and electrophysiological study of the effect of block of nerve branches to the triceps surae muscle. *Clin Neurophysiol* 2005;116: 1596–1600.
- [8] Hodgkinson I, Sindou M. Decision-making for treatment of disabling spasticity in children. *Oper Tech Neurosurg* 2005;7:120–123.
- [9] Sindou MP, Simon F, Mertens P, Decq P. Selective peripheral neurectomy (SPN) for spasticity in childhood. *Childs Nerv Syst* 2007;23:957–970.
- [10] Stoffel A. The treatment of spastic contractures. *Am J Orthop Surg* 1912;10:611–644.
- [11] Brunelli G, Brunelli F. Partial selective denervation in spastic palsies (hyponeurotization). *Microsurgery*. 1983;4:221–224.
- [12] Leclercq C and Gras M. Hyperselective neurectomy in the treatment of the spastic upper limb. *Phys Med Rehabil Int* 2016;3:1075.
- [13] Cambon-Binder A, Leclercq C. Anatomical study of the musculocutaneous nerve branching pattern: application for selective neurectomy in the treatment of elbow flexors spasticity. *Surg Radiol Anat* 2015;37:341–348.
- [14] Paulos R, Leclercq C. Motor branches of the ulnar nerve to the forearm: an anatomical study and guidelines for selective neurectomy. *Surg Radiol Anat* 2015;37:1043–1048.
- [15] Part C, Leclercq C. Anatomical study of the motor branches of the median nerve to the forearm and guidelines for selective neurectomy. *Surg Radiol Anat* 2016;38: 597–604.
- [16] Bini N, Leclercq C. Anatomical study of the deep branch of the ulnar nerve and application to selective neurectomy in the treatment of spasticity of the first webspace. *Surg Radiol Anat* 2020;42:253–258.
- [17] Reddy S, Puligopu AK, Purohit AK. Results of selective motor fasciculotomy in spastic upper limbs due to cerebral palsy (a review of 30 children and adults). *Indian J Cereb Palsy* 2015;1:21–27.
- [18] Decq P, Shin M, Carrillo-Ruiz J. Surgery in the peripheral nerves for lower limb spasticity. *Oper Tech Neurosurg* 2005;7:136–140.
- [19] Puligopu AK, Purohit AK. Outcome of selective motor fasciculotomy in the treatment of upper limb spasticity. *J Pediatr Neurosci* 2011;6:S118–S125.
- [20] Sitthinamsuwan B, Chanvanitkulchai K, Phonwijit L, Nunta-Aree S, Kumthornthip W, Ploypetch T. Surgical outcomes of microsurgical selective peripheral neurectomy for intractable limb spasticity. *Stereotact Funct Neurosurg* 2013;91: 248–257.

- [21] Leclercq C, Perruisseau-Carrier A, Gras M, Panciera P, Fulchignoni C, Fulchignoni M. Hyperselective neurectomy for the treatment of upper limb spasticity in adults and children: a prospective study. *J Hand Surg E* 2021;46:708–716.
- [22] Maarrawi J, Mertens P, Luaute 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.
- [23] Buffenoir K, Rigoard P, Ferrand-Sorbets S, Lapierre F. Retrospective study of the long-term results of selective peripheral neurotomy for the treatment of spastic upper limb[in French]. *Neurochirurgie* 2009;55:S150–S160.
- [24] Shin DK, Jung YJ, Hong JC, Kim MS, Kim SH. Selective musculocutaneous neurotomy for spastic elbow. *J Korean Neurosurg Soc* 2010;48:236–239.
- [25] Kwak KW, Kim MS, Chang CH, Kim SW, Kim SH. Surgical results of selective median neurotomy for wrist and finger spasticity. *J Korean Neurosurg Soc* 2011;50:95–98.
- [26] Yong LY, Wong CHL, Gaston M, Lam WL. The role of selective peripheral neurectomy in the treatment of upper limb spasticity. *J Hand Surg Asian Pac* 2018;23:181–191.

