

# MONITORIZACIÓN NEUROFISIOLÓGICA INTRAOPERATORIA EN CIRUGÍA DE PIE Y TOBILLO

Mario Herrera Pérez<sup>1</sup>, Pedro Pérez Lorensu<sup>2</sup>, Francisco Márquez Marfil<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología B;

<sup>2</sup> Servicio de Neurofisiología.

Hospital Universitario de Canarias. La Laguna (Tenerife)

El schwannoma o neurinoma benigno es la tumoración más frecuente de los nervios periféricos; el diagnóstico es generalmente sencillo, y el tratamiento definitivo consiste en la exéresis de la tumoración preservando la funcionalidad nerviosa. En los miembros se presenta generalmente como una masa dolorosa a la palpación, con signo de Tinel positivo y sin déficit neurológico en el momento del diagnóstico. La monitorización neurofisiológica intraoperatoria ha experimentado un espectacular desarrollo en los últimos 30 años, particularmente en campos como la neurocirugía y la cirugía del raquis. Se ha constituido en una herramienta útil en la prevención del daño neurológico. Decidimos realizar esta técnica en el campo de la cirugía de nervio periférico, particularmente en tumores neurogénicos, con unos buenos resultados preliminares. Describimos la utilidad de esta técnica en cirugía de nervio periférico en pie y tobillo, y la experiencia de nuestro centro.

**PALABRAS CLAVE:** Schwannoma. Neurinoma. Monitorización neurofisiológica intraoperatoria.

**INTRAOPERATIVE NEUROPHYSIOLOGICAL MONITORING IN THE FOOT AND ANKLE SURGERY:** Benign schwannoma is the most common tumour of peripheral nerves; the diagnosis is usually straightforward, and proper treatment is excision while preserving nerve function. In the limbs, the tumour usually presents as a mass which is painful to pressure, with a positive Tinel's sign and without neurological deficit in the moment of the diagnosis. Intraoperative neurophysiological monitoring has experienced a huge growth in the last 30 years, especially in neurosurgery and spine surgery. It's been accepted as a valuable tool that prevents neurological damage. We decide to perform this technique in the field of peripheral nerve surgery, particularly in nerve tumors, with good preliminary results. We describe this helpful technique in the foot and ankle surgery, and our own experience.

**KEY WORDS:** Schwannoma. Neurinoma. Intraoperative neurophysiological monitoring.

## INTRODUCCIÓN

El schwannoma, también llamado neurilemoma, neurolemoma o neurinoma, constituye aproximadamente el 5% de las neoplasias benignas de los tejidos blandos y es el tumor más frecuente de los nervios periféricos<sup>(1,2)</sup>. Deriva de las células de Schwann en la vecindad de un nervio periférico y su transformación maligna es excepcional<sup>(3,4)</sup>.

Afecta más frecuentemente a la cabeza (sobre todo al VIII par craneal), al cuello y, con menor frecuencia, a las extremidades, presentándose en la superficie flexora de las mismas (especialmente en los nervios cubital y peroneo). Es igualmente frecuente en ambos sexos y afecta a adultos de entre 20 y 40 años de edad<sup>(1)</sup>.

### Correspondencia:

Dr. Mario Herrera Pérez

Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología B.

Hospital Universitario de Canarias. La Laguna (Tenerife)

Correo-e: herrera42@gmail.com

Fecha de recepción: 08/10/08

En los miembros se presenta como una tumoración única, solitaria, menor de 5 cm en el momento del diagnóstico, de crecimiento lento, móvil a la palpación en el sentido latero-lateral pero no en el sentido del eje longitudinal, y generalmente asintomática, si bien es dolorosa a la palpación. Puede presentar dolor espontáneo en casos de aumento de tamaño reciente. El signo de Tinel (la percusión del tumor produce parestesias dolorosas en el territorio del nervio afectado) es frecuente, salvo en localizaciones muy profundas, y algunos autores lo consideran el signo clínico aislado de mayor utilidad en el diagnóstico<sup>(2)</sup>. El déficit neurológico sensitivo o motor es extremadamente raro, salvo en casos de crecimiento en un compartimento estrecho o cuando se lesiona de forma iatrogénica durante la toma de biopsia o intentos de exéresis. Ante la aparición de una tumoración de más de 5 cm, profunda, con dolor espontáneo y una pérdida precoz de la funcionalidad, debemos pensar en una malignización, mientras no se demuestre lo contrario<sup>(1,3,4)</sup>. Las formas múltiples suelen asociarse a la neurofibromatosis o enfermedad de Von Recklinghausen<sup>(2)</sup>.

Desde el punto de vista macroscópico es de morfología fusiforme y habitualmente se sitúa excéntrico en relación con el eje del nervio; está envuelto por una verdadera cápsula muy vascularizada a modo de redes capilares tortuosas formada por el perineuro del nervio de origen rodeado por una condensación de las capas más profundas del epineuro. La presencia de esta cápsula verdadera permite la escisión del tumor sin dañar el nervio de origen. Desde el punto de vista microscópico, presenta áreas celulares (Antoni A) y áreas hipocelulares (Antoni B), de alto contenido mixoide, lo que se correlaciona con su aspecto imagenológico, y muestra una tinción uniformemente positiva para la proteína S-100, que resulta útil en su diagnóstico definitivo<sup>(3,5)</sup>.

Su diagnóstico es principalmente clínico, hoy en día ayudado de manera fundamental por estudios de resonancia magnética nuclear (RMN), que muestran generalmente una masa sólida, vascularizada y heterogénea, excéntrica al eje del nervio principal. La ecografía, no obstante, puede ser la primera prueba de imagen a realizar tras la exploración física, si bien es más dependiente de la experiencia del radiólogo que la RMN. Ecográficamente, produce un aspecto patognomónico caracterizado por una masa sólida, fusiforme, hipocogénica, bien definida y excéntrica al eje del nervio.

Debido a su fácil diagnóstico clínico e imagenológico, debería evitarse la práctica de biopsia por la posibilidad de daño iatrogénico de las estructuras nerviosas, si bien resulta esencial en aquellos casos en los que el diagnóstico es dudoso, siendo preferible el método de punción-aspiración por aguja fina (PAAF) a pesar de sus deficiencias<sup>(1)</sup>, y siempre debería realizarse en el centro donde se va a llevar a cabo el tratamiento integral del paciente.

El tratamiento es la exéresis de la lesión respetando el nervio de origen, motivo por el cual consideramos que la monitorización neurofisiológica intraoperatoria resulta crucial en este tipo de cirugía<sup>(1,2,6)</sup>.

Los **estudios de monitorización intraoperatoria (IOM)** durante la cirugía de los nervios periféricos son de gran valor, y proporcionan una información básica y en tiempo real al equipo quirúrgico<sup>(7)</sup>. Se llevan realizando desde mediados de los años setenta del siglo pasado.

Generalmente, las intenciones en este tipo de cirugía son la restauración funcional y la eliminación del dolor<sup>(8)</sup>. Las utilidades de los estudios IOM de los nervios periféricos son las siguientes<sup>(9)</sup>:

- Identificar los propios nervios periféricos.
- Localizar lesiones preexistentes a lo largo del recorrido del nervio.
- Determinar si existe continuidad a través de una lesión nerviosa.
- Determinar si existe una avulsión de raíces.

- Identificar las dianas de biopsia nerviosa.
- Monitorizar y prevenir los daños a nervios sanos durante la cirugía.

## CUESTIONES A TENER EN CUENTA

- La disminución de la temperatura durante el proceso quirúrgico es algo difícil de evitar, por lo que hay que tener en cuenta los efectos de dicha bajada de temperatura, ya que, con la disminución de la misma, disminuyen las velocidades de conducción nerviosa.
- La disminución de la tensión arterial durante la cirugía reduce las amplitudes de los potenciales evocados somatosensoriales (PESS) y de los potenciales evocados motores (PEM).
- La isquemia periférica, provocada por el uso de maniquitos de presión, afecta a las respuestas nerviosas por alteración de los *vasa nervorum*, lo que puede bloquear las respuestas nerviosas<sup>(10)</sup>. Si un torniquete se encuentra colocado durante más de 60 minutos, debe retirarse al menos 20-30 minutos antes de que comiencen los estudios IOM<sup>(7)</sup>.
- La **anestesia** tiene efecto en los estudios IOM al alterar la excitabilidad cortical. Además, debemos tener en cuenta el efecto de los agentes bloqueantes neuromusculares.

## TÉCNICA DE EXPLORACIÓN

- Durante el proceso quirúrgico la exploración se realiza directamente sobre el nervio expuesto.
- La estimulación bipolar provoca menor dispersión de la corriente y, por lo tanto, es preferible utilizar esta técnica. En caso de no poder realizar una estimulación bipolar, se intentará realizar una monopolar con el cátodo sobre el nervio y el ánodo en una superficie inerte a una cierta distancia.
- El electrodo de estimulación bipolar (se prefieren los electrodos de gancho) sostenido por el cirujano se coloca sobre la superficie del nervio con el electrodo activo dirigido hacia los electrodos de recogida<sup>(9)</sup>. La distancia entre los polos de este electrodo bipolar generalmente es de 3-4 mm, aunque depende en gran medida del tamaño del nervio, ya que con nervios de gran tamaño pueden ser necesarias distancias entre polos cercanas a los 7 mm<sup>(7)</sup>.
- Durante la estimulación se sugiere elevar el nervio con respecto al campo quirúrgico para evitar el contacto con los fluidos (sangre, suero...), que reducen la intensidad del estímulo recibido por el nervio.
- Se debe tener en cuenta que una estimulación excesiva aumenta la intensidad del estímulo, lo que puede llegar a ser un gran problema si la distancia entre el electrodo de estimulación y el de recogida es corta.

- Generalmente la duración del estímulo se sitúa entre 0,05 y 0,1 ms con pulso cuadrado<sup>(7)</sup>, y no es necesaria una intensidad superior a 1-5 mA para producir una despolarización del nervio y evocar una respuesta supramaximal. En los nervios dañados, es necesario estimular con intensidades superiores para poder evocar una respuesta (del orden de 20-25 mA o 25-50 V)<sup>(11)</sup>. Esto provoca un aumento en el artefacto de estímulo que puede interferir con la recogida de la respuesta.

- El **potencial de acción nervioso (NAP)** es un potencial eléctrico que se genera y viaja a través de las fibras nerviosas tras ser éstas estimuladas por encima de su umbral fisiológica o eléctricamente<sup>(11)</sup>. Se puede recoger tanto en el conjunto del nervio como en sus diferentes fascículos<sup>(8)</sup>.

- La distancia entre los electrodos de estimulación y recogida debe ser superior a 4 cm<sup>(7,11)</sup>.

- El electrodo de recogida también debe ser bipolar, con una distancia entre los electrodos de 3-5 mm (con el electrodo activo colocado más cercano al cátodo del estimulador), con una mayor separación entre los mismos si existe una gran distancia entre el estimulador y el receptor.

- El electrodo de tierra se puede colocar en la superficie de la piel del paciente, separado de la tierra del bisturí eléctrico<sup>(7)</sup>.

- Los filtros necesarios para obtener la respuesta del NAP se sitúan entre 5 y 10 Hz el de baja frecuencia, y entre 2 y 3 KHz el de alta frecuencia<sup>(11)</sup>.

- La amplitud del NAP es generalmente baja, de unos 100  $\mu$ V, por lo que la ganancia se sitúa entre los 20 y los 50  $\mu$ V por división. Es precisa la promediación de las respuestas para poder realizar una evaluación (generalmente son necesarios menos de 10 estímulos).

- La latencia de la respuesta depende, por supuesto, de la distancia entre el electrodo de estimulación y el de recogida. Aceptando una velocidad de conducción de 50 m/s, situamos 1 ms por cada 5 cm de distancia de nervio, por lo que el barrido debe estar en 0,5 y 1 ms por división, y aumentar a 2 ms si la distancia entre ambos electrodos es grande.

- Puesto que el propósito principal de los estudios de conducción nerviosa es valorar la integridad del nervio o su continuidad funcional o determinar la localización de una lesión nerviosa periférica, los electrodos de estimulación y de recepción deben colocarse a ambos lados de esa lesión.

- Cuando lo que se valora es la continuidad del nervio, debemos tener en cuenta que la presencia de unas pocas fibras nerviosas mielinizadas de gran tamaño (sobre las 4.000) puede evocar un NAP de características normales.

- El proceso de estudio de un nervio periférico comienza con la estimulación y recepción del NAP en un lugar proximal a la región del nervio dañada, lo que permite valorar la técnica (deben evocarse respuestas normales)<sup>(7)</sup>. Posterior-

mente se sitúan los electrodos a ambos lados de la lesión para valorar la continuidad nerviosa.

## MONITORIZACIÓN INTRAOPERATORIA EN LA PATOLOGÍA DE NERVIOS PERIFÉRICOS

La decisión quirúrgica en las lesiones de nervio periférico se basa en la determinación de la continuidad de la función nerviosa a lo largo de una lesión del mismo (comprobar si existe continuidad).

La presencia del NAP a lo largo de una lesión es la técnica *gold standard*, e indica que existe continuidad nerviosa o reinervación colateral (aunque los estudios neurofisiológicos preoperatorios y la clínica sugieran lo contrario)<sup>(7,10)</sup> y, por lo tanto, los procedimientos quirúrgicos deben limitarse a la neurectomía (liberación de adherencias del nervio) de la lesión en continuidad<sup>(8)</sup>.

Primero se evoca la respuesta con los electrodos de estimulación y recogida proximalmente a la lesión, y luego se intenta obtener una respuesta a lo largo de la lesión.

Las lesiones a lo largo de las cuales no se transmite el NAP tras una evolución de 3-4 meses se considera que no tienen posibilidad de recuperación espontánea y deben ser intervenidas mediante injerto o transferencia nerviosa<sup>(7,11)</sup>.

En el caso de los **tumores de nervio periférico**<sup>(8)</sup>, el uso de los NAP puede detectar el nervio periférico en los lugares donde la arquitectura o anatomía es confusa, identificar los fascículos funcionales y, en la medida de lo posible, protegerlos<sup>(7)</sup>.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Con la experiencia acumulada por el Servicio de Neurofisiología y los excelentes resultados obtenidos mediante IOM en neurocirugía y cirugía de raquis en nuestro centro, la estrecha colaboración entre dicho servicio y el Servicio de COT nos ha permitido desarrollar la monitorización intraoperatoria en 8 pacientes con cirugía de nervio periférico. A partir del año 2006 se ha introducido dicha técnica en la cirugía del pie y tobillo con unos resultados clínicos muy satisfactorios.

## CASOS CLÍNICOS ILUSTRATIVOS

- Hombre de 35 años de edad con clínica de paresia del nervio ciático poplíteo externo (CPE) de 3 semanas de evolución. A la exploración se identifica tumoración bien definida distal a la cabeza del peroné, con signo de Tinel positivo. Los estudios de neurofisiología muestran lesión a nivel del nervio CPE, y los estudios de imagen describen una lesión fusiforme bien definida. La intervención quirúrgica mostró una tumoración neurogénica adherida al CPE

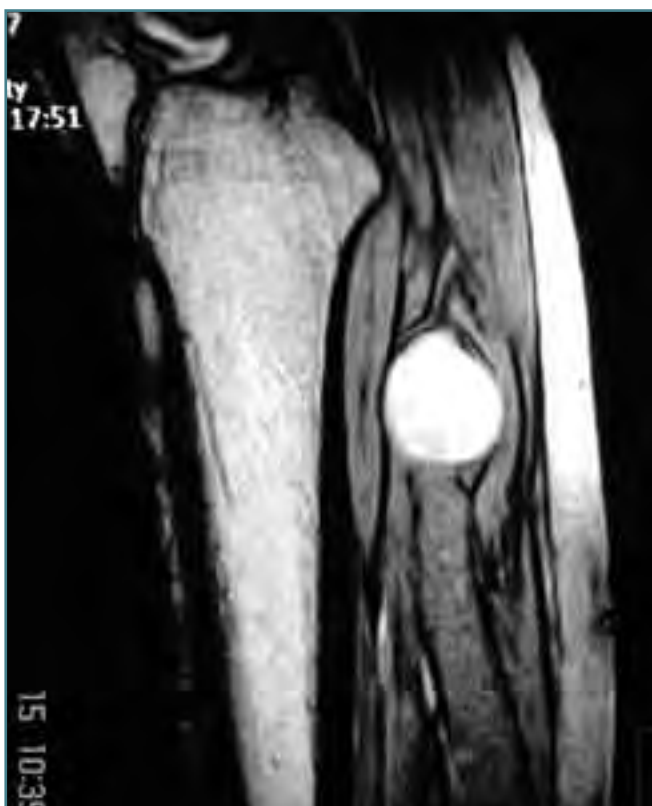


**Figuras 1 y 2.** Neurinoma del ciático poplíteo externo intervenido en nuestro centro, antes y después de la intervención.

**Figures 1 y 2.** Neurinoma of the external popliteal sciatic nerve operated at our Centre, before and after surgery.

pero con un buen plano de separación, cuyos fascículos proximal y distal eran no funcionantes (Figuras 1 y 2). Se procedió a la exéresis de la misma bajo control neurofisiológico intraoperatorio. El paciente evolucionó sin incidencias y a los 3 meses de la intervención presentaba una recuperación casi completa de la paresia, y únicamente persistía hipoestesia en el dorso del pie.

- Mujer de 42 años de edad que acude por presentar tumoración fusiforme en región gemelar interna de reciente crecimiento y que se ha vuelto dolorosa. A la exploración se aprecia una tumoración en región gemelar interna, profunda, móvil, de unos 3-4 cm de diámetro, con signo de Tinel negativo y ausencia de déficit neurológico. Se realiza estudio de conducción nerviosa previo a la cirugía, con resultado



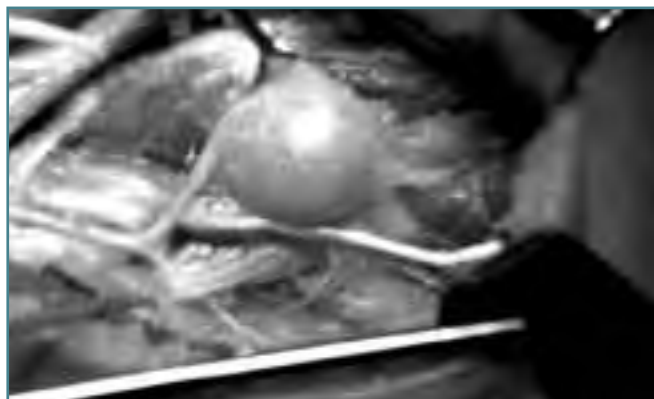
**Figura 3.** RMN que muestra una lesión redondeada próxima al tibial posterior.

**Figure 3.** MR image showing a rounded lesion close to the tibialis posterior nerve.



**Figura 4.** Tumoración de aspecto neurogénico bien vascularizada bajo el gemelo interno.

**Figure 4.** Well-vascularised mass of neurogenic aspect below the internal gastrocnemius.



**Figura 5.** Identificación del tibial posterior y ciático poplíteo externo (vessel-loop) y schwannoma bien delimitado en rama superficial sensitiva procedente del tibial posterior.

**Figure 5.** Identification of the N. tibialis posterior and external popliteal sciatic nerve (vessel loop) and well circumscribed schwannoma in the superficial sensorial branch of the N. tibialis posterior.

normal. La RMN realizada muestra una lesión de morfología oval, bien delimitada, de 4 cm de diámetro mayor, próxima al nervio tibial posterior pero separada de éste (**Figura 3**). Con el diagnóstico de schwannoma del nervio tibial posterior, se contacta con el Servicio de Neurofisiología para el estudio de la conducción intraoperatorio. Al realizar la intervención se evidencia la masa tumoral bien diferenciada del tronco principal del nervio tibial posterior (**Figuras 4 y 5**), y se demuestra la no conducción de sus ramas proximal y distal; así, de este modo, se identifican con electrodos las ramas nerviosas antes de proceder a su exéresis, con la seguridad de mantener la integridad del tronco principal y no seccionar ninguna rama importante. El resultado del estudio histológico fue de schwannoma benigno, y la paciente presentó únicamente una pequeña zona de hipoestesia en el gemelo interno que ha cedido a los 3 meses, y se encuentra asintomática en el momento actual.

## CONCLUSIONES

El diagnóstico del schwannoma benigno de nervio periférico es generalmente sencillo y se basa fundamentalmente en la presencia de una masa dolorosa a la palpación, movilizable en el sentido latero-lateral, con signo de Tinel positivo y con estudio de imagen por RMN bastante característico. Una vez llegado al diagnóstico de schwannoma, el tratamiento definitivo debe basarse en la exéresis cuidadosa evitando dañar el nervio principal vecino.

Con el desarrollo de las modernas técnicas de IOM de la conducción nerviosa, podemos saber, a tiempo real y estimu-

lando directamente las estructuras neurales, la funcionalidad de las principales ramas nerviosas afectadas por dicha tumoración y tener la seguridad casi absoluta de que no afectaremos a la funcionalidad del nervio ni, por tanto, a la del miembro intervenido. Con el advenimiento de dichas técnicas de monitorización, y como ya está sucediendo en neurocirugía y cirugía de raquis, no estamos lejos de la necesidad, no sólo desde el punto de vista terapéutico sino también médico-legal, de utilizar estas herramientas diagnósticas en nuestros pacientes para evitar lesiones iatrogénicas.

Consideramos, por todo lo dicho, la monitorización neurofisiológica intraoperatoria como una herramienta diagnóstica fundamental en la cirugía de nervio periférico y, por esta razón, se ha implantado en nuestro centro la colaboración entre ambos servicios (Servicio de Neurofisiología y Servicio de COT) para la programación de cirugías de este tipo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Knight DMA, Birch R, Pringue J. Benign solitary schwannomas. A review of 234 cases. *J Bone Joint Surg (Br)* 2007; 89-B: 382-7.
2. Nawabi DH, Sinisi M. Schwannoma of the posterior tibial nerve. The problem of delay in diagnosis. *J Bone Joint Surg (Br)* 2007; 89-B: 814-6.
3. Enzinger FM, Weiss SW. Malignant tumours of peripheral nerves. En: *Soft tissue tumours*. 2nd ed. Philadelphia: Mosby; 1988. p. 781-2.
4. Woodruff JM, Selig AM, Crowley K, Allen PW. Schwannoma (neurilemoma) with malignant transformation: a rare distinctive peripheral nerve tumour. *Am J Surg Pathol* 1994; 18: 882-95.
5. Giannini C. Tumors and tumor-like conditions of peripheral nerves. En: Dyck PJ, Thomas PK (eds.). *Peripheral Neuropathy*. 4th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2005: 2585-606.
6. Smith W, Amis J. Neurilemmoma of the tibial nerve: a case report. *J Bone and Joint Surg (Am)* 1992; 74-A: 443-4.
7. Crum BA, Strommen JA. Peripheral nerve stimulation and monitoring during operative procedures. *Muscle Nerve* 2007; 35: 159-70.
8. Spinner RJ, Kline DG. Surgery for peripheral nerve and brachial plexus injuries or other nerve lesions. *Muscle Nerve* 2000; 23: 680-95.
9. Slimp JC. Intraoperative monitoring of nerve repairs. *Hand Clinics* 2000; 16: 25-36.
10. Holland NR. Intraoperative electromyography. *Journal of Clinical Neurophysiology* 2002; 19: 444-53.
11. Janik JD, Sloan T. Electrophysiologic monitoring in neurosurgery. *Anesthesiology Clinics* 2007; 25: 605-30.