

# Manual de procedimientos en electromiografía y electroneurografía

## RESUMEN

El objetivo de este artículo es realizar un manual que sirva como guía para aquellos enfermeros que se inicien en el estudio y posterior desarrollo de las pruebas funcionales neurofisiológicas.

## PALABRAS CLAVE

Electromiografía, Electroneurografía, Potenciales Evocados, Estimulación Repetitiva, Onda F y Reflejo H.

## Introducción

Se utiliza el término electromiografía (EMG) para referirse a todas las técnicas utilizadas en el estudio funcional del sistema neuromuscular. Su fundamento eléctrico se basa en la recepción de potenciales bioeléctricos por parte de unos aparatos de alto rendimiento. Estos potenciales son recogidos a través de electrodos (de superficie o de aguja), situados en un músculo o en un nervio. Por medio de cables, son enviados a unos amplificadores con sistema de depuración de filtrado, convirtiendo la señal de analógica en digital; se visualizan y se recoge el sonido de los potenciales, para ser estudiados.

La electromiografía es una prolongación de la exploración neurológica, por lo que no existe una estandarización de la misma. Partiendo de una hipótesis diagnóstica, se planifica el estudio a realizar, para confirmar o rechazar dicha hipótesis. Así mismo, y dependiendo de los hallazgos neurofisiológicos que vayan apareciendo, se puede ir modificando el estudio inicial y ampliarlo a otras técnicas.

Se trata de una prueba poco agresiva y con escasos efectos secundarios. Tan sólo hay que tener en cuenta 2 variantes que pueden imposibilitar la prueba: la existencia de marcapasos y la toma de anticoagulantes orales (Sintron®). En ambos, se deben seguir unos pasos protocolizados, previos a la realización del estudio. Existe un consentimiento informado, que el paciente o un familiar debe firmar antes de la prueba.

La duración de un estudio neurofisiológico es muy variable, pudiendo oscilar entre 30 minutos y 2 horas, dependiendo de la patología inicial a estudio, y de los hallazgos que se vayan produciendo, pudiendo implicar la alteración del planteamiento de inicio.

\*Enfermera. Pruebas Funcionales de Neurofisiología. Hospital Universitario Virgen de la Victoria. Málaga.

## Actuación de la enfermera en EMG

- Preparar al paciente, explicando el tipo de prueba, acomodándolo, pasando a la firma el consentimiento informado.
- Realizar estudios de conducción nerviosa bajo supervisión médica.
- Asistir en los estudios de EMG con aguja.
- Mantener a punto el equipamiento necesario.
- Realizar tareas administrativas.

## Técnicas neurofisiológicas más habituales

- Estudio de conducción nerviosa (ENG).
- Estudio de electromiografía (EMG).
- Estudio de respuestas tardías: Onda F y reflejo H.
- Estimulación repetitiva.
- Blink Reflex y Fibra aislada. No se describe, por ser una técnica compleja y con escasa participación de los técnicos.
- Potenciales evocados: visuales (PEV), auditivos (PEAT) y somatosensoriales (PESS) desde miembros superiores e inferiores.

## Indicaciones del estudio electromiográfico

- Diferenciación entre debilidad de origen central y periférico.
- Diferenciación entre debilidad de origen neurógeno y miógeno.
- Diferenciación entre radiculopatía y plexopatía
- Localización de la lesión y determinación del grado de afectación en las mononeuropatías.
- Diferenciación entre mononeuropatías múltiples y polineuropatías.
- Diferenciación entre neuropatías desmielinizantes y axonales.

- Evaluación pronóstica en las neuropatías.
- Trastornos de la unión neuromuscular.
- Identificación de signos de denervación, fasciculaciones y miotonía en músculos normales.
- Diferenciación entre calambre y contractura.

### Técnica del estudio de conducción nerviosa

El principio técnico del estudio de conducción nerviosa es la estimulación eléctrica de uno o varios puntos del nervio, y el registro de la respuesta evocada en el músculo, en el caso de conducción motora, y en el mismo nervio, si se trata de conducción sensitiva.

Para registrar la respuesta se utilizan 2 electrodos de superficie, en el que un electrodo es activo y el otro es referencial. Se ponen en contacto con el músculo o directamente con el nervio sensitivo. El electrodo activo tiene una localización proximal y el referencial, distal. Estos 2 electrodos hacen de receptores del estímulo que provocamos en el nervio correspondiente. Primero se prepara la piel, limpiándola con alcohol, hasta conseguir una buena adherencia. Los electrodos pueden ser autoadhesivos y de un solo uso, o los clásicos de cucharilla, que se adhieren mediante un gel conductor y esparadrapo.

El tipo de estimulación es bipolar; se emplea un electrodo activo (cátodo), que acumula cargas negativas, y otro referencial (ánodo), que acumula cargas positivas, creando así una corriente eléctrica entre ellos, que despolariza e hiperpolariza el nervio, por alteración de los canales del sodio, y genera un potencial que se propaga a través del mismo.

Dicho estímulo debe realizarse de forma creciente hasta asegurarnos un estímulo supramaximal, es decir, un 20% superior al que evoca un potencial de amplitud máxima. En cada paciente varía la intensidad del estímulo dependiendo de varios factores: grado de relajación, condiciones de la piel, edema, tejido adiposo, etc. Por ello, no podemos saber de antemano el número de estímulos que hay que emplear, ni su intensidad, y es necesario comunicárselo al paciente antes de iniciar la prueba, además de los procedimientos que se van a utilizar.

Los parámetros a estudiar en las conducciones nerviosas tanto motora como sensitivas son los siguientes:

- Latencia distal: tiempo transcurrido entre la estimulación y la aparición de la respuesta. Se denomina motora en los casos de nervios motores (LDM) y sensitiva en los nervios sensitivos (LDS). Se mide en ms.

- Velocidad: se expresa en m/s y refleja la celeridad o retardo con que se propaga el estímulo a través del nervio, desde la estimulación distal hasta la proximal en la conducción motora (VCM), y desde la estimulación distal hasta el nervio (VCS) en la conducción sensitiva.
- Características del potencial: forma, amplitud, duración y área.

### Técnica del estudio electromiográfico

Se puede realizar con electrodos de superficie una primera valoración, siempre que no se trate de una patología del músculo o que se sospeche actividad denervativa en el reposo muscular. Se estudia el máximo esfuerzo del músculo, solicitando al paciente oponer una fuerza contraria a la que el técnico le aplica, con el músculo correspondiente monitorizado.

Cuando se trate de un estudio más minucioso del músculo, se emplea el electrodo de aguja coaxial y lo realiza íntegramente el neurofisiólogo, por tratarse de una técnica muy compleja en cuanto a su interpretación y decisiva para el diagnóstico de determinadas patologías y/o localizaciones y grados de lesiones.

### Nervios y músculos más comúnmente examinados

En el miembro superior:

- Nervio mediano motor, con estimulación en la muñeca y la flexura del codo; registro en el músculo abductor corto del pulgar (Fotos 1 y 2).

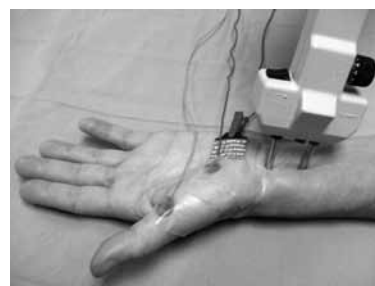


Foto 1. N. mediano motor. Estimulación distal.

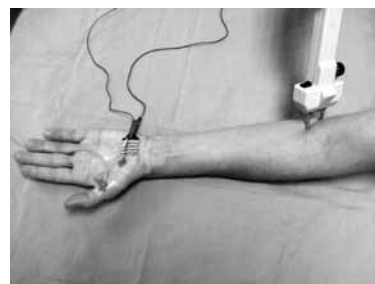
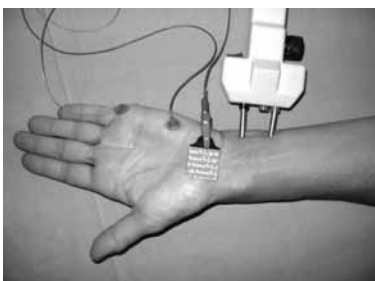
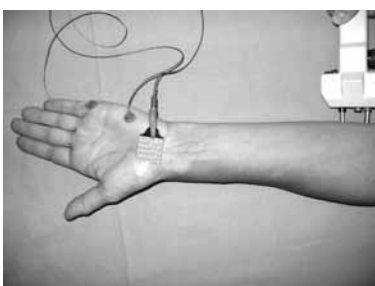


Foto 2. N. mediano motor. Estimulación proximal.

- Nervio cubital motor, con estimulación en muñeca y por debajo del codo; registro en el músculo abductor del meñique (Fotos 3 y 4)



**Foto 3.** N. cubital motor. Estimulación distal.

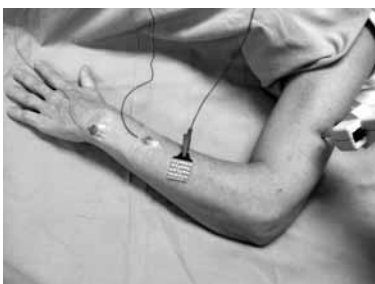


**Foto 4.** N. cubital motor. Estimulación proximal.

- Nervio radial motor, con estimulación en el antebrazo y el brazo; registro en el músculo extensor propio del índice (Fotos 5 y 6)

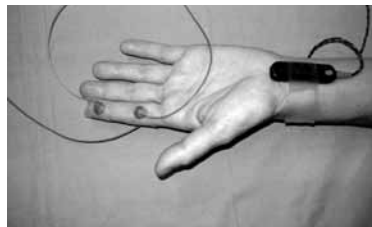


**Foto 5.** N. radial motor. Estimulación distal.

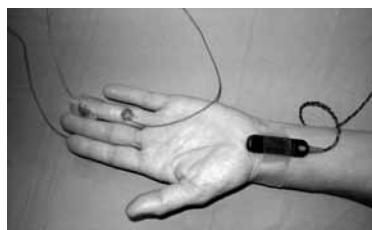


**Foto 6.** N. radial motor. Estimulación proximal.

- Nervio mediano sensitivo, con estimulación en la muñeca y registro en 1º-2º-3º y 4º dedos (Fotos 7 y 8)

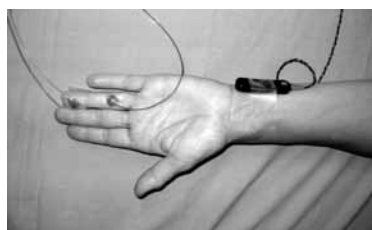


**Foto 7.** N. mediano sensitivo. Estimulación a 2º dedo.



**Foto 8.** N. mediano sensitivo. Estimulación a 4º dedo.

- Nervio cubital sensitivo, con estimulación en la muñeca y registro en 4º y 5º dedo (Fotos 9 y 10)

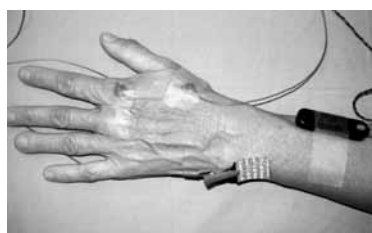


**Foto 9.** N. cubital sensitivo. Estimulación a 4º dedo.



**Foto 10.** N. cubital sensitivo. Estimulación a 5º dedo.

- Nervio radial sensitivo, con estimulación en el borde radial del antebrazo y registro en la base del primer dedo (Foto 11).



**Foto 11.** N. Radial sensitivo.

En el miembro inferior:

- Nervio peroneo común motor, con estimulación en la garganta del pie y en la cabeza del peroné y registro en el músculo extensor corto de los dedos (Foto 12 y 13).



Foto 12. N. peroneo común motor. Estimulación distal.

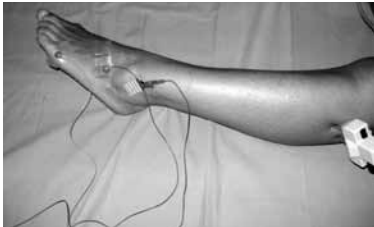


Foto 13. N. peroneo común motor. Estimulación proximal.

- Nervio tibial motor, con estimulación en el maleolo interno y en el hueco poplíteo; registro en el músculo abductor del primer dedo (Foto 14 y 15).



Foto 14. N. tibial. Estimulación distal.



Foto 15. N. tibial. Estimulación proximal.

- Nervio sural (sensitivo), con estimulación en la pantorrilla y registro bajo el maleolo externo (Foto 16).



Foto 16. N. sural.

- Existen otros músculos y nervios, correspondientes a territorios más proximales (brazos, espalda, pierna, muslo) que no se detallan, por ser estos más susceptibles de estudio con aguja coaxial y, por tanto, de exclusiva competencia del neurofisiólogo.

## Onda F y Reflejo H

Se denominan respuestas tardías, por tratarse de respuestas con una latencia más larga que la de la respuesta motora.

La onda F es un potencial de acción muscular compuesto que aparece de forma inconstante, al aplicar un estímulo supramaximal sobre un nervio motor. Éste se propaga en sentido proximal a través de los axones motores, activando una pequeña porción de las motoneuronas del asta anterior que inervan ese músculo. La latencia, amplitud y forma de la onda F que se obtiene, es muy variable, dependiendo de las motoneuronas activadas en cada estímulo.

Los nervios en los que se pueden evocar dichas respuestas son:

- En miembros superiores: nervio mediano y nervio cubital.
- En miembros inferiores: nervio tibial y nervio peroneo.

El punto de estimulación es el correspondiente a la estimulación distal de cada uno de ellos, con el electrodo activo del estimulador en sentido proximal.

El reflejo H es otra respuesta tardía, que representa un reflejo espinal, con el mismo significado que el reflejo aquileo.

En los adultos se evoca en los músculos gemelos, estimulando en el hueco poplíteo.

## Estimulación repetitiva

Ese utiliza para el estudio de las patologías de placa neuromuscular: miastenia y síndrome miasteniforme, según se trate de una alteración postsináptica o presináptica.

La técnica consiste en aplicar un estímulo de igual intensidad (supramaximal), 5 veces seguidas sobre un nervio, habitualmente el nervio espinal o accesorio y recoger la respuesta en músculo trapecio, o en nervio cubital y registrar en músculo abductor del meñique. Se indica al paciente que haga un máximo esfuerzo, encogiendo de hombros y oponiendo resistencia a la fuerza que le practica el técnico durante 40s, y se le vuelve a estimular, con la misma intensidad, otras 5 veces. Se deja en reposo durante 1 minuto, y se vuelve a estimular en idénticas condiciones. Por último, se deja otro minuto de reposo y se repite la estimulación.

Si se observa una disminución de las amplitudes por debajo del 10%, entre la 4ª y 5ª respuestas, se considera patológico, confirmando que existe un problema a nivel de la placa motora, es decir, en la unión entre el nervio y el músculo.

Antes de comenzar la prueba, se debe preguntar al paciente si toma medicación para dicha patología, pues se aconseja no tomarla el día de la prueba hasta la finalización de la misma.

### Potenciales evocados visuales

Se trata de un estudio que se utiliza para descartar patologías del nervio óptico. Su técnica es muy sencilla. Se coloca en la frente del paciente un electrodo de superficie pegado, que hace de tierra. En el vértex (punto medio de la cabeza), se sitúa el electrodo de referencia, siendo éste de aguja, al igual que el activo, que se coloca siguiendo la línea media y a 3-4 cm. de la prominencia occipital externa. Corresponde al área visual en el lóbulo occipital.

Se coloca un monitor a 50 cm de los ojos. Dicho monitor es un damero de cuadros alternantes, donde su centro contiene un punto que permanece inmóvil, al que debe mirar el paciente durante toda la prueba. Si el paciente utiliza gafas no tiene que quitárselas. La prueba se realiza de forma binocular y monocular, ocluyendo alternativamente los ojos.

El potencial registrado se denomina P100 (onda positiva a 100 ms). Cuanto más alargada sea la latencia P100 más patológica es la respuesta, lo que puede dar información sobre enfermedades desmielinizantes tipo esclerosis múltiple.

### Potenciales evocados auditivos

Se envía un estímulo acústico y se registran 5 ondas, generadas en distintos puntos de la vía auditiva, desde el nervio estato-acústico hasta el troncoencéfalo; se valoran las latencias de las ondas; si son prolongadas, sugieren la presencia de enfermedades desmielinizantes.

La técnica consiste en colocar un electrodo de superficie en la frente, que hace de tierra. En vértex se sitúa el punto de referencia con electrodo de aguja y en ambos mastoides se colocan los electrodos activos.

Se coloca al paciente unos auriculares que emiten un sonido repetitivo a 80 db, primero por el oído izquierdo y luego por el derecho.

### Potenciales somatosensoriales desde miembros superiores

Es la manifestación eléctrica de la respuesta cerebral y la vía somestésica a la aplicación de estímulos

eléctricos en las fibras aferentes sensitivas de los nervios periféricos.

En el caso de tratarse del miembro superior, se estimula el nervio mediano a nivel de la muñeca, a una intensidad de entre 20-40 mA, hasta que se manifieste un leve movimiento de alguno de los dedos. Se realiza primero el lado izquierdo y luego el derecho y una media de entre 250-500 estímulos, al menos 2 veces en cada lado, para contrastar la consistencia de las respuestas obtenidas.

El electrodo de tierra se sitúa en antebrazo. En la frente se coloca la referencia con electrodo de superficie. Los electrodos activos son de aguja, siendo su distribución: punto de Erb, columna cervical sobre C5 (situado en hueco supraclavicular, por encima de la clavícula), cortical (localizado a 3 cm. por debajo del vértex y 7 cm. a cada lado), coincidiendo este punto con el área parietal. Hay que tener en cuenta que al evocar el potencial de un lado, el electrodo cortical se sitúa en el lado contralateral. Es necesaria la utilización de 3 canales para los 3 electrodos activos.

### Potenciales somatosensoriales desde miembros inferiores

Se basa en el mismo principio de transmisión del impulso eléctrico a través de la vía somestésica y su respuesta cerebral correspondiente.

Habitualmente se estimula el nervio tibial a nivel del maléolo interno; el electrodo de tierra se localiza en el hueco poplíteo; el electrodo de referencia, en la frente, y el activo (aguja), en el vértex.

La intensidad varía entre 25-50 mA, hasta que el paciente inicie un ligero movimiento de algún dedo. Hay que hacer, como siempre, primero el lado izquierdo y luego el derecho.

Se recoge un potencial negativo a 22 ms (N22).

Tanto los PESS desde miembros superiores como los de miembros inferiores dan información de estructuras más proximales del sistema nervioso periférico, que son de difícil estudio a través de la EMG, así como de alteraciones mielopáticas cervicales y/o dorsales, respectivamente.

### Protocolos de estudios más comunes

#### SÍNDROME DEL TÚNEL DEL CARPO

Se trata de una patología muy habitual, consistente en el atrapamiento a nivel de la muñeca del nervio mediano.

Se estudia de forma bilateral: el músculo abductor corto del pulgar, el nervio mediano motor y el nervio mediano sensitivo a 4º dedo, que comparte inervación con

nervio cubital, haciéndose un análisis comparativo de ambos nervios sensitivos.

#### POLINEUROPATÍA

Afectación de nervios periféricos de diversa etiología: diabética, etílica, yatrogénica, hereditaria, etc.

En miembros superiores se estudia: músculo. abductor corto del pulgar, nervio mediano motor y sensitivo a 2º dedo. En la extremidad inferior se estudia: músculo. extensor corto de los dedos, nervio peroneo común motor, músculo abductor del primer dedo, nervio tibial y como nervio sensitivo se estudia el nervio sural. El estudio se suele hacer en un solo lado.

#### PLEXOPATÍA BRAQUIAL Y /O RADICULOPATÍAS DE MIEMBROS SUPERIORES

Patologías de las raíces cervico-dorsales y/o del plexo braquial, de etiología múltiple, que engloba causas traumática, infiltrativa, degenerativa, etc.

Habitualmente se estudian los nervios mediano, cubital y radial, tanto en sus componentes motor como sensitivo, para continuar después el estudio en sentido proximal, con aguja y, por parte del neurofisiólogo, de los músculos: bíceps, tríceps y deltoides. Otros músculos a estudiar son el trapecio, supraespinoso, infraespinoso, serrato, romboides,... dependiendo del nivel lesional a estudio.

#### PLEXOPATÍA LUMBOSACRA Y/O RADICULOPATÍAS DE MIEMBROS INFERIORES

Similares características que las de miembros superiores, pero en segmentos inferiores.

Se estudian los nervios peroneo, tibial y sural. Dependiendo del nivel de la lesión, se exploran (con aguja) los músculos: tibial anterior, gastronemio, vasto lateral, etc.

#### ENFERMEDAD DE MOTONEURONA

Son enfermedades neurodegenerativas, con afectación de las motoneuronas del sistema nervioso (corticales, bulbares y espinales), entre las que destacan: la esclerosis lateral amiotrófica (ELA), la atrofia espinal, la siringomielia, la poliomielitis.

Se realiza inicialmente un protocolo de polineuropatía, al que se le añade un estudio de respuestas tardías

(onda F) desde nervio cubital y nervio tibial. En ocasiones también se realiza un estudio del nervio cubital motor en segmentos, es decir, estimulando dicho nervio en muñeca, infracodo, supracodo y axila, para descartar bloqueos de conducción. Seguidamente, se realiza un amplio estudio electromiográfico con aguja coaxial, que incluye músculos distales y proximales de miembros superiores e inferiores.

#### MIOPATÍAS

Enfermedad con afectación del músculo esquelético y con pérdida de fibras musculares funcionantes en los músculos afectados.

Al igual que en otros estudios, se comienza con un protocolo de PNP, para descartar enfermedad neurógena, pasando luego a estudiarse con electrodo de aguja varios músculos e intentar hallar el patrón miógeno que se sospecha.

#### Precauciones

Como ya se ha comentado son pruebas poco agresivas y sin efectos secundarios, tan sólo tener en cuenta que el ser portador de marcapasos y el uso de anticoagulantes orales (Sintrón) impiden su realización, en cuyo caso es necesario una preparación previa.

La cumplimentación del consentimiento informado y su firma por parte del paciente o familiar y del médico, es necesaria para la realización de la prueba.

#### Conclusiones

Las pruebas neurofisiológicas son determinantes en la evaluación de pacientes con trastornos del sistema neuromuscular (sistema nervioso periférico, unión neuromuscular y músculo esquelético). También es muy útil en el estudio de pacientes con patologías del sistema nervioso central. En definitiva, la EMG y la ENG son indispensables en la evaluación neuromuscular.

#### Agradecimiento

A la Dra. Chamorro Muñoz, por su inestimable colaboración en el desarrollo de este trabajo.

#### Bibliografía

- Gutiérrez Rivas E.; Jiménez Fernández, M.D.; Pardo Fernández J.; Romero Acebal, M. Col: Chamorro Muñoz. Manual de electromiografía clínica 2ª edición. Ergón. Madrid. 2008.
- Gutiérrez Rivas E.; Jiménez Fernández, M. D.; Pardo Fernández J., Romero Acebal, M. Col: Chamorro Muñoz. Manual de electromiografía clínica. Prous Science. Barcelona 2000.
- Fernández Rodríguez JM. Electro-neurografía. Estudios de conducción nerviosa. En: Codina Puiggros. A. ed. Tratado de Neurología. Madrid: ELA; 1994.
- OH. SJ. Clinical electromyography nerve conduction studies. 2ª edición. Baltimore: Williams and Wikins; 1996.
- Preston DC Neuropatías distales del mediano. En: Logigian L. ed. Neuropatías por atrapamiento y otras focales. Neurología clínica (versión española) 1999.
- Kimura J. Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle. Principles and practice. 3ª edición. New York. Oxford University. Press; 2001.