

Electromedicina e Instrumentación Biomédica

Electromiografía y
Electroneurografía

@elracional



Contenido

Unidad V: Electrodo y Amplificadores

5.1 Principios básicos.

5.2 El Corazón: Electrocardiografía (ECG)

5.3 El Cerebro: Electroencefalografía (EEG)
y Potenciales Evocados.

5.4 Electromiografía (EMG)

5.5 Electroretinografía (ERG)

5.6 Otros potenciales

Objetivos

- *Describir los tipos de electrodos y de amplificadores comúnmente utilizados para recolectar los niveles de actividad eléctrica en el cuerpo humano.*
- *Diseñar y construir equipos para capturar los principales potenciales bioeléctricos del cuerpo humano.*

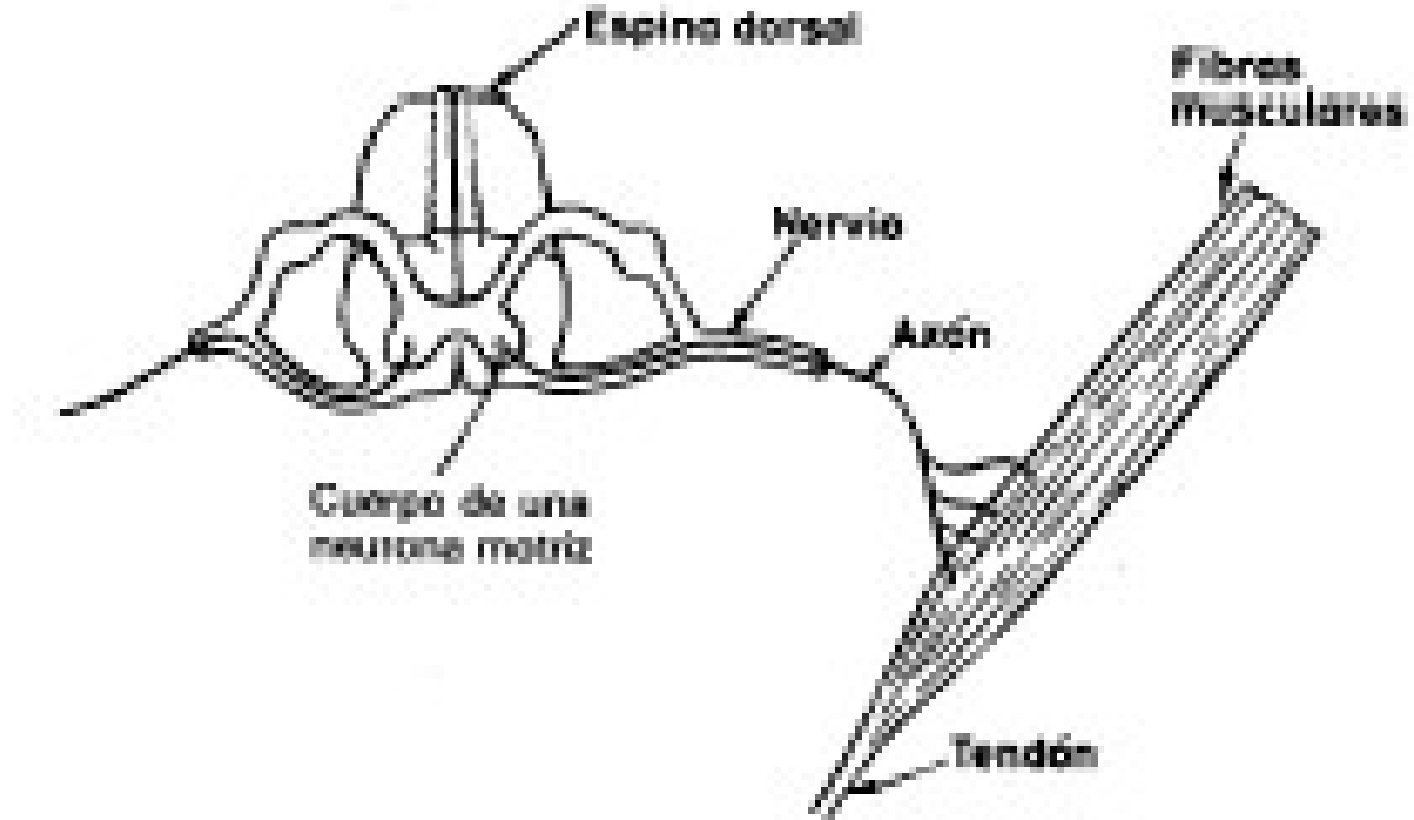
Biopotenciales

Tipo de señal	Amplitud típica	Ancho de Banda	Medida
ECG	0.1 - 1 mV	0.1 - 100 Hz	Superficial
EMG	10 μV - 1 mV	10 - 5000 Hz	Intramuscular
EEG	10 - 100 μ V	0.1 - 100 Hz	Superficial
EOG	0.1 - 1 mV	0.1 - 20 Hz	Superficial
Potencial intracelular	1 - 100 mV	200 Hz - 10 kHz	Microelectrodo
Respuesta galvánica de la piel	1 - 500 k Ω	0.1 - 5 Hz	Superficial
Resistencia basal de la piel.	10 k Ω - 1 M Ω	cc - 0.5 Hz	Superficial
Variaciones de impedancia eléct. del tejido.	10 m Ω - 1 Ω	cc - 20 Hz	Superficial

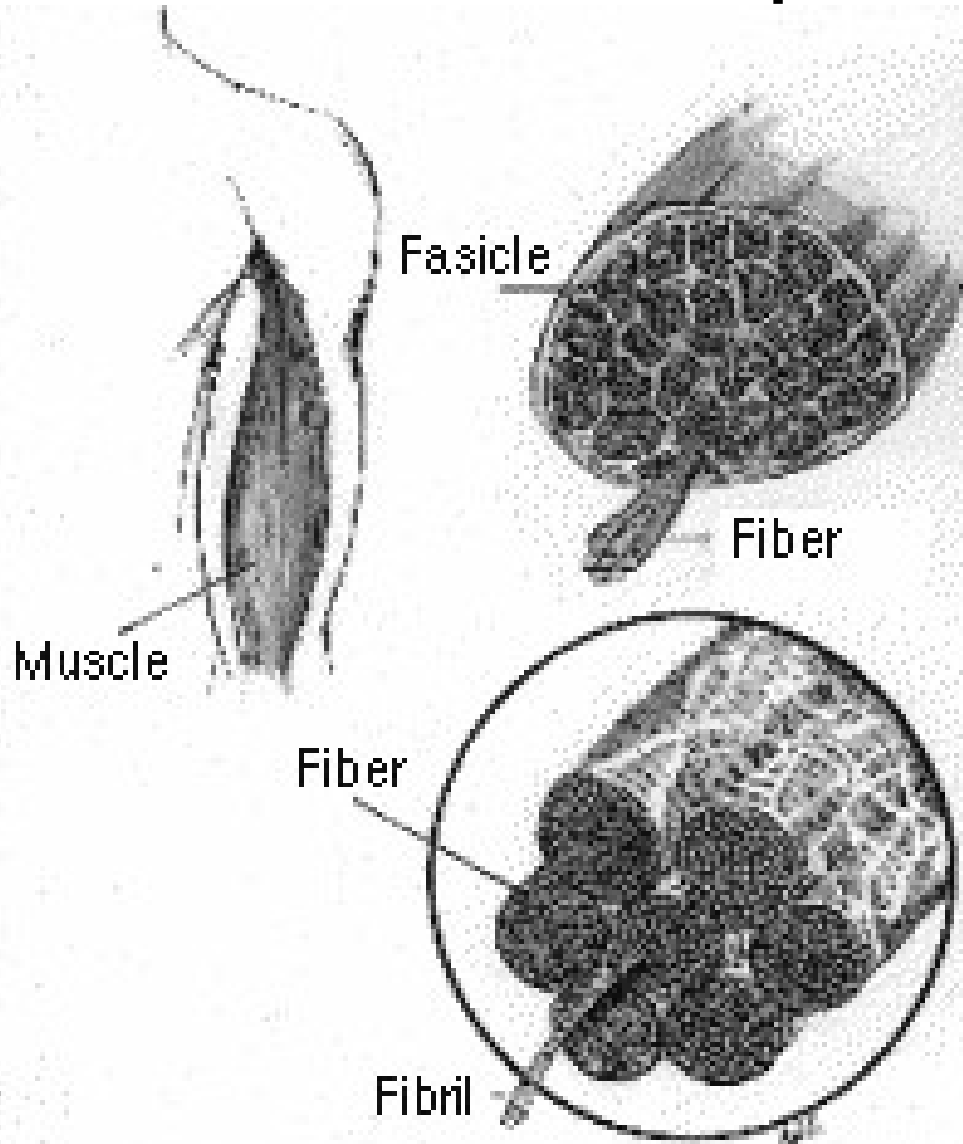
Electromiografía

- Es el estudio de la actividad eléctrica de los músculos del esqueleto. Proporciona información muy útil sobre su estado fisiológico y el de los nervios que los activan.
- Permite la localización, de parálisis musculares, del lugar de la lesión, que puede estar en el encéfalo, la médula espinal, el axón, la unión neuromuscular o las propias fibras musculares.
- El primer estudio en profundidad del *electromiograma* (EMG) fue llevado a cabo por Piper en 1912, quien registró potenciales durante la contracción voluntaria empleando electrodos de superficie y un galvanómetro de hilo.
- Posteriormente, en 1929, Adrian y Broke introdujeron el electrodo concéntrico de aguja que hizo posible, conjuntamente con el osciloscopio de rayos catódicos y los amplificadores electrónicos, el estudio de potenciales de acción de unidades motrices y de fibras únicas.

Diagrama de una unidad motora

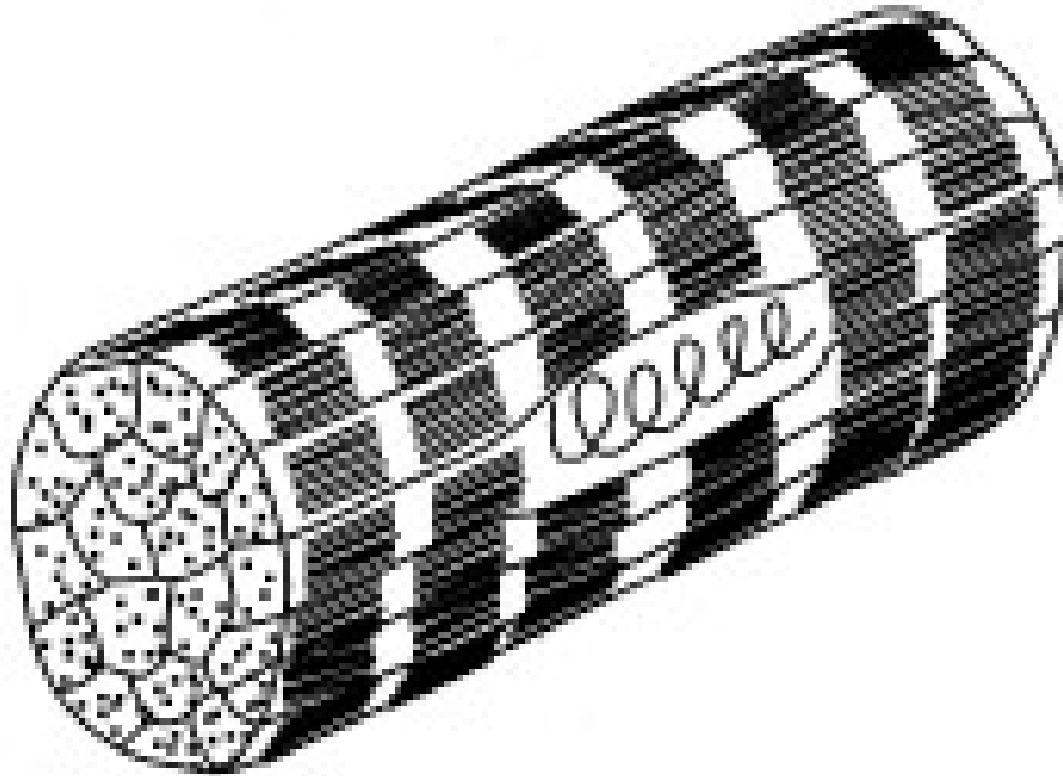


Componentes de un músculo esquelético

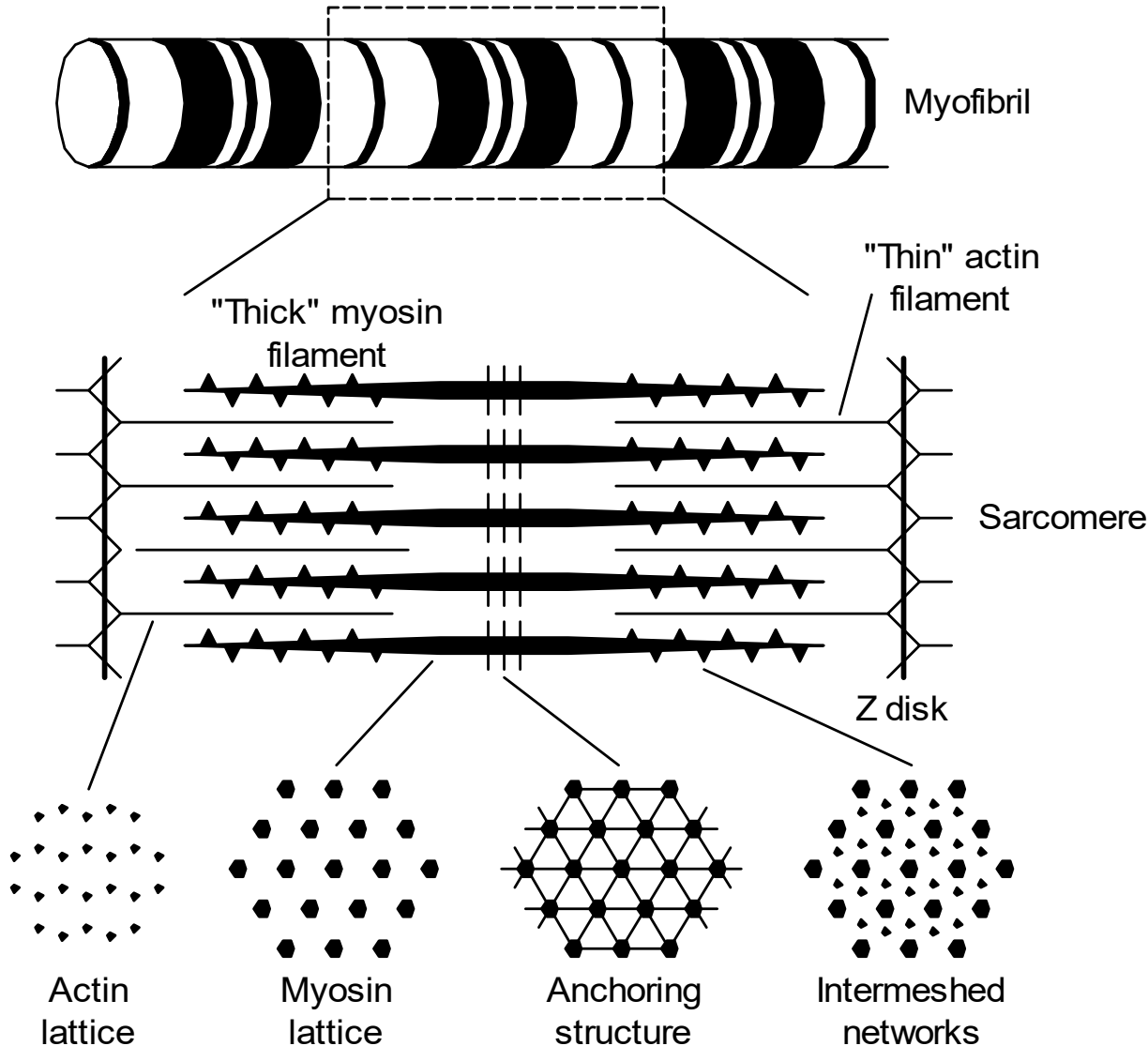


La miofibra es el mas pequeño sistema completamente contractil. Cada miofibra está integrada por muchas miofibrillas.

Segmento de un haz de fibrillas musculares mostrando un huso con la terminación sensitiva anulo espinal



Estructura de una miofibrilla



Cada miofibrilla contiene cerca de 1500 filamentos de miosina y 3000 filamentos de actina dispuestos en el patrón que se muestra.

La distancia entre los dos discos Z se conoce como sarcómero.

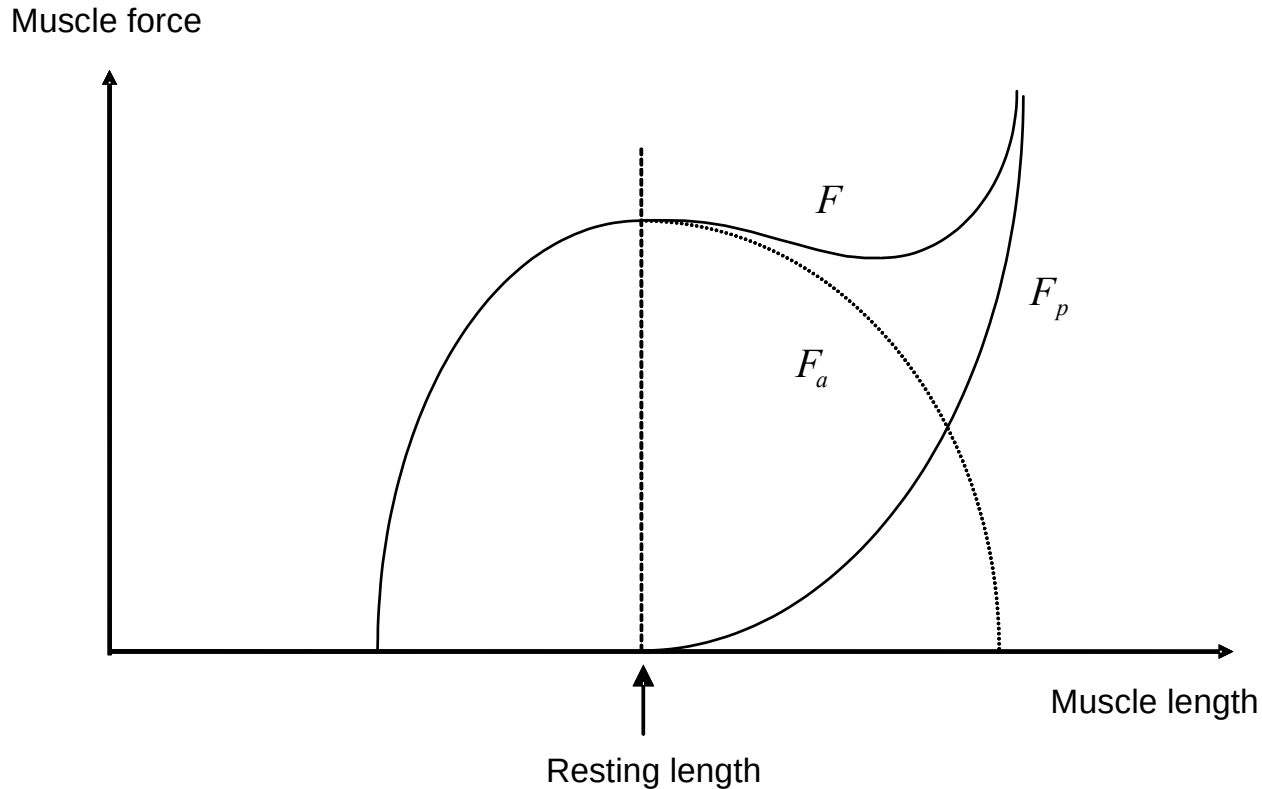
Durante la contracción muscular, los filamentos finos de actina se desplazan hacia el interior de los gruesos de miosina, acercando ambos discos Z, y en consecuencia, acortando el sarcómero.

El acortamiento de miles de sarcómeros en cada miofibrilla causa que ellas, las miofibras y el músculo completo se contraigan.

CUALIDADES DEL VALOR DIAGNOSTICO DEL EMG

- La Electromiografía (EMG) y las pruebas de conducción nerviosa constituyen los métodos de electrodiagnóstico más útiles en el estudio de la función motriz. Su valor diagnóstico presenta una serie de cualidades:
 - *Objetividad elevada*, especialmente si se hace uso de las técnicas electromiográficas de carácter cuantitativo.
 - *Precocidad en el diagnóstico*. Se manifiesta tanto en el *diagnóstico anatomopatológico*, señalando la magnitud de la lesión (compresión, sección afónica sección de nervio, ...), como en el *diagnóstico topográfico*, pudiendo, en muchas ocasiones, concretar el asiento de la afección (médula, raíz anterior, plexos nerviosos, troncos nerviosos, ...).
 - *Rapidez en el pronóstico*, dando cuenta de los primeros signos de regeneración nerviosa antes de cualquier manifestación clínica

Fuerza total de un músculo



F , is the sum of the active force, F_a , and the passive force, F_p . The active force results from voluntary contraction of the contractile elements of the muscle. The passive force results from elongation of the connective muscle tissue beyond its resting length. No passive force builds up when the muscle is at its resting length or less

Ejemplo de electrodos de aguja

(a) Monopolar needle with exposed pickup tip.

(b) Monopolar configuration with a pickup wire centrally located in a hypodermic needle.

(c) Bipolar configuration with two pickup wires in parallel with each other in a hypodermic needle.

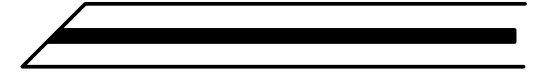
(d) Monopolar configuration with a wire exposed at the needle's side hole. This can be used to detect the activity of individual muscle fibers.

(e) Bipolar configuration with two wires exposed at the side hole of a hypodermic needle.

(a)



(b)



(c)



(d)



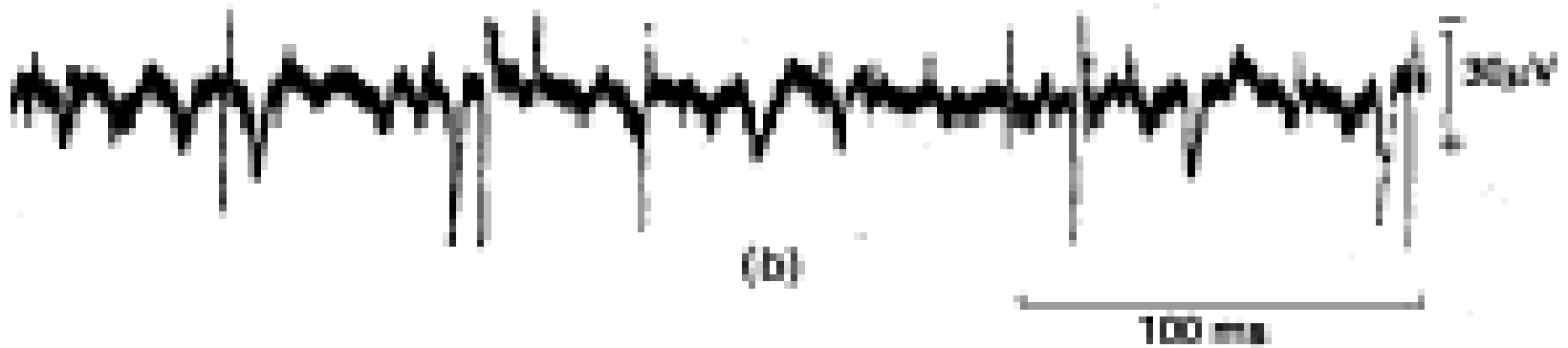
(e)



POTENCIALES CARACTERÍSTICOS EN EMG

- Pueden ser debidos a la actividad voluntaria o a la espontánea.
- La actividad de inserción es un tipo de actividad espontánea que se origina al penetrar el electrodo en el músculo y que dura, en sujetos sanos, un poco más que el movimiento del electrodo. En algunos sujetos enfermos es fácilmente inducida, presentando una duración mayor y ondas puntiagudas.
- Los potenciales de fibrilación son de pequeña amplitud (30 a 50 μV) con una duración entre 0,5 y 2 ms y con una frecuencia de repetición entre 2 y 10 por segundo. Pueden ser bifásicos o trifásicos y son consecuencia de la contracción espontánea de las fibras musculares. Son característicos de músculos en los que la continuidad entre el axón motor y la fibra muscular se ha interrumpido.
- Las fasciculaciones son contracciones espontáneas de fibras musculares o unidades motrices, lo suficientemente potentes para producir una contracción visible del músculo pero sin que la articulación se mueva. Pueden presentarse en sujetos sanos y en enfermedades degenerativas muy graves de las neuronas motrices, lo que hace difícil el diagnóstico.
- Otros tipos de actividad espontánea son: la respuesta mio tónica, los calambres, los espasmos musculares, etc.

Potenciales



Potenciales de inserción (a) y fibrilación (b) en un músculo parcialmente denervado.

POTENCIALES CARACTERÍSTICOS EN EMG

- Dentro de la actividad voluntaria, los potenciales de unidad motriz (PUM) son el objeto principal de estudio. Consisten en la suma de distintos potenciales de acción de grupos de fibras musculares que se están contrayendo casi sincronizadamente. Pueden ser monofásicos, bifásicos o trifásicos y, en ocasiones, polifásicos con cinco o más fases. Su duración está comprendida entre 2 y 15 ms y su amplitud entre 100 pV y 2 mV, aunque estas magnitudes dependen mucho del tipo de electrodos empleado y del músculo considerado (número de fibras de la UM)
- La forma y las dimensiones de los PUM pueden modificarse en gran medida en sujetos enfermos: por ejemplo, en algunas nefropatías periféricas la duración de los PUM aumenta, así como su número de fases.
- El registro de los PUM se suele realizar contrayendo débilmente el músculo en observación. Si la contracción se hace mucho más intensa, se obtiene lo que se conoce por patrón de interferencia: los PUM se superponen siendo difícil distinguir sus características individuales.
- Los PUM y el patrón de interferencia constituyen los registros principales de la actividad voluntaria.

Potenciales de Unidad Motriz

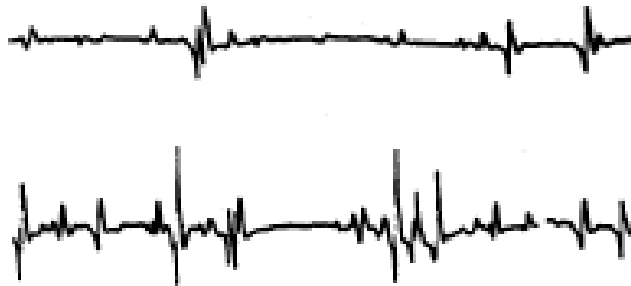
a) PUM de un sujeto normal;



b) PUM polifásicos en una neuropatía periférica;



c) PUM de un sujeto normal al ir aumentando el nivel de contracción.

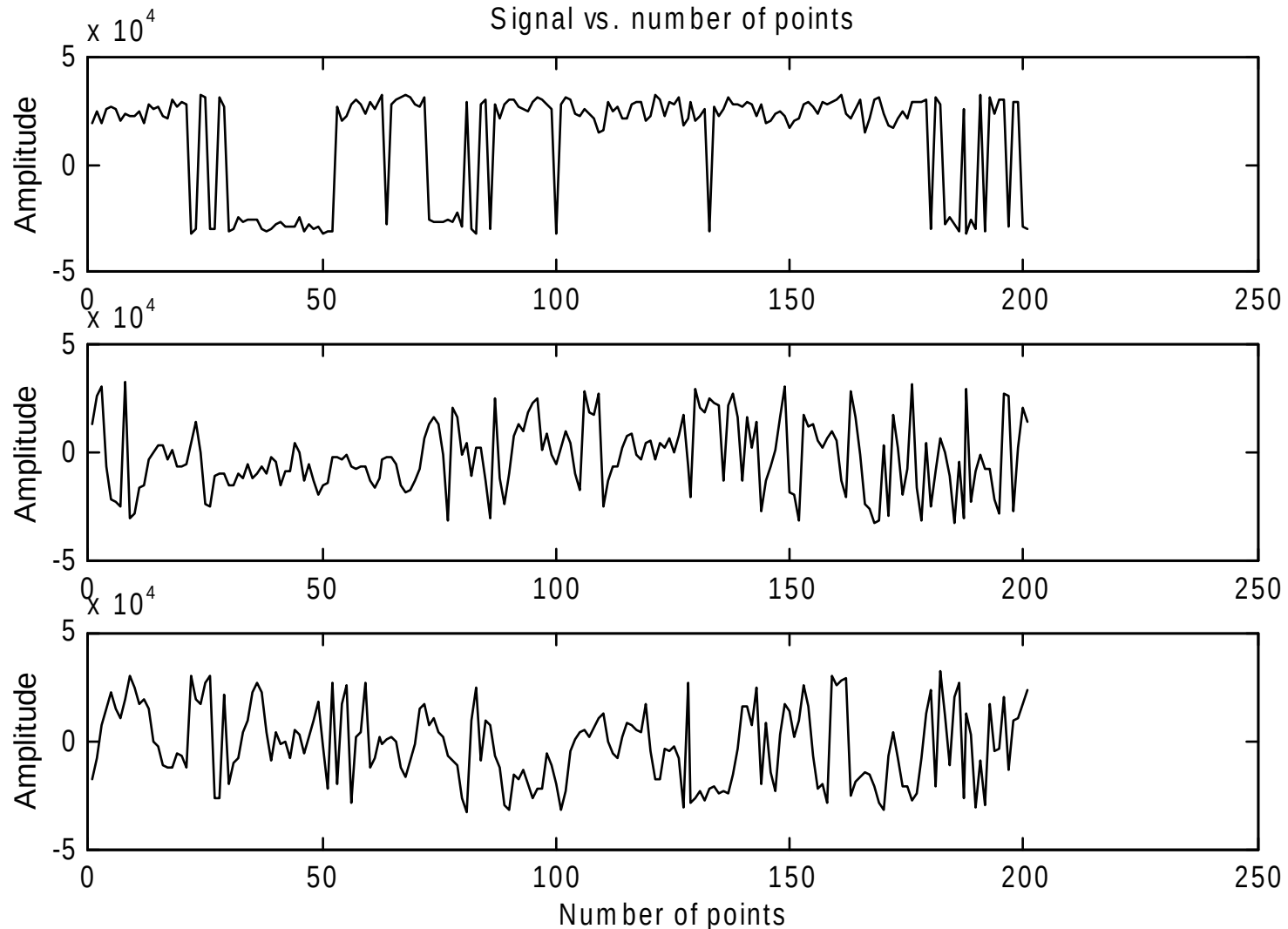


200 μ V
10 ms

(c)

EMG waveforms of tongue muscle

(the subject was speaking some vowels)



APLICACIONES CLÍNICAS

La electromiografía es útil en el diagnóstico de las siguientes patologías:

- a) *Denervación:* La pérdida de continuidad entre un nervio y un músculo del esqueleto puede detectarse mediante la electromiografía. La presencia de potenciales de fibrilación en un músculo relajado puede ser una señal de denervación, aunque aquéllos no suelen presentarse antes de tres semanas después de producirse la lesión. La electromiografía permite conocer la extensión y, en muchos casos, la naturaleza de la patología; además, durante la reinervación permite detectar PUM antes de que se aprecie el movimiento voluntario.
- b) *Desórdenes de la neurona motriz:* Comprenden desde infecciones víricas agudas tales, como la poliomyelitis, hasta atrofas musculares de la espina dorsal de origen genético, pasando por lo que se conoce como enfermedad de la neurona motriz, de tipo degenerativo. Todos ellos presentan características comunes como excesiva actividad de inserción, fibrilación, reducida actividad voluntaria, aunque con PUM de amplitudes y duraciones mayores que las normales.

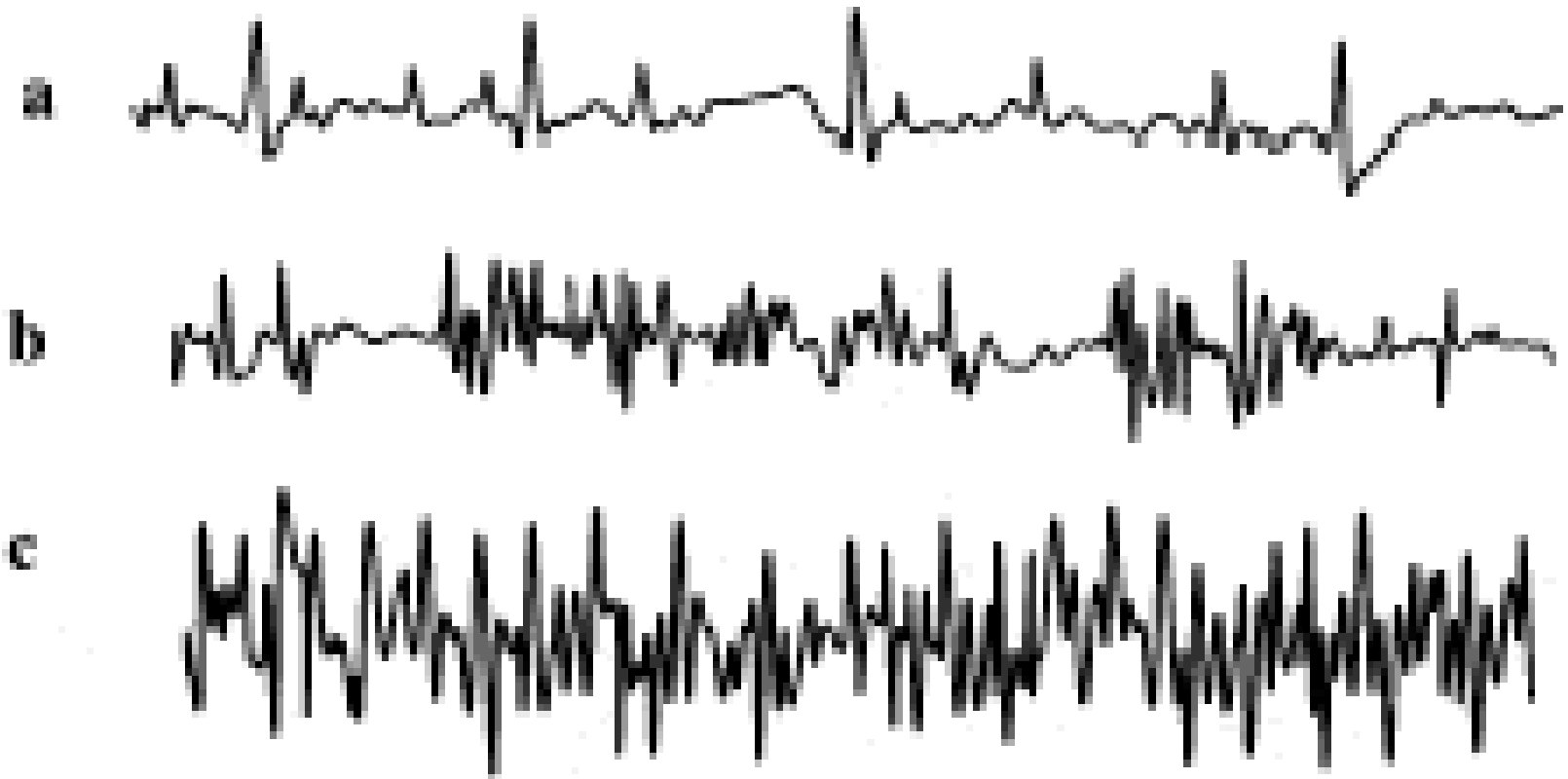
APLICACIONES CLÍNICAS (2)

- c) *Neuropatías periféricas: Se caracterizan por una reducción de la actividad de las UM hasta el punto de perderse el patrón de interferencia, incluso durante un esfuerzo máximo. Los PUM son, en general, polifásicos debido probablemente a las diferencias en velocidad de conducción de las ramas que inervan las fibras de la UM. Las amplitudes y duraciones son normales o ligeramente inferiores. La medida de la velocidad de conducción es de gran ayuda en el estudio de las neuropatías periféricas, ya que los síntomas anteriores los presentan también diversas miopatías. Algunos ejemplos son el síndrome de Guillain-Barré, las neuropatías asociadas con la difteria o la diabetes y las neuropatías de tipo nutricional o tóxico.*
- d) *Bloqueo neuromuscular: El ejemplo más característico lo tenemos en la miastenia grave. Las fibras musculares están normalmente inervadas pero la transmisión de impulsos a través de la unión mioneuronal se hace con mucha dificultad (las contracciones sólo pueden mantenerse durante períodos cortos). La medida del «jitter» mediante electrodos de fibra única ha demostrado su validez en el diagnóstico de la miastenia grave.*
- e) *Enfermedades musculares: Incluyen enfermedades tan diversas como las distrofias musculares, las miopatías adquiridas, las miopatías de tipo endocrino y un grupo diverso de desórdenes de origen congénito. Los registros electromiográficos suelen mostrar anomalías en las características de los PUM (polifases), aunque el número de UM activadas suele ser normal.*

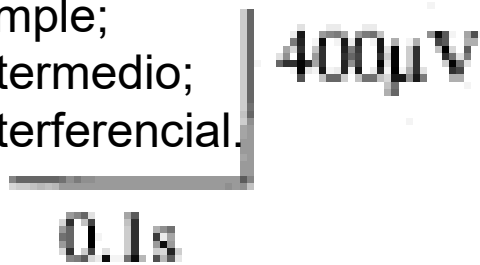
ELECTROMIOGRAMA NORMAL

- La inserción del electrodo y posterior registro en el interior de la masa muscular permite observar en el osciloscopio breves descargas de pequeños potenciales, que persisten algo más que el movimiento de implantación, y cuyo origen probable es la irritación mecánica de las fibras musculares por el desplazamiento de la aguja. Una vez disipadas las ráfagas de inserción y estando el músculo en completa relajación, no hay que observar registro de ninguna actividad en un electromiograma normal, visualizándose solamente la línea base. Es decir, cuando el músculo se encuentra en reposo no se registra ninguna actividad en el EMG. Si en estas condiciones se lleva a cabo una contracción débil por parte del músculo, se visualizará en el osciloscopio un reducido número de potenciales de unidad motora, siendo cada una de ellas fácilmente discernible de las demás, y existiendo entre ellas amplios segmentos de línea base.
- Estamos en actividad de *Patrón simple*. Si aumentamos la fuerza de contracción se incorporan nuevos potenciales que densifican el trazado, siendo ya escasos los trechos netos con línea de base discernible. Estamos en: el *Trazado intermedio*. Si la contracción llega a ser máxima desaparecerá por completo la línea de base y se habrá conseguido el *Patrón de interferencia*.
- Habrá que tener en cuenta que el patrón de interferencia depende de varios factores además de la intensidad de contracción. En algunos músculos, como los gemelos, es difícil conseguir un patrón interferencial tan bien integrado como en el tibial anterior. Asimismo el tipo de contracción isométrica o isotónica juega un papel importante. Por tanto, la valoración del patrón interferencial constituye una variable influida por muchos factores y que debe considerarse en el momento de instar el balance definitivo.

Patrones de actividad en la contracción progresiva muscular.



- a. Patrón simple;
- b. Patrón intermedio;
- c. Patrón interferencial.



Electromiograma de fibra única

- El electromiograma derivado por electrodos concéntricos capta potenciales formados por varias fibras musculares.
- Con el fin de registrar una única fibra se han puesto en marcha unos electrodos especiales, llamados electrodos de fibra única.



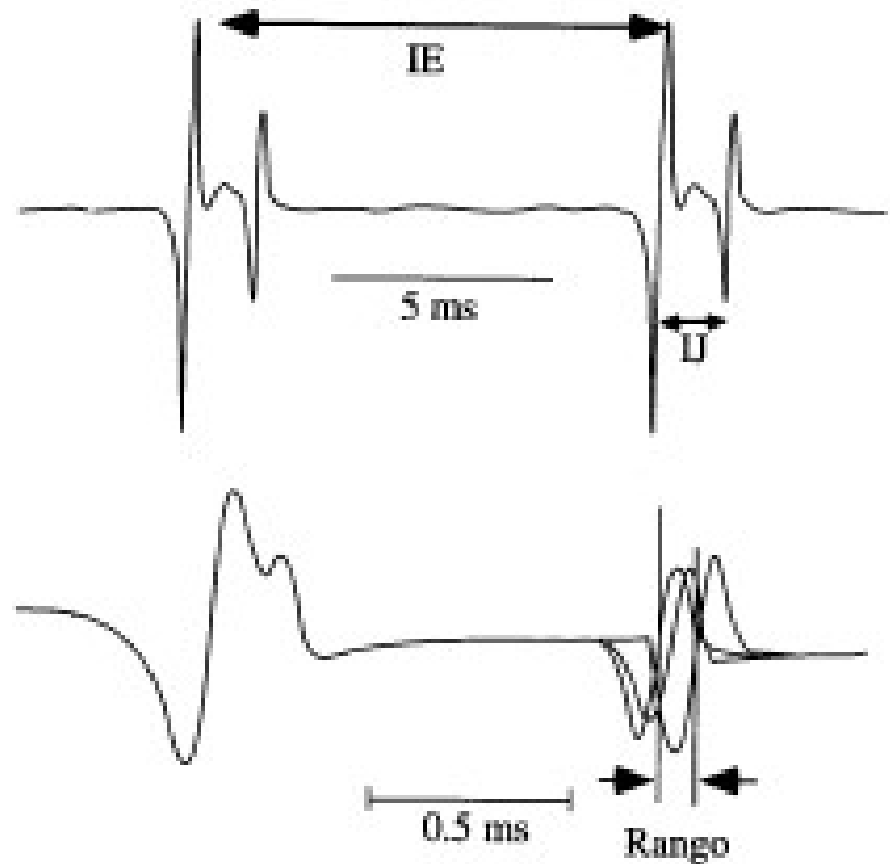
- El electrodo de fibra única se compone de una cánula de acero inoxidable en cuyo interior hay un hilo de platino.
- La superficie de conducción del platino tiene un diámetro de 2,5 mm, y emerge a un lado de la extremidad distal de la aguja.
- Precisa amplificadores con unas prestaciones especiales.

Aplicaciones clínicas

- El electromiograma de fibra única es utilizado predominantemente para el diagnóstico de la *Myasthenia grave*.
- Desde un punto de vista práctico, el músculo utilizado para este tipo de exploraciones suele ser el extensor común de los dedos y cada potencial dispara el barrido del osciloscopio.
- Se utiliza asimismo una línea de retraso que permite fijar el potencial en el mismo lugar de la pantalla en todos los barridos. La velocidad de barrido fijada es de 1 milisegundo por división.

Elementos que caracterizan la Fibra Única

- Son tres :
 - A) *Morfología del potencial.*
 - B) *El Jitter.*
 - C) *Bloqueo de la transmisión.*
- También puede medirse la *densidad de fibra*, o número de fibras de una unidad motriz en el campo de un electrodo.
- El incremento de la densidad de fibra es un signo, entre otros, de reinervación por adopción colateral.



La figura muestra el potencial de acción de la fibra principal de la unidad motora con un intervalo entre espigas IE y la respuesta de una segunda fibra colateral con un retardo IJ. En el registro inferior se representan las dos respuestas con escala de tiempo ampliada. El rango de variación del intervalo entre dos respuestas es el «jitter».

ELECTROMIOGRAMA PATOLÓGICO

- Se puede distinguir entre Patrón Neurógeno y Patrón Miógeno, diferenciación que en algunos casos dista de ser simple. Incluso algunos autores ponen en duda el mismo concepto de enfermedad miógena.
- Las técnicas de electrodiagnóstico constituyen uno de los pilares de investigación de estas enfermedades, siendo, junto con la clínica, el estudio del laboratorio y el estudio anatomopatológico (biopsia), las que nos darán el diagnóstico diferencial entre enfermedad Neurógena y Miógena.

Patrón miógeno

- En este caso la lesión primaria está ubicada en la fibra muscular que degenera y se sustituye por tejido fibroso. No hay lesión ni destrucción de axones. El resultado es la visualización de trazados interferenciales que en condiciones fisiológicas determinarían sólo la visualización de unos pocos potenciales. Aparte de este fácil patrón de interferencia para esfuerzos sencillos, hay otros hallazgos que permiten etiquetar de miógeno un registro:
 - *Voltaje de interferencia reducido*
 - *Elevada incidencia de potenciales polifásicos*
 - *Duración media y amplitud de potenciales disminuidos*
 - *Indemnidad de las velocidades de conducción motoras y sensitivas.*
- Estas características no se presentan por igual en todos los músculos, sino que predominan en aquellos con debilidad y atrofia. Incluso en un mismo músculo pueden presentarse áreas indemnes y áreas con intensa afectación. Ello supone que el estudio de una Miopatía es un proceso que comporta un grado elevado de minuciosidad, con análisis de múltiples músculos, en inúltiples localizaciones, sin olvidar ningún punto o referencia por insignificante que parezca, ya que el análisis exhaustivo es el único que puede dar el diagnóstico.

Patrón neurógeno

- Corresponde a todas las lesiones nerviosas situadas desde la motoneurona inferior hasta la placa motora, excluyendo esta última que tiene sus rasgos electrofisiológicos peculiares.
- Cualquiera que sea la localización de la enfermedad, la destrucción de una motoneurona se traduce a nivel muscular en la pérdida de inervación por parte de una unidad motora.
- Este déficit de unidades activables, condiciona un problema de reclutamiento espacial cuando son reclamadas más unidades motoras para el esfuerzo común, siendo imposible realizar un trazado interferencial al esfuerzo máximo.
- El patrón neurógeno posee tres características básicas:
 1. Empobrecimiento del trazado a la contracción máxima.
 2. Aumento del reclutamiento espacial
 3. Aumento de amplitud y duración de los potenciales de unidad motora.
- Estos signos neurofisiológicos se manifestarán en contracción voluntaria.

Otros potenciales que aparecen durante el reposo muscular

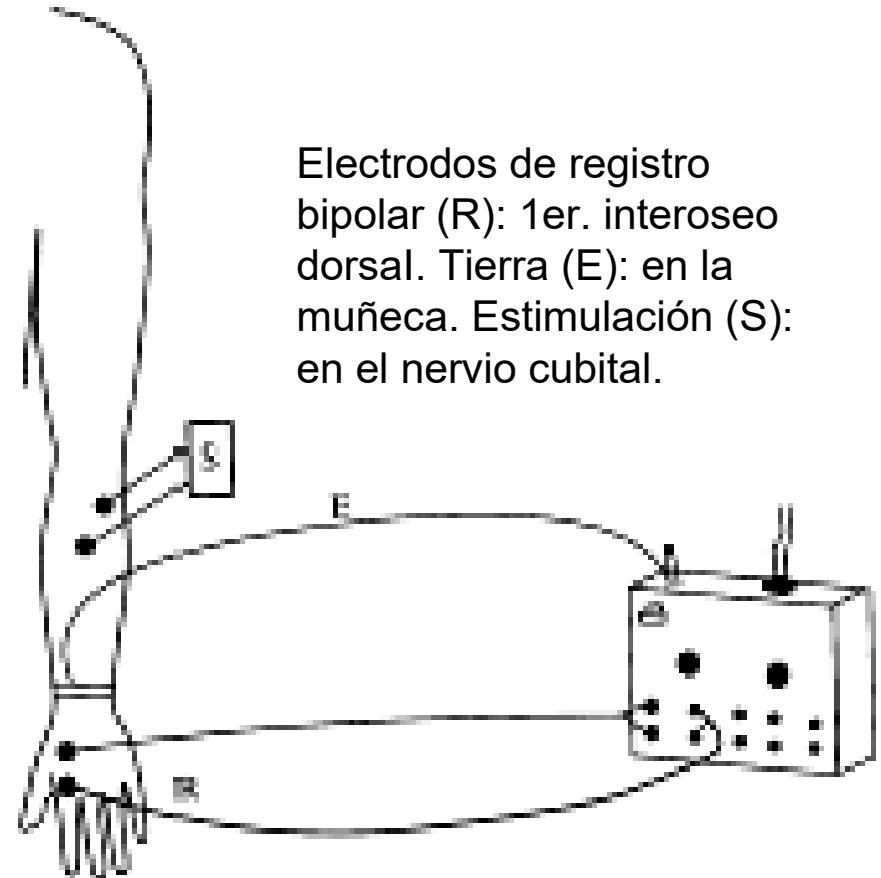
- Hay otros potenciales que aparecen durante el reposo muscular, potenciales espontáneos, sugestivos también del patrón neurógeno:
 1. Potencial de fibrilación (de corta duración y bajo voltaje). Corresponde a músculos denervados.
 2. Ondas positivas o potenciales bifásicos, con fase negativa de baja amplitud y amplia duración.
 3. Fasciculaciones, potenciales trifásicos o más complejos, similares a los de Unidad Motora, y que permanecen poco modificados a lo largo de su exploración.
- Estos potenciales contrastan con la ausencia de los potenciales espontáneos (en reposo) que caracterizan al proceso miógeno, con la salvedad de las descargas miotónicas, que por sus características tanto acústicas como de presentación son absolutamente inconfundibles y propias de los procesos miotónicos. Se caracterizan por ser ráfagas de alta frecuencia, de inicio y final progresivo, con un ruido típico de «bombardeo en picado» en el altavoz.
- Debe asimismo destacarse que en el estudio de los procesos neurógenos es esencial la práctica de neurografías y reflexología, ya que mediante la combinación de estas técnicas con la electromiografía puede tipificarse de forma efectiva el nivel de lesión neuromuscular.

TÉCNICAS DE ESTUDIO DE LA UNIÓN NEUROMUSCULAR

- En general, el estudio de la unión neuromuscular implica el estímulo del nervio y el registro de la actividad muscular subsiguiente.
- Puesto que con la estimulación siempre se producirá algún movimiento, es precisa la aplicación de una técnica muy depurada que impida que el movimiento de los electrodos produzca respuestas falseadas.
- Las pruebas que se realizan rutinariamente para el estudio de la unión neuromuscular son la respuesta a un estímulo único y la respuesta a la estimulación repetitiva, a baja frecuencia (3 Hz), registrándose las cinco primeras respuestas, y a frecuencia alta (20 Hz) registrándose entre 60 y 120 respuestas.
- Cualquiera de estas. pruebas puede ser repetida, con o sin la realización de esfuerzos en el intervalo, para observar los efectos de la fatiga y la sensibilización.

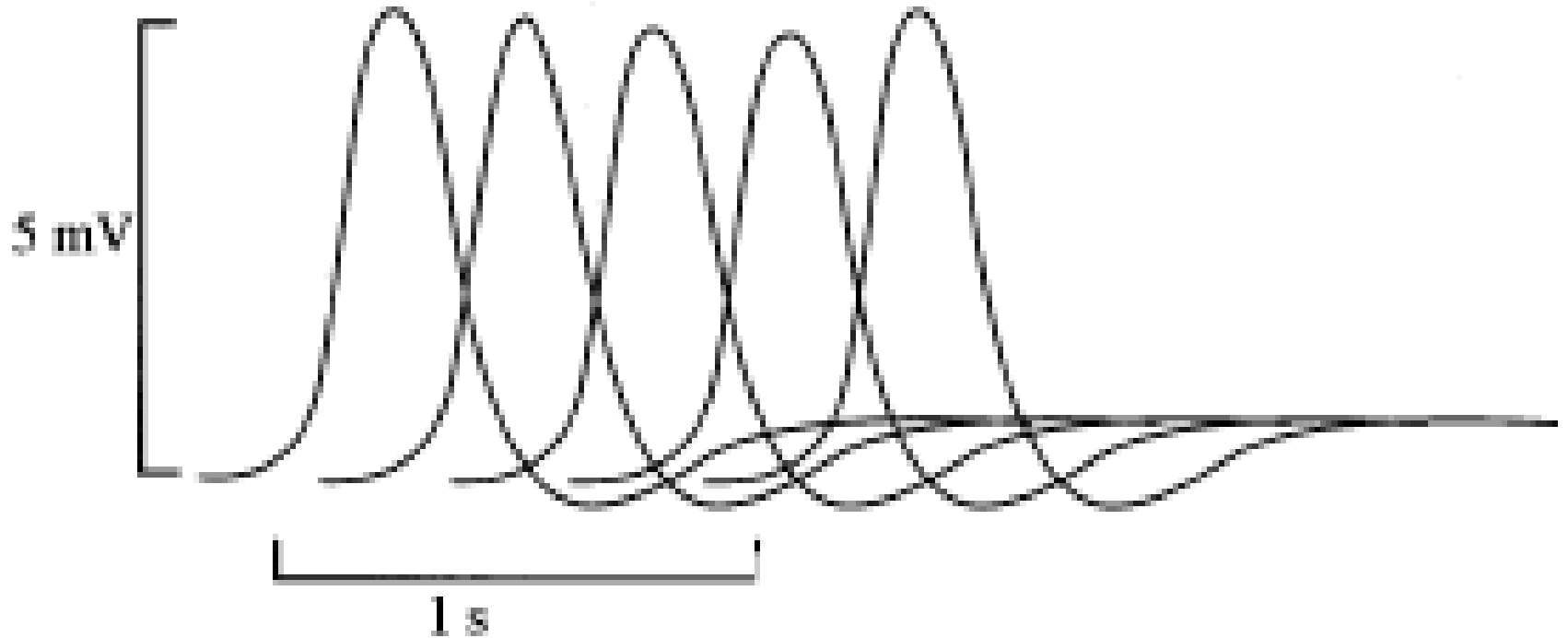
Respuesta a estímulo único

- Se colocan los electrodos de registro sobre el músculo bajo estudio, uno sobre el vientre y el otro distalmente.
- Los electrodos de estimulación se colocan sobre el nervio que gobierna el músculo estudiado.
- El electrodo de tierra se coloca entre los electrodos de estímulo y de registro.
- Se estudiarán los músculos en los que se hayan apreciado síntomas clínicos.
- En caso de que éstos no se manifiesten claramente, se estudia el músculo abductor V, el abductor del pulgar o el primer ínter óseo dorsal.
- El estímulo se aplicará sobre el nervio cubital a nivel del codo y el electrodo de tierra, en la muñeca.



Localización de electrodos y estimulación.

Respuesta a la estimulación repetitiva a baja frecuencia.

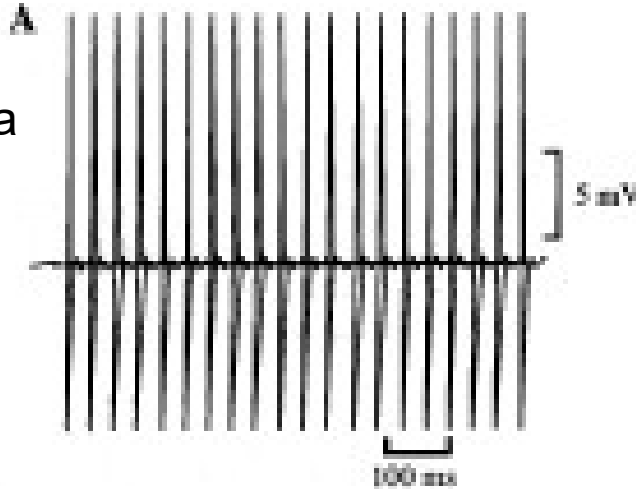


Estimulación repetitiva a baja frecuencia en un individuo sano.
Se estimula con una frecuencia de 3 Hz.

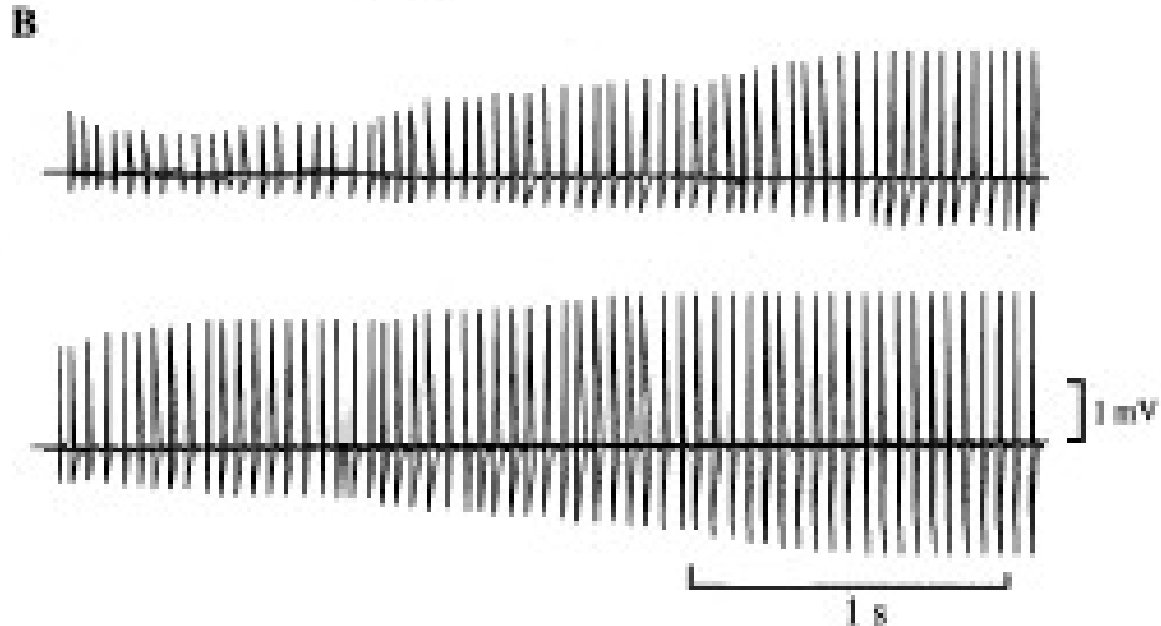
Estimulación a alta frecuencia

Registro de las respuestas obtenidas por estimulación a alta frecuencia (20 Hz).

A. En condiciones normales.



B. En el síndrome de Lambert-Eaton.



Téngase en cuenta la diferencia de escala en mV.

Electro neurografía

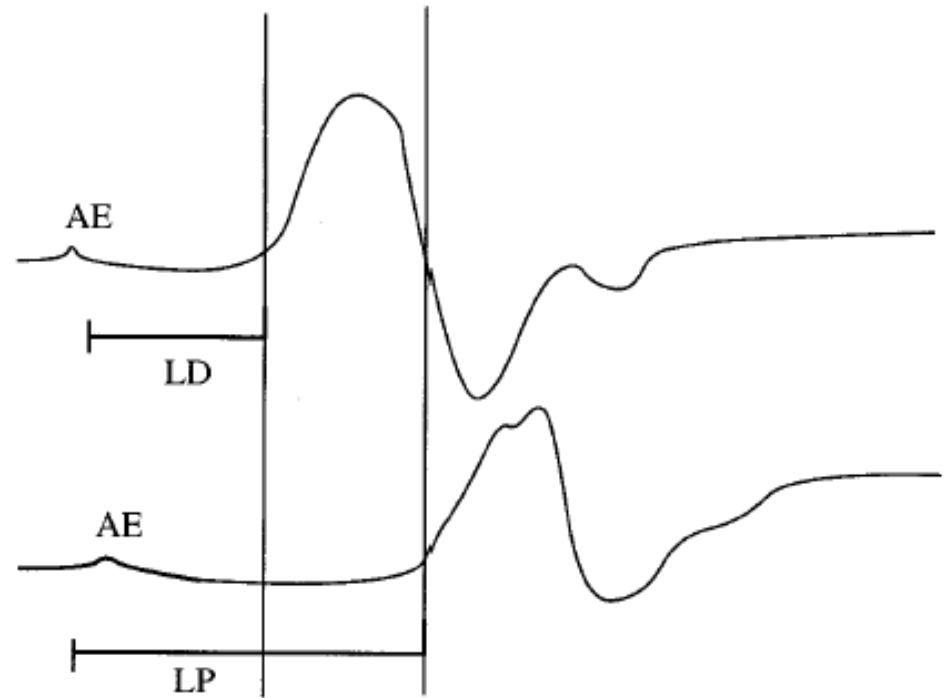
- Se refiere a la parte de la Neurofisiología que tiene por objeto el estudio de los potenciales de acción del nervio sometido a estimulación y el cálculo de la velocidad de conducción de las fibras que constituyen los nervios periféricos.
- La electro neurografía incluye una serie de técnicas que permiten determinar:
 1. La velocidad de conducción motora por medio del estudio del potencial evocado a nivel del músculo (Potencial de acción Muscular).
 2. La velocidad de conducción en los nervios sensitivos, así como los parámetros de los potenciales de acción sensitivos evocados a diferentes niveles del nervio periférico.
 3. Registro de los potenciales de acción obtenidos por estímulos a nivel de un tronco nervioso y el estudio de la velocidad de conducción mixta en un nervio completo.
 4. Registro de potenciales evocados somestésicos a nivel medular (potenciales evocados espinales) y a nivel cortical (potenciales evocados somestésicos corticales).
- El estudio de las conducciones motriz y sensitiva es una técnica muy útil, si se emplea conjuntamente con la electro miografía para el reconocimiento y exacta localización de patología en los nervios periféricas.
- El estudio de los potenciales reflejos constituye una ayuda complementaria.

INSTRUMENTACIÓN TÉCNICA

- El equipo es esencialmente similar al descrito para el registro electromiográfico con varios canales de amplificación, registro por osciloscopio y por papel y con un estimulador capaz de entregar pulsos de estímulo de amplitud o intensidad, duración y frecuencia ajustables.
- La *intensidad* del estímulo se mide en miliamperios (mA). La intensidad máxima de los equipos actuales oscila entre 30 y 50 mA y viene determinada por la resistencia existente entre los electrodos de estimulación y por la tensión de salida del estimulador, según la ley de Ohm.
- La tensión máxima de salida es de unos 250-300 voltios y está limitada por razones de seguridad del paciente.
- La *frecuencia* del estímulo varía entre 1 y 2 Hz de forma rutinaria, pudiendo ser a demanda (mediante un mando manual) o ajustada automáticamente.
- La *duración* del estímulo oscila entre 0,05 ms y 1 ms consistiendo en un pulso cuadrado.
- Los estímulos de mayor duración pueden inducir una despolarización de otros nervios a distancias importantes del punto de estímulo, y falsear los resultados.
- En muchos sistemas se ofrecen diferentes tipos de estímulos ya preprogramados.

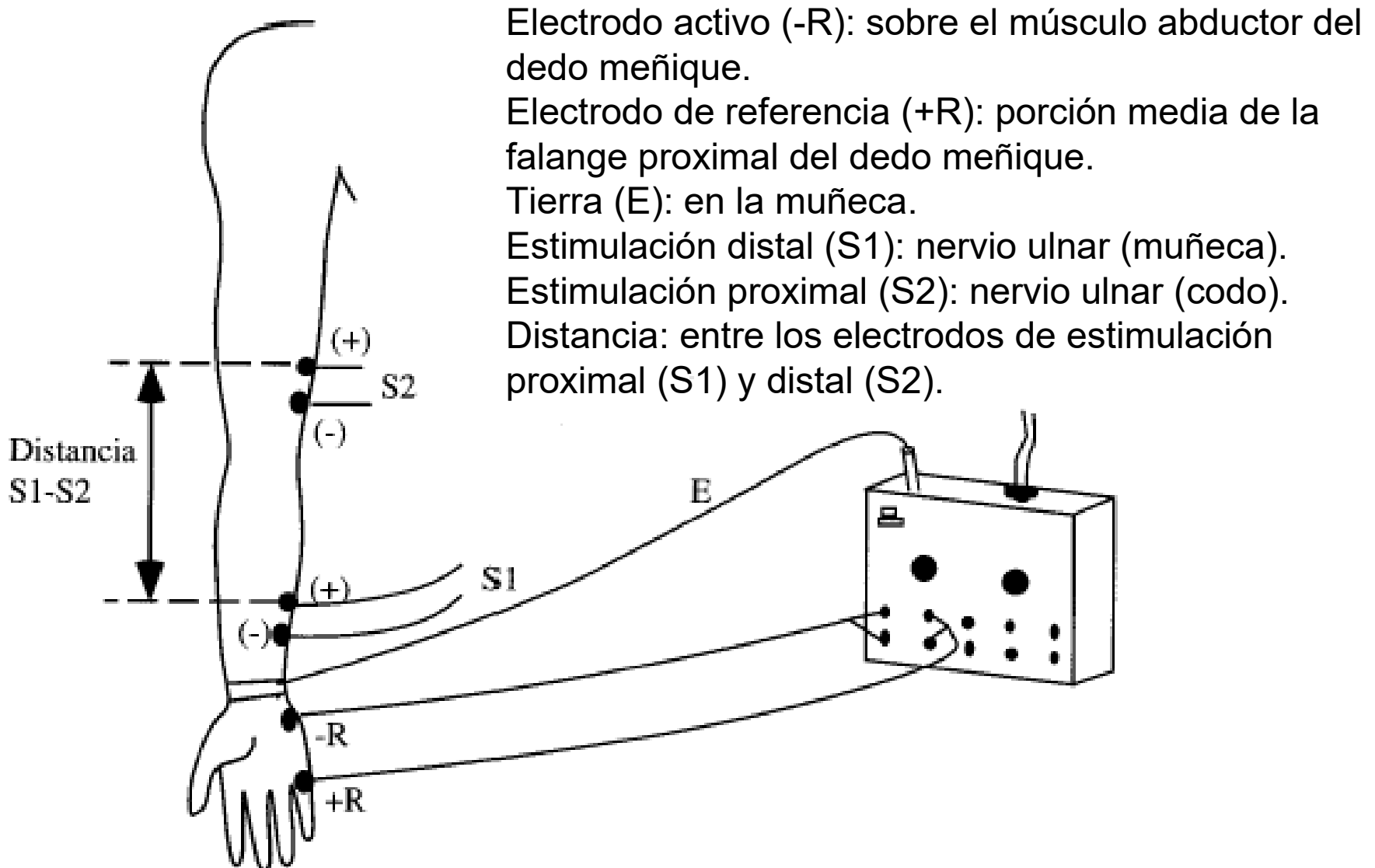
VELOCIDAD DE CONDUCCIÓN MOTORA (VCM)

- La VCM se calcula como el cociente entre la longitud del segmento nervioso estudiado y el tiempo de conducción obtenido para este segmento.
- La longitud se calcula en milímetros por medio de una cinta métrica.
- El tiempo se obtiene restando la latencia del potencial de acción muscular en el extremo proximal (latencia proximal = tiempo transcurrido entre el estímulo y el potencial de acción proximal) de la misma latencia en el extremo distal del tronco nervioso (latencia distal). Al restar estas dos latencias se consigue conocer exactamente el tiempo de conducción, eliminándose el efecto del retardo sináptico en la sinapsis neuromuscular ya que ésta no ha llegado a intervenir en el análisis.
- El tiempo de latencia se mide en milisegundos, obteniéndose la VCM en metros/segundo ($\text{mm/ms} = \text{m/s}$)



Ejemplo de registro de la determinación de la VCM. LD, latencia distal, corresponde a la estimulación por los electrodos distales. LP, latencia proximal corresponde a la estimulación por los electrodos proximales. AE, artefacto del estímulo.

Registro de la VCM



Electrodo activo (-R): sobre el músculo abductor del dedo meñique.

Electrodo de referencia (+R): porción media de la falange proximal del dedo meñique.

Tierra (E): en la muñeca.

Estimulación distal (S1): nervio ulnar (muñeca).

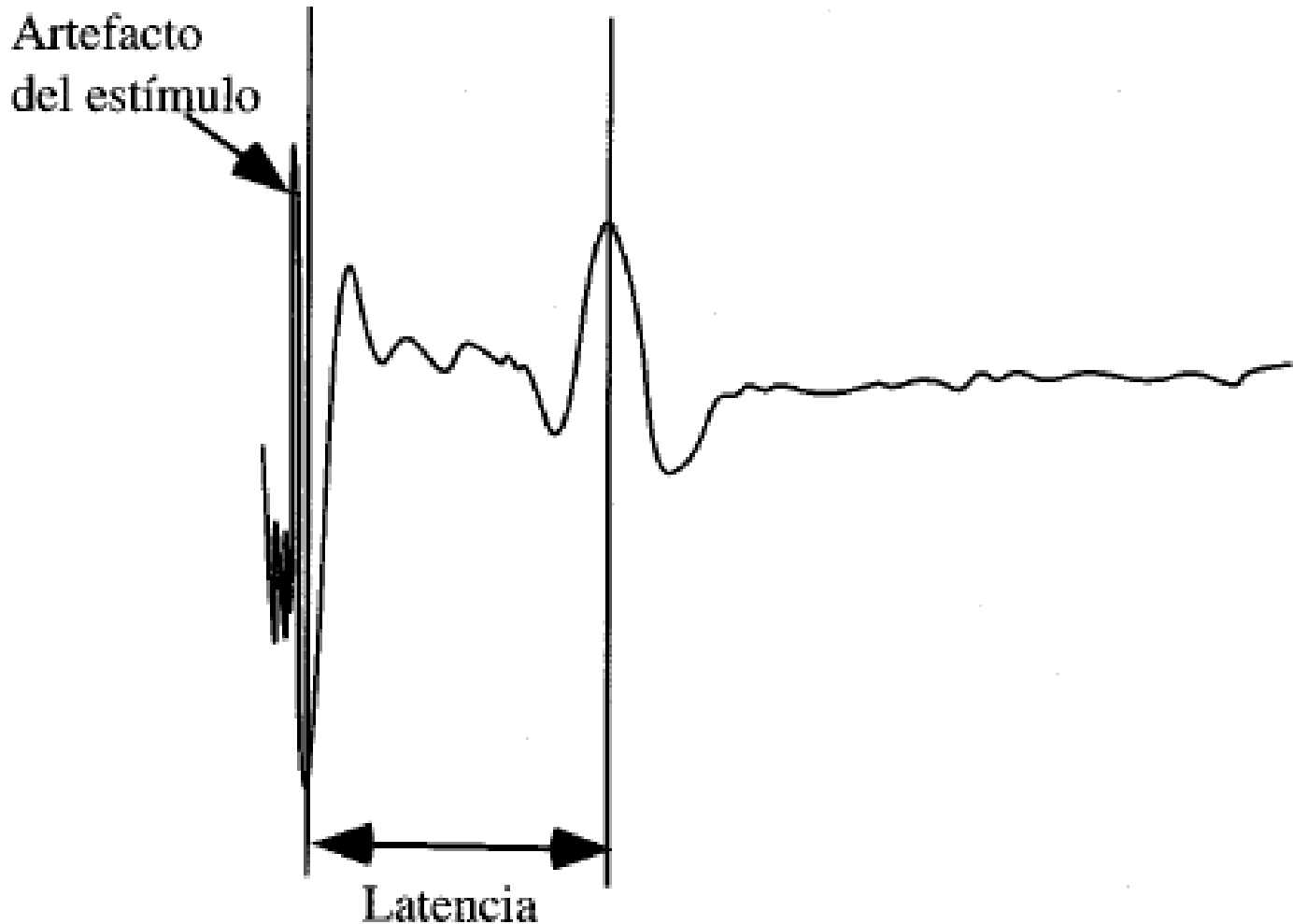
Estimulación proximal (S2): nervio ulnar (codo).

Distancia: entre los electrodos de estimulación proximal (S1) y distal (S2).

VELOCIDAD DE CONDUCCIÓN SENSITIVA (VCS)

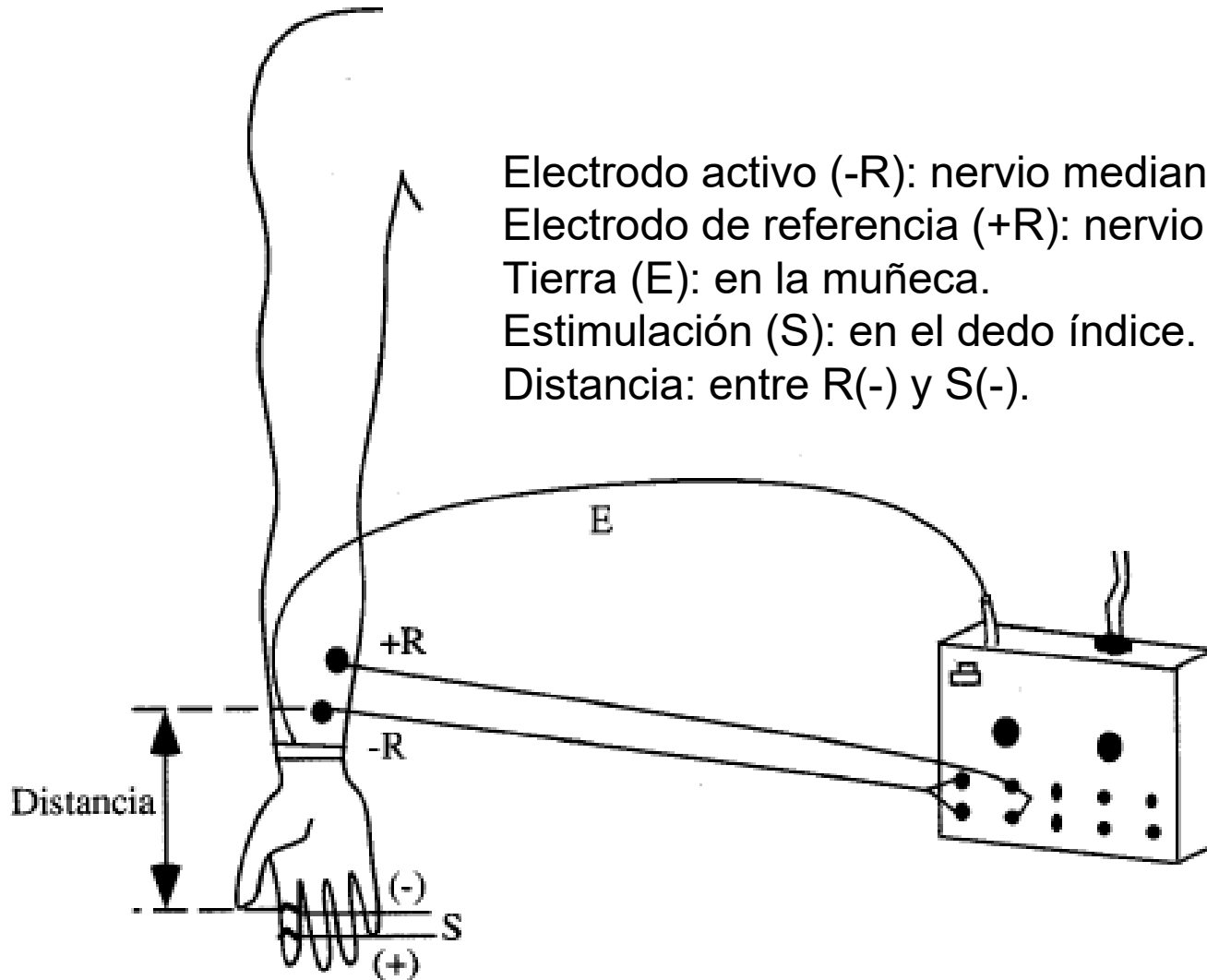
- La VCS se puede calcular tanto en el miembro superior como en el inferior.
- En éste último se hace sobre el nervio safeno tibial (sural). Se obtiene estimulando fibras exclusivamente sensitivas a partir de los tegumentos cutáneos distales.
- El potencial de acción sensitivo se registra en dos o mas puntos (distales y proximales) del tronco nervioso.
- La diferencia en latencias es el tiempo de conducción.
- El estímulo se aplica sobre el nervio safeno tibial (sural) a nivel retromaleolar externo y el registro se hace en dos puntos diferentes del recorrido del nervio.
- A diferencia del la VCM, en el que esta implicada la placa motora, no existe ningún retardo sináptico y por lo tanto no es imprescindible la determinación de dos latencias, salvo que se sospeche una lesión a cierto nivel específico y se desee estudiar un segmento nervioso concreto.
- De otra forma, en muchos casos basta con estudiar la latencia distal.
- La VCS se calcula dividiendo la distancia en milímetros entre el punto de estimulación y el de registro, por la latencia en milisegundos, obteniendose la VCS en metros. En la extremidad superior se estimulan los ramos digitales sensitivos mediante electrodos metálicos anulares y se registra al potencial de acción sensitivo distal y proximal en el codo y la muñeca, respectivamente, con electrodos de aguja.
- Puede realizarse para el nervio mediano, para el cubital y para el radial.
- En el registro de la VCS cabe la posibilidad de cometer los mismos errores que se explicaron para la VCM, con la diferencia que en la VCS el efecto de la temperatura es aún mucho mayor.
- La VCS es mayor en los extremos proximales del nervio que en los distales y la extremidad superior conduce unos 10 m/s mas rápidamente que la inferior.

Registro de la determinación de la VCS del nervio mediano



Localización de electrodos y estimulación

Electrodo activo (-R): nervio mediano (periférico).
Electrodo de referencia (+R): nervio mediano.
Tierra (E): en la muñeca.
Estimulación (S): en el dedo índice.
Distancia: entre R(-) y S(-).

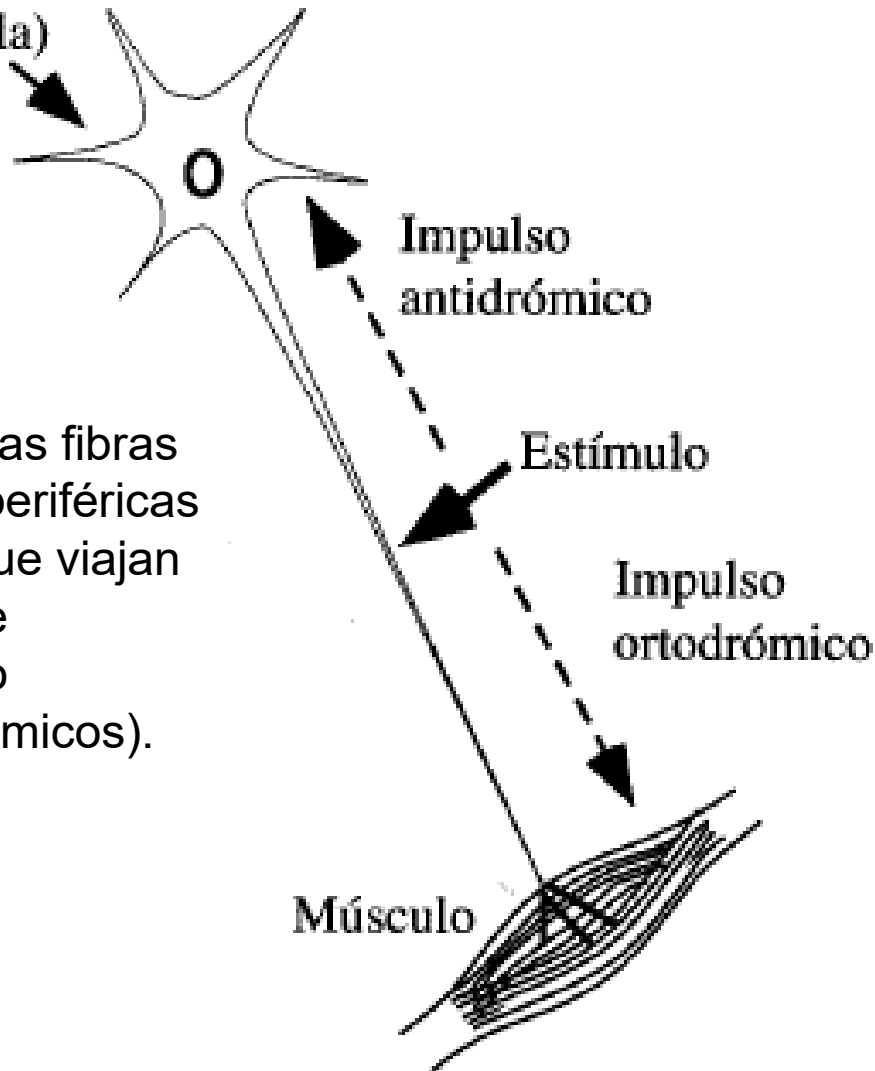


VALOR DIAGNÓSTICO DEL ANÁLISIS DE CONDUCCIÓN

- En las enfermedades de las vías nerviosas periféricas (neuropatías) en las cuáles predomina la desmielinización segmentaria (mielinopatías), la VCM está reducida en más del 40% de su valor normal.
- en las que predomina la degeneración axonal se altera mas la VCS, con valores de VCM reducida menos de un 30% del valor normal.
- en las mielinopatías se afecta más la conducción, en cambio, en las axonopatías lo que se afecta es la amplitud.
- En las miopatías (enfermedades de la fibra muscular) ambas velocidades serán normales.
- En las alteraciones de la transmisión neuromuscular las pruebas de estimulación repetitiva y el «Jitter» son anormales, pero se conserva una VCM dentro de la normalidad.
- En casos de degeneración de las motoneuronas del asta anterior medular, la VCM puede estar algo disminuida; generalmente sin ser inferior a 40 m/s en extremidades superiores, debido a la degeneración de los troncos nerviosos más mielinizados, que son los que conducen el estímulo a mayor velocidad. En estos casos la VCS es normal.
- La VCS estará alterada siempre que se afecte la porción distal del axón (porción postganglionar) de la neurona sensitiva del ganglio raquídeo, e incluso cuando la lesión radique en el soma de esta neurona. Se conservará normal cuando este axón distal y el cuerpo celular de esta neurona sensitiva están indemnes (lesión preganglionar).

Estimulación de las fibras motoras periféricas

Motoneurona espinal
(localizada en el asta
anterior de la médula)



La estimulación de las fibras nerviosas motoras periféricas produce impulsos que viajan tanto proximalmente (antidrómicos) como distalmente (ortodrómicos).

Respuestas directa: Onda M

- Los impulsos conducidos de forma ortodrómica excitan el músculo y producen la onda M, o respuesta «directa», la cual se utiliza para llevar a cabo los cálculos de rutina ya descritos sobre la amplitud y la velocidad de conducción.

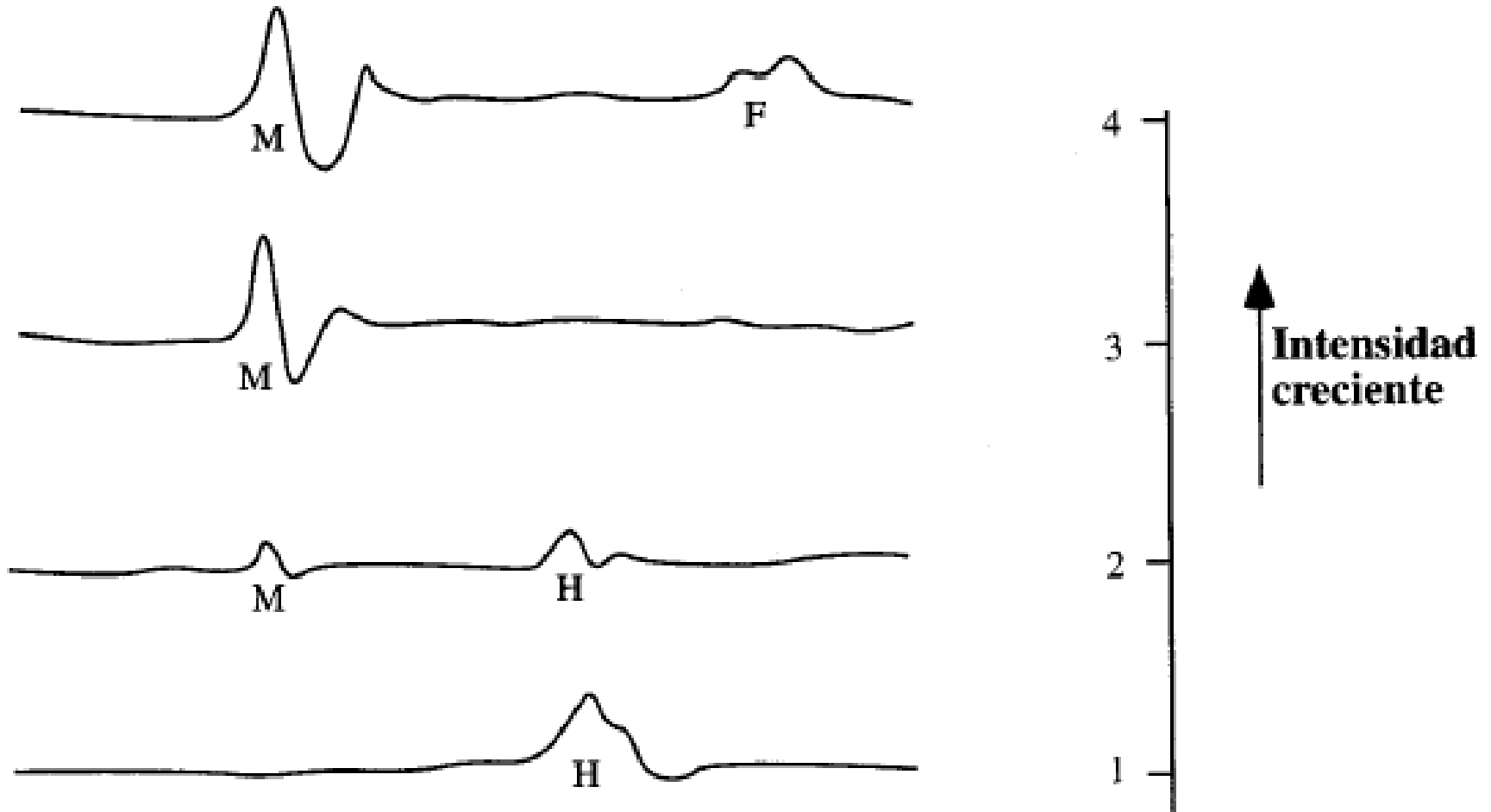
Respuestas tardías: Onda F

- Los impulsos conducidos de forma antidrómica viajan hacia las motoneuronas localizadas en el asta anterior de la médula, despolarizando las dendritas.
- A partir de aquí, la despolarización puede ser conducida nuevamente a lo largo del axón produciendo una nueva despolarización, que se transmite otra vez hacia el músculo.
- Se obtiene así una respuesta tardía que representa una medición de la velocidad de conducción en las partes más proximales del nervio periférico.
- Esta respuesta se conoce como onda F. Es de muy baja amplitud (5% de la onda de respuesta directa), poliforma (la señal cruza varias veces la línea de base) y no siempre reproducible en individuos normales.
- Su morfología es variable, dependiendo de los diversos subgrupos de células, de diferente excitabilidad, activadas de forma antidrómica.
- Se observa mejor mediante estímulos supramáximos.
- Su utilidad clínica reside en el estudio de radiculopatías y poliradiculopatías (síndrome de Guillain Barre) .
- Su semiología estriba en su ausencia unilateral o bilateral y en la asimetría de su latencia y/o amplitud.

Respuestas tardías: Onda H

- La onda H es otro tipo de respuesta tardía. Se registra por estímulo submáximo del nervio tibial posterior, concretamente en la fosa poplítea, recogiendo el potencial evocado motor, en adultos en reposo, en el tríceps sural. También se puede registrar en los músculos flexores del antebrazo, pero no en otros músculos.
- Es el equivalente electrofisiológico del reflejo de estiramiento. Esta respuesta es debida a la estimulación de las terminaciones sensitivas que existen en los músculos, sobre todo las que recogen el estado de estiramiento en el huso muscular.
- Este estímulo entra en la médula por las raíces dorsales y conecta monosinápticamente o polisinápticamente con la motoneurona del asta anterior que activa el mismo músculo estimulado.
- La onda H se diferencia de la onda F en que posee una mayor amplitud con estimulaciones más débiles y que disminuye al aumentar la intensidad del estímulo. La onda H del tríceps sural es una respuesta específica del arco simpático del segmento espinal, lo que puede utilizarse en el diagnóstico de la radiculopatías.
- La respuesta H además es una medida del estado de actividad de las influencias suprasegmentarias que regulan el arco reflejo miotáctico. La relación de amplitud entre la respuesta directa (es decir la M) y la respuesta H es una medida de la actividad del sistema gamma y por ende de la espasticidad.

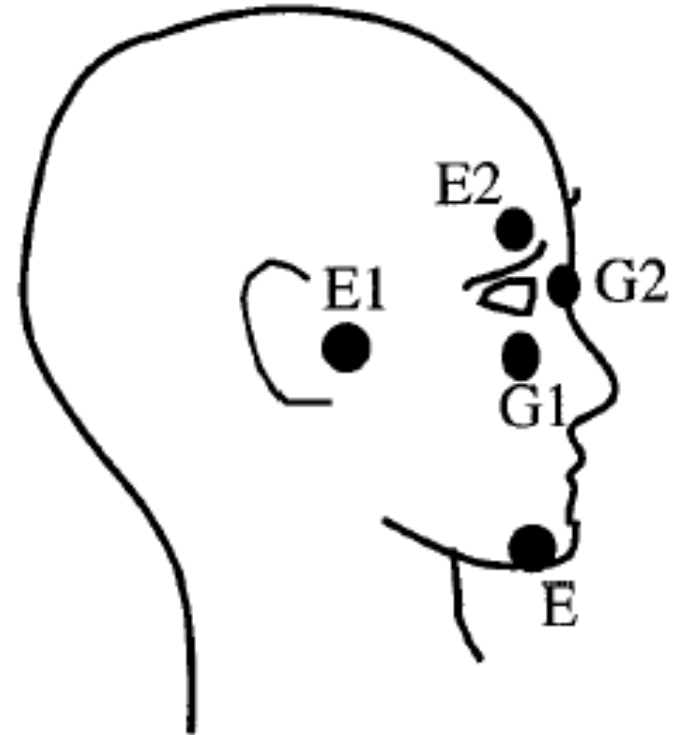
Obtención de respuesta directa, M, y tardías, H y F



Reflejo de parpadeo

- El reflejo de parpadeo («*blink reflex*») es otro reflejo de respuesta tardía.
- Es utilizado para el estudio de patologías de los pares craneales V (trigémino) y VII (facial) así como sus conexiones.
- La técnica consiste en la colocación del electrodo activo en el músculo orbicular del párpado de cada uno de los ojos, y el referencial en el nasion.

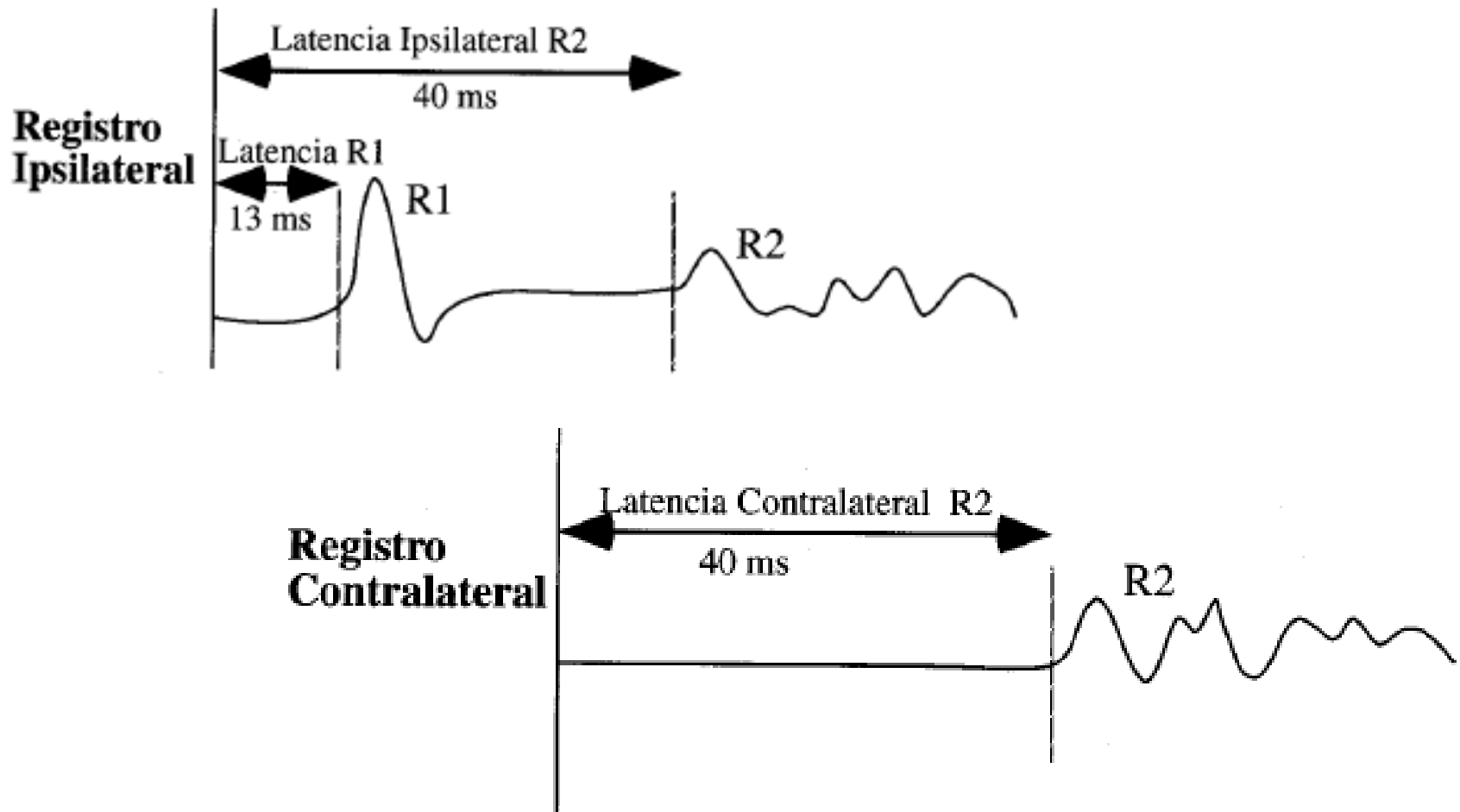
Colocación de electrodos en el «blink reflex»



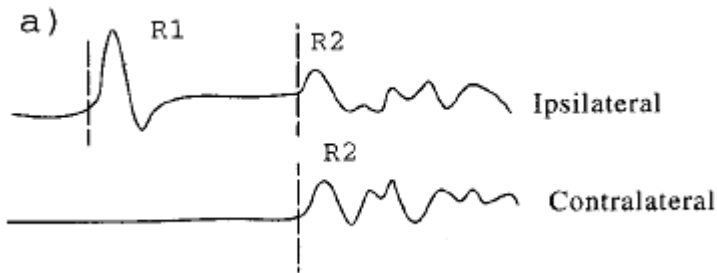
G1, electrodo de registro activo;
G2, electrodo referencial;
E1, estimulación del nervio facial;
E2, estimulación del nervio supraorbitario;
E, toma de tierra.

«Blink reflex»; registro normal

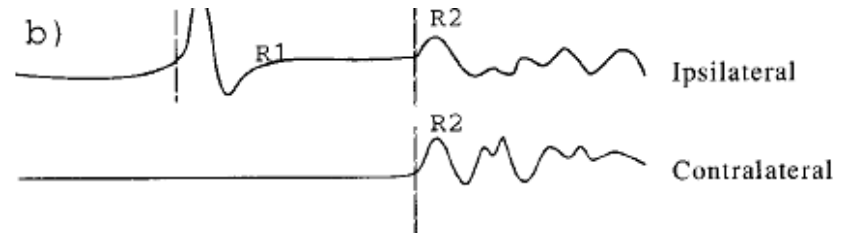
- R1, respuesta precoz;
- R2, respuesta tardía, con las latencias respectivas.



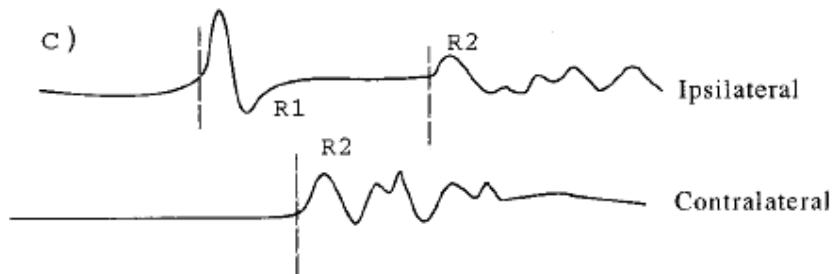
Patrones normales y patológicos del «blink reflex»



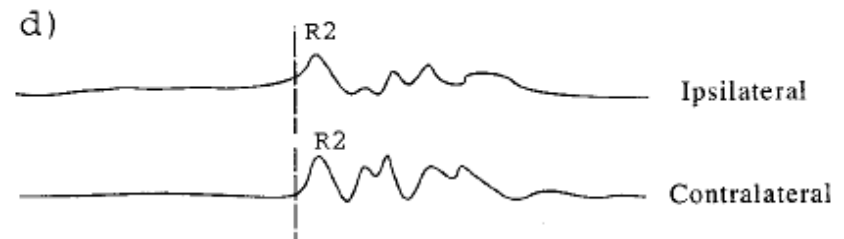
a) Respuestas ipsilaterales y contralaterales normales



b) Prolongación de todas las respuestas.



c) Prolongación de las respuestas ipsilaterales.

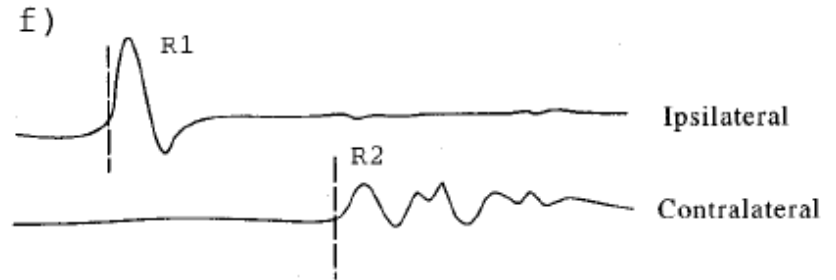


d) Ausencia de R1 ipsilateral.

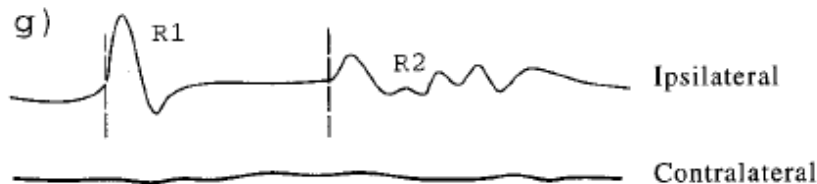
Patrones normales y patológicos del «blink reflex» (2)



e) Ausencia de ambas respuestas tardías.



f) Ausencia de R2 ipsilateral.



g) Ausencia de R2 contralateral. R1, respuesta precoz; R2, respuesta tardía.

Bibliografía

1. Barea Navarro.R. “Tema 5: Electromiografía”.
CD:/Alcala_Barea_Navarro/electromiografia.pdf y electroneurografia.pdf
2. Bronzino,J.D. (Editor) “The Biomedical Engineering Handbook, 2nd Ed. IEEE Press, 2000 CD:/BME_HandBook Ch14 “Principles of Electromiography”
3. Del Aguila, C. “Electromedicina” Ed. Hasa, 1994 Cap 12 pp 225-238
4. Guyton,A.C. “Tratado de Fisiología Médica” CD:/Fisiología/Unidad XI.pdf
5. Rodríguez Denis,E. CD:/Medidas, Instrumentos y Equipos Medicos/Texto/EQcap12.doc y CD:/Medidas, Instrumentos y Equipos Medicos/Presentaciones/Conf 12 EEG.pdf
6. Webster, J.G. (Editor); Clark,J.W. y Neuman,M.R. “Medical Instrumentation: Application and Design” 3^{ra} edición, 1997 pp 132-139
7. Webster, J.G. (Editor) “BioInstrumentation”, 2003, en CD:/BME310_2003

[@elracional](#)

