

Eletroneuromiografia: Bases e Aplicações

João Antonio Maciel Nóbrega & Gilberto Mastrocola Manzano***

RESUMO

São descritas as bases do estudo eletroneuromiográfico de rotina, incluindo o estudo das medidas de condução nervosa e a eletromiografia clássica. São citadas as aplicações do estudo eletrofisiológico nas patologias que comprometem neurônios motores periféricos, raízes, plexos, nervos, placas mioneurais e músculos.

UNITERMOS

Eletromiografia, condução neural, miopatias, neuropatias.

INTRODUÇÃO

A eletroneuromiografia tem como objetivo o estudo do sistema nervoso periférico e do sistema muscular. Desta maneira podemos avaliar a integridade funcional dos neurônios motores periféricos, dos neurônios sensitivos, das placas mioneurais e dos músculos. Alterações que comprometam estas estruturas levam a alterações fisiológicas que são detectadas através do estudo eletrofisiológico. O exame eletroneuromiográfico tem como objetivos fundamentais o diagnóstico topográfico da lesão, o diagnóstico do grau de comprometimento da estrutura afetada e o seu prognóstico. Dentro de uma avaliação eletrofisiológica varias técnicas são utilizadas, mas temos basicamente dois tipos de testes de rotina: um primeiro grupo em que respostas provocadas por estímulos externos são obtidas e analisadas (velocidades de condução nervosa, estudo dos reflexos e estudo das respostas tardias) e um segundo grupo de testes em que se analisa a atividade espontânea e/ou voluntária (eletromiografia propriamente dita) registrada em um músculo.

VELOCIDADE DE CONDUÇÃO NERVOSA

Para a análise das medidas das velocidades de condução nervosa devemos considerar a condução nas fibras mielinizadas e nas não mielinizadas. As fibras mielinizadas são as que têm a condução mais rápida (condução saltatória) e as fibras não mielinizadas são as de condução mais lenta (condução contínua). Mesmo no grupo das fibras mielínicas algumas têm condução mais rápida e outras condução mais lenta, sendo que a velocidade de condução é diretamente proporcional ao calibre dos nervos e às condições de mielinização de suas fibras. Nos estudos de rotina avaliamos as medidas de condução nas fibras mielínicas mais rápidas, embora existam técnicas que permitem a avaliação da condução em fibras mais lentas e que são utilizadas em casos especiais, quando necessário. Existe uma variabilidade em indivíduos normais de acordo com a idade do paciente, temperatura corporal, nervo e segmento do nervo avaliado. Em crianças

Setor de Neurofisiologia Clínica da Disciplina de Neurologia da Escola Paulista de Medicina. Universidade Federal de São Paulo.

* Professor Adjunto-Doutor. Chefe do Setor.

** Assistente-Doutor.

que ainda não têm seu sistema nervoso com a mielinização completa, a condução é reduzida; em torno dos três anos de idade atinge seu pico e nas últimas décadas de vida há uma redução progressiva. Redução da temperatura do segmento avaliado também leva a uma redução proporcional das medidas de condução. Alterações patológicas ocorrem quando há desmielinização das fibras com conseqüente redução das medidas de condução por dificuldade de propagação do estímulo devido a quebra das bainhas de mielina. Este é um fato fundamental na interpretação do exame eletroneuromiográfico, ou seja, redução das medidas de condução traduz desmielinização.

As técnicas de avaliação das medidas de condução baseiam-se no princípio de que um estímulo elétrico supramáximo aplicado num determinado ponto de um nervo gera um potencial que se propaga através de suas fibras tanto no sentido centrípeto como centrífugo, e captando-se este potencial ao atingir um determinado ponto deste nervo, distante do ponto de estímulo, podemos medir o tempo de condução entre os dois pontos e, portanto, obter a velocidade dividindo-se a distância pelo tempo gasto para percorrê-la. Para a avaliação das medidas de condução normalmente utilizamos eletrodos de superfície, embora eletrodos de agulha também possam ser utilizados.

Existem técnicas que permitem a avaliação da condução em fibras motoras e em fibras sensitivas, as quais descreveremos brevemente.

Condução sensitiva

Um pulso elétrico supramáximo é aplicado sobre um território inervado por um determinado nervo provocando a despolarização das fibras deste nervo no ponto de estímulo. O potencial gerado propaga-se através de suas fibras, e colocando-se um eletrodo de registro sobre um determinado ponto o potencial é registrado ao atingir este ponto. O aparelho nos fornece a latência deste potencial que é o tempo decorrido do momento da aplicação do pulso no ponto de estímulo até o momento do registro deste potencial ao atingir o ponto de captação. Dividindo-se a distância entre estes dois pontos pela latência obtém-se a velocidade de condução neste segmento de nervo. Além da velocidade de condução analisamos também a amplitude do potencial registrado; como esta amplitude é a resultante da soma de potenciais gerados por cada fibra nervosa, quando há perda axonal com conseqüente redução do número de fibras teremos também redução da amplitude obtida.

Os nervos facilmente acessíveis na rotina são os seguintes: mediano, ulnar, radial, sural, fibular e tibial posterior.

Condução motora

Para a obtenção da medida da velocidade de condução motora em um determinado nervo estimulam-se as fibras deste nervo em um determinado ponto, e colocando-se um eletrodo sobre um músculo inervado por este nervo registra-se o potencial gerado (onda "M"), determinando-se assim a latência distal (L1) entre o ponto de estímulo e o de registro. Neste caso a latência obtida é o tempo para que o potencial percorra as fibras mais o tempo da transmissão através da placa mioneural e o tempo de condução através das fibras musculares. Para obtermos o tempo de condução apenas nas fibras nervosas, eliminando-se a condução através da placa mioneural e no próprio músculo, utilizamos um artifício, estimulando-se novamente o mesmo nervo em outro ponto mais proximal e obtendo-se uma nova latência (L2). A diferença entre estas duas latências é o tempo de condução nas fibras mais rápidas deste nervo entre os dois pontos de estímulo (eliminamos desta maneira o tempo da transmissão através da placa e das fibras musculares); e dividindo-se a distância entre estes pontos por este tempo obtém-se a condução motora neste segmento. Desta maneira, estimulando o nervo em vários pontos podemos obter a velocidade em vários segmentos e assim determinar, por exemplo, uma possível alteração num segmento específico, ou então observar que as medidas encontram-se alteradas globalmente, o que se observa em neuropatias desmielinizantes. Quando há comprometimento axonal a amplitude da onda "M" pode encontrar-se reduzida devido a ser gerada por um menor número de fibras musculares ativas em conseqüência da perda de axônios funcionantes.

Os nervos facilmente acessíveis na rotina diagnóstica são: mediano, ulnar, radial, fibular e tibial posterior, embora existam técnicas para a avaliação de outros nervos em casos especiais (ex.: condução do nervo femoral, frênico etc.)

Fibras mielínicas mais lentas podem ser analisadas através de técnicas especiais como a *técnica de colisão*, na qual, por meio da dupla estimulação, podemos bloquear as fibras de condução mais rápida de maneira que possamos registrar a condução nas fibras mais lentas.

Respostas tardias

Onda "F"

As fibras nervosas, quando estimuladas num determinado ponto, despolarizam e o potencial propaga-se nos dois sentidos. Obtém-se uma *onda "M"* que é resultante da condução do ponto de estímulo ao músculo. O potencial que caminha no sentido do corpo celular do neurônio motor em parte das fibras despolariza o neurônio motor e temos um novo potencial que caminha para a periferia atingindo

fibra muscular que se despolariza novamente e o potencial registrado é a *onda "F"*. O tempo de latência desta onda é o tempo de condução do ponto de estímulo até a medula (corno anterior) mais o tempo de condução deste ponto ao músculo. Desta maneira podemos avaliar a condução em segmentos proximais dos nervos periféricos, técnica útil por exemplo nas polirradiculoneurites inflamatórias. Além destes parâmetros no estudo das ondas "F" avaliamos a latência máxima, a latência mínima, a latência média, a dispersão (diferença entre latências máxima e mínima) e a persistência.

Reflexo "H"

O reflexo "H" é um reflexo monossináptico cuja via aferente são as fibras sensitivas de um determinado nervo e a via eferente as fibras motoras deste nervo. Um nervo estimulado em um determinado ponto tem suas fibras despolarizadas e temos uma resposta "M" cuja latência é o tempo de condução do ponto de estímulo ao músculo. Por outro lado as fibras sensitivas também despolarizadas geram um potencial que se propaga ao gânglio sensitivo e via raiz posterior faz sinapse com o neurônio motor a nível de corno anterior da medula, o qual, despolarizado, gera um potencial que se propaga novamente ao músculo, onde novamente despolariza suas fibras e um novo potencial é registrado; esta é a *onda "H"*. A importância da onda "H" em relação à "F" está no fato de que através da primeira é possível a avaliação de raízes posteriores. Este reflexo é particularmente útil, por exemplo, no diagnóstico de radiculopatias S1, onde pode encontrar-se alterado, o que não ocorre em lesão a nível de raiz L5 (estudo do reflexo "H" por estimulação do nervo tibial posterior a nível de fossa poplíteia).

Reflexo cutâneo simpático

A pesquisa deste reflexo nos permite avaliar as fibras amielínicas simpáticas. É de valor no estudo de patologias que comprometem o sistema nervoso autônomo.

ELETROMIOGRAFIA

A eletromiografia propriamente dita baseia-se no estudo funcional das unidades motoras. Como uma unidade motora compreende um neurônio motor periférico e o conjunto das fibras musculares por ele inervadas, sempre que o neurônio motor se despolariza, o potencial gerado se propaga pelo seu axônio e todas as fibras musculares inervadas por este neurônio se despolarizam gerando potenciais, os quais são captados através de eletrodos de agulha e analisados.

Para o estudo eletromiográfico um eletrodo de agulha é inserido em um determinado músculo e a seguir a atividade

elétrica gerada próximo a este eletrodo é analisada em três etapas.

Na primeira etapa, durante o repouso muscular, que em músculo normal mostra silêncio elétrico e não registramos nenhum potencial (a não ser potenciais de placa). Nos casos em que há desnervação podemos observar a presença de potenciais patológicos que são as fibrilações e as ondas positivas e que são geradas por fibras musculares desnervadas ou parte de fibras fragmentadas que se despolarizam espontaneamente, gerando estes potenciais. Podemos também observar a presença de fasciculações, que são conjuntos de várias fibras de uma mesma unidade motora que disparam espontaneamente. Nesta fase ainda podemos encontrar outras alterações como descargas de alta frequência e, nas miotonias, descargas miotônicas.

Na segunda etapa pedimos ao paciente que realize uma contração leve deste músculo, de maneira que ative algumas unidades motoras próximas ao eletrodo de registro. Desta maneira, algumas unidades motoras são visualizadas isoladamente no osciloscópio e pode-se então analisar sua forma, amplitude e duração. Cada unidade motora, ao disparar, gera um potencial (que é a somatória de vários potenciais produzidos por várias fibras musculares pertencentes a uma mesma unidade motora) que é então analisado. No músculo normal existem padrões de normalidade para a morfologia (número de fases), duração e amplitude. Quando há um comprometimento do tipo neuropático, em que há degeneração axonal, ocorre que parte das fibras musculares perde sua inervação em consequência do comprometimento axonal, e numa segunda fase as unidades motoras sobreviventes reinervam estas fibras desnervadas. Como consequência, há uma maior concentração de fibras musculares pertencentes a uma unidade motora próxima ao eletrodo de captação e o potencial registrado será a soma de um maior número de potenciais de fibras musculares, e a resultante será potenciais com duração e amplitude maior do que no músculo normal. Quando há um comprometimento do tipo miopático ocorre o contrário; cada unidade motora perde fibras musculares e a consequência é que o potencial registrado será a resultante de um menor número de potenciais de fibras musculares e, portanto, terá duração e amplitude reduzida em relação ao normal.

Numa terceira etapa o paciente é solicitado a realizar uma contração máxima, de maneira que um maior número de unidades motoras seja ativado, gerando vários potenciais que se imbricam, formando um traçado de interferência no osciloscópio. Nos casos em que há degeneração axonal, com redução do número de unidades motoras, há um menor número de potenciais de ação e o traçado de esforço mostra-se rarefeito, aumentando sua amplitude (potenciais de maior amplitude). Nos casos em que há uma miopatia, o

número de unidades motoras não se reduz; todavia, os potenciais registrados são de reduzida amplitude e o que se observa são traçados cheios, porém de reduzida amplitude em relação ao normal.

ALTERAÇÕES OBSERVADAS NAS PRINCIPAIS PATOLOGIAS

Lesões do corpo celular de neurônios motores periféricos

Nas lesões que comprometem o corpo celular de neurônios motores periféricos o que se observa são sinais de desnervação nos músculos do território comprometido, caracterizados por aumento da atividade de inserção, fibrilações, ondas positivas, fasciculações, descargas de alta frequência, potenciais de ação polifásicos com duração e amplitude aumentadas, ao lado de rarefação dos traçados de esforço. Nas patologias localizadas (ex.: lesões medulares) estas alterações ocorrem no território correspondente ao nível da lesão; nas doenças degenerativas (ex.: esclerose lateral amiotrófica) há um comprometimento difuso, geralmente comprometendo músculos dos quatro membros e, às vezes, músculos inervados por nervos cranianos. As medidas de condução motora e sensitiva mostram-se dentro dos limites da normalidade na maioria dos casos.

Radiculopatias

Nas lesões radiculares localizadas as medidas de condução não se alteram e observam-se sinais de desnervação em músculos do território radicular comprometido, desde que a lesão comprometa a raiz anterior e cause degeneração axonal. Se não houver comprometimento axonal que leve a sinais de desnervação ou se o comprometimento for apenas de raiz posterior (sensitiva), não há repercussão eletromiográfica e o exame pode ser normal. O estudo dos reflexos H pode ser útil nestes casos.

Lesões de nervos periféricos

Lesões agudas

Nas lesões agudas de nervos periféricos é fundamental considerarmos o momento em que o exame está sendo realizado, pois alterações das medidas de condução se definem a partir do sétimo dia após a lesão; sinais de desnervação, nos casos em que há comprometimento axonal, aparecem em torno de 21 dias após a lesão. Nas lesões agudas devemos considerar dois grupos; o primeiro,

em que há apenas uma neurapraxia, ou seja, há um bloqueio da condução sem comprometimento axonal, e um segundo grupo, em que há uma axonotmese ou uma neurotmese, em que há lesão axonal. No primeiro grupo, a eletro-neuromiografia mostrará apenas sinais de bloqueio de condução e, no segundo grupo, alterações da condução, além de sinais de desnervação nos músculos comprometidos.

Lesões crônicas

Dentre as lesões crônicas de nervos periféricos destacamos as síndromes compressivas, nas quais os achados observados são: redução da velocidade de condução no segmento comprometido e, nos casos mais acentuados, desnervação em músculos distais ao ponto de compressão. Uma das patologias mais frequentes é a síndrome do túnel do carpo, motivo pelo qual vamos detalhar melhor os seus achados. Nos casos de um comprometimento discreto, a alteração encontrada é uma redução da medida de condução sensitiva no segmento do nervo mediano através do canal do carpo; a seguir, nos casos em que há um comprometimento mais acentuado, encontramos, além de alterações da condução sensitiva, um aumento da latência distal motora do nervo mediano e, finalmente, nos casos mais graves, pode também haver desnervação em músculos da região tenar.

Lesões de plexos

O estudo eletroneuromiográfico é de grande importância nas lesões de plexos, pois permite o diagnóstico topográfico das lesões, assim como pode determinar o grau de comprometimento. Alterações das medidas de condução, ao lado de sinais de desnervação em determinados grupos musculares, permitem-nos formar um mapeamento da lesão. Um exemplo clássico é o diagnóstico diferencial entre avulsão radicular e lesão do plexo braquial. No primeiro caso, as medidas de condução sensitiva mostram-se dentro da normalidade, pois a lesão não compromete neurônios sensitivos periféricos, e as medidas de condução motora mostram-se alteradas ou abolidas, com eletromiogramas mostrando desnervação. No primeiro caso há também desnervação em músculos paravertebrais, o que não ocorre em lesões do plexo.

Polineuropatias periféricas

Devemos dividir as polineuropatias periféricas em dois grupos distintos: as axonais e as desmielinizantes. Nas polineuropatias axonais as medidas de condução estão dentro dos limites da normalidade, embora os potenciais dos nervos e as ondas "M" possam estar reduzidos devido à perda axonal. A eletromiografia de agulha mostra

alterações de padrão neuropático. Nas polineuropatias desmielinizantes há redução das medidas de condução e a eletromiografia de agulha não mostra anormalidades ou, se houver degeneração axonal secundária, sinais de desnervação podem estar presentes, embora menos evidentes que na forma anterior.

Miopatias

Nas miopatias as medidas das velocidades de condução motora e sensitiva não se alteram, porém a eletromiografia mostra potenciais de ação de reduzida amplitude e duração, assim como traçados de esforço cheio, paradoxalmente às vezes mesmo ao esforço leve. Atividades espontâneas tipo fibrilações e ondas positivas são raras nas miopatias em geral, porém são freqüentemente observadas nas polimiosites e nestas, principalmente nos casos em que o processo encontra-se em fase ativa. Alterações características são observadas na distrofia miotônica (doença de Steinert), em que há descargas miotônicas ao lado de potenciais de ação com características miopáticas. Na miotonia congênita (Doença de Thomsen) encontramos descargas miotônicas, porém com potenciais de ação de unidades motoras normais.

Doenças da placa mioneural

Nas patologias que comprometem a placa mioneural as medidas de condução motora e sensitiva, assim como a eletromiografia de agulha, não mostram alterações. A *prova da estimulação repetitiva* mostra nos casos de miastenia

gravis, à estimulação de 2-3 Hertz, *redução* de mais de 10% das amplitudes dos potenciais registrados. Nos casos de síndrome de Eaton-Lambert, encontramos *aumento* de mais de 50% das amplitudes dos potenciais registrados à estimulação repetitiva, com freqüência de 25-30 Hertz.

SUMMARY

Electroneuromyography: basic aspects and clinical applications. The fundamentals of a routine electroneuromyographic study, including nerve conduction velocity measures and the classical electromyography are described. The clinical use of these techniques in diseases involving the lower motor neurones, nerve roots, plexus, nerves, myoneural junction and muscles is discussed. Clues are given to make easier to the general neurologist a better understanding and guidance in dealing with these neurophysiological investigations.

KEY WORDS

Electromyography, neural conduction, myopathies, neuropathies.

Sugestões bibliográficas

1. Andrews, J.C.; Johnson, R.J. - Electrodiagnosis: an anatomical and clinical approach. J.B. Lippincott Company, Philadelphia, 1986.
2. Brown, W.F.; Gilliat, W. - The physiological and technical basis of electromyography. Butterworth Publishers, London, 1984.
3. Dumitru, D. - Electrodiagnostic Medicine. Hanley & Belfus Inc., Philadelphia, 1995.
4. Johnson, E.W. - Practical Electromyography. Williams & Wilkins, New York, 2nd. Edition, 1982.
5. Kimura, J. - Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: principle and practice. F.A. Davis, Philadelphia, 1983.
6. Stalberg, E.; Young, R.R. - Clinical Neurophysiology. Butterworths & Co. Ltd., London, 1981.