

# *Importância da monitoração intra-operatória de potenciais de ação de nervos no tratamento dos neuromas em continuidade*

## *Artigo de revisão*

Mario G. Siqueira, Roberto S. Martins, Benedito Ortiz de Godoy

Nervus – Centro de Diagnóstico e Tratamento de Doenças do Sistema Nervoso Periférico. São Paulo, SP

### RESUMO

Cerca de 60% a 70% das lesões traumáticas de nervos resultam em um neuroma em continuidade. Os achados clínicos e eletromiográficos em geral não são suficientes na decisão da conduta mais adequada a ser tomada com essas lesões. Da mesma forma, o aspecto macroscópico e a palpação digital desses neuromas durante o ato cirúrgico nem sempre apresentam uma correlação direta com a função eletrofisiológica. Essas dificuldades muitas vezes induzem o cirurgião a uma decisão errônea quanto à necessidade ou não de ressecar a lesão. Por isso, o registro intra-operatório de potenciais de ação do nervo passou a ter um papel essencial na cirurgia dessas lesões traumáticas.

A avaliação eletrofisiológica intra-operatória de neuromas em continuidade deve ser feita no mínimo 3 a 4 meses após a lesão. Após extensa neurólise externa, um eletrodo estimulador é posicionado no segmento do nervo proximal à lesão e um eletrodo de registro é posicionado no segmento distal à lesão. O estímulo aplicado deverá gerar um potencial de ação que, em condições de regeneração adequadas, irá atravessar a lesão e será captado pelo eletrodo de registro. Uma resposta registrável através de um neuroma em continuidade indica que a lesão em princípio era predominantemente neuropráxica ou axonotômica e que, portanto, apresenta uma alta probabilidade de recuperação funcional (> 90%), sem necessidade de outra conduta cirúrgica, além da extensa neurólise externa previamente realizada. Por outro lado, as lesões em continuidade sem resposta condutora no nervo devem ser cirurgicamente ressecadas e as extremidades do nervo lesado devem ser aproximadas por sutura término-terminal ou com a interposição de enxertos.

O uso rotineiro da avaliação eletrofisiológica intra-operatória de lesões em continuidade aumenta a compreensão pelo cirurgião da possibilidade de regeneração e do potencial de recuperação do nervo. Os resultados dessa avaliação irão definir com precisão a necessidade ou não de se ressecar uma lesão em continuidade.

### PALAVRAS-CHAVE

Lesão de nervo. Monitoração eletrofisiológica intra-operatória. Neuroma em continuidade. Potencial de ação de nervo.

### ABSTRACT

#### ***The role of intraoperative nerve action potential recording in the treatment of neuromas in continuity***

Sixty to seventy percent of the traumatic lesions of nerves result in a neuroma in continuity. The clinical and electromyographic findings usually are not sufficient for the decision of the best way to deal with these lesions. In the same way, the macroscopic appearance and the digital palpation of these neuromas during surgery not always permit a direct correlation with the electrophysiological function. These drawbacks could lead the surgeon to a wrong decision about the necessity or not to resect the lesion. To overcome this problem the intraoperative recording of nerve action potentials was introduced and became essential in the surgery of traumatic nerve lesions.

The evaluation of neuromas in continuity by this method should be done three to four months after the lesion. After extensive external neurolysis, an stimulating electrode is placed in the nerve proximal to the lesion and a recording electrode is placed distal to the lesion. The stimuli applied should generate an action potential which, in cases of adequate regeneration, will cross the lesion and will be captured by the recording electrode. The registration of a nerve action potential that crossed an neuroma in continuity means that the lesion is predominantly neuropraxic or axonotmetic, and presents a high probability of functional recovery (>90%), without other type of surgery, besides the external neurolysis already done. On the other hand, the lesions in continuity without electrophysiologic response in the nerve should be surgically resected and the stumps of the nerve should be repaired by termino-terminal suture or with the interposition of grafts.

The routine use of the intraoperative electrophysiologic evaluation of lesions in continuity increases the perception of the surgeon about the possibility of regeneration and about the potential of recovery

of the nerve. The findings of this evaluation will define with precision the necessity or not to resect a lesion in continuity.

#### KEYWORDS

*Intraoperative electrophysiological monitoring. Nerve action potential. Neuroma in continuity. Peripheral nerve injury.*

## Introdução

A maioria (60% a 70%) das lesões traumáticas envolvendo nervos não interrompem sua continuidade<sup>7</sup> e a regeneração espontânea subsequente pode levar a formação de neuromas em continuidade (Figura 1). O tratamento dessas lesões em geral é difícil, pois sua história natural é variável e imprevisível. Geralmente, a decisão cirúrgica de realizar uma simples neurólise externa ou um reparo mais complexo do nervo em pacientes com um neuroma em continuidade e sem função distal relacionada com o nervo lesado é adotada com base nos achados pré-operatórios e no aspecto intra-operatório da lesão. Nem sempre essa decisão é simples, pois foi demonstrado que a presença ou ausência de fibras nervosas em regeneração não pode ser estabelecida de forma confiável pela simples inspeção ou palpação<sup>9</sup>.

Com base em estudos experimentais<sup>6,9</sup> Kline e Nulsen<sup>12</sup> introduziram a técnica do registro intra-operatório de potenciais de ação do nervo, que passou a ter um papel essencial na cirurgia dessas lesões traumáticas. Permitindo uma avaliação eletrofisiológica do nervo lesado, com possibilidades de se obter informações sobre o grau de preservação em lesões leves e o potencial de recuperação útil em lesões mais severas<sup>20</sup>, o método elimina a conjectura do processo de decisão intra-operatório.

A reprodução intra-operatória de um potencial de ação translesional significa que axônios em regeneração



**Figura 1 - Fotografia cirúrgica demonstrando neuroma em continuidade do nervo ulnar, no braço, quatro meses após lesão cortocontusa.**

com alto potencial de reinervação já atravessaram o local da lesão, mas ainda não alcançaram seus órgãos-alvo (fibras musculares ou receptores sensitivos), na época da cirurgia<sup>10</sup>.

## Descrição do método

Como em qualquer método científico, existe uma curva de aprendizado e o domínio da técnica é decorrente do seu emprego repetido, até que se tome conhecimento das nuances envolvidas e se adquira experiência com o método.

### *Equipamento*

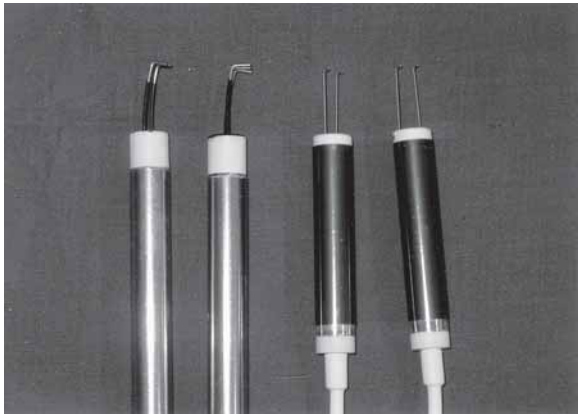
Os sistemas utilizados como unidades de estimulação e registro intra-operatórios de potenciais de ação de nervos são equipamentos de eletromiografia convencionais programados para esse propósito. Esses aparelhos devem ser capazes de estimular o nervo e de gerar uma onda de despolarização das membranas celulares, que é utilizada para fornecer uma diferença de potencial fixa, por um período específico de tempo. Após esse sinal ter sido gerado e registrado, deve ser amplificado e exibido. A meta do registro intra-operatório do potencial de ação de nervo é obter uma resposta única, que representa a população de axônios viáveis no nervo<sup>10,21</sup>. Utilizamos o equipamento Keypoint®, modelo portátil (Medtronic Functional Diagnostics®) (Figura 2).

### *Eletrodos*

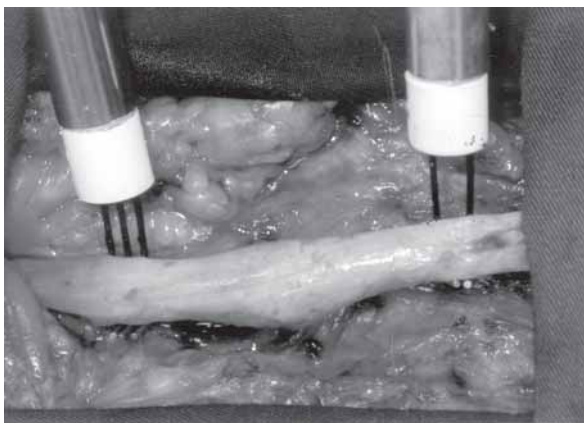
Os potenciais são produzidos e registrados com o auxílio de eletrodos de estimulação e registro, que possuem extremidades de aço inoxidável, isoladas e embutidas em um cabo plástico (Figura 3). Esse tipo de material minimiza a eletrólise, assegura uma condutividade razoável e apresenta um menor custo que a platina, previamente utilizada<sup>20</sup>. As extremidades dos eletrodos são descobertas e curvas, em forma de gancho, para permitir que o nervo seja suspenso após dissecação, afastando-o de outros tecidos e de fluidos corpóreos, durante a estimulação e o registro (Figura 4). Devido a grande variação no



**Figura 2 – Equipamento para estimulação e registro intra-operatório de potencial de ação do nervo através da lesão, modelo Keypoint® portátil da Medtronic Functional Diagnostics®.**



**Figura 3 – Eletrodos de estimulação e registro de diversos tamanhos para uso em nervos de diferentes diâmetros.**



**Figura 4 – Fotografia cirúrgica demonstrando o posicionamento do eletrodo estimulador (esquerda) proximal à lesão e do eletrodo de registro (direita), distal à lesão.**

tamanho dos nervos, é necessário que eletrodos com extremidades (“ganchos”) em tamanhos diferentes estejam disponíveis. Associada à estimulação do nervo, ocorre uma difusão da corrente elétrica que irá gerar um artefato de estímulo que, eventualmente, poderá prejudicar a captação do potencial de ação pelo eletrodo de registro. A utilização de um eletrodo estimulador de três pontas – dois anodos externamente e um catodo no centro<sup>4,10</sup>, limita a difusão da corrente e, conseqüentemente, reduz o artefato de estímulo<sup>4</sup>. As terminações dos eletrodos devem ser separadas por distâncias bem definidas. No caso do eletrodo estimulador, essa distância deve ser de pelo menos 3 milímetros para elementos menores, tais como fascículos<sup>22</sup>, podendo ser necessário um intervalo de 5 a 7 milímetros em nervos maiores<sup>20</sup>. Uma distância muito pequena entre as terminações do eletrodo irá resultar em estimulação insuficiente do nervo e no registro de um potencial de ação menor que o real. Os eletrodos de registro são de configuração bipolar e, quando estimulados, uma extremidade permanece como eletrodo de referência e a outra como eletrodo ativo. Se a distância entre as duas extremidades for muito curta, a diferença no potencial será reduzida, porque ambas as extremidades estarão na região ativa do nervo. Em geral, distâncias de 3 a 5 milímetros são adequadas, devendo ser lembrado que os nervos maiores necessitam de distâncias maiores entre as extremidades do eletrodo de registro<sup>20</sup>.

### *Estimulação*

Para que não ocorra qualquer comprometimento dos testes eletrofisiológicos intra-operatórios, devem ser evitados os bloqueios anestésicos locais ou regionais, o uso de torniquetes e as drogas que provoquem relaxamento muscular de ação prolongada.

Após a dissecação da lesão, incluindo segmentos proximal e distal do nervo em relação à referida lesão, é realizada extensa neurólise externa. Nessa neurólise, o suprimento sangüíneo longitudinal do nervo deve ser preservado, mas a maioria dos vasos colaterais podem ser sacrificados para que se possa obter uma exposição de toda a circunferência do nervo<sup>12,13</sup>. Em seguida, o eletrodo estimulador é posicionado no segmento proximal à lesão e o eletrodo de registro é posicionado no segmento distal à lesão. A distância entre os eletrodos de estímulo e de registro é importante e deve ser, no mínimo, de 4 centímetros. Quando a distância é menor, o artefato de estímulo torna-se mais proeminente e pode superimpor-se ao potencial de ação, obscurecendo-o devido ao curto tempo de condução<sup>10</sup>. No entanto, nem sempre é possível o posicionamento dos eletrodos com esse intervalo e, em lesões muito proximais, o estímulo tem que ser translesional.

Os padrões da estimulação exercerão um efeito direto no registro do potencial de ação. São utilizados estímulos de curta duração e alta intensidade (miliampéagem). O estímulo deve ser de curta duração pois a distância entre o eletrodo de estímulo e de registro em geral é muito pequena. Além de reduzir o artefato de estímulo, os pulsos de curta duração também reduzem a ativação de axônios muito finos que, em geral, representam fibras que não irão maturar a ponto de resultar em função útil. A duração da estimulação não deve ser menor que 0,05 milissegundos, pois tempos de estímulo inferiores exigiriam aumentos na intensidade (miliampéagem) necessária para a estimulação. Em geral, estímulos com duração de 0,05 a 0,1 milissegundos são adequados<sup>4</sup>. A intensidade da corrente elétrica necessária para estimular um nervo íntegro situa-se entre 3 e 15 miliampères (mA). Em nervos lesados com significativo grau de cicatrização, a intensidade necessária pode ser da ordem de até 100 mA, embora, na prática, raramente se empregue mais que 50 mA. Enquanto a duração do estímulo for mantida abaixo de 0,1 milissegundo e a frequência do estímulo abaixo de 2 a 3 vezes por segundo, a estimulação de alta intensidade pode ser usada sem maiores riscos de induzir queimaduras elétricas no nervo<sup>4</sup>. Em geral, a estimulação utiliza inicialmente os parâmetros que evocam uma resposta de base e é aumentada gradativamente. Ao mesmo tempo, os níveis de amplificação no gravador são ajustados para sensibilidades progressivamente maiores, até que traçados de potenciais de ação únicos e consecutivos sejam observados na tela do equipamento.

### *Registro*

A estimulação produz um potencial de ação elétrico que em geral é muito pequeno e deve ser amplificado. Tanto o processo de recepção como de amplificação do potencial adicionam ruídos eletromagnéticos ao sinal, que devem ser eliminados para melhorar sua definição. A medida inicial para eliminar os ruídos é certificar-se de que o paciente está eletricamente aterrado. Quando o aterramento não é suficiente para eliminar todo o ruído, deve ser realizada uma filtragem, isto é, frequências indesejáveis acima e abaixo da faixa de frequência usual deverão ser eliminadas. A seleção dos filtros será determinada pelo tipo de equipamento em uso e pela natureza do ruído no sinal. Deve ser lembrado que o excesso de filtragem pode suprimir informações úteis. Em geral, os parâmetros utilizados são de 5 Hz a 10 Hz para o filtro de baixa frequência e de 2 KHz a 5 KHz ou mais para o de alta frequência. Essa regulagem, em geral, reduz o artefato de estímulo sem mascarar a resposta do potencial de ação do nervo<sup>4</sup>.

Em condições de regeneração adequadas, o potencial de ação gerado irá atravessar a lesão e será captado pelo eletrodo de registro.

### *Registro de saída*

Uma vez processado, o sinal elétrico será exibido em um osciloscópio ou no monitor de um computador. Para tal, devem ser efetuados dois ajustes. O primeiro é na escala de voltagem para o potencial de ação, que deve ser ajustada para permitir fácil reconhecimento do potencial – de 50  $\mu$ v a 5 mv por divisão. O segundo ajuste é no intervalo de tempo exibido na tela (varredura). Um intervalo de tempo muito curto irá resultar em dificuldade na interpretação do traçado ou mesmo em perda do potencial de ação, incorporado ao artefato de estímulo devido ao fato de o sinal estar comprimido na tela de exibição. Por outro lado, um intervalo de tempo muito longo pode tornar o potencial de ação pouco nítido e dificultar seu reconhecimento por estar expandido demais, com parte do mesmo situada fora da tela de exibição. Em geral, um intervalo de tempo entre 0,5 e 2,0 milissegundos por divisão é adequado. A maioria dos equipamentos possui a tela de exibição com dez divisões.

Durante a estimulação e registro do potencial de ação do nervo, o sistema deve ser submetido a aterramento elétrico, e o bisturi elétrico e outros aparelhos devem, se possível, ser desligados, para minimizar a interferência.

A presença ou ausência do potencial de ação em resposta ao estímulo determina a necessidade ou não de ressecar um segmento de nervo danificado<sup>1,15</sup>. Quando é produzido um potencial de ação através da lesão, isso significa que esta é predominantemente neuropráxica ou axoniotômica e que, portanto, apresenta uma alta probabilidade de recuperação funcional (> 90%)<sup>10</sup>, sem necessidade de outra conduta cirúrgica além da neurlise externa previamente realizada. As lesões em continuidade sem resposta condutora no nervo são, em geral, neurotômicas (grau 4 da classificação de Sunderland). Esse padrão lesional impede a regeneração espontânea e, por isso, essas lesões devem ser ressecadas cirurgicamente, e as extremidades do nervo lesado devem ser aproximadas por sutura término-terminal ou com a interposição de enxertos.

Deve ser lembrado que nem sempre a presença de um potencial de ação translesional no nervo é indicativa de uma regeneração efetiva e o cirurgião deve estar sempre atento para a geração de registros falsos-positivos ou de significado duvidoso que pode ocorrer em algumas situações: a) nas lesões proximais (pré-ganglionares) do plexo braquial são observados potenciais de ação de condução rápida (60 m/s a 80 m/s)



e de alta amplitude, que refletem a ativação de fibras sensitivas íntegras de grande diâmetro<sup>8</sup>. Essas respostas em geral são maiores e mais rápidas que as do plexo braquial intacto adjacente e podem ser diferenciadas dos potenciais de ação de regeneração, que são mais lentos e de baixa amplitude, com relativa facilidade; b) potenciais evocados de músculos também podem confundir o observador, mas em geral podem ser distintos dos potenciais de ação de nervos por sua baixa latência (velocidade de condução < 20 m/s), amplitude aumentada e morfologia polifásica. Se persistir dúvida, a utilização de um agente paralizante muscular irá eliminar a resposta motora sem afetar o potencial de ação do nervo; c) quando a monitoração intra-operatória é realizada tardiamente (seis meses ou mais após a lesão), necessita-se de estimulação máxima e amplificação muito alta para a obtenção de um potencial de ação do nervo e revela velocidades de condução menores que 20 m/s, significando que a regeneração presente provavelmente é inadequada para uma recuperação funcional, havendo também indicação para ressecção e reparo da lesão.

O processo de registro intra-operatório de um potencial de ação de nervo deve ter início com a obtenção de um potencial de ação de base. Para tal, expõe-se um segmento do nervo de 4 a 5 centímetros, acima da lesão, para obtenção de um potencial de ação proximal no nervo. Quando esse potencial de ação proximal não pode ser obtido, como ocorre nas lesões por estiramento muito proximais ou em neuromas em continuidade muito extensos, o registro de base é obtido em um nervo intacto nas vizinhanças. Esses potenciais geralmente são obtidos com baixos níveis de estimulação e moderada sensibilidade no pré-amplificador. Uma vez comprovado o bom funcionamento do equipamento, o processo é realizado no segmento lesado do nervo. Se, a despeito de ajustes apropriados nos parâmetros de estimulação e registro não houver produção de um potencial de ação no nervo, provavelmente não existem axônios em regeneração suficientes cruzando o espaço entre os eletrodos de estímulo e de registro. Apesar da avaliação prévia do funcionamento do equipamento em segmento íntegro de nervo, falhas na execução do procedimento devem ser descartadas para excluir resultados falsos-negativos. Entre essas falhas, as mais frequentes são: a) eletrodos mal posicionados – extremidades sem contato adequado com o nervo ou em contato com outros tecidos ou com fluidos adjacentes; b) distância inadequada entre os eletrodos – à medida que a distância entre os eletrodos de estímulo e de registro diminui, o artefato de estímulo torna-se mais proeminente e pode efetivamente mascarar um potencial de ação; c) distância inadequada entre as extremidades dos eletrodos; d) temperatura inadequada da solução de irrigação – quando muito fria,

bloqueia a condução e, quando muito quente, pode danificar o nervo; e) os eletrodos podem estar danificados. Só após se completarem essas verificações é que torna-se possível a interpretação de que um registro isoelétrico representa o verdadeiro estado do nervo lesado.

## Discussão

Na maioria dos casos, o neuroma em continuidade é de formato fusiforme e sua inspeção e palpação podem fornecer algumas informações. Um aumento de tamanho até duas vezes o tamanho normal do nervo é compatível tanto com axoniotmese como com neurotmese, enquanto um aumento maior sugere neurotmese<sup>14</sup>. Os neuromas laterais sugerem secção parcial do nervo, especialmente na presença de função distal parcialmente preservada. Se mais de dois terços do nervo estiver evidentemente dividido ou se a função clínica preservada for de menor importância, a ressecção completa da lesão em geral é aconselhável para facilitar o reparo de todo o nervo. Uma consistência firme ou dura do neuroma sugere intensa cicatrização interna e provável neurotmese. Como regra, a arquitetura interna do neuroma é quase sempre pior que a sugerida pelo exame<sup>16</sup>.

Qualquer lesão traumática pode produzir um neuroma em continuidade no nervo, mas os mecanismos mais comuns envolvem estiramento e contusão. A lesão interna, que em geral afeta todo o corte transversal do nervo, pode variar desde alterações muito brandas como na neuropraxia (grau 1 da classificação de Sunderland) em que há pouco ou nenhum dano estrutural aparente, até lesões severas que afetam todos os componentes da estrutura interna do nervo, isto é, neurotmese (grau 4 da classificação de Sunderland). Nessas lesões mais graves é desencadeada uma intensa resposta fibroblástica que irá representar um importante obstáculo para o crescimento dos axônios em regeneração, que, ao atingirem essa barreira, se curvam e se enovelam, formando uma lesão bulbosa em continuidade. Esse neuroma contém uma trama de tecido conjuntivo entrelaçada com axônios de fino calibre, precariamente mielinizados<sup>14</sup>. Com maior frequência, a lesão em continuidade é predominantemente axoniotmética (grau 2 da classificação de Sunderland), na qual a continuidade do axônio é interrompida, mas com relativa preservação da estrutura de tecido conjuntivo do nervo<sup>17</sup>.

Na prática, a avaliação da regeneração de um nervo motor, antes que tenha ocorrido qualquer retorno da função, em geral é baseada no sinal de Tinel e nos

achados eletromiográficos; no entanto, nenhum dos dois métodos é preciso para essa finalidade. A progressão de um sinal de Tinel positivo ao longo do nervo lesado significa apenas que fibras finas amielínicas estão ultrapassando a lesão, o que tem pouco valor prognóstico com relação à recuperação motora. Da mesma forma, embora a evidência eletromiográfica de reinervação ocorra antes da evidência clínica, um potencial de ação de unidade muscular detectável requer somente umas poucas centenas de fibras para ser produzido e, portanto, tal achado também não fornece a certeza de uma reinervação com sucesso. Uma crença exagerada nessas “evidências” de regeneração pode resultar em atrasos indesejáveis no tratamento ideal, permitindo que alterações irreversíveis que ocorrem no músculo desnervado impeçam a recuperação, a despeito de eventual reinervação tardia por axônios regenerados<sup>3,18</sup>. Na inexistência do equipamento para registro intra-operatório do potencial de ação, os cirurgiões se limitam, nas lesões de aspecto duvidoso, a realizar uma neurólise externa e aguardar a evolução. Se após um período variável de alguns meses não surgir nenhuma resposta motora, a lesão é novamente operada, ressecada e reparada. Essa conduta é inadequada por dois motivos: 1) muitas vezes, são necessárias duas cirurgias, com todos os seus riscos e custos inerentes; 2) essa espera de meses, que poderia ser evitada, por vezes leva a um resultado final insatisfatório, decorrente de um prazo ideal para reparo ultrapassado.

Com base em estudos experimentais, Kline comprovou que o registro de um potencial de ação no nervo, cruzando a área da lesão, irá preceder a reinervação do músculo e, conseqüentemente, será detectável semanas a meses antes da evidência eletromiográfica de reinervação e ainda muito mais tempo antes da recuperação clínica<sup>6,9</sup>. A velocidade da resposta é influenciada pelo grau de mielinação das fibras nervosas, enquanto a amplitude do potencial de regeneração pode ser correlacionada com o número de fibras mielinizadas de tamanho médio<sup>2,17,19</sup>. Para que ocorra um potencial de ação translesional é necessária a presença de 3 mil a 4 mil axônios, com diâmetro maior que 5  $\mu\text{m}$  e com algum grau de mielinação atravessando a lesão<sup>20</sup>.

O potencial de ação de um nervo é o potencial elétrico total, produto da soma dos potenciais de todas as fibras individuais, que se desenvolve através do nervo, após uma estimulação que consiga despolarizar a membrana de todas as fibras. A reprodução intra-operatória de um potencial de ação translesional significa que axônios em regeneração, com capacidade de reinervação, já cruzaram o local da lesão, mas ainda não alcançaram seus alvos, na época da cirurgia. Embora em alguns casos possa-se obter um potencial de ação translesional em seis semanas depois da lesão<sup>12</sup>,

deve-se aguardar de dois a três meses entre a lesão do nervo e a realização do registro de potencial de ação intra-operatório. Esse período de espera permite que a possível regeneração dos axônios lesados através do local da lesão ocorra e se estenda por aproximadamente 2,5 cm além da lesão. Se considerarmos o período mínimo de um mês para que a lesão seja ultrapassada e de mais um mês para que a regeneração se estenda ao segmento distal do nervo<sup>1</sup>, ao término do período de dois a três meses a regeneração certamente já alcançou a distância mínima necessária para o posicionamento dos eletrodos. No entanto, deve ser lembrado que o momento ideal para exploração e registro de um neuroma em continuidade é grandemente influenciado pelo mecanismo de lesão<sup>3,7</sup>. As lesões mais focais (projétil de arma de fogo, iatrogênicas, lacerações/contusões associadas com fraturas) em geral apresentam regeneração mais precoce que as lesões mais extensas (contusão ou estiramento severos). Assim, de forma ideal, as lesões mais brandas devem ser exploradas dois a três meses após a lesão e, as mais severas, após quatro a cinco meses<sup>14</sup>. Dessa forma, pacientes com bom prognóstico para recuperação espontânea podem ser detectados no ato operatório, ainda em fase pós-trauma precoce, pelo registro de potenciais de ação. Nesses pacientes, outros procedimentos cirúrgicos, além da neurólise externa previamente realizada, devem ser evitados. Por outro lado, a ausência de um potencial de ação translesional três meses após a instalação da lesão estará demonstrando uma falha no processo de regeneração. Essa constatação em fase precoce permitirá que o reparo adequado do nervo seja realizado em um momento em que os músculos desnervados ainda estão receptivos aos axônios em regeneração.

Em 785 nervos/elementos avaliados, Kline e Happel<sup>10</sup> verificaram que, embora ocorra uma variação discreta de um nervo para outro, a presença de um potencial de ação translesional registrável é consistentemente relacionado com uma recuperação funcional subsequente após uma simples neurólise externa (Tabela 1). Em 82% dos casos foi alcançada recuperação grau 4 ou 5 (Medical Research Council) e, em 93%, o grau 3.

Com a prática adquirida através do uso repetitivo, os potenciais de ação de nervo podem ser gerados de forma confiável e podem ser utilizados rotineiramente nas cirurgias de nervos, o que amplia a compreensão do cirurgião com relação à lesão nervosa, por incluir características fisiológicas da degeneração e da regeneração. Dessa forma, a conjectura é eliminada do processo de decisão intra-operatório, pois o aspecto macroscópico de um neuroma em continuidade não se correlaciona de forma adequada com a função eletrofisiológica.

**Tabela 1**

**Resultado da neúrolise externa no tratamento cirúrgico dos neuromas em continuidade, após obtenção de potencial de ação translesional (Modificado de Kline e Happel, 1992)<sup>10</sup>**

Nervo ou elemento	Nº pacientes	Nº/Percentual de recuperação grau 3
Mediano	72	70/97%
Radial	49	46/94%
Ulnar	70	67/96%
Combinado*	55	48/87%
Elementos/PB	346	324/94%
Membro inferior**	193	175/90%

\* combinações: mediano-ulnar  
mediano-radial  
mediano-ulnar-radial

\*\* ciático, tibial, fibular e femoral

PB = plexo braquial

A despeito de sua grande utilidade, de sua aceitação em todos os centros de tratamento de lesões de nervos e de estar em uso clínico há cerca de 30 anos, ainda são poucos os serviços no nosso país que dispõem desse tipo de equipamento.

## Referências

- BENZEL EC: Management of peripheral nerve trauma. In Tindall GT, Cooper PR, Barrow DL (eds.): The practice of neurosurgery. Baltimore, Williams & Wilkins, 1996, vol 2, pp 2849-57.
- FRIEDMAN W: The electrophysiology of peripheral nerve injuries. Neurosurg Clin N Am 1:43-56, 1991.
- GUTMANN E, YOUNG JZ: Re-inervation of muscle after various periods of atrophy. J Anat 78:15-43, 1944.
- HAPPEL LT, KLINE DG: Nerve lesions in continuity. In Gelberman R (ed.): Operative nerve repair and reconstruction. Philadelphia, JB Lippincott, 1991, vol 1, pp 601-16.
- HUDSON AR, HUNTER D: Timing of peripheral nerve repair. Important local neuropathological factors. Clin Neurosurg 24:391-404, 1977.
- KLINE DG, De JONGE BR: Evoked potentials to evaluate peripheral nerve injuries. Surg Gynecol Obstet 127:1239-50, 1968.
- KLINE DG, HACKETT ER: Reappraisal of timing for exploration of civilian peripheral nerve injuries. Surgery 78:54-65, 1975.
- KLINE DG, HACKETT ER: Surgery for lesions of the brachial plexus. Arch Neurol 43:170-81, 1986.
- KLINE DG, HACKETT ER, MAY PR: Evaluation of nerve injuries by evoked potential and eletromyography. J Neurosurg 31:128-36, 1969.
- KLINE DG, HAPPEL LT: A quarter century's experience with intraoperative nerve action potential recording. Can J Neurol Sci 20:310, 1992.
- KLINE DG, HUDSON AR: Selected recent advances in peripheral nerve injury research. Surg Neurol 24: 371-6, 1985.
- KLINE DG, NULSEN FE: The neuroma-in-continuity: Its preoperative and operative management. Surg Clin North Am 52:1189-209, 1972.
- LUNDBORG G: Structure and function of the intraneural microvessels as related to trauma, edema formation and nerve repair. J Bone Joint Surg (Am) 57:938-48, 1975.
- MIDHA R, KLINE DG: Evaluation of the neuroma in continuity. In Omer Jr GE, Spinner M, Van Beek AL (eds): Management of peripheral nerve problems, 2<sup>nd</sup> ed, Philadelphia, WB Saunders, 1998, pp 319-27.
- OBERLE JW, ANTONIADIS G, RATH SA, RICHTER HP: Value of nerve action potentials in the surgical management of traumatic nerve lesions. Neurosurgery 41:1337-44, 1997.
- SEDDON HJ: Surgical disorders of the peripheral nerves. Baltimore, Williams & Wilkins, 1972.
- SUNDERLAND S: Nerves and nerve injuries. Ed. 2. New York, Churchill Livingstone, 1978.
- SUNDERLAND S: Nerve injuries and their repair. A critical appraisal. Melbourne, Churchill Livingstone, 1991.
- TERZIS JK, SMITH KL: The peripheral nerve: structure, function, and reconstruction. New York, Raven Press, 1990.
- TIEL RL, HAPPEL LT, KLINE DG: Nerve action potential recording method and equipment. Neurosurgery 39:103-9, 1996.
- VAN BEEK A, HUBBLE B, KINKEAD L: Clinical use of nerve stimulation and recording. Plast Reconstr Surg 71:225-32, 1983.
- WILLIAMS HB, TERZIS JK: Single fascicular recordings: An intraoperative diagnostic tool for the management of peripheral nerve lesions. Plast Reconstr Surg 57:562-9, 1976.

Original recebido em janeiro de 2002  
Aceito para publicação em junho de 2002

### Endereço para correspondência:

Mario G. Siqueira  
Rua Maestro Cardim, 592, cj.1101  
CEP 01323-001 – São Paulo, SP  
E-mail: nervus@nervus.com.br