

**Artigo original**

# **Análise eletromiográfica dos efeitos contralaterais da facilitação neuromuscular proprioceptiva**

## ***Contralateral effects of the proprioceptive neuromuscular facilitation – electromyographic analysis***

Marina Bazzi Morales\*, Gustavo A. Carvalho\*\*, Erika Baptista Gomes\*\*\*

.....

*\*Graduanda em fisioterapia pela Universidade Católica de Brasília, \*\*Fisioterapeuta, Doutor em Ciências da Saúde pela Universidade de Brasília, Professor do Curso de Fisioterapia da Universidade Católica de Brasília, Professor Orientador do Mestrado em Gerontologia da Universidade Católica de Brasília, \*\*\*Fisioterapeuta, Professora do Curso de Fisioterapia da Universidade Católica de Brasília*

**Palavras-chave:**

Facilitação neuromuscular proprioceptiva, método Kabat, irradiação, eletromiografia.

**Key-words:**

Proprioceptive neuromuscular facilitation, Kabat method, irradiation, electromyography.

**Resumo**

O presente trabalho teve como objetivo principal verificar se a facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP), também conhecida como método Kabat, desencadeia a ativação da musculatura contralateral, identificada como irradiação. Foram avaliados por meio da eletromiografia de superfície 13 indivíduos saudáveis em duas situações: a primeira utilizando um padrão da FNP contra resistência e a segunda, realizando contração isométrica máxima do bíceps com cotovelo à 90°, procurando-se captar o sinal do bíceps contralateral. Todos os sujeitos apresentaram um aumento da RMS do bíceps contralateral quando realizada a FNP em relação ao sinal de repouso ( $p < 0,05$ ). Os resultados obtidos comprovam a ativação muscular durante a FNP, ao gerar necessidade de equilíbrio biomecânico do tronco, e descartam que ela possa ser decorrente apenas do exercício resistido em bloco.

**Abstract**

The main objective of this study was to verify the irradiation to the contralateral side in the proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) also known as Kabat method. Thirteen individuals were evaluated through surface electromyographic analyses while accomplishing a PNF pattern and an maximal isometric contraction of the biceps braquialis. The detection electrode was positioned on the non exercised biceps. All subjects had a higher RMS from the contralateral biceps while accomplishing the PNF pattern than at rest ( $p < 0,05$ ). The results confirm irradiation when the subjects perform the PNF pattern probably due to the need of biomechanical balance of the trunk and exclude the possibility of contralateral muscle activation related only to unidirectional resisted exercise.

*Artigo recebido em 04 de agosto de 2003; aceito em 15 outubro de 2003.*

**Endereço para correspondência:** Prof. Dr. Gustavo A. Carvalho, Mestrado de Gerontologia, UCB, QS 07 lote 01 EPTC Águas Claras 72022-900 Taguatinga Brasília DF; Tel: (61) 356 9205, e-mail: carvalhobsb@hotmail.com

## Introdução

O Método Kabat ou facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) consiste em uma filosofia de tratamento criada pelo Dr. Herman Kabat na década de 40 e tem como objetivo principal auxiliar o paciente a alcançar seu maior nível funcional. Os procedimentos e as técnicas da FNP são baseados principalmente no trabalho de Sherrington (1947) no qual foram definidos os conceitos de efeito pós-descarga, somatório temporal, somatório espacial, irradiação, indução sucessiva e inervação recíproca [1].

Uma das propostas do método é obter contração muscular na extremidade contralateral durante a realização de exercícios unilaterais, o que é conhecido como irradiação [2]. Esse elemento é causado pela movimentação ativa do sujeito contra uma resistência apropriada, sendo proporcional à intensidade e duração do estímulo aplicado [1].

De acordo com Pink [2], existem duas possíveis explicações para a irradiação. Uma delas é baseada na disseminação de impulsos provenientes dos músculos que estão sendo exercitados de forma direta. Acredita-se que esses impulsos sejam direcionados aos músculos correspondentes aos do membro que está realizando os exercícios resistidos [2].

A segunda teoria é justificada pela biomecânica, ou seja, a irradiação ocorreria devido à estabilização do lado contralateral quando é aplicada resistência no membro que está sendo exercitado [2].

A irradiação pode ser útil sempre que o paciente necessitar da contração muscular de um membro, mas por alguma razão não consegue realizar movimento com o mesmo. Dessa forma pacientes com queimaduras, fraturas, artrite, lesões nervosas ou outras patologias, que não consigam exercitar o membro envolvido, podem ser beneficiados com a atividade contralateral [2].

Um instrumento capaz de avaliar o comportamento muscular frente a estes estímulos é a eletromiografia. Essa técnica foi definida primeiramente por Weddell, em 1943, quando teve início o estudo dos músculos com eletrodos em agulhas. Atualmente, os estudos de condução nervosa podem ser feitos também com eletrodos de superfície, de forma que seja possível a análise das amplitudes, áreas, latências proximais e distais e velocidades de condução dos impulsos nervosos sem necessidade de um método invasivo [3].

No entanto, existem poucos trabalhos que expliquem e comprovem a irradiação causada pelo método Kabat [2]. Por isso, no presente estudo, procurou-se realizar a análise eletromiográfica dos efeitos da FNP no membro contralateral ao que realiza o exercício, com o objetivo de evidenciar sua atividade muscular quando é aplicado o método Kabat.

## Material e métodos

Foi realizado um estudo do tipo transversal no Laboratório de Biomecânica da Universidade Católica de Brasília, no

período entre os meses de março e maio de 2003.

Treze indivíduos saudáveis, todos sem história anterior de lesão neurológica ou ortopédica nos membros superiores foram avaliados. Os sujeitos consentiram participar da pesquisa e foram esclarecidos sobre as atividades, sem contudo serem informados da finalidade do estudo.

Foram incluídos sujeitos de ambos os sexos e excluídos indivíduos com história de lesão neurológica ou ortopédica nos membros superiores e tronco, com idade inferior a 15 anos ou superior a 60 anos e aqueles que foram incapazes de realizar a atividade da forma correta.

A coleta dos dados eletromiográficos foi realizada por meio de um eletromiógrafo da marca AqDados de 16 canais com uma placa conversora analógica-digital de 12 bits, de processamento com voltagens variando entre -3 e +3 Volts. Os eletrodos utilizados foram de superfície, bipolares feitos de nitrato de prata, com 10 mm de distância entre cada pólo sendo ambos fixados a uma haste de plástico. Foi utilizado um eletrodo de referência para melhorar a condição do sinal.

A taxa de amostragem da coleta foi de 1000 Hz. Os dados foram trabalhados no programa Origin 4.1 e foi utilizado um filtro passa-banda de 20-500 Hz, depois da retificação por rebatimento de onda. O parâmetro avaliado foi a RMS.

Além do eletromiógrafo foi utilizada uma célula de carga com plataforma piezoelétrica da marca Lynx, que quando deformada indica uma voltagem que é convertida em kilogramas-força (KgF).

O eletrodo foi posicionado no terço distal da linha que fica entre o acrômio e a fossa cubital do bíceps braquial que não realizava a atividade (contralateral ao dominante). A pele nessa região foi limpa com álcool etílico com concentração de 70% e houve tricotomia nos casos necessários. O eletrodo de referência foi colocado no cotovelo do paciente.

A fixação do eletrodo foi feita com fita adesiva de forma com que não houvesse movimento do mesmo em relação à pele dos sujeitos. Após esse procedimento foi realizado o teste do músculo em questão de acordo com Kendall [4] para verificar a adequação do sinal.

Todos os sujeitos foram posicionados deitados em uma maca, em decúbito dorsal com os braços ao lado do tronco. O membro superior não exercitado ficava ao lado do corpo com o antebraço em posição neutra durante toda a atividade e o sujeito era orientado a não realizar nenhum movimento mantendo-o sempre relaxado.

Foi utilizada a diagonal formada pelos padrões de flexão-abdução-rotação externa e de extensão-adução-rotação interna. Devemos lembrar que o nome do padrão é dado de acordo com os movimentos da articulação proximal, neste caso, o ombro [1]. De acordo com Blakely e Palmer [5] e Sullivan e Portney [6], o padrão de flexão-abdução-rotação externa também é conhecido como D2F (diagonal 2 -flexão).

Durante o padrão de flexão-abdução-rotação externa, a escápula desempenha uma pósterio-elevação, o ombro realiza uma combinação dos movimentos de flexão, abdução e rotação externa de forma que o movimento seja na diagonal, o cotovelo fica estendido, o antebraço é supinado, o punho é estendido com associação de desvio radial, os dedos são estendidos e também sofrem desvio radial e o polegar é estendido e abduzido [1].

No retorno à posição inicial, ou seja, durante a realização do padrão de extensão-adução-rotação externa, a escápula sofre ântero-depressão, o ombro realiza a extensão, adução e rotação externa, o cotovelo continua em extensão, o antebraço é pronado, o punho faz uma flexão com desvio ulnar, os dedos são fletidos com desvio ulnar e o polegar fletido e aduzido [1].

A posição inicial do membro superior dominante era de adução cruzando a linha média, extensão e rotação interna do ombro com o cotovelo estendido e punho e dedos fletidos. Era realizado então o reflexo de estiramento e a partir desse ponto o sujeito seguia os comandos “abra os dedos”, “estenda o punho”, “traga o braço” para realizar os movimentos da diagonal de flexão. A extensão era feita de acordo com os comandos: “feche os dedos”, “flexione o punho” e “leve o braço para o quadril”. Os olhos e a cabeça acompanhavam o movimento do membro superior e durante toda a atividade o indivíduo era incentivado pelo comando de voz “força”. A tração e a resistência também eram aplicados durante toda a amplitude de movimento. O padrão foi treinado por no mínimo três vezes ou até que fosse realizado da forma correta pelo indivíduo antes da coleta dos sinais eletromiográficos.

Depois da realização do padrão e de um período de repouso de cinco minutos, o sujeito permanecia deitado na maca com os membros superiores ao lado do corpo e era instruído a fletir o cotovelo do braço dominante a 90° com o antebraço em supinação. A partir dessa posição o indivíduo segurava um puxador que era ligado à célula de carga e fixo na parede por um fio, e realizava força máxima contraindo o bíceps. Essa força era registrada graficamente e de forma quantitativa no computador assim como os sinais eletromiográficos do membro superior contralateral. Havia um intervalo de cinco minutos entre a realização do padrão e da contração máxima para evitar fadiga muscular.

Os dados obtidos eram analisados visualmente no computador e delimitava-se as áreas no gráfico correspondentes à realização de movimento do membro superior dominante e aos períodos de repouso. Os segmentos da atividade em diagonal eram classificados da seguinte forma: K REPOUSO 1, equivalente ao período de repouso inicial, K IRRADIADO 1, correspondendo ao período em que era realizada a primeira diagonal (flexão), K REPOUSO 2, repouso entre as duas diagonais e K IRRADIADO 2, que era o período em que estava sendo realizada a segunda diagonal (extensão).

A atividade de flexão do cotovelo em bloco (célula de carga) foi dividida em F REPOUSO 1, que era o período de repouso antes da realização da contração, F IRRADIADO 1, em que eram registrados o momento em que era realizada a força máxima e a quantificação da mesma, F REPOUSO 2 correspondendo ao repouso entre as contrações e F IRRADIADO 2 à segunda contração.

Todas essas subdivisões tiveram as suas RMS calculadas, e então foram comparadas as RMS das atividades (diagonais e flexão em bloco) com as dos períodos de repouso correspondentes para verificar se havia diferença significativa. Além disso, foram correlacionadas as RMS das irradiações 1 e 2 (flexão e extensão) para saber se havia maior ativação em um dos dois movimentos.

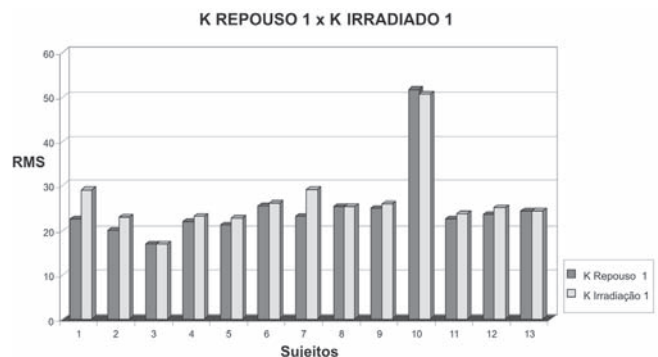
A análise paramétrica foi feita por meio do Teste t de Studart analisando a RMS dos períodos de repouso e de atividade e comparando-os, como descrito anteriormente, para verificar se havia diferença estatística significativa entre eles.

## Resultados

Dos 13 indivíduos, 10 (76,92%) eram do sexo masculino e 3 (23,07%) do sexo feminino. A média de idade foi de 22,86 ( $\pm 6,44$ ) variando entre 17 e 45 anos. Dentre esses sujeitos, 1 (7,6%) era canhoto e 12 (92,3%) destros.

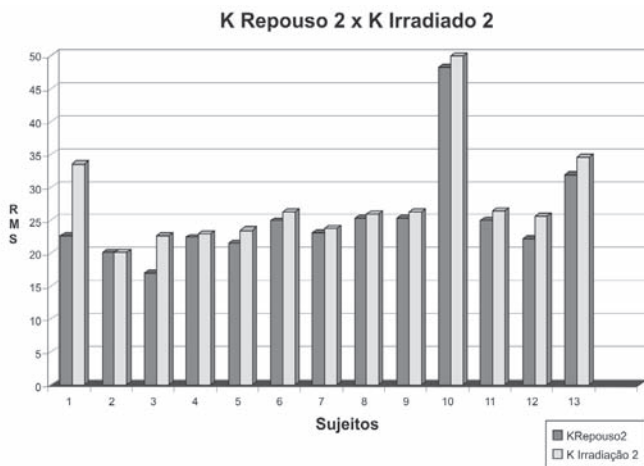
Todos os sujeitos apresentaram um aumento da RMS do bíceps contralateral quando foi realizada a FNP em relação ao sinal do repouso. Quando foi aplicado o Teste t pareado para o par K REPOUSO 1 e K IRRADIADO 1 (gráfico 1), obtivemos um  $p = 0,021$ . Para o par K REPOUSO 2 e K IRRADIADO 2 (gráfico 2) o mesmo teste resultou em um  $p=0,011$ . Portanto, ambos foram estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ).

**Gráfico 1 - Comparação entre as RMS de repouso e da primeira irradiação.**

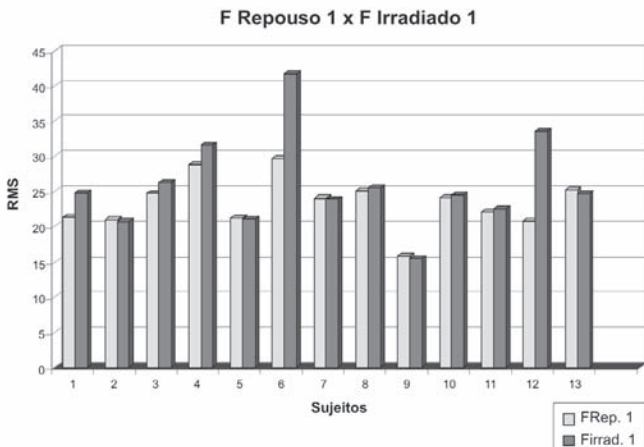


Da mesma forma, foram comparadas as RMS do repouso (F REPOUSO) e durante a flexão em bloco do bíceps para verificar a presença de irradiação (F IRRADIADO) em ambas as contrações máximas realizadas. F REPOUSO 1 e F IRRADIADO 1 (gráfico 3) tiveram o  $p = 0,074$  e entre F REPOUSO 2 e F IRRADIADO 2 (gráfico 4) o  $p$  foi de 0,763. Esses dados não foram estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ).

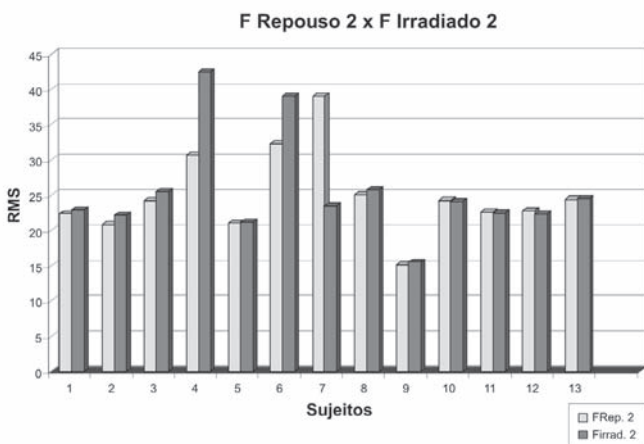
**Gráfico 2 -** Comparação entre as RMS do segundo repouso e da segunda irradiação.



**Gráfico 3 -** Comparação entre as RMS no período de repouso inicial e da primeira contração máxima em bloco.



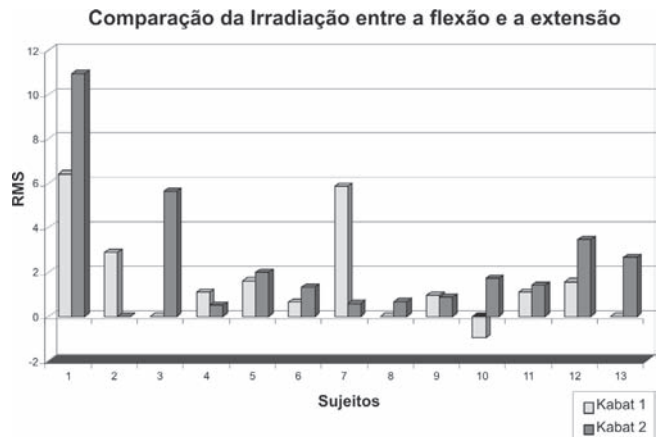
**Gráfico 4 -** Comparação entre as RMS no segundo período de repouso e da segunda contração máxima em bloco.



Ao aplicarmos o Teste t pareado às RMS dos sinais obtidos na diagonal de flexão com a de extensão, obtivemos

um  $p=0,287$  indicando não haver diferença significativa ( $p > 0,05$ ). O gráfico 5 mostra a variação da RMS (K Irradiado x K Repouso) em cada indivíduo tanto na diagonal da flexão (Kabat 1) como da extensão (Kabat 2).

**Gráfico 5 -** Comparação entre a irradiação na flexão e na extensão.



## Discussão

Nossos resultados indicam que ocorreu ativação muscular estatisticamente significativa no membro contralateral com o uso da FNP tanto na diagonal da flexão como da extensão. Esses dados estão de acordo com o trabalho de Pink [2] que observou ativação dos músculos peitoral maior, infra-espinhoso e grande dorsal não exercitados quando era realizada a FNP no membro superior contralateral. Sua justificativa foi que esses músculos foram ativados para estabilizar o membro e o tronco durante o exercício. Além disso, foi concluído que havia diferenças nos músculos ativados relacionadas à diagonal (flexão ou extensão) que estava sendo utilizada.

No método Kabat, uma das teorias que tentam justificar a irradiação é a de que ocorre um alastramento de impulsos provenientes dos músculos que estão sendo diretamente exercitados e que esses impulsos direcionam-se aos agonistas ou aos antagonistas correspondentes [2]. Como o bíceps é ativado no componente flexor da diagonal para realizar a supinação do antebraço [1], seria esperado que houvesse diferença entre a ativação do músculo contralateral durante a diagonal de flexão e a de extensão.

No nosso estudo, a diferença entre a irradiação para o bíceps braquial obtida na diagonal da flexão e da extensão não foi estatisticamente significativa. Esse fato pode indicar que a irradiação ocorreu provavelmente por um mecanismo de estabilização, no qual há ativação do bíceps tanto na flexão, quanto na extensão.

Quando foram realizadas as contrações isométricas máximas do bíceps com o cotovelo fletido a 90° e antebraço supinado, os sinais captados no bíceps contralateral não tiveram significância estatística. Esse fato descarta a

possibilidade de que a irradiação seja conseqüência somente da força realizada pelo membro exercitado, mostrando que a técnica aplicada é a responsável pelos resultados obtidos, ao gerar a necessidade de estabilização do tronco. Arai [7] e colaboradores afirmam que os componentes em espiral dos padrões da FNP são provavelmente os responsáveis por induzir a irradiação.

Ainda existem muitas questões a serem solucionadas sobre os efeitos contralaterais da FNP. É interessante que eles sejam padronizados e que as suas relações com diversas variáveis como a resistência aplicada, a intensidade do comando de voz, o estiramento, a tração, entre outras, sejam analisadas e se possível quantificadas para que a técnica seja aplicada de forma mais objetiva e beneficie ainda mais os pacientes.

## Conclusão

Os resultados obtidos no presente estudo indicam que há ativação da musculatura contralateral ao membro exercitado quando é utilizada a facilitação neuromuscular proprioceptiva em sujeitos normais.

Foi possível também realizar uma comparação da atividade elétrica contralateral desencadeada pela FNP e pela contração isométrica do bíceps com o cotovelo fletido a 90°. Nesse caso, não houve alteração significativa na RMS, o que é indicativo de que somente a realização de uma força máxima pelo membro exercitado não é suficiente para que haja ativação na musculatura contralateral.

Esse trabalho foi importante, portanto, para comprovar a existência da irradiação, para que a mesma fosse quantificada e comparada e para que pudéssemos estabelecer se um outro tipo de atividade também seria capaz de provocar esse efeito. Informações como essas são úteis para que seja prescrito um

tratamento mais eficaz para pacientes com algum tipo de lesão neurológica, ortopédica, ou qualquer outra causa de imobilidade em um ou mais segmentos corporais.

## Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao graduando em fisioterapia Feliipe Amatuzei Teixeira pelo auxílio na coleta de dados e a todos os participantes desta pesquisa.

## Referências

1. Adler SS, Beckers D, Buck M. Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva – Um Guia ilustrado. 1ª ed. São Paulo: Manole;1999.
2. Pink M. Contralateral effects of upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. *Phys Ther* 1981;61(8):1158-62.
3. Katirji B. The clinical electromyography examination. An overview. *Neurol Clin* 2002;20(2).
4. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. Provas de força de membro superior e cintura escapular. In: Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. *Músculos: Provas e Funções*. 4 ed. São Paulo: Manole; 1995. p. 268.
5. Blakely R, Palmer M. Analysis of shoulder rotation accompanying a proprioceptive neuromuscular facilitation approach. *Phys Ther* 1986;66:1224-27.
6. Sullivan PE, Portney LG. Electromyographic activity of shoulder muscles during unilateral upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. *Phys Ther* 1980;60(3):283-8.
7. Arai M, Shimizu H, Shimizu M, Tanaka Y, Yanagisawa K. Effects of the use of cross-education to the affected side through various resistive exercises of the sound side settings of the length of affected muscles. *Hiroshima J Med Sci* 2001;50(3): 65–73. ■