



RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo analisar a facilitação neuromuscular proprioceptiva na reabilitação muscular de lesões musculoesqueléticas. No desenvolvimento foi possível discorrer sobre lesões, facilitação neuromuscular proprioceptiva, irradiação muscular como uma forma de reabilitação de lesão, mecanismo e Cross- education, Reabilitação de lesões. O presente estudo foi construído através da revisão de literatura, onde foi possível sugerir que embora os estudos sobre irradiação sejam bem fundamentados, não existe consenso científico sobre as estruturas anatômicas que tem responsabilidade por tal efeito. Mesmo assim, muitos dos autores aqui estudados relataram em seus resultados de pesquisas experimentais que a educação cruzada pode sim trazer benefícios, bem como qualidade de vida aos pacientes com lesões. Conclui-se que apesar dos comprovados benefícios há necessidade de mais estudos práticos sobre o fenômeno cross education, visando melhores resultados científicos para que indivíduos com suas respectivas lesões possam ter efeitos benéficos e funcionais mesmo depois de ficarem inativos e/ou imobilizados.

Palavras-chave: Cross-education, Lesões, Reabilitação, Facilitação neuromuscular proprioceptiva.

ABSTRACT

The present work showed the possibility of cross-education being the mechanism of action in injury rehabilitation, with the objective of analyzing proprioceptive neuromuscular facilitation in muscle rehabilitation of musculoskeletal injuries. In the development it was possible to discuss about injuries, proprioceptive neuromuscular facilitation, muscle irradiation as a form of injury rehabilitation, mechanism and Cross-education and Rehabilitation of injuries. The present study was built through the review of a bibliography, where it was possible to suggest that although studies on irradiation are well reasoned, there is no scientific consensus on the anatomical structures that are responsible for such an effect. Even so, many of the authors studied here reported in their results of experimental research that cross-education can indeed bring benefits, as well as quality of life to patients with injuries. It concludes, however, that despite the proven benefits, there is a need for more practical studies on the cross education phenomenon, aiming at better scientific results so that individuals with their respective injuries can have beneficial and functional effects even after becoming inactive and/or immobilized.

Keywords: Cross-education, Injuries, Rehabilitation, Proprioceptive neuromuscular facilitation.

1. Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva- FAIT.

Autor de correspondência

Junior Gouveia Zandoná - juninho_zandona@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) pode ser definida como um método de tratamento global, onde qualquer indivíduo, até os que possuem algum distúrbio que limita suas funções, possam ter, mesmo que ainda não explorado, potencial funcional. A (FNP) ainda é considerada uma técnica que utiliza princípios básicos de estimulação que promovem uma reaprendizagem sensitivomotora através da estimulação dos receptores do sistema nervoso. A técnica utiliza exercícios de contato manual que facilitam e aceleram a resposta motora, através de contrações dos músculos mais fortes ou mais móveis que facilitam, reforçam e promovem atividade dos músculos mais fracos, através da sincronia da estimulação, denominado como princípio de irradiação¹.

O método FNP foi iniciado pelo médico e neurofisiologista Dr. Herman Kabat na década de 40, que idealizou a utilização dos princípios de Sherrington, neurofisiologista, para tratamento de deficientes especialmente com sequelas de poliomielite. Levando em conta essa filosofia a técnica baseia-se na ideia de que todo o ser humano, incluindo aqueles portadores de deficiência, tem um potencial existente não explorado. Esse trabalho começou com a fisioterapeuta Margareth Knott, e juntos desenvolveram o método estabelecendo alguns princípios como: resistência máxima, irradiação da força muscular forte proximal para a fraca distal, movimentos em espiral e diagonal, inibição e inervação recíproca.

Adler¹ aponta que o objetivo do FNP é promover ganho da funcionalidade por meio da facilitação, do fortalecimento e do relaxamento de grupos musculares, utilizando para isto, contrações concêntricas, excêntricas e estáticas, somando-se à aplicação gradual de resistência e procedimentos facilitatórios, visando atingir as necessidades adequadas a cada indivíduo.

Embora não sejam desejadas, as lesões fazem parte de uma carreira de um atleta, bem como da população em geral. Quando as lesões são graves pode gerar imobilização do membro lesionado por semanas, como uma fratura por exemplo. A maior complicação em casos de imobilização é uma possível perda na capacidade funcional do membro lesionado. Por exemplo, em casos de uma fratura de uma perna, o comum é o paciente ficar um período com membro lesionado imobilizado, e esse indivíduo que esteve com gesso na perna ao tentar levantar após a retirada do gesso pode não conseguir ou ter muita dificuldade por falta de força².

O ideal em casos de lesões é iniciar o quanto antes sua reabilitação, para alcançar melhores resultados. E no caso de membros lesionados? Existe um fenômeno conhecido como Cross education (educação cruzada), que apresenta uma transferência de adaptações entre membros, ou seja, em teoria, quando o indivíduo treinar a perna esquerda, por exemplo, ao invés de fortalecer apenas a mesma, com a educação cruzada, na perna direita também ocorrerá fortalecimento, mesmo imobilizado. Importante

apontar também que ao treinar o membro não lesionado irá inibir a perda muscular dos dois membros, o lesionado e o saudável. Sendo assim, a educação cruzada sugere que mesmo com membros lesionados, é capaz de ter evolução física, desde que o outro membro seja treinado².

A questão norteadora para a presente pesquisa seria a possibilidade da musculatura sinalizar estímulos elétricos para uma outra região não treinada visando uma aceleração no período de reabilitações de lesões musculoesqueléticas. Parte do pressuposto que sempre quando estimularmos um músculo haverá uma série de “comunicações” nas suas proximidades, gerando assim uma série de estímulos e sinalizações por toda uma região, podendo possivelmente observar um sinal em um músculo que não necessariamente foi estimulado de fato, porém que recebeu estímulos por uma musculatura oposta.

O presente estudo teve por objetivo analisar a facilitação neuromuscular proprioceptiva na reabilitação muscular de lesões musculoesqueléticas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com Thomas et al.³ pesquisa é um método estruturado de solucionar problemas, sendo que há diferentes tipos de problemas no estudo da atividade física, logo diferentes tipos de pesquisas são usados para estudar cada um deles, como: pesquisa analítica, experimental, descritiva e qualitativa. A revisão de literatura pode ser muito útil na identificação de métodos

bem sucedidos, sendo utilizados para solucionar problemas específicos.

O presente estudo foi construído através da revisão de uma bibliografia, selecionada com base em critérios pré-estabelecidos.

Para encontrar os materiais consultados, foi realizado entre março e maio de 2022, uma pesquisa na Biblioteca da Fap, Google Acadêmico, e Scielo, utilizando as palavras-chave: Fisiologia humana; Estímulos musculares; Facilitação neuromuscular proprioceptiva; FPN, Efeito crosstalk; Lesão muscular, Reabilitações de lesões; Cross-limb Transfer; Contralateral Effect; Cross Training; Cross-Education; Inter-limb Transfer; Inter-manual Transfer; Bilateral Transfer. Foram selecionados trabalhos publicados em português e inglês.

Em outro momento, os trabalhos científicos examinados obedeceram um critério temporal, sendo selecionados unicamente aqueles que foram publicados nos últimos quinze anos, isto é, do ano de 2007 até 2022. A única exceção foram os livros acadêmicos e artigos mais antigos utilizados para complementação de conceitos clássicos e históricos, para estes materiais, não foi empregado este critério temporal.

Feita a busca inicial, aprofundou-se na bibliografia listada nos trabalhos encontrados, consultando-se diretamente na fonte, aquelas publicações com acesso facilitado, disponíveis online.

Após esta etapa deu-se início a tabulação de dados, ou seja, processo de aplicação dos

critérios de seleção, o que implica em inclusões e exclusões.

A partir dos títulos e/ou resumos, buscou-se identificar as publicações que se aproximavam e as que se distanciavam do escopo do estudo – sendo que aquelas que se distanciaram foram excluídas, por não trazer relevância ao tema estudado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização da Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva foi descrita em diversos estudos e parece haver um grande potencial para pesquisa sobre o uso das técnicas e princípios propostos pelo método, principalmente pelo fato de que o assunto não foi totalmente explorado. A literatura referencia uma observação comum em programas de reabilitação e treinamento de força, na qual a manipulação crônica de um lado do corpo causa mudanças nos músculos sinérgicos ao movimento do lado oposto⁴.

O cross-education parece ser uma forma de adaptação neural, em que ocorre a melhoria de desempenho (força, execução, habilidade, resistência) do membro não treinado (contralateral) após um período de prática unilateral do membro contralateral homólogo, provavelmente induzido por mudanças no padrão de ativação de seus músculos, sem que haja alterações na sua morfologia. Nesta perspectiva, estudos demonstraram que o treinamento de força unilateral pode induzir de 5 a 25% o ganho

de força no membro contralateral homólogo. Uma meta-análise com 13 estudos randomizados concluiu que a força unilateral produz um efeito pequeno, mas estatisticamente significativo sobre a força dos músculos homólogos no lado contralateral (aumento de 8 % da força inicial do membro não treinado). Por outro lado, alguns trabalhos não encontraram alterações no tamanho do músculo após duas e três semanas de imobilização⁵.

Esse fato foi verificado também no estudo de Fronteira et al. 6 que, ao verificar o tamanho do músculo, a força muscular e o tamanho da fibra muscular durante 2 semanas de exercícios resistidos em 7 jovens e 7 idosos observaram que, após duas semanas, a força muscular aumentou em ambos os grupos, enquanto o tamanho da fibra muscular não foi alterado.

Corroborando com a pesquisa acima citada, Teixeira⁷, aponta que pessoas idosas acabam apresentando pouca capacidade em se ter uma total recuperação em suas funções musculares após um tempo de atividade física, ou por ficar algum período imobilizados, sendo assim, é importante evitar essa inatividade.

Conforme ainda o autor acima referenciado, a sua pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito cross education em quatro semanas sobre a função do quadríceps durante a inatividade física, selecionando 19 idosas que ficaram por um período de treinamento de 10 semanas previamente conduzido. Elas foram randomizadas em grupo controle (CO),

n= 8, ou transferência cruzada (TC), n= 11. Foram avaliados uma repetição máxima (1RM), força, torque, potência, velocidade e atividade mioelétrica (EMG) antes e após um período de quatro semanas de destreinamento e de educação cruzada na cadeira extensora unilateral. O grupo TC realizou exercício de extensão unilateral de joelho, sendo a primeira semana: três séries de dez repetições com carga de 70% de 1RM, segunda semana: três séries de oito repetições com carga de 75% de 1RM, terceira semana: três séries de oito repetições com carga de 80% de 1RM e quarta semana: três séries de seis repetições com carga de 85% de 1RM. Após quatro semanas, 1RM, a força (N) média em 40% e em 60% de 1RM, torques médios em 40% e 60% de 1RM reduziram em ambos os grupos ($P<0,001$), sem interação entre eles ($P>0,05$). Houve redução do pico de torque a 60% no grupo CO, mas não para o grupo TC ($P=0,044$). Ocorreu redução da potência média e pico a 60% somente no grupo CO ($P=0,003$ e $P=0,022$, respectivamente). No entanto, para a velocidade pico e médio em 60% de 1 RM, o grupo CO apresentou redução, enquanto o grupo TC apresentou manutenção ($P = 0,039$ e $P = 0,035$, respectivamente). Para a EMG do teste de 1RM (RMS ou pico) corrigida pela a EMG do teste de CIVM (RMS ou pico), somente o grupo transferência mostrou aumento sobre essa variável no teste de 60% de 1RM (RMS/RMS da CIVM: $P = 0,037$ e PICO/PICO CIVM: $P = 0,027$). Portanto, o treinamento proporcionou respostas positivas para o grupo TC, sugerindo

que a educação cruzada pode evitar os efeitos de quatro semanas de destreinamento sobre a força e a potência musculares em idosos. Além disso, as adaptações parecem estar associadas à especificidade da carga de, 2018 treinamento e por adaptações neurais verificadas através da atividade mioelétrica⁷.

Como é possível perceber o treinamento proposto e realizado com o grupo apontou respostas positivas para o grupo TC, podendo evidenciar que a educação cruzada conseguiu efeitos nas quatro semanas de destreinamento sobre força e potência musculares em pessoas idosas. As adaptações aparentemente estão associadas à especificidade da carga de treinamento e por adaptações neurais. Neste sentido, a estratégia de educação cruzada parece ser de fato aconselhada e eficaz, onde o treinamento de um membro é capaz de promover reações positivas no membro contralateral que sendo assim, capaz de evitar perdas em suas funções musculares mesmo no membro inativo.

Benjamim et al. (2000) apud Gardner⁸ usaram 20 sujeitos e uma intervenção de educação cruzada de oito semanas, realizada três vezes por semana para o tornozelo e encontraram um efeito de transferência cruzada de 19% para a inversão excêntrica do tornozelo. Três teorias mecanicistas foram sugeridas para esses efeitos: 1) aumento da facilitação neuromuscular; 2) redução dos impulsos inibitórios centrais para o membro não treinado; e 3) contrações isométricas indetectáveis do membro não treinado durante o treinamento

de força. Ainda foi possível perceber que o recrutamento motor melhorou tanto no membro treinado quanto no não treinado após 12 semanas de treinamento isométrico, identificando uma redução na inibição central como um possível mecanismo para educação cruzada em seu estudo investigando a força dos flexores do antebraço.

Nos estudos realizados por Teixeira ⁷, onde seus objetivos foram determinar quais exercícios resistidos poderia causar um efeito de educação cruzada com mais eficácia, foi possível perceber que valores médios de PSI e PMT acabaram mostrando que o melhor padrão para indizer a educação cruzada foi o movimento de PNFIR. Os estudos foram realizados com pacientes ortopédicos com deficiências unilaterais de membros inferiores (quadríceps) devido a tratamento por imobilização podendo notar uma resposta significativa da educação cruzada na

região do quadríceps a 60° de flexão do joelho.

Em suas pesquisas experimentais Freitas et al. ⁹ propuseram um exercício com voluntários que consistia na realização de Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM) de extensão de punho tracionando a célula de carga, sendo que duas tarefas foram realizadas. Na tarefa 1 (T1) a contração foi efetuada com membro superior direito, e na Tarefa 2 (T2), foi executada com membro esquerdo. Durante as tarefas, o membro contralateral enquanto atividade de contração se manteve em repouso e os voluntários tiveram orientação para não realizar movimentos com outro membro que foi escondido por uma caixa de madeira evitando assim que o indivíduo pudesse ver qualquer possível contração involuntária que fosse consequente da irradiação. Essas atividades podem ser visualizadas na figura 1.

Figura 1 Tração da célula de carga com o membro superior esquerdo e caixa de madeira para ocultar o membro contralateral (Tarefa 2).



Fonte: Freitas et al. ⁹

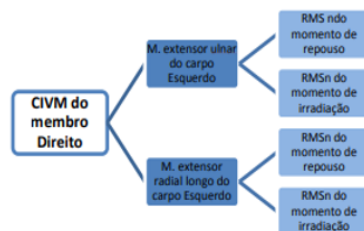
O tempo total de cada tarefa foi de 55 segundos, sendo os 10 primeiros segundos de repouso, seguidos por 5 segundos de CIVM tracionando a célula de carga, mais 10 segundos de repouso, e assim sucessivamente, completando 4 momentos de repouso e 3 momentos de CIVM.

Análise estatística dos resultados da CIVM e de repouso foram normalizados pela média dos valores RMS obtidos durante a contração isométrica voluntária máxima para cada músculo de cada membro. As análises foram realizadas para os resultados dos músculos contralaterais

como podemos observar na análise estatística da Figura 2. Para verificar a hipótese de diferença significativa quanto aos valores de RMS de contração e repouso e contração foi aplicado o Teste T pareado com confiabilidade de 95%

conforme normalidade dos dados. Em outro momento os mesmos testes foram aplicados para analisar diferença entre irradiação decorrente da contração do membro direito (dominante) e do esquerdo 9.

Figura 2. Diagrama das variáveis de interesse durante a T1. O 3º nível indica os RMS normalizados (RMSn).



Fonte: Freitas et al⁹.

Conforme Cruz-Machado 4, é muito relevante avaliar efeitos da irradiação que é resultado das atividades unilaterais, para analisar se está havendo um aproveitamento na medida em que o indivíduo precisar contrair a musculatura de um membro e não conseguir realizar. Os benefícios da educação cruzada podem ajudar pacientes com vários tipos de lesões, prevenir atrofia muscular, pessoas com artite, queimaduras entre outros distúrbios que os deixem com membros pouco ativos ou até mesmo inativos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto no presente trabalho, conclui-se que cross education apresentou-se ser uma estratégia eficiente no desempenho do outro lado após o treinamento unilateral ou prática do outro membro, ou seja, é a melhora do desempenho no braço direito que fica imobilizado quando você faz exercícios apenas com o braço esquerdo, por exemplo.

Embora os estudos sobre irradiação sejam bem fundamentados, não existe consenso científico sobre as estruturas anatômicas que tem responsabilidade por tal efeito. Mesmo assim, muitos dos autores aqui estudados relataram em seus resultados de pesquisas experimentais que a educação cruzada pode sim trazer benefícios, bem como qualidade de vida aos pacientes com lesões desportivas e neuromotoras, fraturas, artrites entre outras, pois fortalece a musculatura com lesão e enfraquecida através da musculatura forte e integra, podendo assim justificar sua prática clínica.

Desta forma, há necessidade de mais estudos sobre o fenômeno cross education, a fim de elucidar e aprofundar o tema no campo científico além de direcionar o trabalho de forma aplicada.

REFERÊNCIAS

1. Adler SS. et al. PNF: facilitação neuromuscular proprioceptiva. Bauru: Manole, 2017.
2. Martins M. Educação cruzada: da performance à clínica. Médicos atletas, 2021.
3. Thomas JR. et al. Métodos de pesquisa em atividade física. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.
4. Cruz-machado, et al. O uso do princípio de irradiação da facilitação neuromuscular proprioceptiva em programas de reabilitação: uma revisão. XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2017.
5. Moraes KCM., Pinto RS. Cross-education: evidências, mecanismos, implicações para a reabilitação e aplicações práticas. Rev Bras Ativ Fís Saúde. 2016;21(3):209-219.
6. Frontera WR. et al. Strength training in older women: early and late changes in whole muscle and single cells. Muscle Nerve; v.28 n. 5.601-8, 2003.
7. Teixeira D. de S. Efeito da educação cruzada sobre a função muscular durante o destreinamento em mulheres idosas. 2018. 52f. Dissertação (MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA) - Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2018.
8. Gardner N. Cross-education and neuromuscular factors relating to the prevention and rehabilitation of anterior cruciate ligament (ACL) knee injuries. Masters thesis, London Metropolitan University.292f. 2016.
9. Freitas AM. et al. Análise da irradiação em músculos homólogos e contralaterais durante atividade unilateral de extensão de punho. XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB, 2014.

Observação: os/(as) autores/(as) declaram não existir conflitos de interesses de qualquer natureza.