

MEDIÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE FORÇA IRRADIADA PARA OS MÚSCULOS ROTADORES EXTERNOS DE OMBRO A PARTIR DA ROTAÇÃO LOMBAR CONTRA RESISTIDA VIA PRINCÍPIOS DA FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR PROPRIOCEPTIVA

Kaio Tavares^{1}, Anna Rocha², Monique Pinto² & Arthur Gimenes³*

RESUMO

TAVARES,K.; ROCHA,A.; PINTO,M; GIMENES,A .Medição e quantificação de força irradiada para os músculos rotadores externos de ombro a partir da rotação lombar contra resistida via princípios da facilitação neuromuscular proprioceptiva. **Perspectivas Online: Biológicas & Saúde**, v.14 , n.49 , p.45-54, 2024.

Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia da técnica de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP) na geração de força muscular em ângulos de 70° e 90°. A FNP é amplamente utilizada na reabilitação cinético-funcional por sua capacidade de promover alongamento, flexibilidade, e melhorar a amplitude de movimento, tanto ativa quanto passiva. A metodologia envolveu a medição da força máxima em diferentes ângulos utilizando um dinamômetro para quantificar a força irradiada para o manguito rotador. Os resultados indicaram que não houve diferenças estatisticamente significativas na força gerada entre os ângulos analisados, sugerindo que a FNP é igualmente eficaz

em diferentes posições articulares. Além disso, constatou-se que a técnica de irradiação utilizada conseguiu gerar uma força superior àquela registrada no teste de contração voluntária máxima em 8 dos participantes. Esses achados indicam que a FNP é uma técnica eficaz para o fortalecimento muscular, mesmo sem a necessidade de grandes amplitudes de movimento, e pode ser uma estratégia segura e eficiente para a reabilitação de diversas condições clínicas. A FNP oferece uma abordagem flexível e eficaz para o tratamento e fortalecimento muscular, destacando-se como uma ferramenta valiosa na prática fisioterapêutica.

Palavras-chave: FNP. Propriocepção. Irradiação. Dinamometria.

¹Aluno de Iniciação Científica do PIBIC/ISECENSA – Curso de Fisioterapia

²Acadêmico colaborador do curso de Fisioterapia/ISECENSA – Curso de Fisioterapia

³Pesquisador Orientador - Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Neuromusculoesquelética LAPEFIN-ISECENSA – Curso de Fisioterapia Institutos Superiores de Ensino do CENSA – ISECENSA, Rua Salvador Correa, 139, Centro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

(*) e-mail: kaiosantos@isecensa.edu.br

MEASUREMENT AND QUANTIFICATION OF FORCE RADIATED TO THE SHOULDER EXTERNAL ROTATOR MUSCLES FROM COUNTER RESISTED LUMBAR ROTATION VIA THE PRINCIPLES OF PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION

Kaio Tavares^{1}, Anna Rocha², Monique Pinto² & Arthur Gimenes³*

ABSTRACT

TAVARES,K.; ROCHA,A.; PINTO,M; GIMENES,A .Medição e quantificação de força irradiada para os músculos rotadores externos de ombro a partir da rotação lombar contra resistida via princípios da facilitação neuromuscular proprioceptiva. **Online Perspectives: Biology & Health**, v.14 , n.49 , p. 45-54, 2024.

This study aimed to evaluate the effectiveness of the Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) technique in generating muscle strength at 70° and 90° angles. PNF is widely used in kinetic-functional rehabilitation for its ability to promote stretching, flexibility, and improve the range of motion, both active and passive. The methodology involved measuring maximum strength at different angles using a dynamometer to quantify the force irradiated to the rotator cuff. The results indicated that there were no statistically significant differences in the strength generated between the angles analyzed, suggesting that PNF is equally

effective in different joint positions. Additionally, it was found that the irradiation technique used generated a force greater than that recorded in the maximum voluntary contraction test in 8 of the participants. These findings indicate that PNF is an effective technique for muscle strengthening, even without the need for large ranges of motion, and can be a safe and efficient strategy for the rehabilitation of various clinical conditions. PNF offers a flexible and effective approach for muscle treatment and strengthening, standing out as a valuable tool in physiotherapeutic practice.

Keywords: PNF. Proprioception. Irradiation. Dynamometry.

¹Undergraduate Research Student at PIBIC/ISECENSA – Physiotherapy Program

²Collaborating Student in the Physiotherapy Program/ISECENSA – Physiotherapy Program

³Research Advisor - Neuromusculoskeletal Physiotherapy Research Laboratory LAPEFIN-ISECENSA – Physiotherapy Program, Higher Education Institutes of CENSA – ISECENSA, Rua Salvador Correa, 139, Centro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil

(*) email: kaiosantos@isecensa.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP), desenvolvida por Knott e Kabat, é uma modalidade de exercícios terapêuticos. Consiste num padrão de contrações musculares e movimentos diagonais, apresentando eficácia para tratar músculos enfraquecidos e hipoativos. (LEE, 2015). A FNP é uma importante técnica à disposição dos fisioterapeutas dentre suas estratégias de cinesioterapia e terapia manual com o objetivo de restabelecer faixas de atividade funcional de pacientes com lesões de tecidos moles e aumentar sua força global, equilíbrio e força muscular coordenada. (HWANG; LEE; LIM, 2021)

Compreendida como um conjunto de princípios, técnicas e pressupostos para integração neuromuscular, a FNP é modalidade de destaque para a condução da reabilitação cinético-funcional de pacientes acometidos pelas mais diversas patologias (HINDLE et al., 2012). Engloba conceitos importantes de alongamento e ganho de flexibilidade muscular, contração e relaxamento e redistribuição de força através do princípio da irradiação que apresenta influências positivas quanto ao ganho de amplitude de movimento ativa e passiva. (LIN et al., 2022).

A irradiação muscular, também conhecida como “educação cruzada” ou “treinamento cruzado”, é comumente empregada para recrutamento muscular indireto, podendo ser prescrita com segurança para indivíduos incapazes de mover ativamente seus membros acometidos por algum tipo de lesão incapacitante (MENINGRONI et al., 2009). As técnicas de FNP, sobretudo aquelas que abrangem o conceito de irradiação onde a resistência a determinado padrão de movimento produz ativação muscular noutro sítio anatômico, oferecem interessante potencial para a reabilitação muscular de estruturas lesionadas que não podem ser mobilizadas (ou tem sua mobilidade limitada por dor). Dentre outras modalidades e objetivos de tratamentos, a mobilização articular com FNP apresenta efeito positivo na dor, na força muscular e na ADM. (GUIU-TULA et al., 2017).

O manguito rotador constitui conjunto fundamental de músculos (subescapular, supraespinhal, infraespinhal e redondo menor) do complexo articular glenoumeral, responsáveis por garantir tanto a estabilidade quanto a mobilidade adequada do ombro (DANG; DAVIES, 2018). O mesmo atua para estabilizar dinamicamente e equilibrar a cabeça do úmero em relação à cavidade glenóide, junto aos músculos de região axial. As doenças do manguito rotador abrangem um amplo espectro de lesões e patologias com incidência crescente com a idade. Dor com a realização de atividade acima da cabeça (overhead), localizada na região do deltóide, e a perda da amplitude de movimento ativa do ombro estão entre os sintomas mais comuns (DANG; DAVIES, 2018).

Ao lidar com o paciente acometido pela síndrome do impacto subacromial, mais especificamente ligadas às lesões dos tendões do manguito rotador, o fisioterapeuta precisa focar na normalização, dentre outros fatores, do ritmo escapulo-umeral, ativando esses músculos e outros que também atuam sobre esse ponto. Nesse sentido, as diagonais funcionais de movimento preconizadas pela FNP, auxiliam na obtenção dos objetivos de melhora de força, ativação e flexibilidade. Ademais, o uso da FNP promove ao grupamento muscular trabalhado uma melhor resposta sinérgica para a realização de tarefas, por ser uma técnica que prevê o trabalho de diversas musculaturas e esforços multi articulares. (SHIMURA; KASAI, 2002; WITT; TALBOTT; KOTOWSKI, 2011).

Uma vez que existe relação favorável à aplicação das técnicas de FNP durante o tratamento de reabilitação fisioterapêutica das patologias que afetam os tendões do manguito

rotador, este estudo tem por objetivo quantificar o efeito da irradiação muscular (educação cruzada) preconizada pela FNP para determinar o nível de carga que a técnica pode exercer sobre o manguito rotador, enquanto minimiza o movimento articular buscando evitar dores relacionados à movimentação ativa de ombro.

2. METODOLOGIA

Este ensaio clínico cruzado randomizado foi realizado na Clínica Escola Maria Auxiliadora (CEMA) do ISECENSA, Campos dos Goytacazes/RJ, entre 2023 e 2024. A coleta de dados ocorreu no Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Neuromusculoesquelética (LAPEFIN) do ISECENSA.

O estudo avaliou a força irradiada para o manguito rotador usando o conceito de educação cruzada da FNP. Foram recrutados 15 voluntários do sexo masculino, sedentários, com idade entre 18 e 30 anos e IMC entre 18,5 Kg/m² e 29,9 Kg/m². Excluíram-se indivíduos com doenças cardíacas, obesidade, dismetria de membros inferiores, trauma recente ou cirurgias ortopédicas. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética do ISECENSA (CAAE 80617424.0.0000.5524). Os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes do início dos procedimentos.

Para realizar a análise, foi empregado um sistema composto por dois dinamômetros da marca Medor MedTech, que permitiram a quantificação precisa dos valores de força em newtons (N). Essa quantificação possibilitou uma classificação e comparação detalhadas da ativação muscular durante a Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP).

Medição de força máxima



Figura 1: Teste de força máxima voluntária em posição de pré ponte com dinamômetro posicionado no membro superior em 45° abaixo do punho, solicita-se que o voluntário realize força máxima com um vetor de força em direção à maca.

Na primeira sessão, foram coletadas medidas antropométricas, como massa corporal, estatura, e comprimento dos membros inferiores. Foi anotado o membro superior dominante

de cada participante. Os voluntários, sem familiaridade prévia com a FNP, foram orientados a evitar atividades físicas 24 horas antes da avaliação.

Medição de irradiação no ângulo de 90°



Figura 2: Voluntário em pré ponte realizando FNP em posição POS 90° com dinamômetro localizado abaixo do punho do braço dominante que está em 35° e o outro dinamômetro se encontrará posicionado lateralmente ao joelho contralateral ao membro superior em abdução.

Uma semana após a coleta antropométrica, realizou-se a intervenção. Os voluntários foram posicionados em decúbito dorsal, com joelhos e quadris fletidos, e o braço dominante em abdução de 45°, com o punho sobre um dinamômetro para mensuração da força. O estudo envolveu a participação de voluntários que realizaram movimentos resistidos em ângulos de 70° e 90°. A força foi medida utilizando os dinamômetros. Duas posições iniciais (POS 90° e POS 70°) foram utilizadas para realizar a intervenção: na primeira posição o paciente, em pré ponte, permanece com a linha média entre os joelhos posicionadas perpendicularmente à maca; na segunda posição, este mesmo ponto foi colocado sob um ângulo de 45° em relação à linha da maca, de modo que os MMII estavam rodados (a partir da lombar) para o lado homolateral àquele cujo membro superior (lado dominante do voluntário) se mantinha em abdução de glenoumeral.

Medida de irradiação no ângulo de 70°



Figura 3: Voluntário em pré ponte realizando FNP em POS (posição) 70° com dinamômetro localizado abaixo do punho do membro superior que está em 45° e o outro dinamômetro se encontrará posicionado lateralmente ao joelho contralateral ao membro superior em abdução.

No momento da aplicação da técnica, o terapeuta aplicou força com uma mão posicionada lateralmente ao joelho do hemicorpo oposto ao do membro superior em abdução e medialmente ao joelho homolateral ao braço abduzido. Na mão posicionada lateralmente ao joelho contralateral ao membro superior em abdução, o terapeuta aplicou força através de um dinamômetro buscando, no entanto, empregar a mesma carga aos dois joelhos; para tanto, apenas um terapeuta ficou responsável, após treinamento, por exercer essa função visando diminuir riscos de viés.

3. RESULTADOS

Nesta seção, apresentamos os resultados da análise dos dados de medidas de limites superior (UL) e inferior (LL) em diferentes ângulos (90° e 70°). Os dados foram resumidos através de médias e desvios padrão específicos para cada medida. A média do limite superior medido a 90° (CVM UL) foi de 88.3607 KGF (quilograma-força) com desvio padrão de 30.7180 KGF. Para o limite inferior medido a 90° (LL 90°), a média foi de 88.2773 KGF com desvio padrão de 40.3096 KGF, enquanto o limite superior a 90° (UL 90°) apresentou média de 91.2773 KGF com desvio padrão de 32.0542 KGF. Em relação aos ângulos de 70° , o limite inferior (LL 70°) teve média de 82.1227 KGF com desvio padrão de 42.6158 KGF, e o limite superior (UL 70°) apresentou média de 85.2767 N com desvio padrão de 25.2669 KGF.

Gráfico em dots da irradiação de força da rotação lombar para o membro superior contralateral

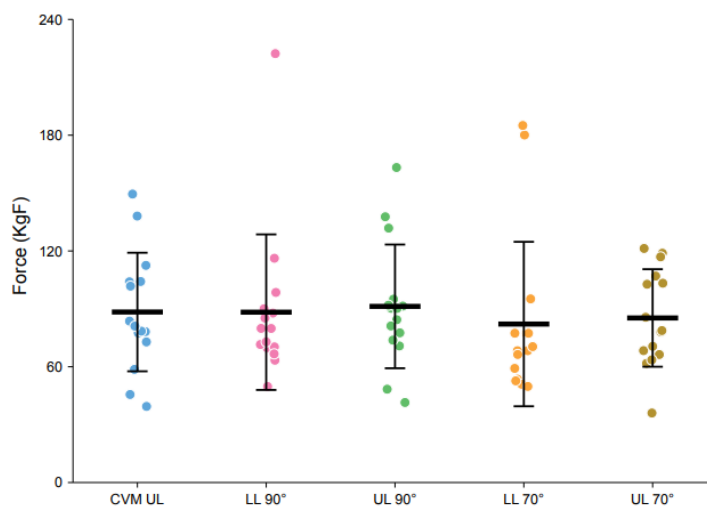


Figura 4: Gráfico de barras revela que não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos analisados.

A análise de variância (ANOVA) realizada indicou um P-Valor de 0.9622, demonstrando que não há diferenças estatisticamente significativas entre os grupos comparados. Complementarmente, testes de comparação múltipla (Tukey) revelaram que todos os P-valores foram superiores a 0.05, reforçando a conclusão de que não há diferenças estatisticamente significativas entre os pares de grupos comparados.

Gráfico em barras da irradiação de força da rotação lombar para o membro superior contralateral

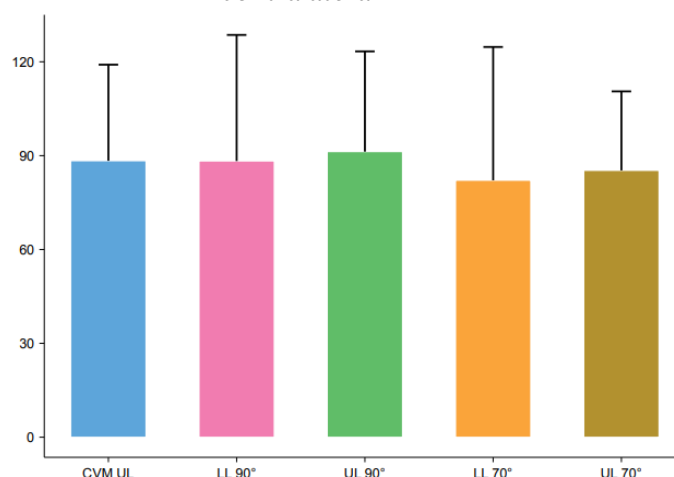


Figura 5: Gráfico de barras revela que não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos analisados.

Esses resultados sugerem que as medidas de limites superior e inferior, obtidas em diferentes ângulos de 70° e 90°, não apresentam diferenças estatisticamente significativas. Essa informação é relevante para estudos que consideram a variação dessas medidas conforme a posição angular utilizada nas medições. A interpretação dos resultados fornecidos envolve a análise dos valores médios, desvios padrão, resultados da ANOVA e comparações múltiplas dos dados. Ademais, observou-se que a técnica irradiação aplicada neste trabalho segundo os preceitos da Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP), foi capaz de extrair força além daquela medida no teste de contração voluntária máxima em 8 dos voluntários estudados.

4. DISCUSSÃO

A manobra de irradiação de força muscular através de resistência em isometria à rotação de tronco inferior, segundo a Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP), comparada contra a contração isométrica de força máxima para rotação externa solicitando o manguito rotador diretamente, foi capaz de gerar força sem exigir amplitude de movimento do complexo articular glenoumeral, sugerindo uma ótima ativação muscular de maneira protetiva quanto à articulação do ombro. Além disso, constatou-se que a técnica de irradiação utilizada neste estudo foi capaz de gerar uma mensuração de força superior àquela observada no teste de contração voluntária máxima em 8 dos participantes analisados, o que torna explícito seu potencial ainda mais elevado dentro da reabilitação muscular desse grupamento tão importante quando a comparamos a solicitação de isometria isolada de rotação externa glenoumeral. De fato, essa estratégia prova-se então adequada para fortalecer pacientes com condições como capsulite adesiva, luxação glenoumeral e outras lesões do manguito rotador.

A estratégia da angulação de 90° foi apontada pelos participantes como a mais confortável, com resultados de força muscular semelhantes a da técnica aplicada sob 70°. Mesmo havendo maior percepção de esforço na POS70° não houve vantagem quanto a produção de torque do rotadores externos do ombro, logo não se justificando o uso de tal estratégia angular, uma vez que tenha se apresentado de maneira desnecessariamente desconfortável. Este é um detalhe importante no planejamento e execução de qualquer

protocolo de tratamento, dado que influencia diretamente a adesão do paciente ao plano de reabilitação proposto (AREEUDOMWONG et al., 2017).

Como supracitado, a aplicação da força durante a técnica de irradiação da FNP nos ângulos de 90° e 70° demonstrou ser proporcional em ambos os momentos. A partir dessa equidade, pode-se comparar o torque produzido então à força que seria gerada no manguito rotador durante um exercício de contração voluntária máxima, realizada por meio de movimento de rotação externa. Ambas estratégias angulares se equivaleram ao esforço isométrico direto, porém, 8 voluntários demonstraram, durante o momento de irradiação, médias de torque produzido, maiores que as médias dadas pelas contrações voluntárias. Isso parece sugerir, conforme afirma a FNP, participação de fatores ou mecanismos além da simples contração de dado grupamento muscular tratado, capazes de incrementar a capacidade de ativação muscular via interação neuromuscular otimizada (BARROSO et al., 2012; SHARMAN et al., 2006).

A comparação entre diferentes ângulos de tratamento, no contexto da FNP, pode oferecer insights valiosos sobre a otimização do protocolo de exercício para maximizar os benefícios terapêuticos e melhor adequar os ajustes dosimétricos de intensidade, duração e frequência, conforme as preferências individuais do terapeuta e paciente e os objetivos de tratamento. Outrossim, foi importante validar de maneira quantificável, a proposta de produção de força e ativação muscular em níveis ótimos dos músculos então estudados. Torna-se portanto justificável (e quiçá recomendável) a utilização do raciocínio da educação cruzada nos mais diversos protocolos de reabilitação glenoumeral, visto que é uma estratégia capaz de, não somente gerar força, como também de produzir resultados na extração de torque muscular por vezes melhores do que aqueles dados por meio de uma contração voluntária simples; enquanto minimiza o estresse articular do local tratado, possivelmente elicitando menor resposta dolorosa do paciente (GUNNING e USZYNSKI, 2019; KRUSE et al., 2023).

Em suma, os resultados sugerem que a técnica de irradiação cruzada segundo a FNP é igualmente eficaz em ângulos de 70° e 90° na geração de força muscular. Futuros estudos poderiam explorar como diferentes posturas corporais influenciam a medição da força muscular, através de métodos como a eletromiografia de superfície. Ademais, seria igualmente interessante investigar métodos alternativos de medição de força que complementem o dinamômetro utilizado neste estudo, permitindo uma análise mais abrangente e precisa dos resultados.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se deste modo que o conceito de FNP demonstrou eficácia ao ativar indiretamente a musculatura do manguito rotador em ângulos específicos de rotação lombar contra resistida, resultando numa significativa geração de força irradiada durante movimentos de extensão glenoumeral e abdução com rotação externa. A análise dos gráficos indica que diferentes ângulos de 70° e 90°, não apresentam diferenças estatisticamente significativas. Esses achados ressaltam a capacidade do FNP em promover uma ativação muscular integrada e eficaz, sem que haja reação dolorosa ou restrição de amplitude. Em resumo, o estudo contribui para a literatura existente ao demonstrar a importância e eficácia do tratamento conservador utilizando a abordagem de FNP em pacientes com dor e restrição de movimento.

6. REFERÊNCIAS

AREEUDOMWONG, P. et al. A Randomized Controlled Trial on the Long-Term Effects of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Training, on Pain-Related Outcomes and Back Muscle Activity, in Patients with Chronic Low Back Pain. **Musculoskeletal Care**, v. 15, n. 3, p. 218–229, set. 2017.

BARROSO, R. et al. Maximal Strength, Number of Repetitions, and Total Volume Are Differently Affected by Static-, Ballistic-, and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching. **Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association**, v. 26, n. 9, p. 2432–2437, set. 2012.

DANG, A.; DAVIES, M. Rotator Cuff Disease: Treatment Options and Considerations. **Sports Medicine and Arthroscopy Review**, v. 26, n. 3, p. 129–133, set. 2018.

GUNNING, E.; USZYNSKI, M. K. Effectiveness of the Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Method on Gait Parameters in Patients With Stroke: A Systematic Review. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 100, n. 5, p. 980–986, maio 2019.

GUIU-TULA, F. X. et al. The Efficacy of the Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) Approach in Stroke Rehabilitation to Improve Basic Activities of Daily Living and Quality of Life: A Systematic Review and Meta-Analysis Protocol. **BMJ Open**, v. 7, n. 12, p. e016739, 12 dez. 2017.

HWANG, M.; LEE, S.; LIM, C. Effects of the Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Technique on Scapula Function in Office Workers with Scapula Dyskinesia. **Medicina**, v. 57, n. 4, p. 332, 1 abr. 2021. Acesso em: 10 mar. 2024.

KRUSE, A. et al. Eight Weeks of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching and Static Stretching Do Not Affect Muscle-Tendon Properties, Muscle Strength, and Joint Function in Children with Spastic Cerebral Palsy. **Clinical Biomechanics**, v. 107, p. 106011, jul. 2023.

LEE, B.-K. Effects of the Combined PNF and Deep Breathing Exercises on the ROM and the VAS Score of a Frozen Shoulder Patient: Single Case Study. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 11, n. 5, p. 276–281, out. 2015.

LIN, P. et al. Effect of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Technique on the Treatment of Frozen Shoulder: A Pilot Randomized Controlled Trial. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 23, n. 1, p. 367, 20 abr. 2022.

MENINGRONI, P. C. et al. Irradiação contralateral de força para a ativação do músculo tibial anterior em portadores da doença de Charcot-Marie-Tooth: efeitos de um programa de intervenção por FNP. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 13, n. 5, p. 438–443, out. 2009.

SHARMAN, M. J.; CRESSWELL, A. G.; RIEK, S. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching : Mechanisms and Clinical Implications. **Sports Medicine**, v. 36, n. 11, p. 929–939, 2006.

SHIMURA, K.; KASAI, T. Effects of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation on the Initiation of Voluntary Movement and Motor Evoked Potentials in Upper Limb Muscles. **Human Movement Science**, v. 21, n. 1, p. 101–113, abr. 2002.

WITT, D.; TALBOTT, N.; KOTOWSKI, S. Electromyographic Activity of Scapular Muscles during Diagonal Patterns Using Elastic Resistance and Free Weights. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 6, n. 4, p. 322–332, dez. 2011.