



PROGRAMA
DE CIÊNCIAS
DA REABILITAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Reabilitação

Doutorado Acadêmico em Ciências da Reabilitação

CARLOS HENRIQUE RAMOS HORSCZARUK

**PADRÃO DE ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DE MÚSCULOS DO
MEMBRO SUPERIOR DURANTE DIFERENTES MANOBRAS DE
FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR PROPRIOCEPTIVA**

RIO DE JANEIRO

2023

CARLOS HENRIQUE RAMOS HORSCZARUK

**PADRÃO DE ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DE MÚSCULOS DO
MEMBRO SUPERIOR DURANTE DIFERENTES MANOBRAS DE
FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR PROPRIOCEPTIVA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências da reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Reabilitação.

Linha de Pesquisa: Avaliação Funcional em reabilitação

Orientador: Thiago Lemos de Carvalho

Coorientadora: Laura Alice Santos de Oliveira

RIO DE JANEIRO

2023

Autorizo a reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio, convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas e
Informação – SBI – UNISUAM

612.97 Horsezaruk, Carlos Henrique Ramos.
H817p Padrão de atividade eletromiográfica de músculos do membro superior durante diferentes manobras de facilitação neuromuscular proprioceptiva / Carlos Henrique Ramos Horsezaruk. – Rio de Janeiro, 2023.
141 p.

Tese (Doutorado em Ciências da Reabilitação) - Centro
Universitário Augusto Motta, 2023.

1. Membros superiores - Reabilitação. 2. Contração muscular. 3.
Fisioterapia. 4. Eletromiografia. I. Título.

CDD 22.ed.

CARLOS HENRIQUE RAMOS HORSCZARUK

**PADRÃO DE ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DE MÚSCULOS
DOMEMBRO SUPERIOR DURANTE DIFERENTES MANOBRAS
DEFACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR PROPRIOCEPTIVA**

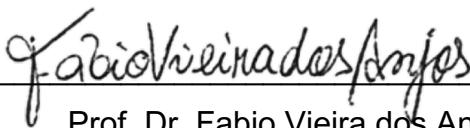
Examinado em 22/12/2023



Prof. Dr. Thiago Lemos de Carvalho
Centro Universitário Augusto Motta - UNISUAM



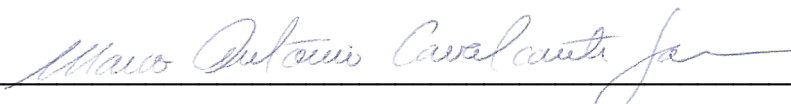
Prof. Dra. Laura Alice Santos de Oliveira
Centro Universitário Augusto Motta - UNISUAM



Prof. Dr. Fabio Vieira dos Anjos
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dra. Fernanda Guimarães
Instituto Federal do Rio de Janeiro – IFRJ



Prof. Dr. Marco Antônio Cavalcanti Garcia
Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF

RIO DE JANEIRO

2023

Agradecimento

Agradeço primeiramente a Deus, pela saúde, força e sabedoria que me concedeu para a realização deste trabalho.

Aos meus familiares que sempre me apoiaram em todas as minhas escolhas. Ao meu irmão pelo auxílio em alguns momentos.

Aos meus amigos, que estiveram sempre ao meu lado, nos momentos bons e nos momentos difíceis.

Ao meu orientador Thiago Lemos, pela confiança e apoio incondicional, inclusive em momentos fora do horário de estudo.

À minha coorientadora, sócia, amiga, Laura Oliveira, pela parceria, colaboração, paciência, boa vontade para auxiliar em tudo. Além disso, pelas contribuições valiosas durante o desenvolvimento destes trabalhos e de toda a minha trajetória.

Aos professores do programa de pós-graduação, pela formação acadêmica e profissional.

Aos meus colegas de trabalho, pela parceria e amizade.

Aos participantes do projeto, pelo auxílio e pró atividade durante a coleta.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo apoio financeiro, que nos possibilitou prosseguir com nossos projetos.

Resumo

Introdução: O conceito de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP) vem sendo utilizado para o tratamento de distúrbios neuromusculoesqueléticos. A irradiação motora (ou simplesmente irradiação) é um dos procedimentos básicos da FNP e consiste na geração de uma força em um segmento corporal objetivando gerar ativação muscular em outro. Porém, há uma lacuna significativa na literatura quanto à investigação da efetividade da aplicação da irradiação em induzir um aumento de atividade nos músculos-alvo em indivíduos saudáveis e naqueles com distúrbios neuromusculoesqueléticos (como a lesão de plexo por exemplo). Soma-se a isso a imprecisão da nomenclatura. Além disso, poucos estudos analisaram a irradiação motora direcionada aos músculos do membro superior, essenciais em diversas atividades diárias. **Objetivo:** os objetivos deste estudo foram (i) identificar e analisar os resultados de estudos experimentais e observacionais que aplicaram a irradiação motora em adultos saudáveis e com lesão de plexo braquial, com foco na avaliação do recrutamento muscular através da eletromiografia de superfície (EMG) e (ii) analisar os padrões de ativação muscular do bíceps braquial durante diferentes manobras de irradiação. **Métodos:** Essa tese contemplou dois estudos; (i) uma revisão de escopo sobre a irradiação motora e o padrão eletromiográfico dos músculos alvo e (ii) um estudo transversal, no qual o padrão de atividade muscular do bíceps de 33 indivíduos saudáveis foi analisado durante a aplicação de manobras de irradiação motora. No estudo transversal, os participantes foram submetidos a 4 manobras de irradiação envolvendo padrões de movimento com (i) o membro superior contralateral, (ii) o membro inferior ipsilateral, (iii) o tronco inferior, (iv) a pelve, sendo aplicada força no sentido oposto ao membro não-preferencial (realizadas por um instrutor avançado do PNF), enquanto a EMG do bíceps braquial, tríceps braquial, flexora radial do carpo e braquiorradial era registrada. **Resultados:** Na revisão, apenas 8 artigos cumpriram os critérios de elegibilidade. Estes analisaram a atividade EMG de músculos do membro superior, tronco e membro inferior, durante padrões de movimento do membro superior e inferior, com padrões inconsistentes de ativação na EMG. No segundo estudo, somente o perfil EMG do bíceps braquial foi analisado, sendo observado diferenças significativas na atividade do bíceps braquial durante as manobras de

irradiação com menor ativação durante o padrão extensor de membro superior, quando comparado com os outros três padrões. **Conclusão:** Segundo a revisão realizada, há poucos estudos que analisaram os efeitos da irradiação motora sobre o padrão de ativação muscular, indicando uma importante lacuna no conhecimento pertinente. Particularmente, não foram identificados muitos estudos que investigassem a atividade dos músculos do membro superior e especialmente não há relatos sobre o perfil do bíceps braquial durante a aplicação de manobras de irradiação motora. No estudo transversal, observou-se que manobras de irradiação a partir da aplicação de resistência no membro superior geraram menor ativação do bíceps à EMG do que as manobras de irradiação envolvendo membros inferiores e tronco.

PALAVRAS-CHAVE: reabilitação; contração muscular; fisioterapia; eletromiografia.

Abstract

Introduction: The concept of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) has been used to treat neuromusculoskeletal disorders. Motor irradiation (or simply irradiation) is one of the basic procedures of PNF and consists of generating a force in one body segment in order to generate muscle activation in another. However, there is a significant gap in the literature when it comes to investigating the effectiveness of irradiation in inducing an increase in activity in the target muscles in healthy individuals and those with neuromusculoskeletal disorders (such as plexus injury). Added to this is the imprecision of the nomenclature. In addition, few studies have analyzed motor irradiation directed at the muscles of the upper limb, which are essential in various daily activities.

Objective: The objectives of this study were (i) to identify and analyze the results of experimental and observational studies that applied motor irradiation in healthy adults and those with brachial plexus injuries, focusing on the evaluation of muscle recruitment through surface electromyography (EMG) and (ii) to analyze the muscle activation patterns of the biceps brachii during different irradiation maneuvers.

Methods: This thesis included two studies: (i) a scoping review on motor irradiation and the electromyographic pattern of the target muscles and (ii) a cross-sectional study in which the biceps muscle activity pattern of 33 healthy individuals was analyzed during the application of motor irradiation maneuvers. In the cross-sectional study, the participants underwent 4 irradiation maneuvers involving movement patterns with (i) the contralateral upper limb, (ii) the ipsilateral lower limb, (iii) the lower trunk, (iv) the pelvis, with force applied in the opposite direction to the non-preferential limb (performed by an advanced PNF instructor), while the EMG of the biceps brachii, triceps brachii, flexor carpi radialis and brachioradialis was recorded. **Results:** In the review, only 8 articles met the eligibility criteria. These analyzed the EMG activity of upper limb, trunk and lower limb muscles during upper and lower limb movement patterns, with inconsistent EMG activation patterns. In the second study, only the EMG profile of the biceps brachii was analyzed, and significant differences were observed in the activity of the biceps brachii during irradiation maneuvers, with less activation during the upper limb extensor pattern when compared to the other three patterns.

Conclusão: Segundo a revisão realizada, há poucos estudos que analisaram os

efeitos da irradiação motora sobre o padrão de ativação muscular, indicando uma importante lacuna no conhecimento pertinente. Particularmente, não foram identificados muitos estudos que investigassem a atividade dos músculos do membro superior e especialmente não há relatos sobre o perfil do bíceps braquial durante a aplicação de manobras de irradiação motora. No estudo transversal, observou-se que manobras de irradiação a partir da aplicação de resistência no membro superior geraram menor ativação do bíceps à EMG do que as manobras de irradiação envolvendo membros inferiores e tronco.

Keywords: rehabilitation; muscle contraction; physiotherapy; electromyography.

Lista de quadros, tabelas e ilustrações

Quadro 1 – Apoio financeiro

Quadro 2 – Cronograma de Execução

Figura 1 – Esquema proposto para a coleta. CIVM, contração isométrica voluntária máxima. s, segundos.

Figura 2 – Exemplo de sinal EMG adquirido conforme esquema temporal da coleta.

Figura 3 – Configuração do do tempo no aplicativo Hit & Tabata.

Figura 4 – Manobras de irradiação do FNP, visando o fortalecimento dos músculos flexores de cotovelo. PI, posição inicial. PF, posição final. Setas vermelhas indicam o a direção da contração do participante enquanto é resistido pelo fisioterapeuta.

Figura 5 – Imagem esquemática do teste abdominal. (A) Posição inicial do teste. (B) Posição final de uma repetição. (C) Tela do aplicativo utilizado para manter a frequência de 50 movimentos por minuto durante o teste.

Figura 6 – Exemplo de sinal de EMG dos músculos do membro superior-alvo. BB, bíceps braquial. TB, tríceps braquial, BR, braquiorradial, FR, flexor radial do carpo.

Lista de Abreviaturas e Siglas

ACSM	American College of Sports Medicine
ANOVA	Análise de variance
BB	Bíceps Braquial
BR	Braquiorradial
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CIVM	Contração Isométrica Voluntária Máxima
COVID	Coronavírus
EAR	Extensão, Adução e Rotação Interna do Membro Superior
EUA	Estados Unidos da América
EMG	Eletromiografia
FAPERJ	Fundação Carlos Chagas Filho de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro
FAR	Flexão, Adução e Rotação Externa do Membro Inferior
FNP	Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva
FR	Flexor radial do carpo
Hz	Hertz
INDC	Instituto de Neurologia Deolindo Couto
IPAQ	Questionário Internacional de Atividade Física
IPNFA	<i>International Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association</i>
LPB	Lesão de Plexo Braquial
MMII	Membros Inferiores
MMSS	Membros Superiores
N	<i>Tamanho amostral</i>
PDF	Formato de documento portátil
PRO	Prono de Cotovelo em Posição Adaptada
PF	Posição final
PI	Posição inicial
PPGCR-	Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação do
UNISUAM	Centro Universitário Augusto Motta
RJ	Rio de Janeiro

ROT	Rotação do Tronco Inferior em Posição de Pré-ponte
STROBE	
TB	Tríceps Braquial
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNISUAM	Centro Universitário Augusto Motta
VMR	Valor médio retificado

AGRADECIMENTO	V
RESUMO	VI
ABSTRACT	VIII
LISTA DE QUADROS, TABELAS E ILUSTRAÇÕES	X
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XI
PREFÁCIO	0
PARTE I – PROJETO DE PESQUISA	1
CAPÍTULO 1. PROJETOS DESENVOLVIDOS	2
1.1 FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR PROPRIOCEPTIVA	2
1.2 FNP E AS LESÕES DE PLEXO BRAQUIAL	3
1.3 FNP E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE NEUROMUSCULAR	4
1.4 JUSTIFICATIVAS	7
1.4.1 RELEVÂNCIA PARA AS CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO	7
1.4.2 RELEVÂNCIA PARA A AGENDA DE PRIORIDADES DO MINISTÉRIO DA SAÚDE	7
1.4.3 RELEVÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	7
1.5 DISPONIBILIDADE E ACESSO AOS DADOS	8
1.6 OBJETIVOS	8
1.6.1 GERAL	8
1.6.2 ESPECÍFICOS	8
1.7 HIPÓTESES	8
2. PARTICIPANTES E MÉTODOS	9
2.1. ASPECTOS ÉTICOS	9
2.2. DELINEAMENTO DO ESTUDO	9
2.2.1. LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO	9
2.2.2. AMOSTRA E LOCAL DE RECRUTAMENTO	9
2.2.3. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	10
2.3. PROCEDIMENTOS	10
2.4. DESFECHOS	21
2.4.1. DESFECHO PRIMÁRIO	21
2.4.2. DESFECHO SECUNDÁRIO	21
2.5. ANÁLISE DOS DADOS	21
2.5.1. TAMANHO AMOSTRAL	21
2.5.2. VARIÁVEIS DE CONTROLE	22
2.5.3. VARIÁVEIS DE CONFUSÃO	22
2.5.4. PLANO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA	22

2.5.5. DISPONIBILIDADE E ACESSO AOS DADOS	23
2.6. ORÇAMENTO E APOIO FINANCEIRO	23
2.7. CRONOGRAMA	24
3. REFERÊNCIAS	25
APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	32
APÊNDICE 2 – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DO USO DE IMAGEM	36
APÊNDICE 3 – TERMO DE ANUÊNCIA – LABORATÓRIO DE NEUROCIÊNCIA E REABILITAÇÃO DO INSTITUTO DE NEUROLOGIA DEOLINDO COUTO	37
APÊNDICE 4 – TERMO DE ANUÊNCIA – SETOR DE FISIOTERAPIA DO INSTITUTO DE NEUROLOGIA DEOLINDO COUTO – UFRJ	38
APÊNDICE 4 – TERMO DE ANUÊNCIA – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO DO CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA	39
APÊNDICE 5 – PARECER CONSUBSTANCIADO	40
ANEXO 1 – FICHA DE ANAMNESE	41
ANEXO 2 – QUESTIONÁRIO DE AUTOAVALIAÇÃO DA ESCALA DE ESTADO FUNCIONAL PÓS-COVID	43
ANEXO 3 – ÍNDICE DE ESFORÇO PERCEBIDO (ESCALA DE BORG)	44
ANEXO 4 – IPAQ – VERSÃO CURTA	45
ANEXO 5 – QUESTIONÁRIO DE LATERALIDADE DE EDINBURGO	46
PARTE II – PRODUÇÃO INTELLECTUAL	47
1. PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS ACADÊMICOS	47
2. MANUSCRITOS PARA SUBMISSÃO	49
MANUSCRITO 1	50
Abstract	51
INTRODUCTION	52
METHODS	53
RESULTS	54
Movement patterns	54
Target muscles	55
Main results	56
DISCUSSION	60
CONCLUSION	62
REFERENCES	64
Anexo – Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR) Checklist	74

	XV
MANUSCRITO 2	77
ABSTRACT	78
INTRODUCTION	79
METHODS	80
Participants	80
Procedures	80
Motor irradiation Maneuvers	81
EMG	82
Statistical analysis	83
RESULTS	83
DISCUSSION	84
CONCLUSION	86
REFERENCES	88
Anexo – STROBE Statement—Checklist of items that should be included in reports of cross-sectional studies	97
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	100

PREFÁCIO

Essa tese de doutorado apresenta tópicos relacionados à análise do perfil eletromiográfico de músculos-alvo durante a irradiação motora, procedimento básico do conceito de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP). A presente tese está dividida em duas partes, considerando as normas vigentes do programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta–UNISUAM. Na primeira parte dessa tese, denominada “Projeto de Pesquisa”, será apresentado o projeto tal como aprovado pelo comitê de ética em pesquisa institucional. Na segunda parte dessa tese, denominada “Produção Intelectual”, será apresentada uma lista das participações em eventos (simpósios, congressos e semanas de pesquisa) e os conteúdos relacionados ao projeto que foram exibidas nos formatos de aula e pôsteres, entre outros. Nesta parte também serão apresentados os dois artigos: um submetido e outro aguardando submissão.

Parte I – Projeto de Pesquisa

CAPÍTULO 1. Projetos Desenvolvidos

1.1 Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva

O conceito de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP) foi descrito inicialmente pelo médico Herman Kabat e pela fisioterapeuta e Margaret Knott, na década de 1940, sendo utilizado, inicialmente, para o tratamento de distúrbios neurológicos incapacitantes como a poliomielite, a paralisia cerebral e o acidente vascular encefálico (Westwater-Wood et al., 2010; Sandel, 2013). Com o passar dos anos o conceito se disseminou e hoje em dia é utilizado na recuperação de inúmeras condições tais como as distúrbios neurológicos, musculoesqueléticas e mesmo no treinamento de atletas de alto rendimento (Rees et al., 2007; Gama et al.; 2007; Olivo & Magee, 2006; Oliveira et al 2019).

A FNP é posta em prática a partir de: sua filosofia (abordagem funcional, abordagem positiva, mobilização de reservas, considerar o indivíduo como um todo e controle e aprendizagem motora); princípios básicos que incluem o uso dos sentidos (visuais, auditivas e táteis), resistência, tração, aproximação, estímulo de estiramento; procedimentos básicos (reforço, padrões de FNP, mecânica corporal, sincronização de movimentos e irradiação); e técnicas agonistas (iniciação rítmica, réplica, combinação de isotônicas e estiramento repetido), antagonistas (reversão dinâmica e de estabilizações) e de relaxamento (contrair-relaxar e manter-relaxar) (Kabat, 1961 Adler, Beckers & Buck 2008).

A irradiação motora é um procedimento básico da FNP que utiliza a resistência muscular em um segmento corporal para gerar contração em outro (; Pink, 1981; Voss et al., 1985; Adler et al., 2008; Bijos & Guedes, 2010). É um tratamento indireto, pois o paciente trabalha a parte corporal não afetada, enquanto a afetada é ativada pela irradiação (Kabat, 1961).

Este procedimento vem sendo associado ao conceito de transbordamento neuromuscular (*overflow*), mas atualmente sabe-se que são conceitos distintos. *Overflow* é um termo geral utilizado para descrever a ativação muscular involuntária que acompanha a ativação muscular voluntária (Hoy, Fitzgerald, Bradshaw, Armatas, & Georgiou-Karistianis, 2004). No entanto, o *overflow* é também considerado um fenômeno que pode ser observado em adultos saudáveis em condições de esforço e fadiga (Addamo et al. 2007). Também pode significar movimentos involuntários encontrados em indivíduos com condições neurológicas (Cox et al. 2012). Portanto,

pode não ser um termo apropriado para se referir à irradiação motora. Outro termo frequentemente utilizado em pesquisas relacionadas à irradiação motora é *cross-education* ou *cross-training*. Neste conceito, os músculos não treinados do lado oposto aos treinados seriam espontaneamente ativados, levando ao aumento da força muscular dos não treinados (Munn et al., 2004). Embora semelhante na promoção da atividade muscular no lado mais fraco, o *cross-training* difere da irradiação motora, uma vez que envolve a utilização de pesos e não tem padrões de movimento específicos, nem estabelece previamente a posição do membro alvo (Carroll et al., 2006; Munn et al., 2004).

Embora não se saiba o mecanismo pelo qual a irradiação motora ocorre, de acordo com Hoy et al. (2004) a irradiação representa a facilitação relacionada ao esforço ou desinibição induzida pela fadiga de um hemisfério cerebral para o outro através de conexões do corpo caloso. Normalmente, o trato córtico-espinhal ipsilateral transmite sinais para produzir ativação neuromuscular da extremidade superior sob controle do hemisfério cerebral contralateral.

Por outro lado, já é conhecido que a capacidade de irradiar varia com a idade e a lateralidade, com os canhotos apresentando níveis maiores de contração muscular durante a irradiação (Armatas & Summers, 2001). Ao contrário das técnicas de treinamento físico convencional, a FNP se concentra mais nos padrões de movimento do que em músculos ou grupos musculares específicos. Padrões de movimento sinérgicos e multiplanares, juntamente com uma combinação de pistas visuais, táteis e verbais, criam a possibilidade de influências de neuro-estimulação que provavelmente superam as do treinamento de força convencional para obter o aprendizado motor e adaptações neuroplásticas que podem melhorar a função da extremidade estimulada quando aplicados em indivíduos com lesão de plexo (de Oliveira et al., 2019).

1.2 FNP e as lesões de plexo braquial

Nas últimas décadas alguns grupos de pesquisa têm se dedicado ao estudo dos efeitos do uso da irradiação na reabilitação motora (Mills & Quintana, 1985; Alexandre de Assis et al., 2020; Carlson & Hadlock, 2007; Choi et al., 2013; Chagas et al., 2021; Meningroni et al., 2009; de Oliveira et al., 2019). Em particular, a irradiação tem sido utilizada com sucesso na intervenção de pacientes pós-lesão do plexo braquial (LPB). As lesões nervosas periféricas devido a LPB podem causar perda parcial ou total das

funções motoras, sensoriais, autonômicas do membro acometido e em alguns casos perda do equilíbrio (Bonham & Greaves, 2017; Souza et al., 2016). Logo, a associação das deficiências geradas pela LPB pode afetar a funcionalidade e o desempenho das atividades de vida diária, comprometendo a participação social e a qualidade de vida dos indivíduos (Jaquet et al., 2001). A maioria das LPB no Brasil acomete jovens do sexo masculino (85-98%) e são causadas por acidentes de motocicleta (60-79%) (Bonham & Greaves, 2017; Faglioli et al., 2014).

Normalmente o tratamento é feito por meio de técnicas cirúrgicas como a neurólise, neurorrafia, neurotização e transferência muscular (Sinha et al., 2016; Silva et al., 2010; Batista & Araújo, 2013). Além das técnicas cirúrgicas, mecanismos de plasticidade periférica podem estar envolvidos na recuperação das funções afetadas (Navarro et al., 2007). Logo, a abordagem fisioterapêutica pode ser utilizada para potencializar a recuperação após a cirurgia e em casos em que não há necessidade cirúrgica. Dentre as abordagens há relatos do uso de mobilização neural, laserterapia, abordagens cinesioterapêuticas convencionais e eletroestimulação (Marcolino et al., 2008; Cunha et al., 2013). Entretanto uma das dificuldades do tratamento é reativar o músculo desnervado desde o início do tratamento. Dentre as técnicas possíveis a irradiação motora da FNP parece apresentar um efeito promissor no tratamento da LPB. Um estudo do nosso grupo sugeriu como a irradiação pode contribuir para a recuperação progressiva da força e da capacidade de realizar atividades de vida diária em um indivíduo com lesão bilateral de plexo braquial (Oliveira et al., 2019). Apesar disso, como a irradiação pode estimular a atividade neuromuscular dessa população ainda é uma questão pouco investigada.

1.3 FNP e avaliação da atividade neuromuscular

Existem vários métodos para analisar a ativação neuromuscular, desde medidas de força, através do teste muscular manual, até métodos de registro de sinais elétricos musculares, como a eletromiografia (EMG). A EMG é um método capaz de medir a atividade elétrica muscular por meio de eletrodos inseridos nos músculos ou posicionados na superfície adjacente (Merletti et al., 2001). Este método é muito utilizado no campo das ciências do exercício e do movimento, assim como nas áreas de reabilitação e desempenho esportivo, para caracterização da atividade elétrica das fibras musculares durante as contrações isométricas ou isotônicas (Vigotsky et al., 2018; Merletti et al., 2001; Gazzoni et al., 2017; Vieira & Botter, 2021).

A EMG é útil para fornecer informações sobre como o sistema neuromuscular se comporta. Em sua composição mais simples, a EMG se trata de um voltímetro altamente sensível que detecta aumento e diminuição da voltagem (despolarizações e hiperpolarizações, respectivamente) que ocorrem na membrana da fibra muscular ou sarcolema, e que são necessárias para a função muscular (Vigotsky et al., 2018).

A captação do sinal pode ocorrer de forma invasiva, quando os eletrodos são inseridos no músculo, ou superficial, quando os eletrodos são fixados sobre a pele e captam o sinal elétrico gerado pelo músculo adjacente. Com relação aos sinais obtidos pela EMG de superfície, o poder de diagnóstico ainda é limitado. Contudo, ela é uma ferramenta útil para a análise da eficácia de tratamentos e intervenções, prevenção e avaliações da musculatura (Merletti & Farina, 2016).

O potencial elétrico coletado na superfície da pele é apresentado ao longo do tempo, formando uma “imagem elétrica” ou “mapa” analógico/contínuo da atividade neuromuscular (Merletti & Muceli, 2019). Para que essa imagem seja formada, o número de eletrodos pode variar de dois (um eletrodo de detecção e um eletrodo de referência no sistema monopolar de canal único) a centenas, como na eletromiografia de alta densidade (Urbanek & van der Smagt, 2016). Os geradores desses mapas temporais de potencial elétrico de superfície são os potenciais de ação da unidade motora (conjunto de motoneurônio e das fibras musculares por ele inervadas) ativa.

Embora a irradiação motora seja difundida e utilizada em diferentes contextos clínicos (Oliveira et al., 2019; Abreu et al., 2015; Meningroni et al., 2009; Reznik, Biros e Bartur, 2015; Monga et al., 2017; Németh, 2008), poucos estudos investigaram o padrão eletromiográfico dos músculos alvo da irradiação (os músculos contralaterais ao que é aplicada a resistência durante a intervenção). Estudos com EMG demonstraram ativação muscular indireta em indivíduos saudáveis com o uso da irradiação (Abreu et al., 2015), em pessoas com hemiplegia (Mills & Quintana, 1985; Reznik, Biros e Bartur, 2015), em pacientes com lesão de plexo (de Oliveira et al., 2019) e em indivíduos com doença de Charcot-Marie-Tooth (Meningroni et al., 2009).

Abreu et al. (2015) exploraram os efeitos da irradiação em diagonais isométricas para as atividades musculares (trapézio superior, peitoral maior e deltoide), sendo avaliadas as interações entre as direções das diagonais, intensidades de contração (moderada e máxima) e sexo dos indivíduos. Para isso foi utilizada a EMG de superfície com eletrodos posicionados nos músculos do ombro não-dominante, durante a realização de duas manobras de irradiação (flexão-abdução-rotação externa

versus extensão-adução-rotação interna) na posição intermediária (com relação a amplitude máxima de movimento da articulação manipulada), sendo esta considerada uma posição confortável para a realização das diagonais e frequentemente utilizada na prática clínica. Abreu et al. (2015) observaram um aumento da atividade neuromuscular para o ombro contralateral (alvo) durante a extensão ou flexão isométrica do ombro, em esforço máximo.

Por sua vez, Meningroni et al. (2009) analisaram o perfil eletromiográfico de 10 sessões com diagonais do FNP para gerar irradiação no músculo tibial anterior de indivíduos com a doença de Charcot-Marie-Tooth. Neste estudo foram observados aumentos nos sinais da EMG em duas técnicas, *chopping* e a diagonal de extensão-adução-rotação interna do membro inferior, em comparação pré- e pós-intervenção. Entretanto, não foi observado efeito para a diagonal de flexão-abdução-rotação externa do membro inferior. Segundo os autores, a última técnica não foi efetiva porque a irradiação não era específica para o tibial anterior.

Reznik, Biros e Bartur (2015) investigaram em 12 indivíduos saudáveis (idade entre 18 e 30 anos) se o uso de padrões resistidos da FNP em um membro facilita o recrutamento da atividade muscular para os músculos homólogos do membro oposto. No estudo foram utilizados padrões de FNP em três membros (membros superiores e membro inferior esquerdo) com o objetivo de analisar a ativação muscular do tibial anterior direito. Quando um exercício resistido era aplicado de forma aleatória em três dos quatro membros, observou-se aumento da atividade da EMG predominantemente nos músculos homólogos contralaterais em indivíduos jovens e saudáveis. Ou seja, o padrão da FNP aplicado no membro inferior esquerdo levou a maior ativação do tibial anterior direito.

Monga et al. (2017) identificaram aumento na ativação muscular dos extensores e flexores do punho ipsilateral ao realizarem padrões de FNP escapulares isolados e resistidos manualmente em 25 mulheres saudáveis.

Apesar dos potenciais efeitos benéficos da irradiação na recuperação motora de diferentes quadros clínicos (Abreu et al., 2015; Meningroni et al., 2009; Reznik, Biros e Bartur 2015; Monga et al., 2017; Németh, 2008), o perfil de ativação neuromuscular (amplitude e temporalidade) decorrente dos diferentes estímulos e posições utilizados nesse procedimento ainda não foram investigados. Nesse contexto, torna-se importante identificar o perfil de ativação muscular em indivíduos saudáveis para que os dados descobertos possam embasar a prescrição de manobras de irradiação

motora no tratamento de indivíduos com alterações neuromusculoesqueléticas, como a LPB.

1.4 Justificativas

A FNP é uma prática utilizada mundialmente no tratamento de inúmeras deficiências de origem musculoesquelética e neurológica. O uso do princípio básico de irradiação motora característico da FNP tem sido relatado, em diversos estudos, como uma ferramenta fundamental para a recuperação da força muscular. Porém, tais procedimentos têm sido fundamentados na anatomia funcional do corpo, com baixo nível de evidência. Além disso, baseada na experiência clínica vivenciada pelos instrutores avançados da FNP, nossa hipótese é que a irradiação seja mais evidente em um músculo alvo por meio de determinados padrões de movimento do que de outros. Sendo assim, a investigação do perfil de ativação muscular gerada nos músculos do membro superior durante diferentes padrões de movimento pode contribuir para o melhor uso desse procedimento. Uma revisão de escopo precedendo a escolha do músculo alvo e os padrões de irradiação a serem utilizados para provocar atividade muscular torna-se essencial para guiar a execução deste estudo.

1.4.1 Relevância para as Ciências da Reabilitação

Este é um estudo que tem por finalidade identificar o perfil de ativação muscular do bíceps braquial durante a aplicação de diferentes manobras de irradiação motora. Essas informações permitirão identificar o melhor procedimento de irradiação a ser utilizado para o tratamento de indivíduos com desordens neuromusculoesqueléticas.

1.4.2 Relevância para a Agenda de Prioridades do Ministério da Saúde

O estudo se encaixa no eixo 4 (desenvolvimento de tecnologias e inovação em saúde) da Agenda de Prioridades do Ministério da Saúde.

1.4.3 Relevância para o Desenvolvimento Sustentável

Este estudo se enquadra no Objetivo para o Desenvolvimento Sustentável, uma vez que contribui para assegurar uma “vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades”.

1.5 Disponibilidade e acesso aos dados

Os dados serão disponibilizados a partir da solicitação aos pesquisadores responsáveis pelo estudo.

1.6 Objetivos

1.6.1 Geral

Analisar o perfil de ativação eletromiográfica de músculos do membro superior de indivíduos saudáveis e em pacientes com LPB, durante a aplicação de diferentes protocolos de irradiação do FNP.

1.6.2 Específicos

1. Realizar uma revisão de escopo da literatura envolvendo o uso de irradiação motora da FNP e o padrão de ativação dos músculos alvo.
2. Coletar informações demográficas, antropométricas, clínicas e de hábitos de vida dos participantes.
3. Mensurar a força de contração isométrica voluntária máxima dos músculos do membro superior dos participantes, juntamente com o registro do sinal de EMG.
4. Mensurar o padrão de ativação EMG dos músculos do membro superior durante diferentes manobras de irradiação.
5. Mensurar o nível de esforço percebido pelos participantes em cada procedimento de irradiação aplicado.
6. Avaliar a força e resistência dos músculos do abdome dos participantes.
7. Analisar as características de ativação EMG em diferentes procedimentos de irradiação, relacionando os achados com as características clínicas, os níveis de atividade física, força de músculos abdominais e relato de esforço percebido.

1.7 Hipóteses

Espera-se que o registro da EMG obtido durante a aplicação das manobras de irradiação confirme a participação do bíceps braquial. Além disso, espera-se encontrar evidências de associação entre as características funcionais dos participantes e o nível de ativação muscular durante a irradiação e também que indivíduos com menor ativação do abdome apresentem maiores irradiações para o músculo-alvo.

2. PARTICIPANTES E MÉTODOS

2.1. Aspectos éticos

Este protocolo de pesquisa foi submetido a plataforma Brasil e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa local (número de protocolo CAAE 64458522.2.0000.5264) antes da execução do estudo, em consonância com a resolução 466/2012. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE; APÊNDICE 1) após serem informados sobre a natureza do estudo e do protocolo a ser realizado. A pesquisa seria suspensa ou encerrada, caso o participante assim desejasse, ou em situações em que houvesse algum fator clínico causado pela pesquisa, como alergia, irritação, alteração emocional que o impeça de continuar o estudo (medo, ansiedade por exemplo) dor, queimação e perda de força ou caso houvesse alguma circunstância que apresentasse dano aos participantes não abordado no TCLE.

2.2. Delineamento do estudo

Trata-se de um transversal que foi delineado a partir do *checklist* STROBE (von Elm et al., 2014), garantindo assim a padronização do estudo e da escrita do texto ao reportar os seus achados. Foi solicitado aos participantes a assinatura do Termo de Autorização do Uso de Imagem (APÊNDICE 2), para possíveis apresentações em eventos (congressos, simpósios, seminários etc.). O estudo contempla ainda uma revisão de escopo.

2.2.1. Local de realização do estudo

O estudo foi realizado no Laboratório de Neurociência e Reabilitação do Instituto de Neurologia Deolindo Couto (INDC), da UFRJ, em colaboração com o Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta (PPGCR-UNISUAM, RJ).

2.2.2. Amostra e local de recrutamento

Fizeram parte do estudo indivíduos saudáveis, recrutados no Centro Universitário Augusto Motta e da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e pacientes com LPB, encaminhados pelo Setor de Fisioterapia do INDC, além da divulgação nas principais mídias sociais.

2.2.3. Critérios de inclusão

Foram incluídos no estudo indivíduos:

1. De ambos os sexos;
2. Com idade entre 18 a 45 anos;
3. Capazes de se deslocar até o local de realização do projeto;
4. Que concordaram em participar e assinar o TCLE.

Foram incluídos aqueles pacientes com lesão de plexo braquial unilateral, diagnosticada por um médico por meio de avaliação clínica ou exames complementares.

2.2.4 Critérios de exclusão

Foram excluídos do estudo os indivíduos que apresentaram ou relataram:

1. Alterações cardiovasculares não controladas;
2. Alterações musculoesqueléticas que impedissem a realização das tarefas;
3. Queixas álgicas no momento do exame;
4. Sequelas pós-COVID (fadiga, fraqueza etc.) que impossibilitassem a participação na pesquisa;
5. Contraindicações ao uso do EMG, como indicado pelo fabricante (ex., implantes eletrônicos; alergias a prata);
6. Pele irritada ou feridas abertas;
7. LPB de origem obstétrica;
8. Outros comprometimentos neurológicos.

2.3. Procedimentos

2.3.1. Avaliação preliminar

Os indivíduos foram contatados pessoalmente, por telefone, e-mail ou redes sociais, sendo esclarecidos os objetivos e os instrumentos utilizados no estudo. Os que tiveram interesse foram convidados a comparecer ao laboratório do INDC-UFRJ para participar de um dia de anamnese para verificação dos critérios de elegibilidade, além da coleta dos dados demográficos. Os elegíveis que concordaram em participar assinaram o TCLE e foram direcionados às avaliações e tarefas, sendo estas conduzidas por dois pesquisadores experientes e treinados. Houve uma sessão de triagem imediatamente antes da intervenção. Esta incluiu medidas que avaliaram a contração voluntária máxima, o nível de atividade física e o lado preferencial. O

fluxograma do estudo está representado na Figura 1. Durante a realização do projeto, os indivíduos foram instruídos a comparecer trajando roupas confortáveis que não restringissem os movimentos. Em relação a vestimenta, caso o participante não pudesse comparecer com o tipo de vestimenta solicitado, foram disponibilizadas vestimentas confortáveis para a realização das atividades.

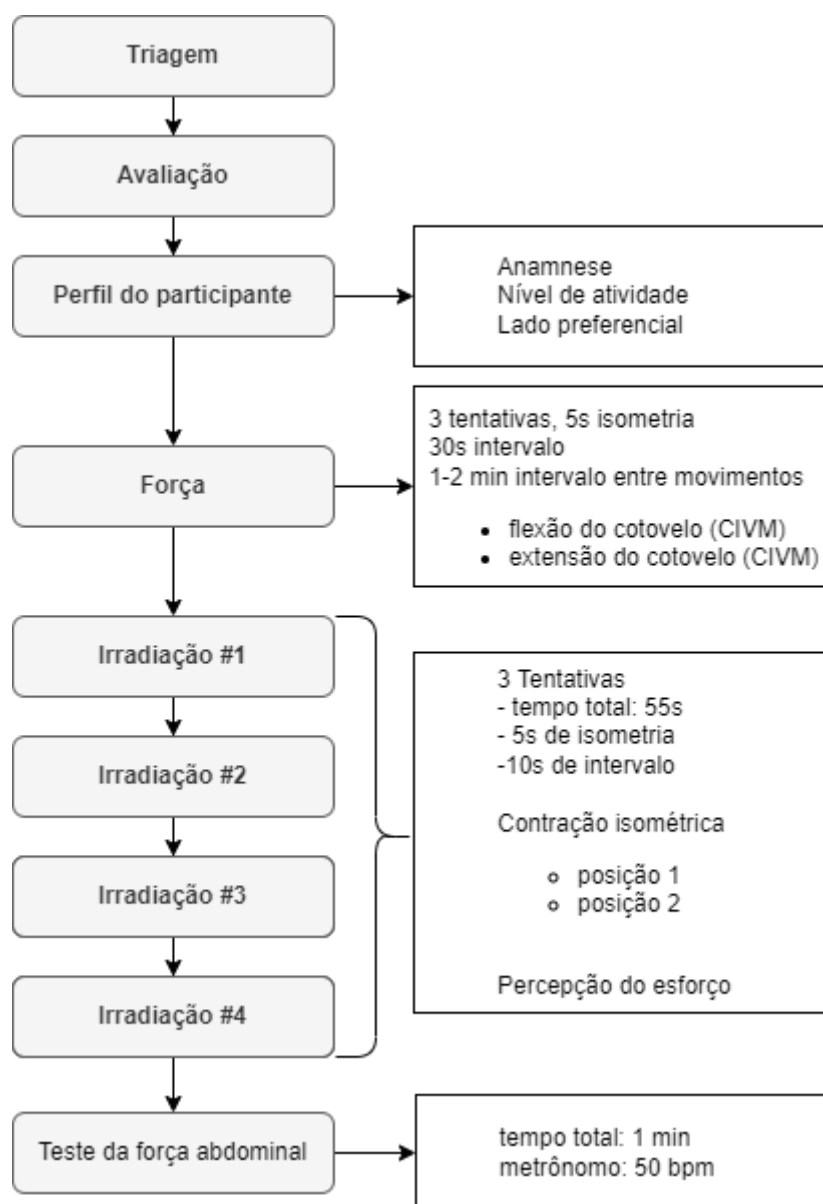


Figura 1. Esquema proposto para a coleta. CIVM, contração isométrica voluntária máxima. s, segundos.

2.4.2. Manobras de irradiação

Foram aplicadas 4 manobras de irradiação motora, seguindo os princípios da FNP. Cada uma das 4 manobras foi realizada por um instrutor certificado pela Associação Internacional de FNP (IPNFA). Cada procedimento foi realizado 3 vezes, sendo mantida a posição de irradiação por 5 segundos, com um intervalo de 10 segundos entre cada tentativa, para um tempo total de 55 segundos (Figura 2).

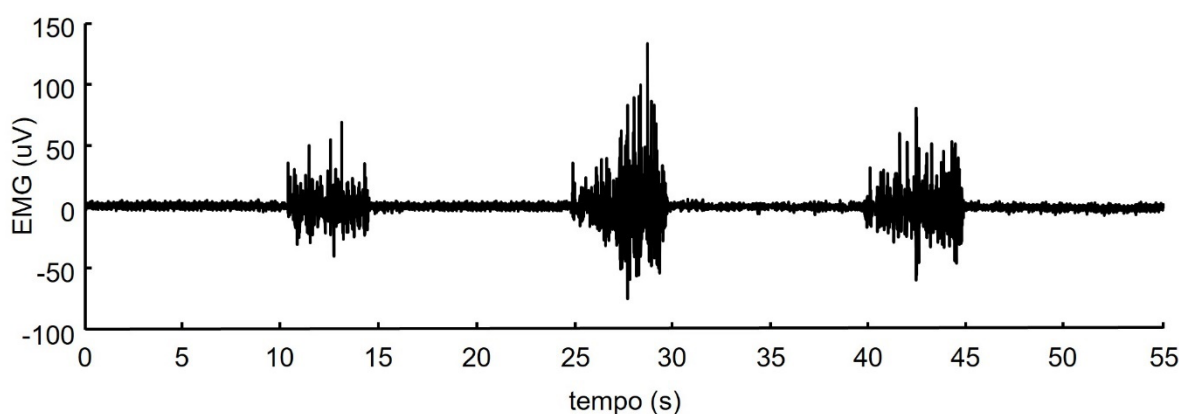


Figura 2. Exemplo de sinal EMG adquirido conforme esquema temporal da coleta.

Para garantir a realização das manobras no tempo de 55 segundos, foi utilizado um aplicativo (Hit & Tabata, Grizzllee Inc., EUA), cuja configuração seguiu o tempo de 10 segundos de contagem regressiva (ao final do tempo foi iniciada a aquisição do sinal), 5 segundos de exercício (momento em que o fisioterapeuta aplicou a manobra de irradiação), 10 segundos de recuperação (momento de descanso para a próxima isometria) e 10 segundos de descanso (momento final da manobra para manter um limiar de tempo sem ativação muscular antes de finalizar o *trial*) (Figura 3).

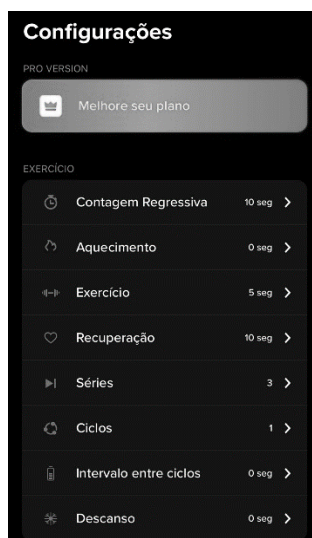


Figura 3 Configuração do do tempo no aplicativo Hit & Tabata.

As manobras de irradiação motora da FNP foram: (1) flexão, adução e rotação externa com flexão do joelho em decúbito lateral (FAR; Figura. 4A); (2) extensão, adução e rotação interna do membro superior em decúbito dorsal (EAR; Figura. 4B); (3) rotação do tronco inferior em posição de pré-ponte (ROT; Figura. 4C); e (4) prono sobre os cotovelos (braço preferencial ao longo do corpo sem apoiar na maca) em posição adaptada, de pé com os joelhos semi-fletidos (PRO; Figura. 4D). Para cada tentativa o avaliador explicou para o participante o que deveria ser feito e utilizou um comando verbal para estimular a irradiação do membro não preferencial. No caso dos pacientes com LPB, a EMG foi adquirida no membro afetado, sendo as manobras EAR e PRO realizadas com o membro superior não-afetado.

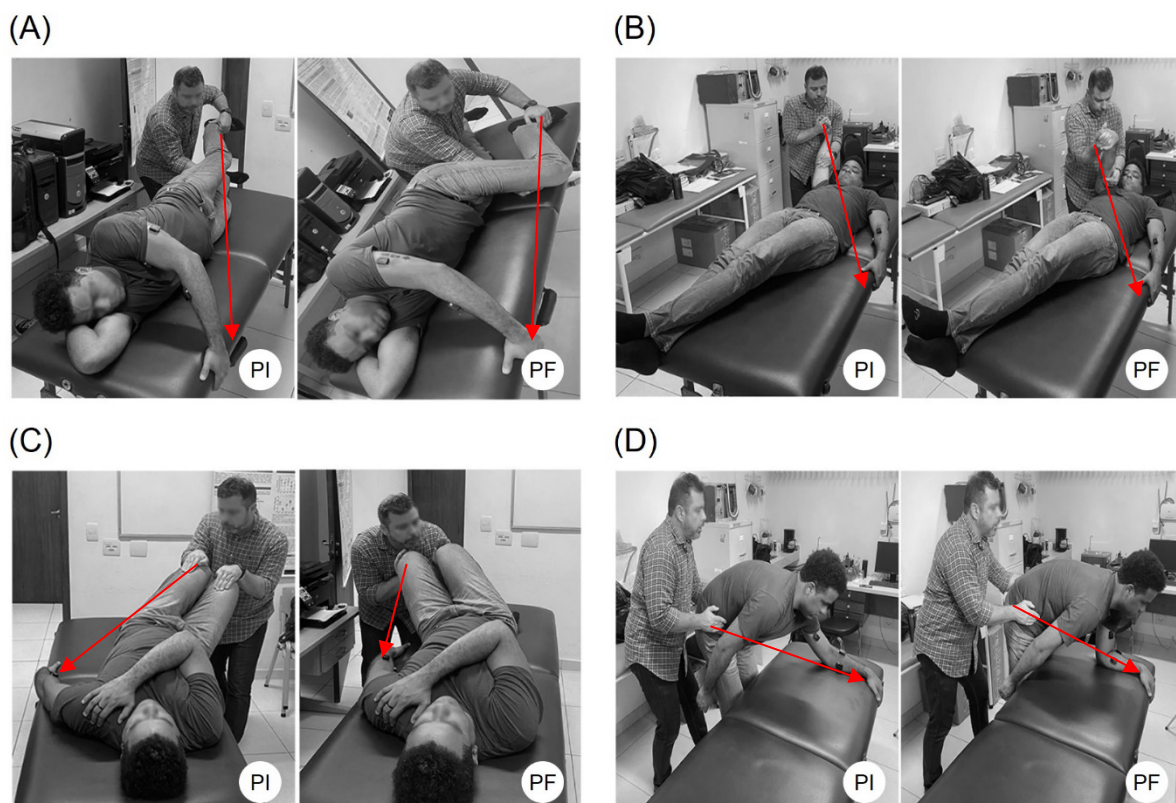


Figura 4 Manobras de irradiação do FNP, visando o fortalecimento dos músculos flexores de cotovelo. PI, posição inicial. PF, posição final. Setas vermelhas indicam o a direção da contração do participante enquanto é resistido pelo fisioterapeuta.

As quatro manobras foram testadas com o membro alvo em duas posições (PI, posição inicial e PF, posição final, ver Figura 4), baseado no arco de movimento utilizado na manobra. As posições foram definidas buscando estabelecer um ponto específico aplicado para todas as técnicas, sendo elas:

- A. Flexão, adução e rotação externa do membro inferior com flexão do joelho em decúbito lateral: braço não preferencial em flexão de ombro e cotovelo e segurando a borda da maca próximo da quina. PI – a perna ipsilateral ao membro superior não-preferencial (na qual era aplicada a resistência) posicionada em extensão do quadril e joelho; PF – a perna ipsilateral ao membro superior não-preferencial posicionada em flexão de quadril e joelho (aproximadamente 90°) com a perna encostando na maca. (Figura 4A).
- B. Extensão, adução e rotação interna do membro superior em decúbito dorsal: braço não preferencial segurando a borda da maca na altura do quadril. PI – o

braço preferencial (no qual era aplicada a resistência) foi posicionado em flexão de ombro (acima da cabeça, aproximadamente 150°) com extensão de cotovelo e segurando a borda da maca; PF – o braço preferencial posicionado com flexão (aproximadamente 45°) e adução horizontal de ombro, de modo que a mão ficou na altura do estômago do participante, com extensão de cotovelo e segurando a borda da maca (Figura 4B).

C. Rotação de tronco em pré-ponte: braço não preferencial segurando a borda da maca na altura do quadril. PI – ambas as pernas em flexão de quadril e joelho, pés apoiados na maca, pelve rotacionada para o lado do membro superior preferencial com a mão segurando a borda da maca; PF – ambas as pernas em flexão de quadril e joelho, pés apoiados na maca, pelve rotacionada para o lado do membro superior não-preferencial com a mão segurando a borda da maca (Figura 4C).

D. Prono de cotovelo adaptado: PI – o braço não-preferencial com o cotovelo apoiado na maca e flexão do cotovelo (aproximadamente 25°) com a mão segurando a borda da maca; PF - braço não-preferencial com o cotovelo apoiado na maca e flexionado (aproximadamente 100°) com a mão segurando a borda da maca. Durante a manobra nas duas posições, o fisioterapeuta realizou uma resistência na pelve na direção oposta (Figura 4D).

As manobras foram divididas em 4 blocos randomizados através do *site* random.org garantindo assim que não houvesse efeito de aprendizado ou aumento do padrão de ativação muscular gerado por uma ordem específica.

2.4.2. Instrumentos de medida

No estudo foram aplicados os seguintes procedimentos de avaliação:

Ficha de Anamnese: A ficha de anamnese foi aplicada com o objetivo de identificar os critérios de elegibilidade e coletar as características demográficas, sociais e antropométricas da amostra (ANEXO 1). Esta ficha incluiu o questionário para os integrantes que relataram ter tido COVID-19 e que foram internados, apresentaram ou ainda apresentam sequelas relacionadas à COVID-19 (ANEXO 2). Após a aplicação da ficha de anamnese, os elegíveis assinaram o TCLE e foram direcionados às sessões em que eram aplicados os demais instrumentos de avaliação.

Índice de esforço percebido (Escala de Borg): é o instrumento de mensuração da autopercepção da intensidade de esforço (Chen et al., 2002). A escala foi inicialmente formulada na década de 70 por Gunnar Borg (Borg, 1970). Existem 2 versões da escala de Borg, a original que é pontuada de 6 a 20 e a modificada que vai de 0 a 10. No estudo foi utilizada a versão modificada. Ao final de cada manobra da FNP foi indagado aos participantes o esforço percebido de 0 (nenhum esforço percebido) a 10 (máximo de esforço percebido; ANEXO 3).

Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ): O IPAQ é instrumento amplamente utilizado que pode ser aplicado em forma de entrevista (face-a-face/telefone) ou auto reportado (impresso). O IPAQ foi desenvolvido em 1998 e validado em 12 países, inclusive no Brasil (Craig et al., 2003, Matsudo et al., 2001 Hallal & Victora, 2004; Pardini et al., 2001). O questionário está disponível tanto na versão curta como na longa, sendo a primeira composta por sete questões referente à prática de caminhada, atividades moderadas e vigorosas e tempo sentado, e a segunda, de 27 questões relativas à prática de atividades físicas nos domínios do trabalho, atividades domésticas, transporte, lazer e tempo sentado (Craig et. al., 2003). No estudo foi aplicada a versão curta (ANEXO 4). Para cada pergunta deveriam ser respondidos a frequência semanal (dias) e a duração (minutos). Em seguida foi feita a classificação em nível de atividade baixo, moderado ou alto.

Inventário de lateralidade de Edinburg: Os participantes foram avaliados através do inventário de lateralidade (*Edinburgh Handedness Inventory*; Oldfield, 1971) disponível online (<http://www.brainmapping.org/shared/Edinburgh.php#>), para avaliar a preferência lateral manual, informação que serviu como parâmetro de escolha do membro a ser utilizado para a irradiação. Neste inventário os participantes

deveriam responder perguntas referentes à mão que usa preferencialmente para atividades como escrever, desenhar, jogar, usar uma tesoura, entre outras. Após respondidas as perguntas foi calculado o índice de lateralidade, que varia de 100 (destreza com a mão direita) a -100 (destreza com a mão esquerda; ANEXO 5).

Teste de Força Abdominal da ACSM: O exercício abdominal é um dos exercícios mais comuns que visam os músculos abdominais. Esta atividade trabalha a resistência dos abdominais, importante no suporte das costas e na estabilidade dos músculos abdominais (reto abdominal, oblíquo externo, oblíquo interno e transverso do abdome). A atividade máxima dos músculos abdominais ocorre em um ângulo excêntrico de 30°, que é alcançado levantando apenas os ombros do chão. Para o teste abdominal da American College of Sports Medicine (ACSM), foram fixadas duas tiras de fita com cerca de 10 cm de distância na maca (Figura 5A e B). Além disso, foi utilizado um metrônomo para auxiliar a controlar o ritmo de cada curva abdominal. O metrônomo produziu um som de "clique" ou "batida" para estabelecer um ritmo para o teste. Também foi utilizado um cronômetro para monitorar o tempo (Hyytiäinen et al., 1991).

O participante deveria deitar-se de costas com os braços apoiados na maca e as palmas das mãos voltadas para baixo. Os dedos médios de cada mão deveriam tocar a primeira linha de fita. Os joelhos deveriam estar dobrados com os pés apoiados na maca e a cabeça voltada para o teto. O participante foi solicitado a realizar a flexão do abdome ultrapassando a fita de 10 cm durante 1 minuto, seguindo a batida de um metrônomo. O metrônomo (aplicativo cifra club – Figura 5C) foi ajustado para 50 batidas por minuto. Durante a realização da tarefa foi contabilizado o número de repetições realizados durante 1 minuto e após isso o participante era classificado de acordo com o número de repetições. Se o participante completasse 25 repetições dentro do limite de tempo, sua classificação de força abdominal seria tida como excelente, independentemente da idade ou sexo. A classificação era considerada muito boa se fizesse entre 17 e 24 repetições, boa entre 12 e 17 repetições, razoável entre 6 e 12 repetições, e ruim se abaixo de 6 repetições.

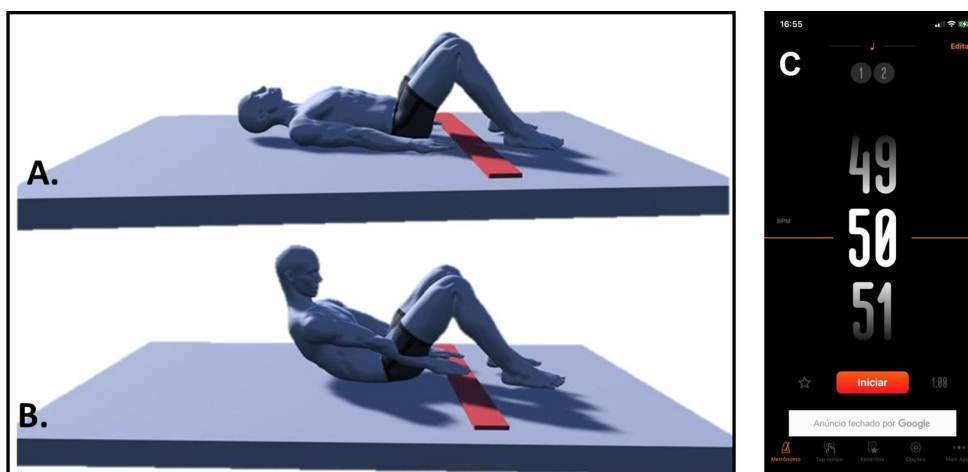


Figura 5 Imagem esquemática do teste abdominal. (A) Posição inicial do teste. (B) Posição final de uma repetição. (C) Tela do aplicativo utilizado para manter a frequência de 50 movimentos por minuto durante o teste.

2.4.3. Aquisição e análise de sinais

Para captação dos sinais eletromiográficos foi usado o sistema de aquisição de sinais EMG DELSYS *Trigno Wireless Biofeedback System* (Natick, EUA). O aparelho é composto de 4 sensores que possuem um acelerômetro triaxial acoplado ao eletrodo de EMG, com alcance de transmissão de 20 metros e uma bateria recarregável com duração mínima de 7 horas. O sistema é capaz de fornecer dados para o programa de captação de sinal e análise de EMG (EMGWorks, DELSYS, Natick, EUA), e de gerar até 4 canais eletromiográficos e 12 canais analógicos com acelerômetro. Os sensores EMG Trigno™ empregam quatro contatos de barras de prata para detectar o sinal EMG na superfície da pele. As 4 barras de prata (distância de 1cm entre elas) dos sensores devem ser orientadas perpendicularmente à direção das fibras musculares, por isso a existência de uma flecha (seta luminosa presente no sensor) para auxiliar na determinação desta orientação. O sensor foi fixado à pele usando a interface adesiva dupla face (DELSYS, Natick, EUA) para facilitar a aderência do sensor, com a superfície do ventre muscular, longe dos tendões e da margem do músculo. O uso da interface adesiva cria uma união elétrica entre as barras de prata do sensor e a pele, minimizando artefatos de movimento e os efeitos nocivos da interferência de corrente.

A preparação e o posicionamento dos sensores seguiram as recomendações de Merletti. & Muceli (2019) que determina que para diminuir a impedância deve-se

realizar tricotomia do local, seguida da limpeza da pele com sabão neutro, abrasão da pele e limpeza final com álcool isopropílico. Após esses procedimentos, os sensores foram fixados na pele utilizando os processos anatômicos como base para estabelecer a melhor área de ativação muscular. Em seguida foi feita a captação do sinal durante a CIVM dos músculos do braço e dos 4 procedimentos de irradiação com intervalo entre cada tarefa.

O sinal da EMG de superfície foi adquirido para identificar o perfil de ativação neuromuscular durante a técnica de irradiação do FNP. Foram coletados os sinais da EMG de superfície próximo da zona de inervação dos músculos bíceps braquial (60% da distância entre o acrômio e a linha do cotovelo - BB), tríceps braquial (60% da distância entre o acrômio e o epicôndilo medial - TB), braquiorradial (30% da distância do processo estilóide e o epicôndilo lateral - BR) e flexor radial do carpo (40% da distancia entre o epicôndilo medial e o processo estilóide do radio - FR). Para o estudo serão utilizados 4 sensores coletando o sinal de aceleração (sensor do BB) e eletromiográfico (todos os sensores) com frequência de amostragem da 1926-2148Hz para o EMG e de 148Hz para o acelerômetro, depois foi feita uma normalização para 1000hz. A diferença de amostragem no sinal de EMG é decorrente da aquisição simultânea do sinal do acelerômetro. Tais diferenças foram corrigidas posteriormente para 1000Hz na fase de processamento dos sinais.

Para avaliação da contração isométrica voluntária máxima (CIVM) o participante foi solicitado a realizar, para cada músculo, 3 contrações máximas, com duração de 5 segundos, havendo um intervalo de 30 segundos de descanso entre cada contração. Um cronômetro foi utilizado para garantir o máximo possível períodos de contrações semelhantes durante todas as repetições. A resistência ao segmento testado foi feita pelo pesquisador.

O participante foi posicionado confortavelmente e solicitado a realizar o máximo de contração possível contra uma resistência para os músculos analisados, sendo eles:

- Bíceps braquial – o participante deitado em decúbito dorsal com os braços ao longo do corpo, cotovelo fletido a 90 graus e punho na posição supinada foi solicitado a realizar o máximo de flexão possível para a flexão do cotovelo contra uma resistência.
- Tríceps – participante deitado em decúbito dorsal com o braço ao longo do corpo, cotovelo a 90° e punho na posição neutra foi solicitado a realizar o

máximo de contração possível para a extensão do cotovelo contra uma resistência.

- Braquiorradial - o participante deitado em decúbito dorsal com os braços ao longo do corpo, cotovelo fletido a 90 graus e punho na posição neutra foi solicitado a realizar o máximo de flexão possível para a flexão do cotovelo contra uma resistência.
- Flexor radial do carpo - o participante deitado em decúbito dorsal com os braços ao longo do corpo, cotovelo estendido e punho na posição supinada foi solicitado a realizar o máximo de flexão possível para a flexão do punho contra uma resistência.

Após a realização da CIVM, foi dado um tempo de descanso de 1 a 2 minutos. Então foi realizado o registro da ativação muscular durante a aplicação de quatro técnicas indiretas da FNP (específicas para a flexão do braço / ativação do bíceps) já estabelecida no material suplementar de Chagas et al. (2021). Os outros sinais serviram de controle para identificar se a técnica da FNP é específica para a ativação do bíceps ou se há maior ativação em outra área.

O sinal foi analisado através do cálculo do valor médio retificado (VMR), sendo computado no intervalo de 2 segundos intermédios de cada contração, considerando o bíceps braquial como músculo referência (Figura 6). A média do VMR das 3 repetições será utilizada para posterior análise.

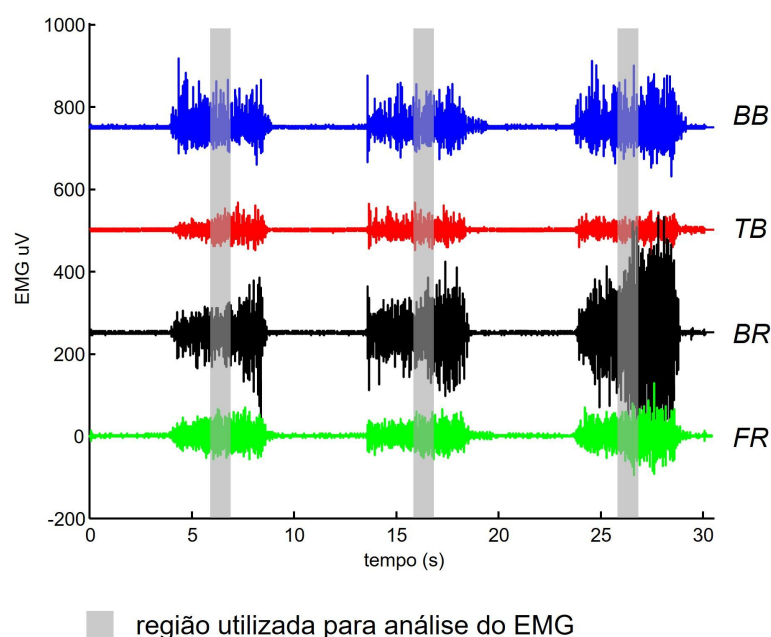


Figura 6 Exemplo de sinal de EMG dos músculos do membro superior-alvo. BB, bíceps braquial. TB, tríceps braquial, BR, braquiorradial, FR, flexor radial do carpo.

2.4. Desfechos

2.4.1. Desfecho primário

Padrão de atividade EMG dos músculos-alvo durante manobras de irradiação do conceito FNP.

2.4.2. Desfecho secundário

Dados demográficos e antropométricos, níveis de atividade física, nível de esforço percebido durante o protocolo de irradiação, níveis de força de músculos dos membros superiores e do abdômen.

2.5. Análise dos dados

2.5.1. Tamanho amostral

Para estabelecer o tamanho amostral para a investigação em participantes saudáveis, foi utilizado o *software* G*Power (Erdfelder et al., 2009; Faul et al., 2007) utilizando como entrada uma ANOVA de medidas repetidas com fatores intra-sujeito, considerando tamanho de efeito f de 0,25, erro α de 5%, poder ($1-\beta$) de 80% e 1 medida de resultado. O tamanho amostral calculado ($N=27$) foi adicionado o número

de participantes necessários cogitando-se uma possível perda de 20%, chegando-se ao total de 32 participantes.

A coleta dos pacientes com LPB foi feita através de amostragem por conveniência, dado tanto ao universo reduzido de pacientes quanto à variabilidade de condições clínicas que se apresentam. Contudo, esta coleta não foi concluída até o presente momento da defesa e será realizada posteriormente.

2.5.2. Variáveis de controle

No estudo foram identificadas as características sociais e demográficas da amostra (idade, sexo, estatura, massa corporal, escolaridade), o lado preferencial através do questionário de Edimburgo, nível de atividade física através da versão curta do IPAQ e a percepção do esforço pela escala de BORG. Além disso, foi utilizada a eletromiografia para a análise do perfil de ativação muscular dos membros superiores do participante.

2.5.3. Variáveis de confusão

Algumas variáveis podem produzir viés ao estudo. Cogita-se que o paciente pode apresentar fadiga durante a avaliação, visto que a CIVM pode e das técnicas de FNP foram aplicadas algumas vezes durante a pesquisa podendo modificar o resultado esperado.

2.5.4. Plano de análise estatística

A análise foi feita utilizando o *software* de análise estatística JASP (The JASP Team 2023, Netherlands). Após avaliação da distribuição dos dados (teste de normalidade de Shapiro-Wilk), foram realizadas análises descritivas e inferenciais apropriadas (paramétrica ou não-paramétrica). Os dados contínuos foram apresentados por mediana e quartis.

A comparação entre a posição do membro manipulado (inicial ou final) e entre as técnicas de irradiação (FAR, EAR, ROT, PRO) foi realizada através de ANOVA de Friedman, sendo utilizado o pós-teste Conover, se necessário. O tamanho do efeito foi medido através do W de Kendall. O limiar estatístico foi definido em 5%, sendo realizada a correção de Bonferroni para múltiplas comparações, quando necessário.

2.5.5. Disponibilidade e acesso aos dados

Os indivíduos que assim desejaram tiveram acesso aos seus dados (fichas de avaliação e laudo explicativo sobre as escalas e procedimentos realizados). Os dados foram guardados em arquivos digitais na nuvem pelos autores e poderão ser entregues nas versões físicas (impressos em folha A4) ou digital (em formato PDF) enviado diretamente ao e-mail do participante.

2.6. Orçamento e apoio financeiro

Este estudo foi financiado Fundação Carlos Chagas Filho de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal (CAPES, Código Financeiro 001; N°. 88881.708719/2022-01, e N°. 88887.708718/2022-00).

Quadro 1: Apoio financeiro.

CNPJ	Nome	Tipo de apoio	contatos
00889834/0001-08	CAPES	Bolsa	prosup@capes.gov.br (061) 2022-6250
30495394/0001-67	FAPERJ	bolsa	central.atendimento@fapej.br (21) 2333-200

2.7. Cronograma

Quadro 2: Cronograma de execução.

Identificação da etapa	Início (mm/aa)	Término (mm/aa)
Início do curso e elaboração do projeto	12/2020	02/2022
Submissão do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa	08/2022	08/2022
Treinamento dos métodos	05/2022	06/2022
Estudo-piloto	06/2022	07/2022
Coleta e tabulação de dados	01/2023	02/2023
Análise dos dados	01/2023	04/2023
Elaboração do manuscrito(s)	01/2023	06/2023
Redação final do trabalho de conclusão	06/2023	06/2023
Exame de defesa	11/2023	11/2023
Alterações orientadas pela banca examinadora	11/2023	12/2023
Submissão do manuscrito(s)	12/2023	12/2023
Entrega da versão final do trabalho de conclusão	12/2023	12/2023

3. Referências

- Abreu, R., Lopes, A. A., Sousa, A. S. P., Pereira, S., & Castro, M. P. (2015). Force irradiation effects during upper limb diagonal exercises on contralateral muscle activation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 25(2), 292-297. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.12.004>.
- Adler, S. S., Beckers, D., & Buck, M. (2008). *PNF in practice: an illustrated guide*. Edinburgh, Scotland: Churchill Livingstone.
- Alexandre de Assis, I. S., Luvizutto, G. J., Bruno, A. C. M., & Sande de Souza, L. A. P. (2020). The Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Concept in Parkinson Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Chiropractic Medicine*, 19(3), 181. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2020.07.003>.
- Armatas, C. A., & Summers, J. J. (1994). Mirror movements in normal adult subjects. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16(3), 405-413.
- Armatas, C. A., & Summers, J. J. (2001). The influence of task characteristics on the intermanual asymmetry of motor overflow. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 23(4), 557-567. <https://doi.org/10.1076/JCEN.23.4.557.1226>
- Barbero, M., Merletti, R., & Rainoldi, A. (2012). *Atlas of Muscle Innervation Zones*. In *Atlas of Muscle Innervation Zones*. Springer Milan. <https://doi.org/10.1007/978-88-470-2463-2>.
- Batista, K. T., & Araújo, H. J. de. (2013). Reabilitação na paralisia parcial do plexo braquial. *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica*, 28(1), 175-179. <https://doi.org/10.1590/S1983-51752013000100030>.
- Bijos P., Guedes F (2010). *Plexo Braquial*. Rio De Janeiro: Dilivros.
- Bodwell, J. A., Mahurin, R. K., Waddle, S., Price, R., & Cramer, S. C. (2003). Age and features of movement influence motor overflow. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(12), 1735-1739. <https://doi.org/10.1046/J.1532-5415.2003.51557.X>.
- Bonham, C., & Greaves, I. (2017). Brachial plexus injuries: <https://doi.org/10.1177/1460408611405298>, 13(4), 353-363. <https://doi.org/10.1177/1460408611405298>.
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2(2), 92-98. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5523831>.

- Carlson, M., & Hadlock, T. (2007). Physical Therapist Management Following Rotator Cuff Repair for a Patient With Postpolio Syndrome. *Physical Therapy*, 87(2), 179–192. <https://doi.org/10.2522/PTJ.20050200>.
- Carvalho, R., Azevedo, E., Marques, P., Dias, N., & Cerqueira, J. J. (2018). Physiotherapy based on problem-solving in upper limb function and neuroplasticity in chronic stroke patients: A case series. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 24(3), 552–560. <https://doi.org/10.1111/JEP.12921>.
- Chagas, A. C. de S., Wanderley, D., Barboza, P. J. M., Martins, J. V. P., de Moraes, A. A., de Souza, F. H. M., & de Oliveira, D. A. (2021). Proprioceptive neuromuscular facilitation compared to conventional physiotherapy for adults with traumatic upper brachial plexus injury: A protocol for a randomized clinical trial. *Physiotherapy Research International*, 26(1). <https://doi.org/10.1002/pri.1873>.
- Chen, M. J., Fan, X., & Moe, S. T. (2002). Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 20(11), 873–899. <https://doi.org/10.1080/026404102320761787>.
- Choi, Y. K., Nam, C. W., Lee, J. H., & Park, Y. H. (2013). The Effects of Taping Prior to PNF Treatment on Lower Extremity Proprioception of Hemiplegic Patients. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(9), 1119–1122. <https://doi.org/10.1589/JPTS.25.1119>.
- Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., Pratt, M., Ekelund, U., Yngve, A., Sallis, J. F., & Oja, P. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(8), 1381–1395. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB>.
- Cunha, A. da S., Junior, J. H. A. de F., Junior, J. E. G. L., & Figueiredo, A. D. J. de. (2013). Intervenção Fisioterapêutica na Lesão do Plexo Braquial Através do FES e Cinesioterapia: Estudo de Caso. <http://www.periodicos.ufc.br/fisioterapiaesaudefuncional/article/view/20559>.
- de Oliveira, L. A. S., Pedron, C. A., de Andrade, F. G., Ramos Horsczaruk, C. H., & Pereira Martins, J. V. (2019). Motor recovery after bilateral brachial plexus injury using motor irradiation: A case report. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 26(4), 1–12. <https://doi.org/10.12968/ijtr.2017.0170>.

- Erdfelder, E., FAul, F., Buchner, A., & Lang, A. G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149–1160. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149>.
- Faglioni, W., Siqueira, M. G., Martins, R. S., Heise, C. O., & Foroni, L. (2014). The epidemiology of adult traumatic brachial plexus lesions in a large metropolis. *Acta Neurochirurgica*, 156(5), 1025–1028. <https://doi.org/10.1007/S00701-013-1948-X>.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>.
- Gama, Z. A. D. S., Medeiros, C. A. D. S., Dantas, A. V. R., & de Souza, T. O. (2007). Influência da frequência de alongamento utilizando facilitação neuromuscular proprioceptiva na flexibilidade dos músculos isquiotibiais. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 13(1), 33–38. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922007000100008>.
- Gazzoni, M., Botter, A., & Vieira, T. M. (2017). Surface EMG and muscle fatigue: multi-channel approaches to the study of myoelectric manifestations of muscle fatigue. *Physiological Measurement*, 38(5), R27–R60. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/AA60B9>.
- Hallal, P. C., & Victora, C. G. (2004). Reliability and validity of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(3), 556. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000117161.66394.07>.
- Hoy, K. E., Fitzgerald, P. B., Bradshaw, J. L., Armatas, C. A., & Georgiou-Karistianis, N. (2004). Investigating the cortical origins of motor overflow. *Brain Research. Brain Research Reviews*, 46(3), 315–327. <https://doi.org/10.1016/J.BRAINRESREV.2004.07.013>.
- Hyttiäinen, K., Salminen, J., Suvitie, T., Wickström, G., & Pentti, J. (1991). Reproducibility of nine tests to measure spinal mobility and trunk muscle strength. *Undefined*.
- Jaquet, J. B., Luijsterburg, A. J. M., Kalmijn, S., Kuypers, P. D. L., Hofman, A., & Hovius, S. E. R. (2001). Median, ulnar, and combined median-ulnar nerve injuries: functional outcome and return to productivity. *The Journal of Trauma*, 51(4), 687–692. <https://doi.org/10.1097/00005373-200110000-00011>.

- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, et al. (2009) The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *J Clin Epidemiol* 62, e1–e34.
- Liederman, J., & Foley, L. M. (1987). A modified finger lift test reveals an asymmetry of motor overflow in adults. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 9(5), 498–510. <https://doi.org/10.1080/01688638708410765>.
- Marcolino, A. M., Barbosa, R. I., Fonseca, M. de C. R., Mazzer, N., & Elui, V. M. C. (2008). Reabilitação fisioterapêutica na lesão do plexo braquial: relato de caso. *Fisioter. Mov*, 21(2), 53–60.
- Matsudo, S., Araújo, T., Matsudo, V., Andrade, D., Andrade, E., Oliveira, L. C., & Braggion, G. (2001). Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ): Estudo de Validade e Reprodutibilidade no Brasil. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, 6(2), 5–18. <https://doi.org/10.12820/RBAFS.V.6N2P5-18>.
- Meningroni, P. C., Nakada, C. S., Hata, L., Fuzaro, A. C., Marques Júnior, W., & Araujo, J. E. (2009). Contralateral force irradiation for the activation of tibialis anterior muscle in carriers of Charcot-Marie-Tooth disease: effect of PNF intervention program. *Rev Bras Fisioter*, 13(5), 438–481.
- Merletti, R., & Muceli, S. (2019). Tutorial. Surface EMG detection in space and time: Best practices. *Journal of Electromyography and Kinesiology : Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 49. <https://doi.org/10.1016/J.JELEKIN.2019.102363>.
- Merletti, R., & Farina, A. (2009). Analysis of intramuscular electromyogram signals. *Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, 367(1887), 357–368. <https://doi.org/10.1098/RSTA.2008.0235>.
- Merletti, R., Rainoldi, A., & Farina, D. (2001). Surface Electromyography for Noninvasive Characterization of Muscle. In *Exerc. Sport Sci. Rev* (Vol. 29, Issue 1). www.acsm-essr.org.
- Mills, V. M., & Quintana, L. (1985). Electromyography results of exercise overflow in hemiplegic patients. *Physical Therapy*, 65(7), 1041–1045. <https://doi.org/10.1093/ptj/65.7.1041>.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al. (2009) Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ* 339, b2535.
- Monga P, Sahni R, & Saini H. (2017). Evaluation of irradiation by scapular pnf patterns on forearm muscles using surface electromyography in healthy females. In

- International Journal of Innovative Research and Review (Vol. 5, Issue 2).
<http://www.cibtech.org/jirr.htm>.
- Navarro, X., Vivó, M., & Valero-Cabré, A. (2007). Neural plasticity after peripheral nerve injury and regeneration. *Progress in Neurobiology*, 82(4), 163–201.
<https://doi.org/10.1016/J.PNEUROBIO.2007.06.005>.
- Németh, E., Landorhegyi, Z., & Steinhausz, V. (2008). PNF induced irradiation on the contralateral lower extremity with EMG measuring.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. In *Neuropsychologia* (Vol. 9). Pergamon Press.
- Olivo, S. A., & Magee, D. J. (2006). Electromyographic assessment of the activity of the masticatory using the agonist contract-antagonist relax technique (AC) and contract-relax technique (CR). *Manual Therapy*, 11(2), 136–145.
<https://doi.org/10.1016/J.MATH.2005.06.015>.
- Pardini, R., Matsudo, S., Araújo, T., Matsudo, V., Andrade, E., Braggion, G., Andrade, D., Oliveira, L., Figueira, A., & Raso, V. (2001). Validação do questionário internacional de nível de atividade física (IPAQ-versão 6): estudo piloto em adultos jovens brasileiros Validation of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ version 6): pilot study in Brazilian young adults. *Rev. Bras. Ciên. e Mov.*, 9(3), 45–51.
- Pink, M. (1981). Contralateral Effects of Upper Extremity Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Patterns. *Physical Therapy*, 61(8), 1158–1162.
<https://doi.org/10.1093/ptj/61.8.1158>.
- Rainoldi, A., Nazzaro, M., Merletti, R., Farina, D., Caruso, I., & Gaudenti, S. (2000). Geometrical factors in surface EMG of the vastus medialis and lateralis muscles. *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 10(5), 327–336.
[https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00024-9](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00024-9).
- Rees, S. S., Murphy, A. J., Watsford, M. L., McLachlan, K. A., & Coutts, A. J. (2007). Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on stiffness and force-producing characteristics of the ankle in active women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 572–577. <https://doi.org/10.1519/R-20175.1>.
- Reznik, J. E., Biros, E., & Bartur, G. (2015). An electromyographic investigation of the pattern of overflow facilitated by manual resistive proprioceptive neuromuscular

- facilitation in young healthy individuals: A preliminary study. *Physiotherapy Theory and Practice*, 31(8), 582–586. <https://doi.org/10.3109/09593985.2015.1061627>.
- Røe, C., Brox, J. I., Saugen, E., & Vøllestad, N. K. (2000). Muscle activation in the contralateral passive shoulder during isometric shoulder abduction in patients with unilateral shoulder pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 10(2), 69–77. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(99\)00024-3](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(99)00024-3).
- Sandel, M. E. (2013). Dr. Herman Kabat: Neuroscience In Translation. From Bench To Bedside. *Pm&R*, 5(6), 453-461. Sherrington C. The Integrative Action Of The Nervous System. Cambridge University Press, Cambridge 1947.
- Silva, J. L. B. da, Silva, P. G. da, & Gazzalle, A. (2010). Lesões do plexo braquial. *Rev. AMRIGS*, 344–349. http://www.amrigs.org.br/revista/54-03/019-540_lesoes_do_plexo.pdf.
- Sinha, S., Khani, M., Mansoori, N., & Midha, R. (2016). Adult brachial plexus injuries: Surgical strategies and approaches. *Neurology India*, 64(2), 289–296. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.177597>.
- Souza, L., Lemos, T., Silva, D. C., de Oliveira, J. M., Corrêa, J. F. G., Tavares, P. L., Oliveira, L. A., Rodrigues, E. C., & Vargas, C. D. (2016). Balance impairments after brachial plexus injury as assessed through clinical and posturographic evaluation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9(JAN2016), 715. <https://doi.org/10.3389/FNHUM.2015.00715/BIBTEX>.
- Urbanek, H., & van der Smagt, P. (2016). iEMG: Imaging electromyography. *Journal of Electromyography and Kinesiology : Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 27, 1–9. <https://doi.org/10.1016/J.JELEKIN.2016.01.001>.
- Vieira, T. M., & Botter, A. (2021). The Accurate Assessment of Muscle Excitation Requires the Detection of Multiple Surface Electromyograms. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 49(1), 23–34. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000240>
- Vigotsky, A. D., Halperin, I., Lehman, G. J., Trajano, G. S., & Vieira, T. M. (2018). Interpreting Signal Amplitudes in Surface Electromyography Studies in Sport and Rehabilitation Sciences. *Frontiers in Physiology*, 8(JAN). <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2017.00985>.
- von Elm, E., Altman, D. G., Egger, M., Pocock, S. J., Gøtzsche, P. C., & Vandenbroucke, J. P. (2014). The strengthening the reporting of observational

- studies in epidemiology (STROBE) statement: Guidelines for reporting observational studies. *International Journal of Surgery*, 12(12), 1495–1499. <https://doi.org/10.1016/j.ijisu.2014.07.013>.
- Voss, D. E., Ionta, M. K., Myers, B. J., & Knott, Margaret. (1985). Proprioceptive neuromuscular facilitation: patterns and techniques. 370.
- Westwater-Wood, S., Adams, N., & Kerry, R. (2010). The use of proprioceptive neuromuscular facilitation in physiotherapy practice. In *Physical Therapy Reviews* (Vol. 15, Issue 1, pp. 23–28). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1179/174328810X12647087218677>.
- Zhou, S. (2000). Chronic neural adaptations to unilateral exercise: mechanisms of cross education. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 28(4), 177–184. <https://europepmc.org/article/med/11064852>.

APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

PERFIL ELETROMIOGRÁFICO DE MÚSCULOS DO MEMBRO SUPERIOR DURANTE DIFERENTES MANOBRAS DE IRRADIAÇÃO MOTORA DA FNP: UM ESTUDO TRANSVERSAL

Elaborado a partir da Res. nº466 de 10/12/2012 do Conselho Nacional de Saúde

O (a) Sr (a) está sendo convidado (a) a participar desta pesquisa que tem por objetivo avaliar a ativação muscular dos músculos do braço durante a aplicação de três técnicas do conceito de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP). Essas técnicas são manobras em que o instrutor resiste (trava) um movimento no intuito de fazer com que o participante aumente a força no braço para ajudar no movimento que está sendo resistido. Para isso será analisado o perfil de ativação dos músculos do braço (deltoide, bíceps, tríceps, flexor radial do carpo) de indivíduos saudáveis da UFRJ e diagnosticados com lesão de plexo braquial (LPB) do Instituto de Neurologia Deolindo Couto - UFRJ. Os participantes serão recrutados durante o momento em que estiverem presentes na UFRJ ou INDC.

Procedimentos: Será realizada uma intervenção de análise da ativação do musculo (perfil eletromiográfico), ou seja, sensores sem fio fixados com uma fita adesiva no braço, vão captar a forma como os músculos se ativam durante algumas técnicas de fisioterapia baseadas no conceito FNP. Este conceito emprega uma variedade de princípios e procedimentos que auxiliam ao terapeuta na obtenção da melhora da parte física do corpo. Um dos procedimentos é a irradiação motora, em que um membro (braço ou perna opostos) é estimulado a fazer força contra o fisioterapeuta, causando contração muscular da do braço em que serão fixados os sensores, ativando músculos potencialmente fracos ao estimular os fortes. Caso o(a) senhor(a) deseje participar, iremos realizar uma avaliação utilizando alguns questionários simples para identificação da sua característica social e demográfica (idade, altura, peso, sexo, endereço, data de nascimento escolaridade), de saúde (medicamentos em uso, doenças anteriores, sinais e sintomas que esteja apresentando no momento), identificação do lado que apresenta maior preferência para realizar atividades (questões relacionadas a sua mão ou perna dominante) estado mental (por meio de perguntas relacionadas a memória). Após os

questionários, será feita a limpeza do braço. Para a limpeza, será feita a depilação da área com um barbeador, limpeza com sabão neutro e esponja. Estes procedimentos são necessários para retirar substâncias que possam alterar a análise da força dos músculos (cremes, hidratantes e até mesmo a oleosidade da pele). Com a limpeza realizada, serão posicionados os sensores que vão captar os sinais. Estes sensores não irão causar feridas ou perfurações no seu braço. Ao todo serão posicionados 4(quatro) sensores no seu braço. Caso sinta desconforto ou medo em relação ao aparelho sinta-se à vontade para desistir do procedimento. Com os sensores fixos a pele, o(a) senhor(a) será solicitado(a) a sentar em uma cadeira e deverá realizar o máximo de força possível tentando vencer a resistência do fisioterapeuta. Serão realizadas 3 repetições para cada músculo do braço que se quer avaliar, totalizando 15 repetições de contração máxima por 5 segundos e intervalos de descanso entre elas. Ao final desta etapa será dado um intervalo de 5 minutos de descanso. Em seguida serão aplicados quatro exercícios baseados no conceito de FNP. Para os 4 exercícios será utilizado somente a força e o corpo do fisioterapeuta.

Potenciais riscos e benefícios: Embora sejam tomados todos os cuidados durante a realização da pesquisa, podem ocorrer episódios como cansaço, dificuldade para respirar, dificuldade de realizar, ansiedade, nervosismo. Caso algum dos sintomas ocorra, dispomos de profissionais habilitados para intervir nestas situações.

A pesquisa trará benefícios a pesquisa no intuito de esclarecer aos profissionais da área da saúde a eficácia de algumas manobras da FNP sobre a ativação muscular dos músculos do membro superior e melhorar as abordagens fisioterapêuticas nos tratamentos de indivíduos com desordens neuromusculoesqueléticas, compreender se a diminuição do efeito de irradiação está relacionada com a força abdominal. Os pacientes se beneficiarão com técnicas mais precisas para o tratamento de alguma alteração neuromusculoesquelética que venha a acometê-los.

Garantia de sigilo, privacidade, anonimato e acesso: Sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa de qualquer forma lhe identificar, serão mantidos em sigilo. Será garantido o anonimato e privacidade. Caso haja interesse, o senhor (a) terá acesso aos resultados.

Garantia de esclarecimento: É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como a garantia do seu livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências.

Garantia de responsabilidade e divulgação: Os resultados dos exames e dos dados da pesquisa serão de responsabilidade do pesquisador, e esses resultados serão divulgados em meio científico sem citar qualquer forma que possa identificar o seu nome.

Garantia de ressarcimento de despesas: Você não terá despesas pessoais em qualquer fase do estudo, nem compensação financeira relacionada à sua participação, pois a coleta será realizada no momento em que o participante chegar no local por questões próprias (estudo, consulta etc.). Este estudo, não apresenta risco a saúde do participante. Contudo, em caso de dano pessoal diretamente causado pelos procedimentos propostos neste estudo, terá direito a tratamento médico por meio de instituição pública, bem como às indenizações legalmente estabelecidas. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente da sua participação no estudo, você será devidamente indenizado, conforme determina a lei.

Responsabilidade do pesquisador e da instituição: O pesquisador e as instituições: Instituto de Neurologia Deolindo Couto (Serviço de Fisioterapia, Laboratório de Neurociência e Reabilitação) e o Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta se responsabilizarão por qualquer dano pessoal ou moral referente à integridade física e ética que a pesquisa possa comportar.

Crítérios para suspender ou encerrar a pesquisa: O estudo será suspenso na ocorrência de qualquer falha, metodológica ou técnica, observada pelo pesquisador, cabendo ao mesmo a responsabilidade de informar a todos os participantes o motivo da suspensão. O estudo também será suspenso caso **o participante assim deseje, ou em situações em que o mesmo apresente algum fator clínico causado pela pesquisa, como alergia, irritação, alteração emocional que impeça realizar o estudo (medo, ansiedade, por exemplo) dor, queimação e perda de força.** Quando atingir a coleta de dados necessária a pesquisa será encerrada.

Demonstrativo de infraestrutura: A instituição onde será feito o estudo possui a infraestrutura necessária para o desenvolvimento da pesquisa com ambiente adequado.

Propriedade das informações geradas: Não há cláusula restritiva para a divulgação dos resultados da pesquisa, e que os dados coletados serão utilizados

única e exclusivamente para comprovação do experimento. Os resultados serão submetidos à publicação, sendo favoráveis ou não às hipóteses do estudo.

Sobre a recusa em participar: Caso queira, o senhor (a) poderá se recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar-se, não sofrendo qualquer prejuízo à assistência que recebe.

Contato do pesquisador responsável e do comitê de ética: Ao início da pesquisa será assinada duas vias deste TCLE sendo uma entregue a você. Em qualquer etapa do estudo você poderá ter acesso ao profissional responsável, Carlos Henrique Ramos Horsczaruk (doutorando), que pode ser encontrado no telefone (21) 97616-7904 ou Thiago Lemos de Carvalho (orientador), que pode ser encontrada no telefone (21)97119-9907. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa.

Se este termo for suficientemente claro para lhe passar todas as informações sobre o estudo e se o senhor (a) compreender os propósitos do mesmo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Você poderá declarar seu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente das propostas do estudo.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de _____.

Assinatura do participante

Assinatura do pesquisador responsável

APÊNDICE 2 – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DO USO DE IMAGEM

Eu, _____, nacionalidade _____, menor de idade, neste ato devidamente representado por seu (sua) (responsável legal), _____, nacionalidade _____, estado civil _____, portador da Cédula de identidade RG nº _____, inscrito no CPF/MF sob nº _____, residente à Av/Rua _____, nº. _____, município do Rio de Janeiro _____/Rio de Janeiro, AUTORIZO o uso de minha imagem em todo e qualquer material entre fotos, vídeos e documentos, para ser utilizada em material didático e científico decorrente do projeto **PERFIL ELETROMIOGRÁFICO DE MÚSCULOS DO MEMBRO SUPERIOR DURANTE DIFERENTES MANOBRAS DE IRRADIAÇÃO MOTORA DA FNP: UM ESTUDO TRANSVERSAL**. A presente autorização é concedida a título gratuito, abrangendo o uso da imagem acima mencionada em todo território nacional e no exterior, das seguintes formas: folder de apresentação; artigos científicos em revistas e jornais especializados; aulas em cursos de capacitação; cartazes informativos; palestras em encontros científicos; banners de congressos; mídia eletrônica (painéis, vídeos, televisão, cinema, programa para rádio, entre outros), desde que estejam relacionados com a divulgação do projeto e dos achados da pesquisa. Por esta ser a expressão da minha vontade declaro que autorizo o uso acima descrito sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos conexos à minha imagem ou a qualquer outro, e assino a presente autorização em 2 vias de igual teor e forma. **Declaro que entendi os objetivos e benefícios do uso das imagens da pesquisa e autorizo o uso nas formas acima descritas, para divulgação do projeto e dos achados da pesquisa.**

_____ Data: ____/____/____

Assinatura do participante

_____ Data: ____/____/____

Carlos Henrique Ramos Horsczaruk

APÊNDICE 3 – TERMO DE ANUÊNCIA – Laboratório de Neurociência e Reabilitação do Instituto de neurologia Deolindo Couto

Termo de Anuência

O Laboratório de Neurociência e Reabilitação do Instituto de Neurologia Deolindo Couto, aqui representado por seu responsável, declara estar de acordo com a execução do projeto intitulado: **“PERFIL ELETROMIOGRÁFICO DE MÚSCULOS DO MEMBRO SUPERIOR DURANTE DIFERENTES MANOBRAS DE IRRADIAÇÃO MOTORA DA FNP: UM ESTUDO TRANSVERSAL”**, coordenado pelos pesquisadores Thiago Lemos e Laura Oliveira do Programa de Pós graduação em ciências da reabilitação da UNISUAM. Tal instituição assume o compromisso de apoiar o desenvolvimento da referida pesquisa durante a realização da mesma.

Declaramos conhecer e cumprir as Resoluções éticas Brasileiras, em especial a Resolução 466/2012 do CNS. Esta instituição está ciente de suas responsabilidades e de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos indivíduos de pesquisa nela recrutados, dispondo de infraestrutura necessária para a garantia de tal segurança e bem-estar.

Data 08 / 12 / 2022.

Claudia D. Vargas

Assinatura responsável

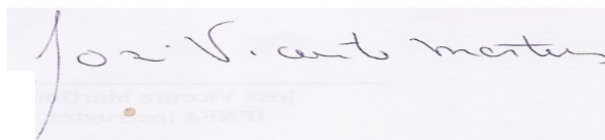
APÊNDICE 4 – TERMO DE ANUÊNCIA – Setor de fisioterapia do Instituto de neurologia Deolindo Couto – UFRJ

Termo de Anuência

O **setor de Fisioterapia do Instituto de Neurologia Deolindo Couto**, aqui representado por seu responsável, declara estar de acordo com a execução do projeto intitulado: **“PERFIL ELETROMIOGRÁFICO DE MÚSCULOS DO MEMBRO SUPERIOR DURANTE DIFERENTES MANOBRAS DE IRRADIAÇÃO MOTORA DA FNP: UM ESTUDO TRANSVERSAL”**, coordenado pelos pesquisadores Thiago Lemos e Laura Oliveira do Programa de Pós graduação em ciências da reabilitação da UNISUAM. Tal instituição assume o compromisso de apoiar o desenvolvimento da referida pesquisa durante a realização da mesma.

Declaramos conhecer e cumprir as Resoluções éticas Brasileiras, em especial a Resolução 466/2012 do CNS. Esta instituição está ciente de suas responsabilidades e de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos indivíduos de pesquisa nela recrutados, dispondo de infraestrutura necessária para a garantia de tal segurança e bem-estar.

Data:12/12/2022.



Joze V. Ant. Martins

—

APÊNDICE 4 – TERMO DE ANUÊNCIA – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta



Sociedade Unificada de Ensino Augusto Motta
Centro Universitário Augusto Motta

Termo de Anuência

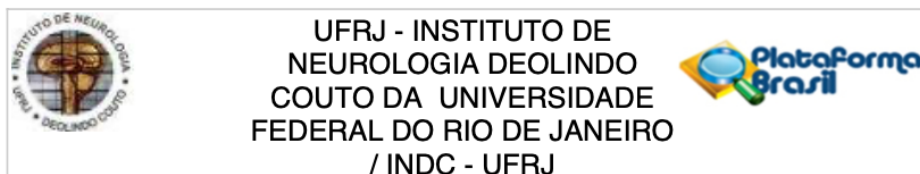
O Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta, aqui representado por seu responsável, declara estar de acordo com a execução do projeto intitulado: “PERFIL ELETROMIOGRÁFICO DE MÚSCULOS DO MEMBRO SUPERIOR DURANTE DIFERENTES MANOBRAS DE IRRADIAÇÃO MOTORA DA FNP: UM ESTUDO TRANSVERSAL”, coordenado pelos pesquisadores Thiago Lemos e Laura Oliveira do Programa de Pós graduação em ciências da reabilitação da UNISUAM. Tal instituição assume o compromisso de apoiar o desenvolvimento da referida pesquisa durante a realização da mesma.

Declaramos conhecer e cumprir as Resoluções éticas Brasileiras, em especial a Resolução 466/2012 do CNS. Esta instituição está ciente de suas corresponsabilidades e de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos indivíduos de pesquisa nela recrutados, dispondo de infraestrutura necessária para a garantia de tal segurança e bem-estar.

Data 07 / 12 / 2022.

Arthur de Sá Ferreira, DSc

Coordenador, Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação

APÊNDICE 5 – PARECER CONSUBSTANCIADO**COMPROVANTE DE ENVIO DO PROJETO****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: PERFIL ELETROMIOGRÁFICO DE MÚSCULOS DO MEMBRO SUPERIOR DURANTE DIFERENTES MANOBRAS DE IRRADIAÇÃO MOTORA DA FNP: UM ESTUDO TRANSVERSAL

Pesquisador: Carlos Henrique Ramos Horsczaruk

Versão: 2

CAAE: 64458522.2.0000.5261

Instituição Proponente: Instituto de Neurologia Deolindo Couto - INDC/UFRJ

DADOS DO COMPROVANTE

Número do Comprovante: 119607/2022

Patrocinador Principal: FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP
FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP
FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP
FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP
FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP
FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP
FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP
FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP
FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP
FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP

Informamos que o projeto PERFIL ELETROMIOGRÁFICO DE MÚSCULOS DO MEMBRO SUPERIOR DURANTE DIFERENTES MANOBRAS DE IRRADIAÇÃO MOTORA DA FNP: UM ESTUDO TRANSVERSAL que tem como pesquisador responsável Carlos Henrique Ramos Horsczaruk, foi recebido para análise ética no CEP UFRJ - Instituto de Neurologia Deolindo Couto da Universidade Federal do Rio de Janeiro / INDC - UFRJ em 24/10/2022 às 09:44.

Endereço: Av. Venceslau Brás 95

Bairro: Botafogo

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)3938-5638

CEP: 22.290-140

E-mail: cep@indc.ufrj.br

ANEXO 1 – FICHA DE ANAMNESE

FICHA DE ANAMNESE		
AVALIADOR:		DATA DA AVALIAÇÃO:
BLOCO:		CÓDIGO DO SUJEITO:
NOME COMPLETO:		
DATA DE NASCIMENTO:	SEXO: () MASCULINO () FEMININO	ESTADO CIVIL:
NACIONALIDADE:	NATURALIDADE:	UF:
ENDEREÇO:		
ESCOLARIDADE:		TELEFONE:
EMAIL:		
COR:	PESO:	ALTURA:
MEDICAMENTOS EM USO:		
DIAGNÓSTICO DE ALGUMA ALTERAÇÃO (ortopédica, neurológica, cardíaca, respiratória etc.):		
TEVE COVID: () SIM () NÃO		DOSES DA VACINA CONTRA COVID:
ALGUMA SEQUELA CAUSADA PELO COVID?		
VACINA DA INFLUENZA:		
COMORBIDADES: () HAS, () DM, () AVC, () CA, () ICC, () IAM, () TVP, () DAC, () ANGINA INST () DÉFICIT VISUAL () VERTIGEM () DORES () FRAQUEZA () CANSAÇO () ALGUM METAL NO CORPO, onde: _____ Outros:		
REALIZA ALGUMA ATIVIDADE FÍSICA? () SIM () NÃO SE SIM, QUAL (QUAIS)?		
LADO NÃO DOMINANTE SEGUNDO O Q. DE EDIMBURG () ESQ, () DIR.		
MÃO QUE ESCRIVE: () DIR-destro () ESQ-canhoto		

DISTÂNCIA:

BÍCEPS (acrômio – linha do cotovelo): _____ 60 % da distância:

TRÍCEPS (acrômio – epicôndilo medial): _____ 60% da distância:

BRAQUIORRADIAL (processo estiloide – epicôndilo lateral):

_____ 30% da distância: _____

FLEXOR RADIAL (epicôndilo med–proces estiloide do rádio): _____ 40% da distância: _____

TESTE ABDOMINAL (núm. de abdominais em 1 min): _____

IPAQ – atividade física –

Manobra

Nível de esforço para cada manobra – BORG ADAPTADO – o quanto de esforço você sentiu para cada

FAR 0-10

EAR 0-10

ROT 0-10

PRO 0-10

ANEXO 2 – QUESTIONÁRIO DE AUTOAVALIAÇÃO DA ESCALA DE ESTADO FUNCIONAL PÓS-COVID

Avaliador: _____

Data: ____/____/____

Nome: _____ Cód

sujeito: _____

Questionário de autoaplicação da escala de Estado Funcional Pós-COVID-19

Quanto você é afetado atualmente em sua vida diária pela COVID-19?

Por favor, indique qual das afirmações seguintes mais se aplica a você. Assinale apenas uma opção.

Graduação
correspondente na Escala
PCFS

Eu não tenho limitações em minha vida diária e nem sintomas, dor, depressão ou ansiedade.	☐	0
Eu tenho limitações muito leves em minha vida diária, assim, eu posso fazer todas as tarefas/atividades, embora eu ainda tenha sintomas persistentes, dor, depressão ou ansiedade.	☐	1
Eu sofro com limitações leves em minha vida diária, assim, eu ocasionalmente preciso evitar ou reduzir tarefas/atividades ou necessito distribuí-las ao longo do tempo devido aos sintomas, dor, depressão ou ansiedade. Eu sou, entretanto, capaz de executar todas as atividades sem qualquer assistência.	☐	2
Eu sofro com limitações moderadas em minha vida diária, assim, eu não sou capaz de executar todas as tarefas/atividades devido aos sintomas, dor, depressão ou ansiedade. Eu sou, entretanto, capaz de cuidar de mim mesmo sem qualquer assistência.	☐	3
Eu sofro com limitações graves em minha vida diária: Eu não sou capaz de cuidar de mim mesmo e, portanto, eu sou dependente de cuidados de enfermagem e/ou assistência de uma outra pessoa devido aos sintomas, dor, depressão ou ansiedade.	☐	4

ANEXO 3 – ÍNDICE DE ESFORÇO PERCEBIDO (ESCALA DE BORG)

Percepção subjetiva de Esforço de Borg (modificado)	
0	Nenhum
0,5	Extremamente leve
1	Muito leve
2	Leve
3	Moderado
4	Pouco intenso
5	Intenso
6	
7	Muito intenso
8	
9	Muito muito intenso
10	Máximo

ANEXO 4 – IPAQ – VERSÃO CURTA

- FORMA CURTA -

Nome: _____
 Data: ____/____/____ Idade: ____ Sexo: F () M ()
 Você trabalha de forma remunerada: () Sim () Não
 Quantas horas você trabalha por dia: _____
 Quantos anos completos você estudou: _____
 De forma geral sua saúde está:
 () Excelente () Muito boa () Boa () Regular () Ruim

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação à pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física em uma semana **NORMAL, USUAL** ou **HABITUAL**. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são **MUITO** importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar **MUITO** mais forte que o normal
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar **UM POUCO** mais forte que o normal

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez:

1a. Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividades **VIGOROSAS** por **pelo menos 10 minutos contínuos**, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que faça você suar **BASTANTE** ou aumentem **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

1b. Nos dias em que você faz essas atividades vigorosas por **pelo menos 10 minutos contínuos**, quanto tempo no total você gasta fazendo essas atividades **por dia**?

horas: ____ Minutos: ____

2a. Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividades **MODERADAS** por **pelo menos 10 minutos contínuos**, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que faça você suar leve ou aumentem **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**)

dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

2b. Nos dias em que você faz essas atividades moderadas por **pelo menos 10 minutos contínuos** quanto tempo no total você gasta fazendo essas atividades **por dia**?

horas: ____ Minutos: ____

3a. Em quantos dias de uma semana normal você caminha por **pelo menos 10 minutos contínuos** em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

3b. Nos dias em que você caminha por **pelo menos 10 minutos contínuos** quanto tempo no total você gasta caminhando **por dia**?

horas: ____ Minutos: ____

4a. Estas últimas perguntas são em relação ao tempo que você gasta sentado ao todo no trabalho, em casa, na escola ou faculdade e durante o tempo livre. Isto inclui o tempo que você gasta sentado no escritório ou estudando, fazendo lição de casa, visitando amigos, lendo e sentado ou deitado assistindo televisão.

Quanto tempo **por dia** você fica sentado em um dia da semana?

horas: ____ Minutos: ____

4b. Quanto tempo **por dia** você fica sentado no final de semana?

horas: ____ Minutos: ____

ANEXO 5 – QUESTIONÁRIO DE LATERALIDADE DE EDINBURGO

Edinburgh Handedness Inventory
(Versão original: Oldfield, 1971)
(Adaptação portuguesa: Espírito Santo et al., 2017)*

Indique qual das mãos usa preferencialmente na execução das atividades que lhe vão ser apresentadas de seguida.

Para tal, coloque um "+" na coluna que corresponde à **mão que usa preferencialmente** na execução dessas atividades.

Quando **a sua preferência for tão forte** que nunca usa a outra mão, a não ser que seja forçado/a, marque "++".

Se o uso de uma ou de outra **mão for indiferente**, marque "+" nas duas colunas.

Algumas atividades exigem o uso de ambas as mãos. Nesses casos, o objeto para o qual deve considerar o uso preferencial da mão é indicado entre parêntesis.

Por favor responda a todas as questões.

Atividades	Mão	
	Esquerda	Direita
Escrever		
Desenhar		
Atirar/Lançar		
Usar a tesoura		
Segurar a escova de dentes		
Cortar com uma faca		
Usar uma colher		
Varrer (cimo da vassoura)		
Segurar num fósforo para o acender/riscar (fósforo)		
Segurar na tampa para abrir uma caixa (tampa)		

Cotação

Contabilizam-se 2 pontos em "++" e 1 ponto em "+"

Quociente de lateralidade: $QL = (D - E / D + E) \times 100$

***Referência Provisória:** Espírito-Santo, H., Pires, A. C., Queiroz Garcia, I., Daniel, F., Silva, A., & Fazio, R. (2017). Preliminary validation of the Portuguese Edinburgh Handedness Inventory in an adult sample. *Applied Neuropsychology: Adult*, XX(X), XX-XX. doi: XXX

PARTE II – PRODUÇÃO INTELLECTUAL

A contextualização do estudo foi organizada em tópicos abordando participações em eventos, e a apresentação dos manuscritos sendo apresentada a seguir.

1. Participação em eventos acadêmicos

No período de 2020 a 2023, participei de eventos de divulgação científica, com o intuito de apresentar o projeto e os resultados obtidos no seu desenvolvimento, promovendo a discussão destes com a comunidade de pesquisadores e de profissionais da saúde. As apresentações são relatadas a seguir:

2021 – **XVIII SEMANA DE PESQUISA, EXTENSÃO, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO DA UNISUAM**: A utilização da fisioterapia na reabilitação de um indivíduo com perda de força devido a miosite viral infantil: um relato de caso.

2021 – **XXIII COBRAF**: Certificado de menção honrosa para o trabalho: efeito de uma sessão de estimulação transcraniana por corrente contínua sobre a iniciação da marcha de indivíduos com Parkinson.

2022 – **XIX SEMANA DE PESQUISA E EXTENSÃO DA UNISUAM**: Eletromiografia de superfície dos músculos do membro superior durante diferentes manobras de irradiação motora do FNP em indivíduos saudáveis: um estudo transversal.

2022 – **MINICURSO SEMANA ACADEMICA UNISUAM**: Avaliação e tratamento para indivíduos com desequilíbrio.

2023 – **SIMPÓSIO DE FISIOTERAPIA NEUROFUNCIONAL**: Análise eletromiográfica dos músculos flexores do punho e cotovelo durante a irradiação motora com padrões de FNP.

2023 – **I CONGRESSO DE SAÚDE UNISUAM**: Análise do perfil eletromiográfico dos músculos flexores do punho e cotovelo durante a irradiação motora com padrões da FNP.

2023- **II NEUROUNISUAM SIMPÓSIO DE FISIOTERAPIA NEUROFUNCIONAL DA UNISUAM**: Análise eletromiográfica dos músculos flexores do punho e cotovelo durante a irradiação motora com padrões de FNP.

2023 – **I FÓRUM DISCENTE ABRAPOG-FT**: Perfil eletromiográfico dos flexores do punho e cotovelo durante a irradiação motora da FNP.

2023 – **VII COBRAFIN:** Efeitos de um programa de exercícios para o equilíbrio com ou sem progressão de dificuldade sobre o desempenho funcional de idosos.

2023 – **VII COBRAFIN:** Efeito de diferentes manobras de irradiação motora da facilitação neuromuscular proprioceptiva na ativação do bíceps braquial: um estudo transversal.

2. Manuscritos para Submissão

NOTA SOBRE MANUSCRITOS PARA SUBMISSÃO Este arquivo contém manuscrito(s) a ser(em) submetido(s) para publicação para revisão por pares interna. O conteúdo possui uma formatação preliminar considerando as instruções para os autores do periódico-alvo. A divulgação do(s) manuscrito(s) neste documento antes da revisão por pares permite a leitura e discussão sobre as descobertas imediatamente. Entretanto, o(s) manuscrito(s) deste documento não foram finalizados pelos autores; podem conter erros; relatar informações que ainda não foram aceitas ou endossadas de qualquer forma pela comunidade científica; e figuras e tabelas poderão ser revisadas antes da publicação do manuscrito em sua forma final. Qualquer menção ao conteúdo deste(s) manuscrito(s) deve considerar essas informações ao discutir os achados deste trabalho.

MANUSCRITO 1

Title: ELECTROMYOGRAPHIC ACTIVATION INDUCED DURING MOTOR IRRADIATION WHEN USING PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION PATTERNS: A SCOPING REVIEW

Authors: Carlos Henrique Ramos Horsczaruk¹, Laura Alice Santos de Oliveira^{1, 2}, Thiago Lemos^{1, 3*}

Affiliation: ¹Graduate Program in Rehabilitation Sciences, Centro Universitário Augusto Motta–UNISUAM, Rio de Janeiro, Brazil; ² Physiotherapy Department, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro–IFRJ, Rio de Janeiro, Brazil; ³Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia–INTO, Rio de Janeiro, Brazil.

ORCID:

Carlos Henrique Ramos Horsczaruk - 000-0002-5804-3180

Laura Alice Santos de Oliveira - 0000-0002-5554-457X

Thiago Lemos Carvalho - 0000-0002-6657-5689

e-mail:

Carlos Henrique Ramos Horsczaruk, carloshenrique@souunisuam.com.br

Laura Alice Santos de Oliveira, laura.oliveira@souunisuam.com.br

Thiago Lemos, prof.thiagolemos@gmail.com

*Correspondence should be sent Prof. Thiago Lemos, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, Rua Dona Isabel 94, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ, Brasil CEP 21032-060. Phone +55 21 3882-9797, extension 2012.

e-mail: prof.thiagolemos@gmail.com (T.L.)

Abstract

Background: The concept of motor irradiation suggests that stimulating muscle groups that are strong can activate weaker muscles, thus facilitating their contraction and mitigating the complications associated with neurological and orthopedic disorders. Despite being widely discussed at PNF instructors' and commonly applied in physiotherapy practice, it is necessary to identify the main studies that have demonstrated the pattern of muscle activation generated by irradiation. **Objective:** this study conducts a scoping review of motor irradiation in adults, with a focus on evaluating muscle recruitment through surface electromyography (EMG). **Design:** Online databases were used to identify papers published 1981-2021, from which we selected 8 publications from Brazil, Iran, Israel, Japan, Portugal and the United States, that used electromyography analysis as a primary or secondary outcome variable in individual of both sexes with or without any disorders. **Results:** Eight original articles were identified which analyzed the EMG activity of the muscles of the upper limb (deltoids and extensor carpi radialis), trunk and lower limb during flexor and extensor movement patterns of the upper and lower limbs. The results revealed inconsistent EMG activation patterns. **Conclusion:** The limited number of studies analyzing the effects of motor irradiation on muscle activation during PNF indicates a crucial gap in knowledge. Few studies have investigated upper limb muscle activity, which is fundamental to rehabilitation in various clinical conditions. Longitudinal studies are essential for a more comprehensive understanding of these dynamics.

Keywords: proprioceptive neuromuscular facilitation; electromyography; rehabilitation; muscle contraction.

INTRODUCTION

Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) was developed in the 1940s and 1950s by Herman Kabat, Margaret Knott, and Dorothy Voss (Knott and Kabat 1953, Knott M, Mead S 1960, Knott M 1966). Initially, the primary focus of PNF was on rehabilitation methods for patients with neuromuscular injuries, motor disorders, and debilitating conditions. Throughout the years, PNF spread around the world and nowadays has been widely used by physiotherapists in the treatment of patients with a large variety of disorders (Winett and Carpinelli, 2001; Zhou 2003; Carroll et al., 2006; Lee and Carroll, 2007). PNF employs techniques, basic principles and procedures to improve motor coordination and muscle function, aiming to develop the individual's maximum potential increasing strength and coordination (Kabat 1950; Smedes and de Silva, 2018).

Among the basic procedures of PNF there are motor irradiation and one of the ways to generate irradiation is through movement patterns (specific sequences of coordinated muscle actions in diagonal). Motor irradiation is based on the idea that stimulating strong muscle groups would produce activation of weak muscles, facilitating their contraction (Pink, 1981; Voss et al., 1985). To achieve this, specific movement patterns associated with some PNF basic principles (resistance, approximation, visual, tactile and auditive stimulation, for example) can be employed. Motor irradiation could be understood as a biomechanical response of the body when placed in unstable positions, aiming to provoke muscle contraction of a segment not involved in the movement pattern to maintain its stability (Smedes et al. 2016).

This kind of intervention is interesting in cases where an indirect approach to the affected limb is necessary, due to lack of strength, such as in peripheral (de Oliveira 2019; Chagas et al 2021) or central injuries (Martins et al., 2017), but also in limb immobilization, pain, burns, fractures, as well as in prevention of impairments related to immobilization (Hazaki, Ichihashi e Morinaga, 1996; Pink, 1981; Sato and Maruyama, 2009; Sullivan and Portney, 1980; Zhou, 2003). Thus, motor Irradiation can be used to increase muscle activity, seeking to enhance strength and reduce complications caused by disuse in conditions affecting muscle strength (Winett and Carpinelli, 2001; Zhou 2003; Carroll et al., 2006; Lee and Carroll, 2007).

Despite being a widely discussed topic in PNF training courses and its frequent application in physiotherapeutic practice, there is a significant gap in the literature regarding the investigation of its therapeutic effect, with few studies dedicated to this

question (Meningroni et al., 2009; Marchese et al., 2021; Nakada et al., 2018; de Oliveira et al., 2019). Even more concerning is the lack of awareness of studies dedicated to evaluating whether the application of irradiation really induces increases in activity of target muscle, as this question precedes all others. Furthermore, the nomenclature and neurophysiological basis is unclear and confusing. For these reasons, a scoping review was conducted to map the research done in this area, as well as to identify any existing gaps in knowledge.

Therefore, the aim of this review is to identify in the literature, through observational and experimental studies, the methodological limitations of muscle recruitment using surface electromyography during the motor irradiation of PNF applied to adult individuals. The surface electromyography (EMG) is a non-invasive technique that records the electrical activity of muscles through electrodes placed on the area of interest (Basmajin and De Luca, 1985; De Luca, 1997; Subbu and Weiler, 2015). The most common target muscles and movement patterns studied were listed, and suggestions to standardizing terms to define motor irradiation will be provided.

METHODS

A scoping review is a method of mapping the state of the art in a field of research. It is carried out to identify key concepts, types of evidence and research gaps (Colquhoun et al., 2014). For the search, the PICO question was initially established as follows: adult individuals of both sexes (population); motor irradiation (intervention); no comparison group or measure (comparison); muscle activation acquired through EMG (outcomes). Experimental or observational studies were selected from the available literature over a period of 42 years.

A bibliographic search was conducted in the PubMed, Scielo, Lilacs, and Google Scholar databases to identify studies relevant to the topic. The search was carried out from January to September 2023, and the search terms used were "motor irradiation", "overflow", "proprioceptive neuromuscular facilitation" and "PNF", "electromyography", "EMG", "electromyography" and "muscle activity".

The inclusion criteria were articles in English, Spanish and Portuguese, which investigated the effects of PNF motor irradiation on muscle activation, using surface EMG as a measure of muscle activation. Any articles that addressed another PNF technique or those that used motor irradiation in treatment sessions were excluded.

The search was divided into the following phases: identification (textual search in databases), selection (reading titles and abstracts using the eligibility criteria for inclusion), eligibility (reading the studies in full and exclusion using the eligibility and inclusion criteria (selection of studies to be presented)). The attributes extracted from the articles were: authors, journal, study design, objectives, sample characteristics and main results. The flowchart for the selection of articles is shown in Figure 1.

---- insert Figure 1 around here ----

RESULTS

In the identification phase, the database search retrieved 401 studies from the following sites: Pubmed (363), Scielo (23), Google Scholar (4), Lilacs (8) and article references (3). Fifty-six duplicates were excluded. In the selection phase, 345 studies were screened. Of these, 322 were excluded for the following reasons: (i) they were not related to the topic (33), (ii) they dealt with another PNF technique (217) and (ii) they did not use EMG as an analysis tool (72). Thus, in the eligibility phase, 20 studies remained for full reading, and 15 articles were excluded because they did not meet the inclusion criteria after a more detailed analysis.

For the last phase, 8 articles were included (Pink, 1981; Hazaki, Ichihashi e Morinaga, 1996; Abreu, 2015; Reznik, Biros e Bartur, 2015; Queiroz 2016; de Oliveira 2018; Lofti, Moghadam & Mohsen 2021 and Marchese 2021)—see Table 1. All of them was written in English language, with exception of one written in Portuguese (Queiroz, 2016). The studies took place in different countries such as Brazil (de Oliveira, 2018; Queiroz, 2016; Marchese, 2021), Portugal (Abreu, 2015), Iran (Lofti, Moghadam & Mohsen, 2021), Israel (Reznik, Biros e Bartur, 2015), Japan (Hazaki, Ichihashi e Morinaga, 1996) and the USA (Pink, 1981). The references, location of the study, study design and sample characteristics were showed in Table 1.

---- insert Table 1 around here ----

Movement patterns

The PNF patterns used in the selected studies, along with their main body segment engaged, are showed in Table 2. Five studies used movement patterns for upper limbs (Pink, 1981; Abreu, 2015; Reznik, Biros e Bartur, 2015; Queiroz, 2016;

Marchese, 2021) and others five used it for lower limbs (Hazaki, Ichihashi e Morinaga, 1996; de Oliveira et al., 2018; Reznik, Biros e Bartur, 2015; Lofti, Moghadam & Mohsen, 2021; Marchese et al., 2021).

For the upper limbs, the movement patterns used were extension, adduction and internal rotation (Pink, 1981; Abreu 2015) and flexion, abduction and external rotation (Pink, 1981; Reznik, Biros e Bartur, 2015; Abreu et al., 2015; Queiroz et al., 2016; Marchese et al., 2021). The movement patterns for the lower limb were the diagonals of extension, abduction and internal rotation (Hazaki, Ichihashi e Morinaga, 1996); flexion, adduction and external rotation (Hazaki, Ichihashi e Morinaga, 1996; de Oliveira 2018; Lofti, Moghadam & Mohsen, 2021); flexion, abduction and internal rotation (Hazaki, Ichihashi e Morinaga, 1996; Reznik, Biros e Bartur, 2015) and extension, adduction and external rotation (Hazaki, Ichihashi e Morinaga, 1996; Lofti, Moghadam & Mohsen, 2021). Two authors used movement patterns with the knee flexed: flexion, adduction and external rotation and flexion, abduction and internal rotation (Marchese et al., 2021). Abreu et al. (2015) was the only author who didn't use a PNF instructor to apply the motor irradiation, using an isokinetic device during the movement pattern. In turn, Lofti, Moghadam & Mohsen (2021) compared the effect of performing different lower limb diagonals with the application of manual resistance versus the application of a load according to age (weight of 1 kg < 20 years; 1.4 kg 20-24 years; 2 kg >24 years). Other movement patterns used were single leg raising (SLR) (Lofti, Moghadam & Mohsen, 2021) and lifting pattern (Marchese, 2021).

---- insert Table 2 around here ----

Target muscles

The main target muscle investigated in the selected studies are showed in Table 3. Four articles evaluated the muscles of the lower limbs (Hazaki, Ichihashi e Morinaga 1996; Reznik, Biros e Bartur, 2015; Lofti, Moghadam & Mohsen 2021; Marchese et al., 2021), three evaluated the muscles of the upper limbs (Abreu et al., 2015; Queiroz et al., 2016; and Marchese et al., 2021) and three analyzed the effect of motor irradiation on the muscles of the trunk (Pink, 1981; Abreu et al., 2015 and de Oliveira, 2018).

The muscles studied in the lower limbs were: biceps femoris (Hazaki, Ichihashi e Morinaga, 1996), gluteus maximus and gluteus medius (Marchese et al., 2021), rectus femoris (Hazaki, Ichihashi e Morinaga, 1996), soleus (Marchese et al., 2021), tibialis

anterior (Reznik, Biros e Bartur, 2015), vastus lateralis (Hazaki, Ichihashi e Morinaga, 1996, Lofti, Moghadam & Mohsen, 2021 and Marchese et al., 2021) and vastus medialis oblique (Hazaki, Ichihashi e Morinaga, 1996, Lofti, Moghadam & Mohsen, 2021 and Marchese et al., 2021).

For the upper limbs, the following muscles were analyzed: anterior and posterior deltoid (de Oliveira et al. 2018), middle deltoid (Abreu et al. 2015) and extensor carpi radialis longus and brevis (Queiroz et al. 2016). In the trunk, the following muscles were assessed: pectoralis major (Pink 1981; Abreu, 2015 and de Oliveira et al. 2018), latissimus dorsi and infraspinatus (Pink 1981), upper trapezius (Abreu et al., 2015) and external oblique (de Oliveira et al., 2018) (table 3).

When evaluating the articles, the vastus lateralis, vastus medialis and pectoralis major were the muscles most analyzed during the motor irradiation movement patterns, present in 3 articles, while the other muscles were only analyzed in one article.

---- insert Table 3 around here ----

Main results

The main findings obtained by the selected studies are showed in Table 4. The first study that reported electromyographic activation during motor irradiation was conducted by Pink (1981). This study reported greater electromyographic activation for the contralateral infraspinatus muscle when the flexor movement pattern (flexion, abduction and external rotation of the upper limb) was compared to the extensor pattern (extension, adduction and internal rotation of the upper limb) and for the latissimus dorsi muscle when the extensor pattern was compared to the flexor pattern ($p < 0.05$). For the pectoralis major, similar activation was observed during the application of both patterns of movement (flexor and extensor).

Hazaki, Ichihashi and Morinaga (1996) analyzed the electromyographic activity of the vastus lateralis, vastus medialis, rectus femoris and biceps femoris muscles for flexor and extensor movement patterns of the lower limb. In the flexor patterns (flexion, abduction and external rotation and flexion, adduction and external rotation) the percentage of electromyographic activation was highest for the rectus femoris, followed by the vastus lateralis, vastus medialis and biceps femoris (in decreasing order of activation). In the extensor patterns (extension, abduction and external rotation

and extension, adduction and external rotation) the percentage of electromyographic activation was highest in reverse order (biceps femoris, vastus medialis, vastus lateralis and rectus femoris). The rectus femoris showed significantly higher activation in the flexor patterns when compared to the extensors ($p < 0.05$), while the biceps femoris showed significantly higher activation in the extensor patterns when compared to the flexors ($p < 0.05$).

Abreu et al. (2015) compared the same movements (flexors and extensors) mentioned by Pink 1981. However, they analyzed the electromyographic activation of the medial deltoid, pectoralis major and upper trapezius muscles during the maximum and 25% torques measured using isokinetic equipment. In the study, the contralateral muscles were more activated when the maximum torque was applied compared to the 25% torque ($p < 0.01$). When the maximum torque was applied, the upper trapezius muscle showed greater activation in the upper limb flexor pattern (flexion, abduction and external rotation) when compared to the upper limb extensor pattern (extension, adduction and internal rotation ($p < 0.001$). The pectoralis major was more activated during flexion, abduction and external rotation in both torques ($p < 0.001$). Interactions were found between gender and the intensity of the contraction, with similar values being observed during the 25% torque for men and women and in the maximum torque higher values for men when compared to women.

Reznik, Biros e Bartur Reznik, Biros e Bartur, (2015) used movement patterns of flexion, abduction and external rotation of the upper limbs (right and left), and flexion, abduction and external rotation of the left lower limb to examine motor irradiation of the right tibialis anterior muscle. All 12 individuals analyzed exhibited activation of the tibialis anterior muscle while executing both the upper and lower limb patterns in comparison to baseline ($p < 0.001$).

The flexion pattern of the upper limb (flexion, abduction and external rotation) was applied by Queiroz et al. (2016) to analyze the activation of the extensor carpi radialis longus and brevis in 5 post-stroke and 5 healthy individuals during isometric contraction (manual resistance applied 3 times on each side with the individual seated to determine if the participants were able to actively contract the wrist) and 2 phases of the movement pattern (teaching and learning). In the first phase, the idea was to teach the movement pattern (4 times) with electromyographic signal collection bilaterally. Next, the movement was performed 8 times without electromyographic data collection. Finally, the second phase was conducted (4 times) with electromyographic

signal acquisition. Queiroz et al. (2016) found activation of the extensor carpi longus and brevis with an increase of 7.32% in the hemiparetic group and 18.62% in the control group (healthy individuals) when comparing the two phases ($p>0.05$) (Queiroz et al., 2016). Perhaps the difference was not statistically significant because the sample size was small. However, muscle activation was detected when applying the motor irradiation.

de Oliveira et al. (2018) used the movement pattern of flexion, adduction and external rotation of the lower limb and evaluated the EMG activity of the anterior deltoid, posterior deltoid, pectoralis major and external oblique muscles in 3 groups (healthy individuals, after stroke in the acute phase and in the chronic phase). Each group was analyzed in 4 different positions for 5 seconds (as previously mentioned in the main results): (P1) supine position, with upper limbs at rest, lower limb contralateral to the impairment, positioned with hip and knee flexion (90°), hip external rotation (10°) and adduction; (P2) supine position, upper limbs at rest, with manual resistance on the contralateral lower limb maintaining isometry in the movement pattern; (P3) supine position, affected upper limb positioned in flexion, abduction and external rotation of the shoulder and elbow extension, with manual resistance in the contralateral lower limb maintaining isometry in the movement pattern and (P4) supine position, affected upper limb positioned in flexion, abduction and external rotation of the shoulder with a fixed strap (non-elastic Velcro) to maintain the positioning of the upper limb during the isometric contraction in the movement pattern for the contralateral lower limb (de Oliveira et al. 2018).

The pectoralis major was more active in the control group when compared to P1 and P4 ($p=0.044$) and in the chronic group when compared to P1 and P2 ($p=0.035$). The external oblique showed greater activation between P1 and P4 ($p = 0.032$) for the control group. The effect size (Cohen's d) was applied, indicating that for individuals with acute stroke, the posterior deltoid was more active at P2, while the pectoralis major was more active at P3 and P4 ($d>0.8$). For individuals with chronic stroke there were clinically relevant differences for the anterior deltoid at P2 and for the pectoralis major and external oblique at P4 ($d>0.8$) (de Oliveira et al. 2018).

Lofti, Moghadam and Shati (2021) analyzed the flexor (flexion, adduction and external rotation) and extensor (extension, adduction and external rotation) movement patterns of the lower limb with or without load application. The load was administered according to age (1kg <20 years; 1.4kg 20-22 years; 1.7kg 22-24; 2kg >24 years). In

the study, a significant reduction in the activation of the vastus medialis oblique was observed for the flexor pattern with and without load ($p < 0.05$) for individuals with patellofemoral pain syndrome.

There was also a reduction in the activation of the vastus lateralis for the flexor and extensor components (extension, adduction and external rotation) with and without load ($p < 0.05$). Adding weight to the flexor and extensor components resulted in a significant increase in the activity of both the vastus medialis oblique and the vastus lateralis muscles in both groups (healthy individuals and those with patellofemoral pain syndrome). Additionally, the relationship between the vastus medialis oblique and the vastus lateralis revealed a more intense activation compared to straight leg raising ($p < 0.01$) (Lofti, Moghadam and Shati 2021).

Marchese et al. (2021) applied the movement patterns of flexion, abduction and external rotation of the upper limb; flexion, abduction and internal rotation with knee flexion; flexion, adduction and external rotation with knee flexion and lifting in order to produce activation of the vastus medialis oblique, vastus lateralis, gluteus medius, gluteus maximus and soleus muscles in healthy individuals. Each muscle produced more activation in specific patterns. For the soleus, the flexor pattern of the lower limb (flexion, adduction and external rotation with knee flexion) provoked more activation when compared to the flexor patterns of the upper limb (flexion, abduction and external rotation) ($p < 0.05$).

For the gluteus maximus, the activation was increased by lifting to the right when compared with others movement patterns (lower and upper limb) ($p < 0.001$). Lifting and flexion, adduction and external rotation with knee flexion pattern of flexion produced greater activation in the gluteus medius, when compared flexor pattern of the upper limb ($p < 0.001$). For the extensors knee (vastus medialis and lateralis), lifting and flexion, adduction and external rotation with knee flexion produced more activation when compared to the flexor pattern of the upper limb ($p < 0.05$). In addition, the vastus lateralis showed greater activation when compared in the lifting and lower limb flexor pattern (flexion, adduction and external rotation with knee flexion) when compared to the upper limb flexor pattern (Marchese et al., 2021).

---- insert Table 4 around here ----

DISCUSSION

The purpose of this study was to present, by means of a scoping review, the studies that have evaluated muscle recruitment from EMG during motor irradiation in order to understand whether irradiation can produce activation of the target muscles. In a period of 42 years (1981-2023), only eight eligible articles were published on the subject.

The 8 studies published provide important information on muscle activation when applying movement patterns designed for the motor irradiation of FNP, allowing muscle function to be analyzed for different motor tasks (Pink 1981; Abreu et al. 2015; Oliveira et al. 2018; Hazaki et al. 1996; Lofti et al. 2021; Marchese et al. 2021; Queiroz et al. 2016; Reznik et al. 2015). However, research on motor irradiation has provided scarce information and it is still unclear which movement patterns are best for activating specific muscles.

Another important point is that there is a lot of contradiction about motor irradiation, cross-education and overflow. Various terms are associated with motor irradiation. For example, motor irradiation is a general term used to describe involuntary muscle activation that accompanies voluntary muscle activation (Hoy, Fitzgerald, Bradshaw, Armatas, & Georgiou-Karistianis, 2004). However, motor overflow is considered a phenomenon that can be observed in healthy adults under conditions of exertion and fatigue (Addamo et al. 2007). It can also mean involuntary movements found in individuals with neurological conditions (Cox et al. 2012). Therefore, it may not be an appropriate term to refer to motor irradiation. Another term often used in research related to motor irradiation is cross-education or cross-training.

In cross-training, the untrained muscles on the opposite side to the trained ones (stronger parts) are activated, leading to an increase in muscle strength (Munn et al., 2004). Although similar in promoting muscle activity on the weaker side, cross-training differs from motor irradiation in that it involves the use of weights and lacks specific movement patterns and does not pre-establish the position of the target limb (Carroll et al., 2006; Munn et al., 2004). It is essential to consider the context in which these terms are used to avoid confusion, as there are several words with similar meanings to motor irradiation.

Analyzing the literature described, it was possible to observe that lower limb patterns (extensors or flexors) seem to have a greater capacity to irradiate homologous and contralateral target muscles, while upper limb patterns show less activation of

target muscles. This characteristic may be related to the volume and size of the lower limb muscles. As they are strong muscles, they tend to generate more activation in the target muscles in order to maintain the body's position.

Another observation is that upper limb patterns seem to generate more proximal muscle irradiation than distal muscles, especially when the target muscle is homologous to the movement and this activation tends to be reduced when compared to other patterns (trunk or lower limb). We believe that the muscles of the upper limbs are less recruited because they are smaller in size and volume and suffer less muscle tension than the muscles of the lower limbs.

This study was carried out to investigate the electromyographic profile during motor irradiation involving the use of FNP maneuvers. However, at the end of the research, more questions can be raised: (i) Do upper limb patterns activate proximal muscles more efficiently? (ii) Does the position of the arm in which resistance is applied influence the activation profile of the target muscle? (iii) Does the position of the irradiated limb influence the electromyographic activation profile of the target muscle? Further experimental studies addressing these questions will provide more information on the effects of PNF on neuromuscular activity, serving as a guide for the design of rehabilitation programs using this therapeutic approach.

CONCLUSION

The results of this study indicate that there is a limited amount of information on the muscle activation that occurs during motor irradiation. This review highlighted the movement patterns that generate activation in the area to be recruited and the muscles that are most activated. Considering the limitations perceived, more investigations are needed into the use of the technique, such as: (i) analyzing more movement patterns; (ii) analyzing the ideal torque; (iii) analyzing the ideal position (beginning, middle or end of the pattern) for the limb in which the maneuver will be applied, pointing out the angles of each joint; (iv) analyzing the ideal position of the limb in which the target muscle will be analyzed during irradiation; (v) analyzing whether during irradiation, muscle activation is greater in proximal muscles, distal muscles or whether it happens in all muscles at the same time.

Declarations Acknowledgements: Not applicable.

Ethics approval and consent to participate: Not applicable.

Consent for publication: Not applicable.

Availability of data and material: Not applicable.

Competing interests: Authors state no conflict of interest.

Funding: This study was financed Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) [Finance Code 001; Grant number: 88881.708719/2022-01, grant number: 88887.708718/2022-00, and grant number 88887.466981/2019-00]. Contact: Rehabilitation Science Postgraduation Program, Augusto Motta University Centre, Praça das Nações, 34, Bonsucesso. CEP 21041-010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Phone +55 (21) 3882-9797. This funding source had no role in the design of this study and will not have any role during its execution, analyses, interpretation of the data, or decision to submit results.

Authors contributions: Conceptualization – CHRH, LASO, and TL; Methodology – CHRH, LASO, and TL; Investigation – CHRH, LASO, and TL; Writing, Original Draft – CHRH, LASO, and TL; Writing, Review – CHRH, LASO, and TL. All authors read and approved the final manuscript.

REFERENCES

- Abreu, R., Lopes, A. A., Sousa, A. S., Pereira, S., & Castro, M. P. (2015). Effects of upper limb diagonal exercises on contralateral muscle activation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 25(2), 292-297.
- Addimo, P. K., Farrow, M., Hoy, K. E., Bradshaw, J. L., & Georgiou-Karistiamis, N. (2007). The effects of age and attention on motor overflow production-a review. *Brain Research Reviews*, 54(1), 189-204. doi:10.1016/j.brainresrev.2007.01.004
- Adler, S. S., Beckers, D., & Buck, M. (2008). *PNF in Practice an Illustrated Guide*. Springer, Germany.
- Basmajin, J. V., & De Luca, C. J. (1985). *Muscles Alive: Their Functions Revealed by Electromyography*. Williams & Wilkins, USA, Baltimore.
- Carroll, T. J., Herbert, R. D., Munn, J., Lee, M., & Gandevia, S. C. (2006). Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *Journal of Applied Physiology*, 101(5), 1514-1522.
- Chagas, A. C. d. S., Wanderley, D., Barboza, P. J. M., Martins, J. V. P., de Moraes, A. A., de Souza, F. H. M., & de Oliveira, D. A. (2021). Proprioceptive neuromuscular facilitation compared to conventional physiotherapy for adults with traumatic upper brachial plexus injury: A protocol for a randomized clinical trial. *Physiotherapy Research International*, 26, e1873. doi:10.1002/pri.1873.
- Cox, B. C., Cincotta, M., & Espay, A. J. (2012). Mirror movements in movement disorders: a review. *Tremor and Other Hyperkinetic Movements (NY)*, 2(2), tre-02-59-398-1. doi:10.7916/D8VQ669Y.
- de Luca, C. J. (1997). The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 13(2), 135-163.
- de Oliveira, L. A. S., Pedron, C. A., De Andrade, F. G., Horsczaruk, C. H. R., & Martins, J. V. P. (2019). Motor recovery after bilateral brachial plexus injury using motor irradiation: a case report. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 26(1), 1-12.
- de Oliveira, K. C. R., Sande de Souza, L. A. P., Emilio, M. M., da Cunha, L. F., Lorena, M. D., & Bertoncello, D. (2018). Overflow using proprioceptive neuromuscular facilitation in post-stroke hemiplegics: A preliminary study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 22(2), 333-339. doi:10.1016/j.jbmt.2017.11.10.

- Hazaki, K., Ichihashi, N., & Morinaga, T. (1996). Electromyographic analysis of thigh muscles in PNF patterns of the lower extremity: muscle activities in the lengthened range. *Journal of Physical Therapy Science*, 8(1), 29-32.
- Hoy, K. E., Fitzgerald, P. B., Bradshaw, J. L., Armatas, C. A., & Georgiou-Karistianis, N. (2004). Investigating the cortical origins of motor overflow. *Brain Res Brain Res Rev*, 46(3), 315-327. doi:10.1016/j.brainresrev.2004.07.013.
- Kabat, H. (1950). Studies on neuromuscular dysfunction, XIII: new concepts and techniques of neuromuscular reeducation for paralysis. *Perm. Found. Med. Bull.*, 8(3), 121-143.
- Kabat, H., & Knott, M. (1953). Proprioceptive facilitation technics for treatment of paralysis. *Phys Ther Rev.*, 33(2), 53.
- Knott, M. (1966). Neuromuscular facilitation in the child with central nervous system deficit. *Phys Ther*, 46, 721-724.
- Knott, M., & Mead, S. (1960). Facilitation technics in lower extremity amputations. *Phys Ther Rev*, 40, 587-589.
- Lee, M., & Carroll, T. (2007). Cross education: possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. *Sports Med.*, 37(1), 1-14.
- Lotfi, H., Moghadam, A. N., & Shati, M. (2021). Electromyography Activity of Vastus Medialis Obliquus and Vastus Lateralis Muscles During Lower Limb Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Patterns in Individuals with and without Patellofemoral Pain Syndrome. *Phys Ther Res.*, 24(3), 218-224. doi:10.1298/ptr.21094.
- Marchese, R. R., Severo do Pinho, A., Mazutti, C., Rech, K. D., Grzebellus, M., Schäfer, C., Giacometti da Silva, L., & de Souza Pagnussat, A. (2021). Proprioceptive neuromuscular facilitation induces muscle irradiation to the lower limbs: A cross-sectional study with healthy individuals. *J Bodyw Mov Ther.*, 27(3), 440-446. doi:10.1016/j.jbmt.2020.12.026.
- Martins, C. P., Rodrigues, E. C., Pedron, C. A., Lemos, T., & de Oliveira, L. A. S. (2017). Feasibility of a task-oriented training and muscle-strengthening programme to weight-bearing symmetry after stroke. *European Journal of Physiotherapy*, 19(3), 160-166. doi:10.2187/EPJ.2017.19.3.160.
- Meningroni, P. C., Nakada, C. S., Hata, L., Fuzaro, A. C., Júnior, W. M., & Araujo, J. E. (2009). Contralateral force irradiation for the activation of tibialis anterior muscle in carriers of Charcot-Marie-Tooth disease: effect of PNF intervention program. *Rev. Bras. Fisioter.*, 13(5), 438-443.

- Munn, J., Herbert, R. D., & Gandevia, S. C. (2004). Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. *J. Appl. Physiol.*, 96(5), 1861-1866.
- Nakada, C. S., Meningroni, P. C., Ferreira, A. C. S., et al. (2018). Ipsilateral proprioceptive neuromuscular facilitation patterns improve overflow and reduce foot drop in patients with demyelinating polyneuropathy. *J Exerc Rehabil.*, 14(3), 503-508. doi:10.1016/j.jer.2018.06.002.
- Németh, E. (2008). PNF induced irradiation on the contralateral lower extremity with EMG measuring.
- Olquhoun HL, Levac D, O'Brien KK, Straus S, Tricco AC, Perrier L, Kastner M, Moher D. Revisões de escopo: tempo para clareza na definição, métodos e relatórios. *J Clin Epidemiol.* 2014;67(12):1291–1294. doi: 10.1016/j.jclinepi.2014.03.013.
- Pink, M. (1981). Contralateral effects of upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. *Phys. Ther*, 61(8), 1158-1162.
- Queiroz, M. L. S., Wanderley, D., Coriolano, M. G. W. S., Belo, L. R., Martins, J. V., Barbosa, P. J. M., & Oliveira, D. A. (2016). Effects of contralateral force irradiation in the wrist extension, in patients after stroke. *Rev. bras. neurol*, 52(2), 5-11.
- Reznik, J. E., Biros, E., & Bartur, G. (2015). An electromyographic investigation of the pattern of overflow facilitated by manual resistive proprioceptive neuromuscular facilitation in young healthy individuals: A preliminary study. *Physiotherapy Theory and Practice*, 31(8), 582-586.
- Sato, H., & Maruyama, H. (2009). The effects of indirect treatment of proprioceptive neuromuscular facilitation. *J. Phys. Ther. Sci*, 21(2), 189-193.
- Smedes, F., & de Silva, L. G. (2018). Motor learning with the PNF-concept, an alternative to constrained induced movement therapy in a patient after stroke; a case report. *J. Bodyw. Mov. Ther*, 23(3), 113-117.
- Sullivan, P. E., & Portney, L. G. (1980). Electromyographic activity of shoulder muscles during unilateral upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. *Physical Therapy*, 60(4), 283-288.
- Subbu, R., & Weiler, R. (2015). The practical use of surface electromyography during running: Does the evidence support the hype? *British Medical Journal Open Sport and Exercise Medicine*, 2(1), e000026. eCollection.
- Voss, D. E., Ionta, M. P., & Myers, B. J. (1985). *Proprioceptive neuromuscular facilitation: Patterns and techniques* (3rd ed.). New York, NY: Harper & Row.

- Winett, R. A., & Carpinelli, R. N. (2001). Potential health-related benefits of resistance training. *Prev. Med*, 33(5), 503-513.
- Zhou, S. (2003). Cross education and neuromuscular adaptations during early stage of strength training. *J. Exercise Sci. Fitness*, 1(1), 54-60.

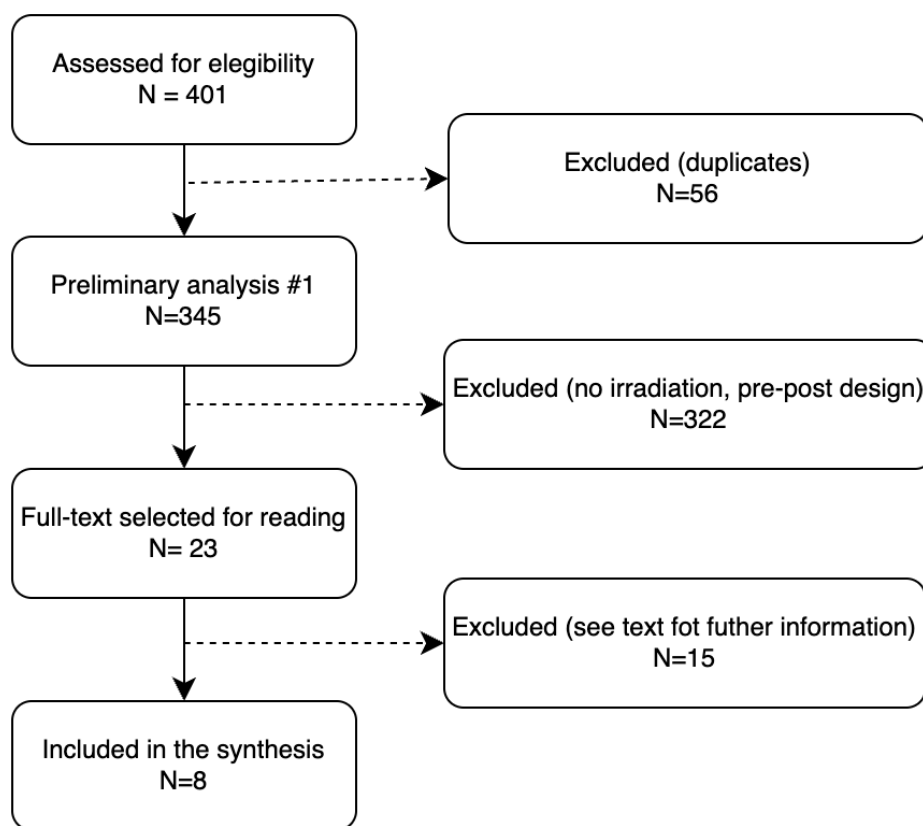
Figure 1

Figure 1. Flowchart of the assessment of eligibility, selection and analysis of the studies.

Table 2

Table 2. PNF patterns applied in the selected studies.		
Body segment	Patterns	References
UPPER LIMBS	Extension, adduction and internal rotation	[1], [6]
	Flexion, abduction and external rotation	[1], [5], [6], [7], [8]
LOWER LIMBS	Extension, abduction and internal rotation	[3]
	Extension, adduction and external rotation	[3], [4]
	Flexion, adduction and external rotation	[3], [4]
	Flexion, adduction and external rotation with knee flexed	[2], [5]
	Flexion, abduction and internal rotation	[3], [8]
	Flexion, adduction and internal rotation with knee flexed	[5]
TRUNK	Lifting	[5]
References: [1] Abreu et al. (2015); [2] De Oliveira et al. (2018); [3] Hazaki, Ichihashi e Morinaga (1996); [4] Lofti et al. (2021); [5] Marchese et al. (2021); [6] Pink (1981); [7] Queiroz et al. (2016); [8] Reznik, Biroş e Bartur (2015).		

Table 3

Table 3. Targe-muscles for PNF maneuvers analyzed in the selected studies.		
Body segment	Target-muscles	References
Forearm	Extensor carpi radialis longus	[7]
	Extensor carpi radialis brevis	[7]
Shoulder complex and trunk	Anterior deltoid	[2]
	Middle deltoid	[1]
	Posterior deltoid	[2]
	Pectoralis major	[1], [2], [3]
	Infraspinatus	[6]
	Upper trapezius	[1]
	Latissimus dorsi	[6]
	Obliquus externus	[2]
Lower limbs	Tibialis anterior	[8]
	Soleus	[5]
	Vastus medialis	[3], [4], [5]
	Vastus lateralis	[3], [4], [5]
	Rectus femoris	[3]
	Biceps femoris	[3]
	Gluteus medius	[5]
	Gluteus maximus	[5]
References: [1] Abreu et al. (2015); [2] De Oliveira et al. (2018); [3] Hazaki, Ichihashi e Morinaga (1996); [4] Lofti et al. (2021); [5] Marchese et al. (2021); [6] Pink (1981); [7] Queiroz et al. (2016); [8] Reznik, Biros e Bartur (2015).		

Table 4

Table 4. Main findings.		
Reference	Methodological concerns	Main findings
[1]	Patterns applied in an isokinetic dynamometer set for isometric contraction, in the non-preferred arms	Increases in EMG levels from upper trapezius (28% during FLX, and 14% during EXT) and pectoralis major (23% during FLX, and 15% during EXT) was observed in all patterns; males showed higher activation than females during maximal (16 vs. 14%), but not submaximal contractions;
[2]	Four different contexts with varying positions of the upper and lower limb, with or without manual resistance	Increases in EMG activity of pectoralis major in healthy and those with stroke, depending on the positioning of the upper and lower limbs; The external obliquus showed higher activation solely in those with stroke; posterior and medial deltoid was also activated in specific contexts
[3]	FLX and EXT Patterns with knee extension applied in isometric conditions and manual resistance during flexor and extensor lower limb	Increased activity of rectus femoris, vastus and biceps femoris during FLX patterns and biceps, vastus and rectus femoris during EXT pattern.
[4]	PNF maneuvers (FLX and EXT patterns) with and without overload (1-2 kg, depending on the participants' age)	Differences in EMG activity of vastus muscles in those with vs. without patellofemoral syndrome, with higher activity of the vastus lateralis; addition of overload promotes increases in EMG in both groups. Less activation in individuals with PFS
FLX, flexion. EXT, extension. ABD, abduction. ADD, adduction. EXR, external rotation. INR, internal rotation. PFS, patelo femoral syndrome. References: [1] Abreu et al. (2015); [2] de Oliveira et al. (2018); [3] Hazaki, Ichihashi e Morinaga (1996); [4] Lofti et al. (2021); [5] Marchese et al. (2021); [6] Pink (1981); [7] Queiroz et al. (2016); [8] Reznik, Biroş e Bartur (2015).		

Table 4. Main findings (cont.)		
Reference	Methodological concerns	Main findings
[5]	Intervention with exercise training plus irradiation; isometric contraction regimen with manual resistance	PNF maneuvers in the lower limb promotes higher EMG levels than those focused on upper limbs;
[6]	Slow, reverse patterns applied in the right side, with the elbow in straight position; maximal resistance applied, full range of motion	Increased EMG for the infraspinatus during FLX-ABD-EXR pattern, and for latissimus dorsi during EXT-ADD-INR
[7]	Patterns applied in the right side of healthy people and in the contralateral side of those with stroke; four repetitions to practice followed by 8 applications; four repetitions more applied as intervention	Non-significant increases in EMG levels from the first to the second round of irradiation (19% in healthy people and 7% in those with stroke)
[8]	Both upper limbs and left lower limb tested; submaximal isometric contraction with manual resistance	Overall increases in EMG levels in the FLX-ABD-INR applied to the lower limbs
FLX, flexion. EXT, extension. ABD, abduction. ADD, adduction. EXR, external rotation. INR, internal rotation. PFS, patello femoral syndrome. References: [1] Abreu (2015); [2] De Oliveira (2018); [3] Hazaki, Ichihashi e Morinaga (1996); [4] Lofti et al. (2021); [5] Marchese (2021); [6] Pink (1981); [7] Queiroz (2016); [8] Reznik, Biros e Bartur (2015).		

Anexo – Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR) Checklist

SECTION	ITEM	PRISMA-ScR CHECKLIST ITEM	REPORTED ON PAGE #
TITLE			
Title	1	Identify the report as a scoping review.	15
ABSTRACT			
Structured summary	2	Provide a structured summary that includes (as applicable): background, objectives, eligibility criteria, sources of evidence, charting methods, results, and conclusions that relate to the review questions and objectives.	16
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of what is already known. Explain why the review questions/objectives lend themselves to a scoping review approach.	17-18
Objectives	4	Provide an explicit statement of the questions and objectives being addressed with reference to their key elements (e.g., population or participants, concepts, and context) or other relevant key elements used to conceptualize the review questions and/or objectives.	18
METHODS			
Protocol and registration	5	Indicate whether a review protocol exists; state if and where it can be accessed (e.g., a Web address); and if available, provide registration information, including the registration number.	Click here to enter text.
Eligibility criteria	6	Specify characteristics of the sources of evidence used as eligibility criteria (e.g., years considered, language, and publication status), and provide a rationale.	18
Information sources*	7	Describe all information sources in the search (e.g., databases with dates of coverage and contact with authors to identify additional sources), as well as the date the most recent search was executed.	18-19
Search	8	Present the full electronic search strategy for at least 1 database, including any limits used, such that it could be repeated.	18

SECTION	ITEM	PRISMA-ScR CHECKLIST ITEM	REPORTED ON PAGE #
Selection of sources of evidence†	9	Pubmed, scielo, lilacs, google scholar	18
Data charting process‡	10	Describe the methods of charting data from the included sources of evidence (e.g., calibrated forms or forms that have been tested by the team before their use, and whether data charting was done independently or in duplicate) and any processes for obtaining and confirming data from investigators.	18-19
Data items	11	List and define all variables for which data were sought and any assumptions and simplifications made.	19
Critical appraisal of individual sources of evidence§	12	If done, provide a rationale for conducting a critical appraisal of included sources of evidence; describe the methods used and how this information was used in any data synthesis (if appropriate).	Click here to enter text.
Synthesis of results	13	Describe the methods of handling and summarizing the data that were charted.	18-19
RESULTS			
Selection of sources of evidence	14	Give numbers of sources of evidence screened, assessed for eligibility, and included in the review, with reasons for exclusions at each stage, ideally using a flow diagram.	19-20
Characteristics of sources of evidence	15	For each source of evidence, present characteristics for which data were charted and provide the citations.	19-24
Critical appraisal within sources of evidence	16	If done, present data on critical appraisal of included sources of evidence (see item 12).	19-24
Results of individual sources of evidence	17	For each included source of evidence, present the relevant data that were charted that relate to the review questions and objectives.	19-24
Synthesis of results	18	Summarize and/or present the charting results as they relate to the review questions and objectives.	19-24
DISCUSSION			
Summary of evidence	19	Summarize the main results (including an overview of concepts, themes, and types of evidence available), link to the review questions and	25-29

SECTION	ITEM	PRISMA-ScR CHECKLIST ITEM	REPORTED ON PAGE #
		objectives, and consider the relevance to key groups.	
Limitations	20	Discuss the limitations of the scoping review process.	29
Conclusions	21	Provide a general interpretation of the results with respect to the review questions and objectives, as well as potential implications and/or next steps.	20
FUNDING			
Funding	22	Describe sources of funding for the included sources of evidence, as well as sources of funding for the scoping review. Describe the role of the funders of the scoping review.	Click here to enter text.

JB I = Joanna Briggs Institute; PRISMA-ScR = Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews.

* Where *sources of evidence* (see second footnote) are compiled from, such as bibliographic databases, social media platforms, and Web sites.

† A more inclusive/heterogeneous term used to account for the different types of evidence or data sources (e.g., quantitative and/or qualitative research, expert opinion, and policy documents) that may be eligible in a scoping review as opposed to only studies. This is not to be confused with *information sources* (see first footnote).

‡ The frameworks by Arksey and O'Malley (6) and Levac and colleagues (7) and the JBI guidance (4, 5) refer to the process of data extraction in a scoping review as data charting.

§ The process of systematically examining research evidence to assess its validity, results, and relevance before using it to inform a decision. This term is used for items 12 and 16 instead of "risk of bias" (which is more applicable to systematic reviews of interventions) to include and acknowledge the various sources of evidence that may be used in a scoping review (e.g., quantitative and/or qualitative research, expert opinion, and policy document).

From: Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med.* 2018;169:467–473. doi: [10.7326/M18-0850](https://doi.org/10.7326/M18-0850).

MANUSCRITO 2

Title: BICEPS BRACHII ACTIVATION PATTERNS DURING MOTOR IRRADIATION FROM PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION: A CROSS-SECTIONAL STUDY IN HEALTHY INDIVIDUALS

Authors: Carlos Henrique Ramos Horsczaruk¹, Jose Vicente Pereira Martins², Laura Alice Santos de Oliveira^{1,3}, Claudia Domingues Vargas², Thiago Lemos^{1,4*}

Affiliation: ¹Graduate Program in Rehabilitation Sciences, Centro Universitário Augusto Motta–UNISUAM, Rio de Janeiro, Brazil; ²Instituto de Neurologia Deolindo Couto, Universidade Federal do Rio de Janeiro–UFRJ, Rio de Janeiro, Brazil. ³Physiotherapy Department, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro–IFRJ, Rio de Janeiro, Brazil; ⁴Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia–INTO, Rio de Janeiro, Brazil.

ORCID:

Carlos Henrique Ramos Horsczaruk - 000-0002-5804-3180

Claudia Domingues Vargas - 0000-0001-6202-3580

José Vicente Pereira Martins - 0000-0001-9696-0265

Laura Alice Santos de Oliveira - 0000-0002-5554-457X

Thiago Lemos- 0000-0002-6657-5689

e-mail:

Carlos Henrique Ramos Horsczaruk, carloshenrique@souunisuam.com.br

Laura Alice Santos de Oliveira, laura.oliveira@souunisuam.com.br

José Vicente Martins, josevicentepnf@terra.com.br

Claudia Vargas, cdvargas@biof.ufrj.br

Thiago Lemos, prof.thiagolemos@gmail.com

*Correspondence should be sent Prof. Thiago Lemos, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, Rua Dona Isabel 94, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ, Brasil CEP 21032-060. Phone +55 21 3882-9797, extension 2012. e-mail: prof.thiagolemos@gmail.com (T.L.).

ABSTRACT

Introduction: Motor irradiation is a basic procedure of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) in which a manual resistance is applied to one body part to generate muscle activation in another segment, aiming at improving strength. Few studies have investigated whether the targeted muscle exhibits a relevant electromyographic (EMG) muscle activation pattern during the application of motor irradiation. Moreover, no study analyzed motor irradiation targeted to the biceps brachii muscle, an essential muscle in various daily activities involving upper limbs. Therefore, the aim of this study was to analyze the muscle activation patterns of the biceps brachii in healthy individuals during different PNF irradiation maneuvers. **Methods:** This was a cross-sectional study (CAAE protocol 64458522.2.0000.5261) in which 33 healthy individuals were assessed, 19 women, 26 years old (min 20, max 43), 67kg (min 42, max 97), 1.70m (min 1.51, max 1.88). After signing the consent form, a screening session was carried out immediately before the intervention, consisting of identifying the sample, the non-preferred side and maximum voluntary contraction measurements. EMG (Delsys trigno) of the biceps brachii were performed during 3 trials of maximal voluntary isometric contraction for normalization and 4 randomized FNP irradiation techniques (flexion, adduction and external rotation of the lower limb, extension, adduction and internal rotation of the upper limb, inferior rotation of the trunk and prone on the adapted elbow). The techniques were applied 3 times for 5 seconds with a 10-second interval and the amplitude and duration of the electromyographic activity were identified. **Results:** There was electromyographic activation of the biceps brachii for the 4 FNP motor irradiation maneuvers. In the post hoc analysis, the upper limb extensor pattern showed less activation when compared to the other three patterns ($p < 0.006$). **Conclusion:** In the study, there was activation of the biceps brachii for all four FNP irradiation techniques, with the upper limb extensor pattern showing the least activation.

Keywords: rehabilitation; muscle contraction; proprioceptive neuromuscular facilitation; electromyography.

INTRODUCTION

Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) is a concept broadly employed in rehabilitation to minimize the impairments and activities limitations related to neurological and/or musculoskeletal disorders (Smedes et al. 2016). The PNF approach employs a range of basic principles and procedures to promote motor learning aiming the improvement of functioning (Knott and Kabat 1953, Knott, Mead 1960, Knott 1966). One of these procedures is motor irradiation, which involves the notion that stimulating robust and preserved muscle groups would activate weak ones, thereby facilitating their contraction (Beckers and Buck 2021). To achieve this, specific body postures must be adopted by individuals, incorporating defined movement patterns based on the principles of PNF.

Motor irradiation is important in scenarios where an indirect approach to the affected limb is desirable due to a lack of strength (de Oliveira 2019; Chagas et al. 2021; Martins et al., 2017), limb immobilization, pain, burns or fractures (Hazaki, Ichihashi e Morinaga, 1996; Pink, 1981; Sato and Maruyama, 2009; Sullivan and Portney, 1980). Additionally, motor irradiation can act preventively against impairments associated with a limb immobilization (Zhou, 2003). In fact, some studies suggested that motor irradiation contributed to motor recovery in people with hemiplegia (Mills & Quintana, 1985), in a patient with bilateral brachial plexus injury (de Oliveira et al., 2019) and in individuals with Charcot-Marie-Tooth disease (Meningroni et al., 2009). However, it is important to note that these studies are characterized by methodological limitations that may affect the overall quality of their findings.

Despite the potential benefits of motor irradiation, few studies have investigated whether the targeted muscle exhibit a relevant electromyographic (EMG) activation pattern during the application of motor irradiation. Most of studies in this line focused on lower limb muscles (Hazaki 1996; Reznik, Biros e Bartur 2015; Queiroz, 2016; Lofti, Moghadam & Mohsen et al. 2021 2021; Marchese 2021) and trunk (Pink 1981, Abreu et al. 2015, de Oliveira et al., 2018). Only three studies evaluated muscles of the upper limbs during the application of motor irradiation maneuvers (Abreu et al., 2015; Queiroz et al., 2016; and Marchese et al., 2021).

None of these above-mentioned studies analyzed motor irradiation targeted to the biceps brachii muscle. This muscle plays an essential role in various daily activities, being responsible for elbow flexion, forearm supination and shoulder stabilization (An et al., 1981). These movements are essential for carrying out tasks such as lifting

objects, eating, combing hair and other relevant manual activities (Hussain, Zainul and Yusof 2028). Therefore, investigating whether motor irradiation could lead to increased activity in biceps brachii is important to the clinical practice of rehabilitation professionals. Thus, the purpose of the present study was analyzing the EMG muscle activation pattern of biceps brachii during the application of PNF motor irradiation maneuvers. Another point of interest is to investigate if there is a particular pattern of movement that causes more activation of muscle target by motor irradiation namely, contralateral upper limb, contralateral lower limb or trunk patterns.

METHODS

Participants

This is a cross-sectional study with a convenience sample. Thirty-three healthy (19 women) individuals, with age of 26 years old (min 20; max 43), weight of 67kg (min 42; max 97), and height of 1,70 m (min 1,51; max 1,88) were enrolled in this study (Table 1). All participants were recruited from Federal Institute of Rio de Janeiro – IFRJ and Federal University of Rio de Janeiro – UFRJ, between March and July 2023. The inclusion criteria were: (a) both sexes, (b) aged between 18 and 45 years old and (c) able to move to the project location. The exclusion criteria were: (a) cardiac, pulmonary, musculoskeletal or neurologic diseases; (b) uncontrolled hypertension, (c) presence of pain. All participants signed an informed consent form, prior to the start of the study. The current investigation was approved by the local ethic committee. This methodology was registered in the National System of Information Ethics and Human Research (CAAE-64458522.2.0000.5261) to be appropriate, ethically, and methodologically, as per the precepts of Resolution.

--- Insert Table 1 ---

Procedures

First, the demographic characteristics of each participant were unqueried. Then, the upper limb dominance was determinate by applying the Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971). It was relevant because the PNF patterns of movement adopted in this study aimed to produce motor irradiation in the biceps brachii of the non-dominant limb (side on which the EMG sensors were positioned).

Then, the skin of the non-dominant upper limb was prepared. The cell debris were removed with an abrasive sponge imbibed with neutral detergent. Then, the muscle mid-belly was shaved and proper skin cleansing procedure using 70% of ethyl alcohol was done. So, the EMG sensors were positioned in biceps brachii: at 60% (near from the innervation zone) on the line from the acromion to the elbow line (Merletti, Rainoldi, & Farina, 2001).

Finally, the participant performed four motor irradiations maneuvers of PNF in a random sequence (see below). Each maneuver was repeated 3 times, and the individual was instructed to sustain the contraction for 5 s. It was followed by a rest period of 10s between each trial and 30s between each maneuver. The physical therapist verbally requested to the patient to employ his highest strength to perform the movement. Also, to reach the maximal rate of force development, the participants were asked to increase their force as fast as they could. Each session lasted an average of 45 min. At the end of the motor irradiation maneuvers, the sensors were removed, and the participant liberated (figure 1).

--- Insert Figure 1 ---

Motor irradiation Maneuvers

The following PNF patterns were applied by an advanced instructor of International Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association (IPNFA):

1. Trunk rotation (ROT): the participant was positioned in the supine position, with hip and knees flexion and feet on stretcher. The participant was instructed to perform a lower trunk rotation towards the upper assessed limb, against the PNF instructor resistance, that was positioned in a light shoulder abduction and elbow extension, grasping the edge of the stretcher. The other upper limb rested flexed above trunk (fig. 2A).
2. Flexion-adduction-internal rotation with knee flexion (FAR): The participants were positioned in the lateral decubitus on the stretcher. The bottom lower limb was fixed in extension. The top upper limb was positioned in approximately 90° of shoulder and elbow flexion, grasping the edge of the stretcher. Then, the participant was instructed to perform the PNF pattern of flexion, adduction, and internal rotation of the top lower limb against the PNF instructor resistance (fig. 2B).

3. Extension-adduction-external rotation with elbow extension (EAR): The participant was positioned in supine position, with the lower limbs crossed on ankles (the lower limb ipsilateral to the assessed upper limb above). The upper assessed limb was positioned in a light shoulder abduction and elbow extension, grasping the edge of the stretcher. Then, the participant was instructed to perform the PNF pattern of extension, adduction, and external rotation of the other upper limb rotation against the PNF instructor resistance (fig. 2C). During the execution of the movement pattern the participant was also orientated to flex de neck e glance at his hand.
4. Prone on the elbows adapted (PRO): the participant was in the standing position, close to the stretcher, with the non-preferred elbow resting on the stretcher, grasping its edge. The other upper limb was positioned in shoulder and elbow extension, without support. The participant was instructed to perform the PNF pattern of pelvis diagonal against resistance of the PNF instructor, going to the direction of the supported arm (fig. 2D).

--- Insert Figure 2 ---

All motor irradiation maneuver was hand-resisted. The maximum resistance, that is, the maximum resistance tolerated by each patient, was applied. All signal was collected during the execution of the motor irradiation in the initial position of the movement pattern.

EMG

Surface electromyography—sEMG sensors (model Delsys) was used to acquire the myoelectric activity at a sample rate of 1246 Hz. Electromyography was performed by a Delsys. Sensor that was used in this study Trigno™ Wireless EMG (Delsys INC, Natick, MA, USA). It has 4-channel surface electromyography acquisition. It is a sensor with motion artifact suppression that can be freely moved, the sensor directly transmits data wirelessly. It provided a 16-bit resolution, a bandwidth of 20–450 Hz, and a baseline noise <1.25mV (rms) and has a typical operating range of 40m and the communication protocol is Bluetooth. The sEMG signals were sampled at 1000Hz using EMG works 4.0 (Delsys INC, MA, USA).

A notebook Samsung Essencials (model NP35NXBE) was used to the signal acquisition. The equipment was connected to the battery, with no contact with the

electrical network to stabilizing the EMG signal and filtering possible noises from the power supply

The EMG signal was obtained during the execution of each motor irradiation maneuvers. For data acquisition, EMG Works analysis was used to extract the signals and exported it in txt format. Then the signal was processed using Python software, identifying the number of events, activity duration (% of total, percentage of sum of the three 5-second attempts) and amplitude (in terms of average rectified value, in microvolts). The amplitude was computed for each of the three trials and was averaged, being normalized in relation to the amplitude obtained during maximal voluntary contraction (expressed as % of MVC).

Statistical analysis

As most of data vectors showed non-normal distribution (Shapiro-Wilk's P always <0.002), a nonparametric approach was used. A Friedman ANOVA was applied for comparisons of EMG amplitude and duration among PNF maneuvers (EAR, FAR, PRO and ROT), followed by the Conover posttest when necessary. The Kendall's W was used as effect size measure. Data were showed as median (lower-upper quartiles). All analysis assumed a statistical threshold of 5% and were performed in JASP 0.17.2.1 environment (The JASP Team 2023, Netherlands).

RESULTS

The signals were normalized using CIVM. The EMG signal from two representative participants were showed in Figure 3. EMG amplitude was consistently higher in maneuvers other than EAR (three upper lines, FAR, PRO and ROT, both panels). Some participants, such as S029, showed small or no clear variations in EMG signal during EAR maneuver (Figure 3, bottom line, right panel). In fact, the number of successful trials, in which a clear EMG signal was observed, varied among maneuvers: in EAR, 4 participants showed 2 trials, while 29 exhibited 3 trials; in FAR, one participant showed no trial, 2 showed 2 trials, and 30 showed 3 trials; in PRO, 1 participant showed 1 trial, and 32 showed 3 trials; finally, in ROT all participants showed 3 trials.

--- Insert Figure 3 ---

Group analysis revealed significant differences in EMG amplitude (in % of MVC) among motor irradiation maneuvers ($c^2=23.662$, $P<0.001$, $W=0.246$; Figure 4A). Posttest analysis reveals significant differences between EAR and FAR ($P<0.001$), PRO ($P=0.006$) and ROT ($P<0.001$), with no differences among FAR, PRO and ROT (P always >0.875). EMG amplitude in EAR was smaller than in other PNF maneuvers.

There were also significant differences in active EMG duration (in % of total duration) among PNF maneuvers ($c^2=24.965$, $P<0.001$, $W=0.252$; Figure 4B). Posttest analysis reveals significant differences between EAR and FAR ($P=0.006$), PRO ($P=0.002$) and ROT ($P<0.001$), with no differences among FAR, PRO and ROT (P always >0.506). EAR exhibited the shorter active EMG duration compared with other PNF maneuvers.

--- Insert Figure 4 ---

DISCUSSION

The present study aimed to investigate the muscle activation patterns of biceps brachii during four motor irradiation maneuvers of PNF. Biceps brachii was selected due its important participation in various daily activities and the variety of conditions that can lead to loss of upper limb functioning (Landin, Thompson and Jackson, 2017). Another point of interest was to investigate if there was a particular PNF motor irradiation maneuver that can causes more activation of this muscle. In summary, the results showed that all motor irradiation maneuvers provoked increase of activity in biceps brachii in health individuals.

More specifically, it was observed significant differences in EMG amplitudes between each maneuver. The biceps brachii presented smaller amplitude and shorter duration in EMG during EAR pattern compared to the other PNF patterns (FAR, ROT, PRO). These results indicate that the motor irradiation maneuver aimed at activating the upper limb by contracting the contralateral upper limb induced less muscle activation than the others involving lower limbs or pelvis. Some studies found similar results. Reznik, Biros e Bartur (2015) and Marchese (2021) compared the EMG activation of different lower limb muscles by applying motor irradiation patterns of upper as well as lower limb. They found greater activation of the target muscles when using lower limb patterns. Similar results were found in studies with individuals after orthopedic surgery (Arai et al., 2001a, b) and peripheral nerve injury (Meningroni et al.,

2009). These results suggested that motor irradiation using maneuvers applied in lower limbs can produce greater activity in the target muscles.

Few studies analyzed the muscle activation patterns of the upper limb during motor irradiation employing the extensor pattern (EAR), making it difficult to compare then with the results of the present study (Pink 1981). But there are some possibilities. One interesting study found greater activation of the infraspinatus muscle during the extensor pattern (EAR) of upper limb compared to flexion pattern (flexion, abduction and external rotation) of upper limb (Pink 1981). They found that motor irradiation using upper limb provoked greater activation of the proximal muscles in the contralateral side (limb target by motor irradiation) In comparison with our study, perhaps it is possible to hypothesize that the distal muscles are less activated than the proximal muscles. It's not known if bigger proximal activation patterns were provoked with the EAR maneuver because the muscle activity of this group has not been assessed, but it can contribute to the understanding of the smaller activation found here with EAR. Another possibility is that the reduced activation of the biceps during the EAR is due to the upper limb position not favoring motor irradiation to biceps. In the present study, the elbow was placed in extension and the participant held onto the edge of the stretcher. One hypothesis is that the lever arm of the biceps brachii is smaller, which means that the muscle would have a reduce capacity to generate force compared to when the elbow is flexed. One final possibility is that the lower limbs may be stronger than upper limb, potentially making them more adept at inducing motor irradiation to stabilize the individual's position.

In the scientific literature on motor irradiation, it is common to find other terms associated with it. An example of expression often associated with motor irradiation is cross-training. Munn et al., (2004) reported that untrained muscles on the opposite side to those being specifically trained (the stronger parts) exhibit activity, resulting in enhanced muscle strength. This is called cross-training or cross-activation. Although similar in promoting muscle activity on the weaker side, cross-training differs from motor irradiation because it involves the use of weights, lacks specific movement patterns and the position of the target limb is not pre-established (Carroll et al., 2006; Munn et al., 2004). Thus, is crucial to consider the context in which these terms are used to avoid confusion.

The study has limitations that must be considered. We investigated the immediate effects of PNF on muscle irradiation only in one muscle and in healthy individuals, so

this data cannot be extrapolated to other populations. The use of four-channel equipment and the analysis of only one muscle limited the more detailed assessment of muscle activation in the upper limb. Future studies could carry out motor irradiation along the entire trajectory of the movement pattern in different positions and in dynamic contraction, which would help clarify its sequence of contractions or normal timing.

CONCLUSION

We concluded that all motor irradiation maneuvers used in this study induced biceps muscle activation. However, the contralateral upper limb maneuver induced less muscle activation when compared to the others involving the lower limb or pelvis in healthy individuals. Future studies could focus on analyzing: (i) the positioning of the contralateral and ipsilateral limb that generates greater activation of the target muscle, (ii) other movement patterns focusing on different target muscle (iii) the pattern of activation of shoulder, elbow, wrist and finger muscles during motor irradiation. The present findings were extracted from healthy individuals. Thus, its potential therapeutic applications necessitate further research in other populations, including those with compromised mobility to prove its efficacy.

Declarations Acknowledgements: Not applicable.

Ethics approval and consent to participate: Not applicable.

Consent for publication: Not applicable.

Availability of data and material: Not applicable.

Competing interests: Authors state no conflict of interest.

Funding: This study was financed by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (Finance Code 001) and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ. This funding source had no role in the design of this study and will not have any role during its execution, analyses, interpretation of the data, or decision to submit results.

Authors contributions: Conceptualization – CHRH, JVM, CDV, LASO and TL; Methods, CHRH, JVM, LASO and TL; Investigation, CHRH, JVM; Writing, Original Draft – CHRH, LASO and TL.; Writing, Review – CHRH, JVM, CDV, LASO and TL. All authors read and approved the final manuscript.

REFERENCES

- Abreu, R., Lopes, A. A., Sousa, A. S. P., Pereira, S., & Castro, M. P. (2015). Force irradiation effects during upper limb diagonal exercises on contralateral muscle activation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 25(2), 292–297. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.12.004>.
- An KN, Hui FC, Morrey BF, Linscheid RL, Chao EY. Muscles across the elbow joint: a biomechanical analysis. *J Biomech* 1981;14 (10):659–669.
- Arai, M., Shimizu, H., Shimizu, M.E., Tanaka, Y., Yanagisawa, K., 2001a. Effects of the use of cross-education to the affected side through various resistive exercises of the sound side and settings of the length of the affected muscles. *Hiroshima J. Med. Sci.* 50 (3), 65e73.
- Arai, Y., Ueda, K., Xie, J., Masaki, Y., 2001b. 1,6-Asymmetric induction during the conjugate addition of arylcopper reagents to a chiral sulfinyl-substituted pyr- rolyl alpha,beta-unsaturated amide. *Chem. Pharm. Bull. (Tokyo)* 49 (12), 1609e1614.
- Beckers D, Buck M. PNF in practice. 5th ed. Berlin: Springer; 2021.
- Birbaumer N 2007 Motor learning: Passing a skill from one hand to the other. *Current Biology* 17: R1024–R1026.
- Carroll TJ, Herbert RD, Munn J, Lee M, Gandevia SC 2006 Contralateral effects of unilateral strength training: Evidence and possible mechan- isms. *Journal of Applied Physiology* 101: 1514–1522.
- Chagas ACS, Wanderley D, Barboza PJM, et al. Proprioceptive neuromuscular facilitation compared to conventional physiotherapy for adults with traumatic upper brachial plexus injury: A protocol for a randomized clinical trial. *Physiother Res Int.* 2021;26(1):e1873. doi:10.1002/pri.1873.
- Chan CW 1984 Neurophysiological basis underlying the use of resistance to facilitate movement. *Physiotherapy Canada* 36: 335–341.
- de Oliveira, K. C. R., Sande de Souza, L. A. P., Emilio, M. M., da Cunha, L. F., Lorena, M. D., & Bertoncello, D. (2018). Overflow using proprioceptive neuromuscular facilitation in post-stroke hemiplegics: A preliminary study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 22(2), 333–339. doi:10.1016/j.jbmt.2017.11.10.
- de Oliveira, L. A. S. de, Pedron, C. A., de Andrade, F. G., Ramos Horsczaruk, C. H., & Pereira Martins, J. V. (2019). Motor recovery after bilateral brachial plexus injury using motor irradiation: A case report. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 26(4), 1–12. <https://doi.org/10.12968/ijtr.2017.0170>.

- Hazaki K, Ichihashi N, Morinaga T. Electromyographic analysis of thigh muscles in PNF patterns of the lower extremity: muscle activities in the lengthened range. *J Phys Ther Sci* 1996;8:29–32.
- Hortobágyi T 2005 Cross education and the human central nervous system. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* 24: 22–28.
- Hussain Z, Zainul Azlan N, Yusof AZB. Human Hand Motion Analysis during Different Eating Activities. *Appl Bionics Biomech.* 2018 Feb 4;2018:8567648. doi: 10.1155/2018/8567648. PMID: 29515649; PMCID: PMC5817289.
- Kabat, H., & Knott, M. (1953). Proprioceptive facilitation technics for treatment of paralysis. *Phys Ther Rev.*, 33(2), 53.
- Kabat H, McLeod M, Holt C 1959 The practical application of proprioceptive neuromuscular facilitation. *Physiotherapy* 45: 87–92.
- Knott, M. (1966). Neuromuscular facilitation in the child with central nervous system deficit. *Phys Ther*, 46, 721-724.
- Knott, M., & Mead, S. (1960). Facilitation technics in lower extremity amputations. *Phys Ther Rev*, 40, 587-589.
- Landin D, Thompson M, Jackson MR. Actions of the Biceps Brachii at the Shoulder: A Review. *J Clin Med Res.* 2017 Aug;9(8):667-670. doi: 10.14740/jocmr2901w. Epub 2017 Jul 1. PMID: 28725314; PMCID: PMC5505302.
- Lotfi H, Moghadam AN, Shati M. Electromyography Activity of Vastus Medialis Obliquus and Vastus Lateralis Muscles During Lower Limb Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Patterns in Individuals with and without Patellofemoral Pain Syndrome. *Phys Ther Res.* 2021 Jul 30;24(3):218-224. doi: 10.1298/ptr.E10094. PMID: 35036255; PMCID: PMC8752958.
- Loofbourrow GN, Gellhorn E 1949 Proprioceptive modification of reflex patterns. *Journal of Neurophysiology* 12: 435–446.
- Marchese RR, Severo do Pinho A, Mazutti C, et al. Proprioceptive neuromuscular facilitation induces muscle irradiation to the lower limbs - A cross-sectional study with healthy individuals. *J Bodyw Mov Ther.* 2021;27:440-446. doi:10.1016/j.jbmt.2020.12.026.
- Meningroni, P. C., Nakada, C. S., Hata, L., Fuzaro, A. C., Marques Júnior, W., & Araujo, J. E. (2009). Contralateral force irradiation for the activation of tibialis anterior muscle in carriers of Charcot-Marie-Tooth disease: effect of PNF intervention program. *Rev Bras Fisioter*, 13(5), 438–481.

- Martins, C. P., Rodrigues, E. C., Pedron, C. A., Lemos, T., & de Oliveira, L. A. S. (2017). Feasibility of a task-oriented training and muscle-strengthening programme to weight-bearing symmetry after stroke. *European Journal of Physiotherapy*, 19(3), 160-166. doi:10.2187/EPJ.2017.19.3.160.
- Merletti, R., Rainoldi, A., & Farina, D. (2001). Surface Electromyography for Noninvasive Characterization of Muscle. In *Exerc. Sport Sci. Rev* (Vol. 29, Issue 1). www.acsm-essr.org.
- Mills, V. M., & Quintana, L. (1985). Electromyography results of exercise overflow in hemiplegic patients. *Physical Therapy*, 65(7), 1041–1045. https://doi.org/10.1093/ptj/65.7.1041.
- Monga P, Sahni R, & Saini H. (2017). Evaluation of irradiation by scapular pnf patterns on forearm muscles using surface electromyography in healthy females. In *International Journal of Innovative Research and Review* (Vol. 5, Issue 2). http://www.cibtech.org/jirr.htm.
- Munn, J., Herbert, R. D., Gandevia, S. C. 2004. Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. *J Appl Physiol* 96(5):1861-1866.
- Nakada, C. S., Meningroni, P. C., Ferreira, A. C. S., et al. (2018). Ipsilateral proprioceptive neuromuscular facilitation patterns improve overflow and reduce foot drop in patients with demyelinating polyneuropathy. *J Exerc Rehabil.*, 14(3), 503-508. doi:10.1016/j.jer.2018.06.002.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. In *Neuropsychologia* (Vol. 9). Pergamon Press.
- Pink M. Contralateral effects of upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. *Phys Ther* 1981;61:1158–62.
- Queiroz, Mariana Luiza da Silva; Wanderley, Débora; Coriolano, Maria das Graças Wanderley de Sales; Belo, Luciana Rodrigues; Martins, José Vicente; Barboza, Paulo José Moté; Oliveira, Daniella Araújo de. - Efeitos da irradiação de força contralateral na extensão de punho de pacientes após acidente vascular cerebral - Effects of contralateral force irradiation in the wrist extention, in patients after stroke - *Rev. bras. neurol*;52(2): 5-11, abr.-jun. 2016. tab, graf.
- Reznik, J. E., Biros, E., & Bartur, G. (2015). An electromyographic investigation of the pattern of overflow facilitated by manual resistive proprioceptive neuromuscular facilitation in young healthy individuals: A preliminary study. *Physiotherapy Theory and Practice*, 31(8), 582–586. https://doi.org/10.3109/09593985.2015.1061627.

- Sato H, Maruyama H. The effects of indirect treatment of proprioceptive neuromuscular facilitation. *J Phys Ther Sci* 2009;21:189–93.
- Shimura K, Kasai T 2002 Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation on the initiation of voluntary movement and motor evoked potentials in upper limb muscles. *Human Movement Science* 21: 101–113.
- Smedes, Marianne Heidmann, Carsten Schäfer, Nicola Fischer & Agnieszka Stępień (2016): The proprioceptive neuromuscular facilitation concept; the state of the evidence, a narrative review, *Physical Therapy Reviews*, DOI: 10.1080/10833196.2016.1216764.
- Sullivan PE, Portney LG. Electromyographic activity of shoulder muscles during unilateral upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. *Phys Ther* 1980;60:283–8.
- Teixeira, I.N.D., 2008. O envelhecimento cortical e a reorganização neural após o acidente vascular encefálico (AVE): implicações para a reabilitação. *Ciência & Saúde Coletiva* 13(2):2171-2178.
- Zhou, S., 2003. Cross education and neuromuscular adaptations during early stage of strength training. *J. Exercise Sci. Fitness* 1 (1), 54e60.

Table 1

Tab.1 Demographic characteristic.	
Sample size	33
Sex (female/male)	19/14
Handedness (right/left)	30/3
Age (years)	26 (20-43)
Height (cm)	170 (151-180)
Weight (kg)	67 (42-97)
BMI (kg/m ²)	24.2 (15.8-33.1)
Data showed as median (min.-max). BMI, body mass index.	

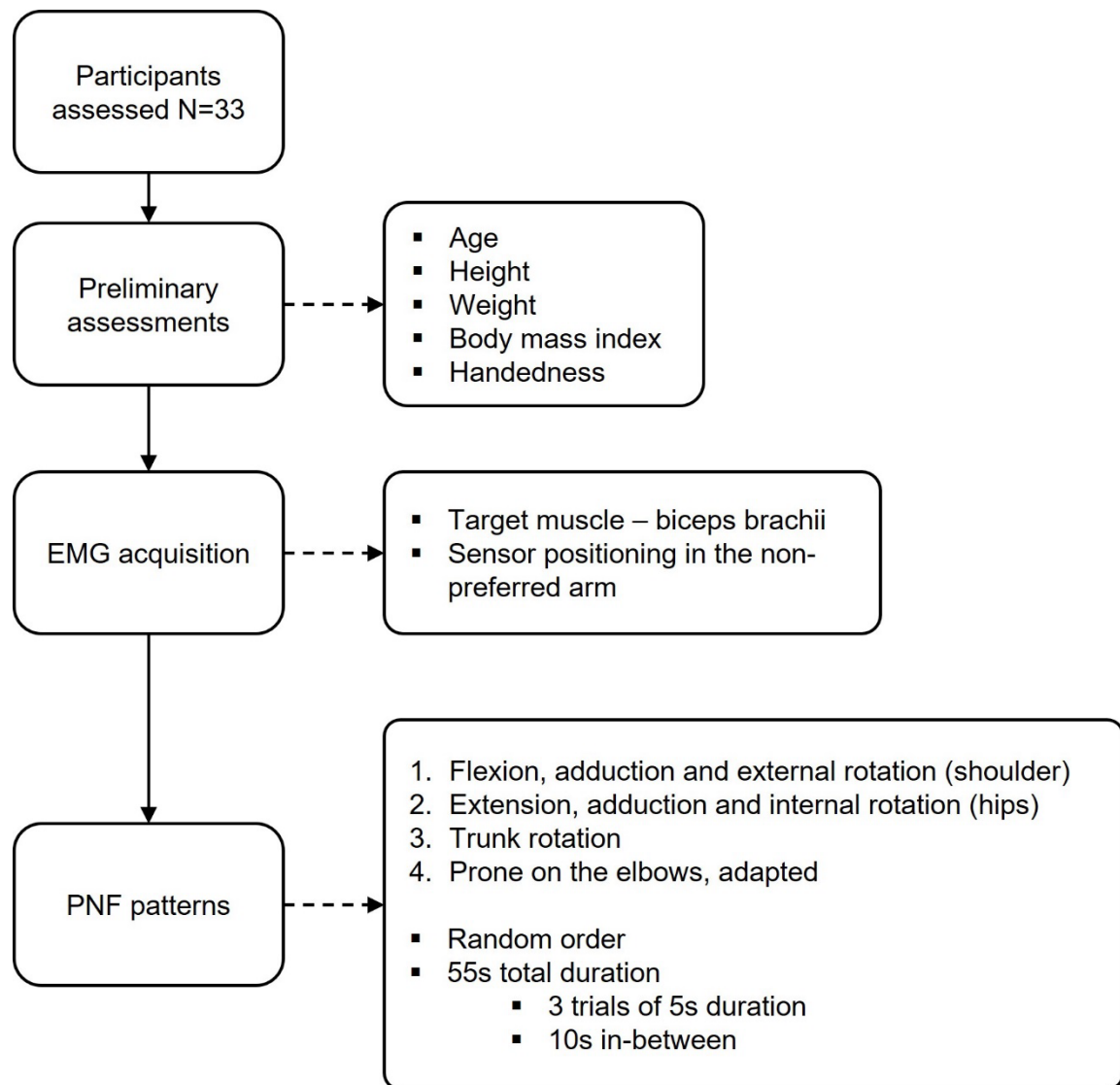
Figure 1

Figure 1. Flowchart showing the enrollment, evaluating, and EMG protocol. EMG, electromyography. PNF, Proprioceptive Neuromuscular Facilitation.

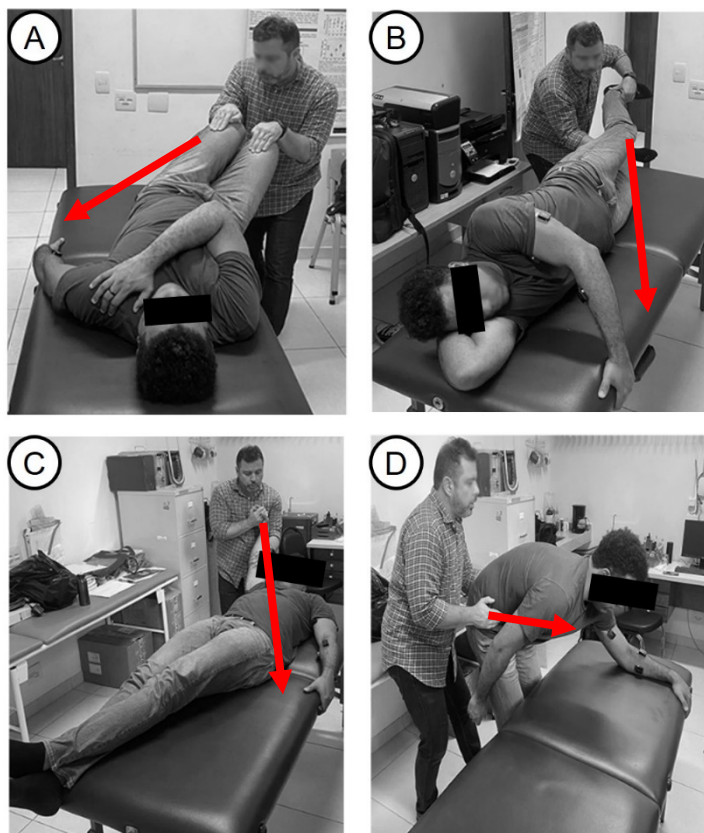
Figure 2

Figure 2. PNF maneuvers. (A) ROT, trunk rotation, (B), FAR, flexion-adduction-internal rotation with knee flexion. (C) EAR, extension-adduction-external rotation with elbow extension. (D) PRO, prone on the elbows, adapted. Red Arrow arrows indicate the direction of the participant's contraction.

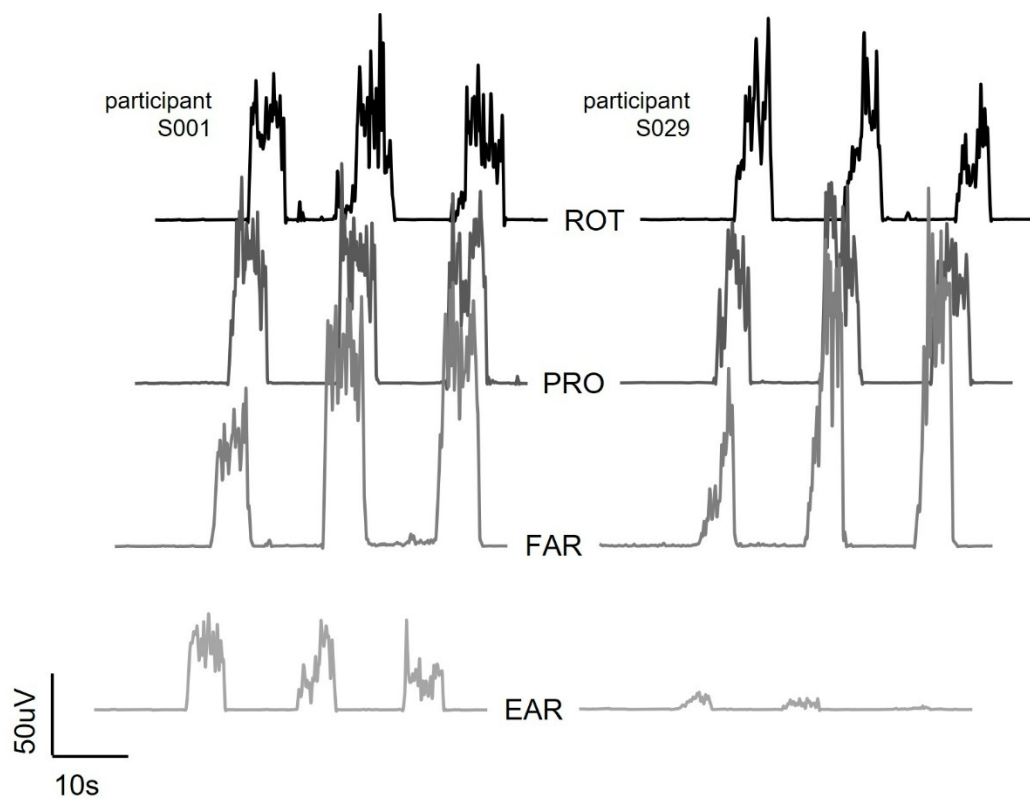
Figure 3

Figure 3. EMG signal from two representative participants showing the three trials of during the application of each PNF maneuvers. Note the consistent smaller EMG amplitude in EAR maneuver (bottom line, both panels), being almost absent in some participants.

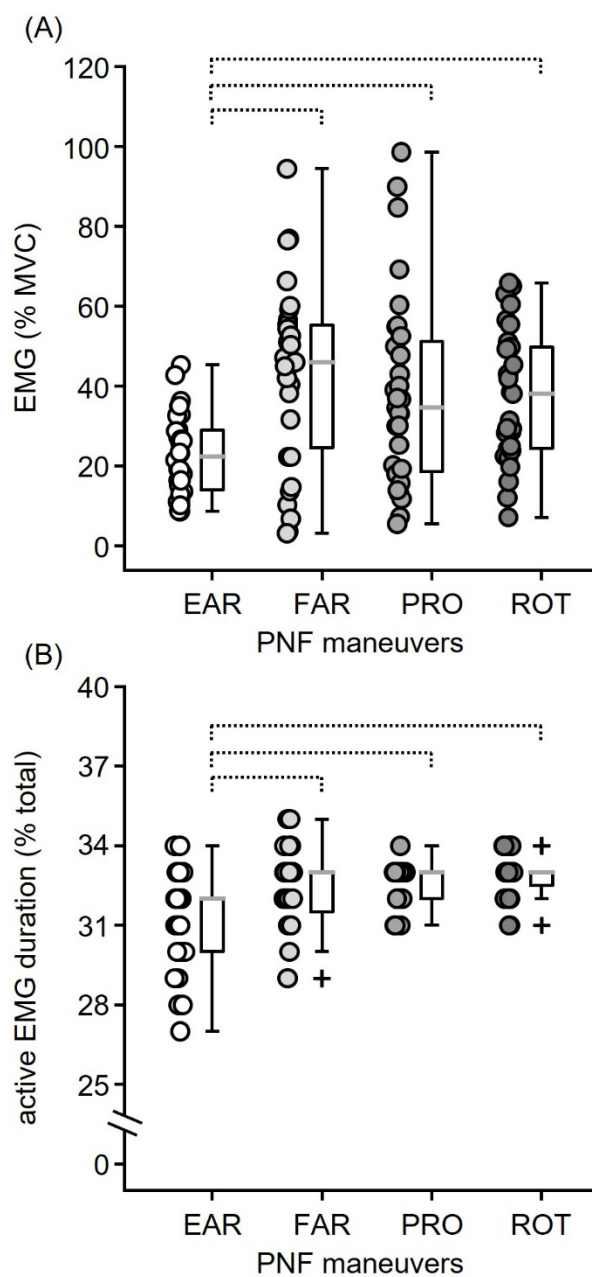
Figure 4

Figure 4. Boxplot of group data and individual values (colored circles) showing the EMG amplitude (A) and active EMG duration (B) for each PNF maneuvers. The median in each box is showed as a gray horizontal line. Black crosses above and below boxes in (B) refers to outliers. Connecting dotted lines indicates significant differences.

Anexo – STROBE Statement—Checklist of items that should be included in reports of cross-sectional studies

	Item No	Recommendation	Page No
Title and abstract	1	(a) Indicate the study’s design with a commonly used term in the title or the abstract	42
		(b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found	43
Introduction			
Background/rationale	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported	44-45
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses	45
Methods			
Study design	4	Present key elements of study design early in the paper	45
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection	45
Participants	6	(a) Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants	45
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable	45
Data sources/ measurement	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group	45-48
Bias	9	Describe any efforts to address potential sources of bias	
Study size	10	Explain how the study size was arrived at	
Quantitative variables	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen and why	
Statistical methods	12	(a) Describe all statistical methods, including those used to control for confounding	48
		(b) Describe any methods used to examine subgroups and interactions	
		(c) Explain how missing data were addressed	
		(d) If applicable, describe analytical methods taking account of sampling strategy	
		(e) Describe any sensitivity analyses	
Results			

Participants	13*	(a) Report numbers of individuals at each stage of study—eg numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analysed	48
		(b) Give reasons for non-participation at each stage	
		(c) Consider use of a flow diagram	48
Descriptive data	14*	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders	45
		(b) Indicate number of participants with missing data for each variable of interest	
Outcome data	15*	Report numbers of outcome events or summary measures	48
Main results	16	(a) Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (eg, 95% confidence interval). Make clear which confounders were adjusted for and why they were included	
		(b) Report category boundaries when continuous variables were categorized	
		(c) If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period	
Other analyses	17	Report other analyses done—eg analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses	
Discussion			
Key results	18	Summarise key results with reference to study objectives	49
Limitations	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias	50-51
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence	49-51
Generalisability	21	Discuss the generalisability (external validity) of the study results	49-51
Other information			
Funding	22	Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based	

*Give information separately for exposed and unexposed groups.

Note: An Explanation and Elaboration article discusses each checklist item and gives methodological background and published examples of transparent reporting. The STROBE checklist is best used in conjunction

with this article (freely available on the Web sites of PLoS Medicine at <http://www.plosmedicine.org/>, Annals of Internal Medicine at <http://www.annals.org/>, and Epidemiology at <http://www.epidem.com/>). Information on the STROBE Initiative is available at www.strobe-statement.org.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados nesta tese fornecem informações valiosas sobre a utilização da irradiação motora da FNP. Essas descobertas têm implicações clínicas importantes para os profissionais de saúde, particularmente os fisioterapeutas, nos seus esforços para melhorar o atendimento ao paciente e as estratégias de tratamento. Ao considerar as abordagens da FNP que melhor ativam músculos alvo os clínicos podem adaptar melhor as suas estratégias de tratamento para melhorar os resultados e adesão ao tratamento.

Contudo, nem todos os objetivos propostos no estudo foram apresentados nesta tese., embora os dados relativos a ele tenham sido coletados sendo analisados futuramente:

1. mensurar a contração isométrica voluntária máxima dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, braquiorradial e flexor radial do carpo.
2. Mensurar o padrão de ativação dos músculos tríceps braquial, braquiorradial e flexor radial do carpo durante manobras de irradiação em duas posições (PI e PF).
3. Medir o nível de esforço percebido pelos participantes em cada procedimento.
4. Avaliar a força e resistência dos músculos abdominais dos participantes.

Os dados coletados relacionados aos objetivos e itens metodológicos serão apresentados futuramente em outros estudos transversais, possibilitando avanços sobre o entendimento da ativação muscular causada pela irradiação motora embasando seu uso na prática clínica.