

INSTITUTOS SUPERIORES DE ENSINO DO CENSA  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS E DA SAÚDE  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**AVALIAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE FORÇA IRRADIADA PARA O  
MANGUITO ROTADOR A PARTIR DE ABDUÇÃO E ADUÇÃO DE QUADRIL  
CONTRA RESISTIDA UTILIZANDO PRINCÍPIOS DA FACILITAÇÃO  
NEUROMUSCULAR PROPRIOCEPTIVA**

**Por**

**Anna Rocha Machado da Silva  
Kaio Tavares dos Santos  
Monique Pinto da Silva**

**Orientador: Arthur Fernandes Gimenes**

**Campos Dos Goytacazes/RJ  
Dezembro/2024**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

SILVA, Anna Rocha Machado da; SANTOS, Kaio Tavares dos; SILVA, Monique Pinto da Silva.

Avaliação e quantificação de força irradiada para o manguito rotador a partir de abdução e adução de quadril contra resistida utilizando princípios da Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva/ Anna Rocha Machado da Silva; Kaio dos Santos Tavares; Monique Pinto da Silva - Campos dos Goytacazes/ RJ, 2024.

49 f.

Orientador: Prof. Esp. Arthur Fernandes Gimenes

Graduação em Fisioterapia - Instituto Superiores de Ensino do CENSA, 2024  
Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva. 2. Manguito Rotador. 3. Lesões musculares. 4. Dinamometria manual.



## INSTITUTOS SUPERIORES DE ENSINO DO CENSA

Instituto Superior de Educação do CENSA

Créd. SESU/MEC Port.197/2002 . Reconhecimento nº 490/2006 Curso Normal Superior

Reconhecimento nº 507/2006 Curso de Pedagogia

Instituto Tecnológico e das Ciências Sociais Aplicadas e da Saúde do CENSA

Créd. SESU/MEC Port.096/2002 . Reconhecimento nº 4.211/2005 Curso de Administração

Reconhecimento nº 223/2006 Curso de Fisioterapia

Autorização nº 3116/2003 Curso de Engenharia de Produção

Autorização nº 0398/2006 Curso de Arquitetura e Urbanismo

Autorização nº319/2006 Curso de Psicologia

Rua Salvador Correa, 139 . Centro . Campos dos Goytacazes . RJ . 28035-310 . (22) 2726.2727 . www.isecensa.edu.br

## CURSO DE GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA


### ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

No dia **05 de dezembro de 2024**, nos Institutos Superiores de Ensino do Centro Educacional Nossa Senhora Auxiliadora, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de monografia das alunas **Anna Rocha Machado da Silva**, **Kalo Tavares dos Santos** e **Monique Pinto da Silva** do Curso de graduação em **Fisioterapia**, intitulada: **"Avaliação e quantificação de força irradiada para o manguito rotador a partir de abdução e adução de quadril contra resistida utilizando princípios da facilitação neuromuscular proprioceptiva"**.

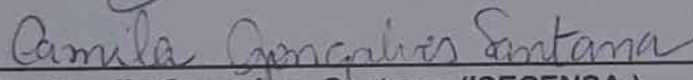
A referida Banca Examinadora, constituída pelos professores **Arthur Fernandes Gimenes** (Presidente), **Camila Santana** e **Mairkon Soares** atribuiu as seguintes notas:

  
Esp Arthur Fernandes Gimenes (orientador/ISECENSA)

20  
Nota

  
Esp Mairkon Almeida Soares (ISECENSA )

10,0  
Nota

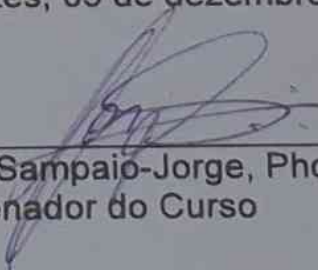
  
Esp Camila Gonçalves Santana (ISECENSA )

10,0  
Nota

Média Final

10

Campos do Goytacazes, 05 de dezembro de 2024.

  
Prof Felipe Sampaio-Jorge, Phd  
Coordenador do Curso

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>POS</b>	Posicionamento
<b>FNP</b>	Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva
<b>IMC</b>	Índice de massa corporal
<b>MMII</b>	Músculos dos Membros Inferiores
<b>MMSS</b>	Músculos dos Membros superiores
<b>N</b>	Newtons
<b>NMF</b>	Função Neuromuscular
<b>MTU</b>	Unidade Musculotendinosa
<b>ADM</b>	Amplitude de Movimento
<b>SNC</b>	Sistema nervoso central
<b>EVA</b>	Escala visual analógica
<b>TSP</b>	Soma temporal da dor
<b>MR</b>	Manguito rotador
<b>MCV</b>	Contração voluntária máxima
<b>GTOs</b>	Órgãos tendinosos de Golgi
<b>GU</b>	Articulação glenoumeral
<b>GC</b>	Grupo controle
<b>SLAP</b>	Lesão do lábio superior do tipo ântero-posterior
<b>DMP</b>	Dinamômetro portátil
<b>SDT</b>	Síndrome do desfiladeiro torácico neurológico
<b>MCCT</b>	Tendinopatia calcificada do manguito rotador

<b>SASD</b>	Bursa subacromial-subdeltóidea
<b>AVC</b>	Acidente vascular cerebral
<b>AINES</b>	Anti-inflamatório não esteroides
<b>TCLE</b>	Termo de consentimento livre esclarecido
<b>F.S</b>	Full scale

## **SUMÁRIO**

### **CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA**

<b>1.1 Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva</b>	<b>7</b>
<b>1.2 O manguito rotador</b>	<b>10</b>
<b>1.3 Quantificação de força</b>	<b>15</b>
<b>1.4 Patologias do ombro</b>	<b>17</b>
<b>1.7 Tratamentos</b>	<b>21</b>

### **CAPÍTULO 2: ARTIGO CIENTÍFICO**

<b>Introdução</b>	<b>29</b>
<b>Metodologia</b>	<b>31</b>
<b>Resultados</b>	<b>35</b>
<b>Discussão</b>	<b>38</b>
<b>Conclusão</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>43</b>

## **CAPÍTULO 1: REVISÃO DA LITERATURA**

### **1.1. Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva**

A Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP) é um conceito de exercícios complexos, fundamentada nas teorias de neurofisiologia e desenvolvimento humano. Ela oferece benefícios significativos para a saúde, como a melhora da propriocepção, força muscular, controle motor, equilíbrio e resistência. Essa abordagem parte do pressuposto de que os músculos do corpo estão interligados e podem ser ativados em um padrão coordenado para melhorar o desempenho motor e a funcionalidade (LEE, 2023). Esse método é amplamente usado em reabilitação, promovendo a recuperação e otimizando o desempenho físico. Para aumentar sua eficácia, o FNP combina alongamento e treinamento, utilizando métodos como contração-relaxamento e manter-relaxamento para aprimorar os resultados terapêuticos.(DUAN; GAN; TIAN, 2023)

A FNP se encontra à disposição das estratégias de cinesioterapia e terapia manual para restabelecer a faixa de atividade funcional de pacientes com lesões de tecidos moles e aumentar sua força global, equilíbrio e força muscular coordenada (HWANG; LEE; LIM, 2021).O treinamento FNP utiliza padrões diagonais e espirais, superando a eficácia dos exercícios tradicionais lineares para aprimorar o desempenho físico e funcional (GAO et al., 2022).

Quatro principais mecanismos teóricos são descritos para aumentar a amplitude de movimento (ADM): relaxamento do estresse, controle do portão, inibição autogênica e inibição recíproca. Combinar as quatro estratégias específicas pode potencializar o aumento da amplitude de movimento. Quando a unidade musculotendinosa (MTU) é submetida a um estiramento contínuo, ocorre um fenômeno conhecido como "alívio de tensão ou relaxamento do estresse". Isso reduz a resistência gerada pelo material viscoelástico quando ele reage ao estímulo de estiramento que é causado dentro da MTU. Como o material viscoelástico perde sua capacidade de resistir ao estiramento ao longo do tempo, a MTU aumenta gradualmente em comprimento, uma propriedade que é chamada de "fluência" da MTU.(HINDLE et al., 2012).

A Teoria do Controle de Portão da Dor, proposta por Melzack e Wall em 1965, explica como a dor é processada no sistema nervoso. Segundo essa teoria, a dor é controlada por um "portão" na medula espinhal, que é influenciado pela atividade das fibras nervosas. Existem nociceptores (fibras de dor) e fibras de toque, essas fibras fazem sinapse em duas regiões diferentes dentro do corno dorsal da medula espinhal: células na substância gelatinosa e as células de "transmissão". O modelo propôs que os sinais produzidos em aferentes primários a partir da estimulação da pele eram transmitidos para três regiões dentro da medula espinhal: 1º a substância gelatinosa, 2º a coluna dorsal e 3º um grupo de células que eles chamavam de células de transmissão. Eles propuseram que o portão na medula espinhal é a substância gelatinosa no corno dorsal, que modula a transmissão de informações sensoriais dos neurônios aferentes primários para células de transmissão na medula espinhal. Esse mecanismo de portão é controlado pela atividade nas fibras grandes e pequenas. A atividade das fibras grandes inibe (ou fecha) o portão, enquanto a atividade das fibras pequenas facilita (ou abre) o portão. Quando as fibras de dor são estimuladas, elas enviam sinais para o portão, que pode ser aberto ou fechado dependendo da intensidade do estímulo. Se o portão for aberto, a dor é percebida; se for fechado, a dor é bloqueada. Essa teoria ajuda a explicar por que a dor pode ser influenciada por fatores como a atenção, a ansiedade e a experiência prévia. (MOAYEDI; DAVIS, 2013).

O inibidor autogênico é um mecanismo fisiológico que regula a excitabilidade muscular, reduzindo a contração e facilitando o alongamento. A ativação dos órgãos tendinosos de Golgi desempenha um papel fundamental nesse processo, enviando sinais inibitórios ao sistema nervoso. A técnica de contração estática máxima, utilizada nos alongamentos FNP, busca aproveitar esse efeito autogênico. Embora inicialmente se pensasse que apenas forças altas ativam os receptores de Golgi, estudos demonstraram que forças baixas também são eficazes (SHARMAN; CRESSWELL; RIEK, 2006)). Os órgãos tendinosos de Golgi (GTOs) são sensores que detectam níveis elevados de tensão muscular. Quando essa tensão atinge níveis potencialmente perigosos, eles desencadeiam um reflexo que reduz a



atividade do músculo, promovendo relaxamento (inibidor autogênico) servindo como uma forma de proteção (CHALMERS, 2002)

A inibição recíproca ocorre quando o músculo antagonista é ativado, reduzindo a atividade do músculo agonista na medula espinhal, com padrões de ativação adaptando-se ao propósito ou nível de complexidade do movimento (NAKAGAWA et al., 2024). A execução de movimentos harmônicos exige a coordenação precisa do sistema nervoso. A inibição recíproca é estudada pelo reflexo H, e é reduzida em pacientes com condições neurológicas que afetam o controle motor, como hemiplegia espástica e paralisia cerebral (POMPEU; MATTOS; KOHN, 2009)

A Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva engloba conceitos importantes de alongamento e ganho de flexibilidade muscular, que apresenta influências positivas quanto ao ganho de amplitude de movimento ativa e passiva. Ademais, a FNP é amplamente utilizada como recurso para estimular ganhos de funcionalidade daqueles pacientes de lesões de tecidos moles e aumentar sua força global, equilíbrio e força muscular coordenada. (LIN et al., 2022a)

A irradiação muscular, também conhecida como “educação cruzada” ou “treinamento cruzado”, comumente empregada para recrutamento muscular indireto, pode ser prescrita com segurança para indivíduos incapazes de mover ativamente seus membros acometidos por algum tipo de lesão incapacitante (MENINGRONI et al., 2009). Já é documentado que a influência da FNP é efetiva na redução da dor e no aprimoramento das capacidades funcionais. As técnicas de FNP, sobretudo aquelas que abrangem a ativação recíproca do agonista e do antagonista ao movimento almejado, oferecem o maior potencial para a ativação muscular. Dentre outras modalidades e objetivos de tratamentos, a mobilização articular com FNP apresenta efeito positivo na dor, na força muscular e na ADM (GUIU-TULA et al., 2017)

O treinamento de facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) é geralmente indicado para treinamento de controle sensório-motor. utiliza-se padrões rotacionais de movimento e diferentes técnicas, incluindo estabilização rítmica, reversões dinâmicas, combinação de isotônicos, contrações repetidas e

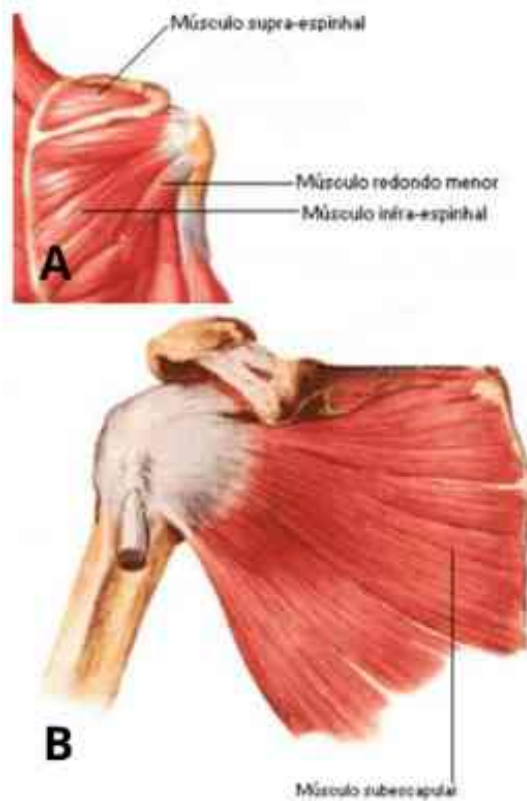
contrair-relaxar, são aplicados para melhorar a flexibilidade, a força muscular e o movimento. Assim, o conceito de FNP é definido para melhorar a coordenação articular, a força muscular, o controle do movimento, a estabilidade e a mobilidade. Seu principal objetivo é atingir o nível funcional mais alto possível. (ARCANJO et al., 2022)

## **1.2 O manguito rotador**

O manguito rotador constitui conjunto fundamental de músculos (subescapular, supraespinhal, infraespinhal e redondo menor). Além disso, o mesmo é constituído por quatro articulações: a articulação glenoumeral (GU), a acromioclavicular, e esternoclavicular e a articulação funcional escapulotorácica. A eficácia do movimento e da função do ombro resulta da colaboração entre os estabilizadores da escápula, o deltóide, o manguito rotador (que inclui os músculos supraespinhal, infraespinhal, redondo menor e subescapular) e os músculos como latíssimo do dorso o peitoral maior. (BLEICHERT et al., 2017)

O mesmo atua para estabilizar dinamicamente e equilibrar a cabeça do úmero em relação à cavidade glenóide, junto aos músculos de região axial (LECH, 2000). A biomecânica do manguito rotador está diretamente relacionada à sua função estabilizadora. Em comparação com articulações como a do quadril, onde a cabeça do fêmur é profundamente encaixada na cavidade acetabular, a articulação do ombro possui uma mecânica mais complexa devido à sua grande amplitude de movimento. A cabeça do úmero é menos estável e mais suscetível a deslocamentos, e é justamente por isso que o manguito rotador desempenha um papel fundamental em manter a centralização da cabeça do úmero na cavidade glenóide. Durante o movimento do ombro, estes músculos trabalham para evitar o deslocamento indesejado da cabeça do úmero, prevenindo assim lesões graves como luxações. Além de sua função estabilizadora, o manguito rotador é crucial para os movimentos do membro superior, como abdução, flexão, extensão e rotação do braço. Essas funções são essenciais não apenas para as atividades diárias, mas também para a execução de movimentos complexos em várias

modalidades esportivas. A disfunção ou lesão do manguito rotador, que pode ocorrer devido a sobrecarga repetitiva, trauma direto ou processos degenerativos, pode resultar em limitações significativas no movimento do manguito rotador e reduzir a qualidade de vida do paciente.(KAPANDJI, 2009, p. 55)



(ANDRADE FILHO; FERREIRA PEREIRA, 2015, p. 23).

**FIGURA 1:**

**A** : ilustra os músculos supra-espinhal, infra-espinhal e redondo menor

**B** : ilustra o músculo subescapular

Além de sua função estabilizadora, o manguito rotador é essencial para a execução de movimentos do membro superior, como abdução, extensão e rotação do braço interna e externa. Essas funções são imprescindíveis tanto para atividades cotidianas quanto para movimentos específicos em diversas modalidades esportivas. As doenças do manguito rotador abrangem um amplo espectro de lesões e patologias com incidência crescente com a idade. Dor com a realização de atividade acima da cabeça (overhead), localizada na região do deltóide, e a perda

da amplitude de movimento ativa do ombro estão entre os sintomas mais comuns (DANG; DAVIES, 2018)

Segundo um estudo de (WATTANAPRAKORNKUL et al., 2011) , mostrou que os músculos do manguito rotador (MR) são recrutados de maneira específica durante os exercícios de flexão e extensão do ombro. Na flexão, observou-se uma ativação significativamente maior dos músculos posteriores, como o supraespinhal e o infraespinhal, que são essenciais para a estabilidade anterior da cabeça do úmero. Em contrapartida, na extensão, o músculo subescapular demonstrou uma maior ativação, o que é crucial para controlar a movimentação posterior do úmero. Essa variação no recrutamento muscular sugere que cada grupo desempenha um papel distinto na estabilização da articulação do ombro, contribuindo para a manutenção da posição adequada da cabeça do úmero durante os movimentos. (WATTANAPRAKORNKUL et al., 2011)

Ademais, em níveis mais altos de elevação do ombro, como na abdução sem suporte, a função estabilizadora do manguito rotador pode ser assumida pelo deltóide, que pode estar mais bem posicionado para estabilizar a cabeça do úmero na fossa glenoidal, permitindo que o manguito rotador execute a rotação interna e externa da articulação glenoumeral. (LEWIS, 2016). Além disso, essa compreensão sobre a ativação muscular pode influenciar diretamente a prática clínica e a reabilitação. A identificação dos padrões de recrutamento pode permitir que fisioterapeutas e treinadores desenvolvam programas de exercícios mais direcionados e eficazes, que visem especificamente a restauração da função do manguito rotador. Assim, ao integrar essa abordagem em protocolos de reabilitação, é possível promover uma recuperação mais eficiente e melhorar os resultados funcionais em pacientes com lesões no ombro.

(CAMERON et al., 2019) realizou um estudo sobre a relação entre a retroversão da glenóide e a força do manguito rotador, concluíram que uma retroversão aumentada da glenóide está associada a um aumento da força do manguito rotador. Este achado sugere que a variação na posição da glenóide pode alterar as forças e momentos de carga sobre a articulação glenoumeral, impactando diretamente na funcionalidade do manguito rotador e, conseqüentemente, no risco

de lesões. Assim, o estudo destaca a importância da análise detalhada da anatomia da glenóide como um fator a ser considerado no diagnóstico e no tratamento das lesões do ombro, especialmente no planejamento cirúrgico para reparação do manguito rotador. (CAMERON et al., 2019)

Contrariamente a essa teoria, DOGAN (2012) e seu grupo, realizaram uma análise comparativa utilizando imagens por ressonância magnética e não encontraram uma relação significativa entre a orientação do eixo glenoidal e as lesões do manguito rotador. Esses resultados sugerem que, embora a morfologia da glenóide seja relevante em alguns casos, a orientação do eixo glenoidal por si só não seria um fator determinante para o desenvolvimento de lesões no manguito. A partir dessa pesquisa, podemos inferir que as lesões do manguito rotador provavelmente são influenciadas por uma combinação de fatores anatômicos, biomecânicos e ambientais, ao invés de depender exclusivamente de uma única variável anatômica. (DOGAN et al., 2012))

Outro estudo relevante, realizado por (SHI et al., 2019) em 2019,, investigou a influência da geometria da escápula na recuperação funcional de pacientes após cirurgia artroscópica do ombro. Os autores observaram que diferentes estruturas geométricas da escápula estão diretamente relacionadas ao tempo e à qualidade da recuperação pós-operatória. Essa descoberta enfatiza a importância de considerar a anatomia individual da escápula ao planejar intervenções cirúrgicas no ombro, pois a variação anatômica pode afetar significativamente o prognóstico do paciente. Além disso, esse estudo contribui para a compreensão de que a variabilidade anatômica não se limita apenas à glenóide, mas também envolve outras estruturas da escápula. ((SHI et al., 2019)

PATZER et al,2019 abordaram um aspecto anatômico específico ao relacionar o ângulo crítico com as lesões SLAP, observando que um ângulo reduzido está significativamente associado ao desenvolvimento dessas lesões. Esse parâmetro tem se mostrado um importante fator de risco para a ocorrência de lesões no lábio glenoidal, sendo útil também na avaliação de lesões do manguito rotador. Essa pesquisa sugere que o ângulo crítico pode ser utilizado para prever outros tipos de lesões, como as lesões SLAP (lesão do lábio superior do tipo

anterior-posterior), oferecendo uma ferramenta adicional para diagnóstico radiográfico. (PATZER et al., 2019)

Além disso, um estudo conduzido por (SONG et al., 2019) complementa essa visão ao destacar o valor deste ângulo como um marcador diagnóstico eficaz para lesões do manguito rotador em radiografias. O estudo demonstrou que ele tem uma alta sensibilidade e especificidade para detectar lesões do manguito, tornando-se um parâmetro anatômico de fácil acesso e de grande valor na avaliação de pacientes com queixas de dor no ombro. Essa descoberta implica que esse marcador pode ser usado como uma ferramenta simples e eficiente na prática clínica, especialmente quando combinado com outros exames de imagem. (SONG et al., 2019)

A prevenção das lesões do manguito rotador é de extrema importância para evitar complicações e melhorar a qualidade de vida dos indivíduos. Estudos comprovam que o exercício terapêutico é uma abordagem eficaz tanto na prevenção quanto no tratamento da tendinopatia do manguito rotador (LITTLEWOOD; MALLIARAS; CHANCE-LARSEN, 2015). Além disso, a reabilitação precoce após a cirurgia de reparo do manguito rotador tem mostrado ser mais eficaz do que a abordagem conservadora, particularmente na prevenção de complicações e na melhoria dos resultados clínicos (MAZUQUIN et al., 2018).

Recentemente, o estudo de (LITTLEWOOD et al., 2021) reforçou a importância da reabilitação precoce como uma estratégia essencial para prevenir complicações após o reparo do manguito rotador. A implementação de uma reabilitação precoce bem orientada tem o potencial de reduzir o risco de rigidez articular e prevenir a re-ruptura do tendão, promovendo a recuperação funcional do paciente. Para que essa abordagem seja bem-sucedida, é fundamental que seja cuidadosamente supervisionada, equilibrando a necessidade de movimento com a proteção adequada do reparo, garantindo uma cicatrização eficiente. Essas evidências ressaltam a importância de estratégias bem planejadas de reabilitação, tanto no tratamento conservador quanto pós-cirúrgico, para maximizar os resultados e minimizar complicações no manejo das lesões do manguito rotador. (LITTLEWOOD et al., 2021).

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

### **1.3 QUANTIFICAÇÃO DE FORÇA**

A avaliação da produção de força muscular é um ponto muito relevante da clínica, sendo de importante consideração para pacientes que podem ter uma doença neurológica e/ou esquelética. Essa informação possibilita compararmos e posteriormente, se o plano de tratamento seguido, podem ser feitas novas avaliações de quantificação de força que podem entregar informações sobre a evolução do paciente, além de se tornar um parâmetro comparativo de um pré e pós tratamento. O dinamômetro de mão é um dispositivo conveniente que pode ser colocado entre a mão do avaliador e a parte do corpo avaliada do paciente, semelhante a como se realizaria um teste de força manual. Ao contrário do teste muscular manual, este fornece uma medição quantificada da força. (STARK et al., 2011)

Os pesquisadores sugerem que o dinamômetro portátil (DMP) é uma ferramenta confiável para medir a força muscular, especialmente quando se realiza múltiplas medições e se utiliza a média dessas medições como parâmetro final. Essa prática reduz a variabilidade dos resultados e aumenta a precisão dos dados encontrados. Além disso, o dinamômetro portátil é consideravelmente mais econômico e apresenta portabilidade que facilita seu uso em diferentes contextos, como em consultórios, hospitais, academias e até mesmo em domicílios. A facilidade de aplicação do DMP, uma vez que seu uso requer menos treinamento

técnico em comparação aos dinamômetros isocinéticos. Essa característica torna o dispositivo mais acessível a profissionais de diversas áreas da saúde, como , ampliando sua aplicabilidade em disciplinas clínicas e programas de reabilitação. Por ser uma ferramenta prática e de custo reduzido, o dinamômetro portátil também incentiva a realização de avaliações de força muscular em larga escala, algo essencial para o monitoramento de condições musculares em populações maiores. Sua utilidade se estende desde o acompanhamento do desempenho atlético até a reabilitação de pacientes com patologias que comprometem a função muscular, como lesões ortopédicas, condições neurológicas ou doenças degenerativas.(CHAMORRO et al., 2021)



**FIGURA 2:** Dinamômetro e algômetro digital da marca Medeor MedTech utilizado para a mensuração da força isométrica.



## **1.4 PATOLOGIAS DO OMBRO**

A patologia do manguito rotador é a principal causa de incapacidade relacionada ao ombro entre pacientes atendidos por cirurgias ortopédicas, com aumento significativo no volume de cirurgias nos últimos anos. As rupturas podem ser divididas em duas categorias principais: agudas e degenerativas. As rupturas agudas geralmente resultam de traumas, como quedas, deslocamento do ombro ou fraturas na clavícula, frequentemente associadas a outros danos estruturais. Já as rupturas degenerativas decorrem do desgaste gradual dos tendões com o avanço da idade, sendo comuns no braço dominante devido ao uso repetitivo. Esse processo de degeneração é agravado por fatores como envelhecimento e atividades que envolvem esforço contínuo ou movimentos acima da cabeça.(WEBER, et al., 2020)

Em pacientes com dor no ombro, é comum que as patologias estejam relacionadas ao manguito rotador e suas estruturas adjacentes, como derrames, bursite, calcificação, tendinopatia e rupturas. Entre essas condições, as rupturas do tendão do manguito rotador se destacam como uma das mais preocupantes, sendo frequentemente associadas a dor intensa, distúrbios do sono e limitações nos movimentos, prejudicando significativamente a funcionalidade do ombro e a qualidade de vida do paciente (CHU et al., 2023).

Em um estudo de TEUNIS mostrou que a frequência de anormalidades no manguito rotador em indivíduos assintomáticos é suficientemente alta para que a degeneração do manguito rotador seja vista como uma parte comum do envelhecimento humano, complicando a identificação de quando uma anormalidade é recente (como após um deslocamento) ou se é responsável pelos sintomas. ((TEUNIS et al., 2014)

Um estudo de (HINSLEY et al., 2022) mostrou que a dor decorrente de lesões no manguito rotador é estimada em 30% a 40% das queixas relacionadas ao ombro, o que leva a altos níveis de incapacidade e custos associados à saúde. O mesmo pontua que o ultrassom de alta definição é o método padrão atual para a identificação de rupturas de espessura total e serve como uma ferramenta eficaz para detectar anormalidades na ênfase do tendão, mas sua precisão para identificar rupturas parciais é inferior. (HINSLEY et al., 2022)

A revisão sistemática realizada por (SAYAMPANATHAN; ANDREW, 2017) tem como objetivo identificar e analisar os fatores de risco associados às rupturas do manguito rotador, com ênfase na importância das variações anatômicas. O estudo destaca que as características anatômicas do ombro desempenham um papel crucial no desenvolvimento de lesões, especialmente quando combinadas com fatores extrínsecos, como o uso excessivo e a sobrecarga mecânica. Os autores apontam que alterações anatômicas no ombro, como a morfologia do acrômio e a estrutura do manguito rotador, são fatores determinantes para a predisposição à ruptura do tendão. O acrômio, uma projeção óssea da escápula que faz parte da articulação do ombro, pode apresentar diferentes tipos de formato (tipicamente classificado em tipo I, II e III), e essa variação pode influenciar diretamente o espaço subacromial. (SAYAMPANATHAN; ANDREW, 2017)

Destacam que os tipos II e III, em que o acrômio tem uma forma mais curva ou espessada, podem reduzir o espaço subacromial, aumentando o risco de compressão e fricção no tendão do manguito rotador durante os movimentos do ombro. Essa compressão repetitiva pode resultar em tendinopatia ou até rupturas do tendão, principalmente em indivíduos com predisposição biomecânica ou aqueles expostos a atividades de sobrecarga, como atletas ou trabalhadores que realizam movimentos repetitivos. Além da morfologia do acrômio, os fatores biomecânicos também são abordados no estudo como componentes anatômicos essenciais para o risco de lesão. A instabilidade glenoumeral, por exemplo, pode predispor o manguito rotador a microtraumas repetitivos, que ao longo do tempo levam à degeneração e rupturas. Os autores explicam que disfunções na cinemática da articulação do ombro, como desbalanceamento muscular entre os músculos do manguito rotador e os músculos parasternais, podem causar alterações na distribuição de forças sobre

o tendão, contribuindo para o seu desgaste progressivo. Essas desordens biomecânicas, quando associadas a alterações anatômicas, formam um ciclo vicioso que acelera a degeneração do manguito rotador e aumenta o risco de lesões. (SAYAMPANATHAN; ANDREW, 2017)

A síndrome do desfiladeiro torácico neurogênico (SDT) corresponde a cerca de 90% de todos os casos de síndrome do desfiladeiro torácico. Geralmente, essa patologia apresenta uma suscetibilidade anatômica com trauma sobreposto, seja agudo ou crônico, e é mais comumente observada em pacientes e atletas com idade entre 20 e 40 anos cujas atividades envolvem movimentos repetitivos. Os pacientes frequentemente relatam dor vaga, parestesia ou fraqueza na extremidade superior (98%). A distribuição do tronco inferior (C8-T1) é mais comumente afetada, com 85% a 90% dos pacientes apresentando sintomas no tronco inferior ou uma combinação de sintomas nos troncos inferior e superior. A dor no trapézio (92%) também é destacada como um sintoma comum. (PATETTA et al., 2021)

A cápsula adesiva, conhecida também como ombro congelado, é uma condição que limita os movimentos da articulação do ombro, comprometendo as atividades cotidianas. É a principal causa de dor na articulação do ombro em pessoas de meia-idade e idosos. Embora a causa exata da cápsula adesiva seja desconhecida sendo denominada como idiopática ou primária. As principais consequências do ombro congelado são espessamento da cápsula articular glenoumeral, contratura e adesão à cabeça do úmero, ao invés de inflamação periartrite sugerindo que o ombro congelado é uma condição mais relacionada a alterações estruturais e mecânicas do que a processos inflamatórios. (LIN et al., 2022)

Saiba-se que a mão não dominante e as mulheres são mais frequentemente afetadas. A condição é mais prevalente na faixa etária de 40 a 70 anos, afetando cerca de 2 a 3% da população. A cápsula adesiva é dividida principalmente em dois tipos: primária e secundária. A capsulite adesiva primária, ou idiopática, caracteriza-se por um início gradual de dor e rigidez na articulação glenoumeral sem causa específica. Por outro lado, a capsulite adesiva secundária é atribuída a vários fatores predisponentes. (NAKANDALA et al., 2021)

A tendinopatia calcificada do manguito rotador (MCCT) é uma condição descrita comum pela presença de depósitos calcificados no manguito rotador (MR) ou na bursa subacromial-subdeltoidea (SASD) quando a calcificação se espalha ao redor dos tendões. Esta condição foi observada em 2,5% a 7,5% dos ombros elevados em adultos, ocorrendo em cerca de 70% dos casos em mulheres, especialmente durante uma quarta e quinta décadas de vida, e parece não estar correlacionada com a atividade física . Em aproximadamente 10% a 20% dos pacientes, os depósitos de calcários são bilaterais. Os depósitos podem ser assintomáticos em 20% dos casos ou causar dor de baixo grau, que pode estar associado a uma restrição aguda ou gradual da amplitude de movimentos. (CHIANCA et al., 2018).

A subluxação do ombro e o desalinhamento da articulação glenoumeral são complicações comuns na hemiparesia pós-AVC. Esta condição é caracterizada pelo deslocamento inferior da cabeça do úmero em relação à cavidade glenóide. Mais de dois terços dos indivíduos podem apresentar subluxação do ombro após um AVC, com uma incidência relatada variando de 17% a 81%. Indivíduos com ombro subluxado frequentemente enfrentam um risco aumentado de dor no ombro. Fatores de risco significativos para a ocorrência da subluxação incluem AVC hemorrágico, déficit proprioceptivo e estágios mais baixos de recuperação. A redução da subluxação do ombro em pacientes com AVC tem sido historicamente desafiadora e pode afetar adversamente a recuperação motora e funcional. O desarranjo biomecânico do complexo do ombro impede movimentos voluntários adequados do braço afetado. Para induzir a reorganização neural necessária para reparar circuitos motores antigos e formar novos, é essencial um sistema musculoesquelético integrado que permita a execução dos movimentos. Assim, apesar da neuroplasticidade favorável através de terapias induzidas ou espontâneas, a recuperação motora do membro parético muitas vezes é limitada .(IDANK et al.1993)

A obesidade é amplamente reconhecida como um fator de risco significativo para as rupturas degenerativas do manguito rotador, com diversos estudos demonstrando uma correlação entre um Índice de Massa Corporal (IMC) elevado e o

aumento do risco de lesões nessa estrutura. Embora os mecanismos exatos ainda não sejam completamente esclarecidos, acredita-se que a obesidade contribua para esse tipo de ruptura devido a alterações nos tendões e músculos, além de uma carga mecânica excessiva sobre a articulação do ombro. A presença de obesidade também está associada a mudanças na secreção de adipocinas, resistência à insulina e inflamação crônica de baixo grau, fatores que podem prejudicar a função muscular e favorecer a atrofia. Além disso, evidências mais recentes indicam uma possível influência genética, com a identificação de genes relacionados ao aumento da atrofia muscular em pacientes com rupturas do manguito rotador, como genes miogênicos e adipogênicos. Esses achados sugerem uma interação complexa entre fatores metabólicos, inflamatórios e genéticos na patogênese dessas lesões. (HERZBERG et al,2024)

O fenótipo da atrofia por desuso muscular é principalmente o resultado de descarga mecânica, que pode ocorrer por meio de falha do tendão, repouso na cama, gesso, suspensão do membro posterior (em roedores) ou outra ativação muscular voluntária diminuída. Lesão ou disfunção nervosa também pode causar atrofia, embora o fenótipo de atrofia na desnervação tenha uma assinatura molecular distinta em comparação ao desuso. Independentemente do evento incitante, a atrofia é caracterizada pelo aumento da rotatividade de proteína contrátil juntamente com a síntese de proteína diminuída, levando a uma redução reversível na capacidade de produção de força muscular. Na doença MR ( Manguito rotador), a atrofia muscular por desuso, na ausência de lesão nervosa, parece dominar a fase inicial da doença de MR. (GIBBONS et al. 2024)

## **1.5 TRATAMENTO**

A literatura atual indica que a prevalência de rupturas do manguito rotador é maior em indivíduos idosos. Segundo a revisão sistemática e meta-análise de BRINDISINO et al., o tratamento conservador é geralmente preferido para pacientes idosos com comorbidades, enquanto intervenções cirúrgicas são recomendadas para pacientes mais jovens. Os autores analisaram 5.267 estudos que comparavam os tratamentos conservador e cirúrgico, avaliando critérios como função, dor, amplitude de movimento e força. Os resultados destacam ambos os tratamentos

como eficazes, embora o tratamento cirúrgico tenha mostrado maior redução da dor e melhora funcional entre 6 e 24 meses. (BRINDISINO et al., 2021)

Essa realidade desencadeia uma série de problemáticas levando a deterioração e maior comprometimento das funções físicas dos pacientes, sem levar em conta os recursos financeiros que são drenados com exames radiológicos, consultas e cirurgias que a patologia exige. Nos EUA, em 2006 foi constatado uma incidência anual de cirurgia do manguito rotador de 98 procedimentos por 100.000 habitantes, com tendência a um aumento com o decorrer dos anos. Os autores deste concluíram que não há evidências o bastante para apontar a cirurgia como opção mais adequada no tratamento de ruptura sintomática do manguito rotador, desta maneira, optando pela defesa de métodos tradicionais como um tratamento conservador através das terapias manuais, eletroterapia e cinesioterapia. (RYÖSÄ et al., 2017)

. De acordo com a literatura, o gênero feminino é considerado um fator prognóstico negativo para lesões do manguito rotador. Estudos longitudinais realizados por OH et al. demonstraram que mulheres com idades superiores a 65 anos apresentam uma correlação significativa com prognóstico negativo. Esses estudos utilizaram instrumentos de avaliação e scores específicos para dor, função e amplitude de movimento, proporcionando uma visão abrangente do impacto do gênero no resultado do tratamento. Além disso, esses achados sugerem que as mulheres idosas podem estar mais propensas a desenvolver complicações ou apresentar resultados menos favoráveis após o tratamento de lesões do manguito rotador. Portanto, é fundamental considerar o gênero como um fator importante na avaliação e no planejamento do tratamento para esses pacientes (OH et al., 2007).

Um estudo realizado no ano de 2021, buscou listar diversas opções de tratamentos de rupturas maciças do manguito rotador, como a literatura mostra, em idosos esses casos são os com pior prognóstico entre idosos. M Francesco et al apontaram que a prevalência de rupturas maciças do manguito rotador é de 40% de todas as rupturas do manguito rotador, e estas também que geralmente exigem um recorrente reparo cirúrgico. Dentre as opções de tratamento para as roturas do manguito há um leque de possibilidades que envolvem todo um comando

multidisciplinar de agentes da área da saúde, como médicos, enfermeiros, fisioterapeutas, nutricionistas entre outros, dentre estas opções podemos citar o tratamento não operatório, desbridamento artroscópico com tenotomia ou tenodese do bíceps, reparo completo ou parcial, aumento de remendo, reconstrução capsular superior, transferência de músculo ou tendão e artroplastia total reversa do ombro.(DI BENEDETTO et al., 2021)

Uma revisão sistemática realizada por S LUKE. et al buscou investigar os fatores que influenciam a decisão de escolha de tratamento invasivo ou conservador de uma ruptura de manguito rotador. Os autores apontam que pode haver uma necessidade de intervenções cirúrgicas mais precoces em casos de fraqueza e incapacidade funcional. Sugeriram assim como outros estudos que os indivíduos idosos são considerados aptos a exposição de cirurgias de reparo precoce , devido ao cenário de alívio algico e melhora da função, apesar de esses mesmo indivíduos terem um prognóstico ruim em casos de roturas extensas, outro estudo mostrou um resultado subjetivo positivo no tratamento de indivíduos com mais de 70 anos, que alcançaram uma melhora na dor e amplitude de movimento, embora haja estudos que sugerem o contrário (OH et al., 2007).

Em casos de tratamento conservador para rupturas do manguito rotador, estudos mostram melhora significativa em 70% a 80% dos pacientes. No entanto, condições associadas como osteoartrite, infiltração gordurosa, tendinopatia e síndrome de impacto subacromial podem afetar o prognóstico a longo prazo. Fatores como idade, grau de lesão e atividade física também influenciam o resultado, tornando necessária uma avaliação personalizada para determinar o melhor plano de tratamento, incluindo fisioterapia, exercícios de fortalecimento e controle da dor .(ZINGG et al., 2007)

O tratamento da tendinopatia do manguito rotador é principalmente conservador. Revisões sistemáticas e meta-análises recentes mostraram evidências baixas ou limitadas de que terapias passivas, como ultrassom terapêutico, terapia por ondas de choque extracorpóreas, terapia a laser de baixa intensidade, estimulação elétrica nervosa transcutânea, terapia de campo eletromagnético pulsado e outras injeções, como plasma rico em plaquetas e injeções de corticoides,

são eficazes para tendinopatia do manguito rotador. Essas terapias passivas funcionam principalmente no alívio dos sintomas e podem não aliviar o estresse mecânico das patologias do tendão. A terapia com exercícios demonstrou ser eficaz na redução da dor e na melhora da função na tendinopatia do manguito rotador. Entretanto, aproximadamente 40% dos pacientes com tendinopatia do manguito rotador não respondem ao tratamento conservador, e mais da metade dos pacientes relatam dor recorrente e persistente a longo prazo. (LEONG et al. 2019)

O tratamento conservador para lesões do manguito rotador é uma abordagem multifacetada que visa aliviar a dor, melhorar a função e prevenir a progressão da lesão. A base desse tratamento envolve o uso de anti-inflamatórios não esteroides para controlar a dor e a inflamação, injeções subacromiais de corticosteróides para reduzir a inflamação e aliviar a dor, e fisioterapia para melhorar a amplitude de movimento, força e função do ombro. No entanto, há divergências na literatura quanto ao foco da reabilitação muscular. Alguns estudos sugerem que o fortalecimento do músculo deltóide anterior é essencial para compensar a fraqueza do manguito rotador, pois o deltóide anterior ajuda a estabilizar o ombro e realizar movimentos de flexão e rotação. Outros estudos ressaltam a importância dos músculos estabilizadores da articulação glenoumeral, como o músculo supraespinhal, infraespinhal e subescapular, que ajudam a manter a estabilidade do ombro e prevenir lesões adicionais. (Collin et al. ,2015).

Há diversas opções de tratamento conservador para o manguito rotador, incluindo exercícios, eletroterapia, acupuntura, terapia manual, injeções, bandagens e hidroterapia. Em geral, essa abordagem é a primeira escolha para pacientes com patologias do manguito, visando evitar a progressão da condição e, posteriormente, a necessidade de cirurgia. Este estudo buscou evidências na literatura sobre os efeitos de exercícios no tratamento de patologias do ombro, concluindo que programas de fortalecimento e alongamento têm benefícios significativos quando incluídos em protocolos de tratamento. (AINSWORTH; LEWIS, 2007)

Um estudo publicado em 2024 por CHEN et al. investigou a prevalência e o tratamento das doenças do manguito rotador, revelando que essas patologias são responsáveis por aproximadamente 70% das dores articulares no ombro. Dentre



essas condições, destacam-se a tendinite do manguito rotador e a síndrome de impacto subacromial, que afetam significativamente a qualidade de vida dos indivíduos. Segundo os autores, mais de 4,5 milhões de pessoas buscam tratamentos para lesões do manguito rotador anualmente. Nesse contexto, a meta-análise realizada sugere que a acupuntura, isolada ou combinada com outras intervenções conservadoras, é uma alternativa eficaz para o tratamento dessas lesões, promovendo melhora significativa nos sintomas álgicos e melhora funcional nos pacientes, além de aumentar a amplitude de movimento em todos os planos, exceto rotação interna, em um período de 3 meses. (ZHANG et al., 2024).

Em 2020, Ribeiro et al. desenvolveram um estudo para investigar a eficácia de dois programas de exercícios voltados para a reabilitação do manguito rotador, após identificarem na literatura lacunas sobre o uso de exercícios nesse contexto. Com base nisso, conduziram uma pesquisa com 78 voluntários, divididos aleatoriamente em dois grupos de 39 participantes. Um grupo realizou exercícios específicos para os músculos do manguito rotador, enquanto o outro focou nos músculos gerais do ombro. Os critérios de avaliação incluíram qualidade de vida, dor, função, crenças de evitação, cinesiofobia, catastrofização da dor, força, amplitude de movimento e satisfação com o tratamento. A análise dos resultados indicou que o programa focado no manguito rotador foi mais eficaz, sugerindo que essa abordagem pode oferecer vantagens significativas, especialmente considerando que a regeneração do tendão é improvável em rupturas degenerativas. Os autores destacaram a importância de programas específicos para a recuperação funcional e redução da dor, com possíveis implicações para práticas clínicas futuras em pacientes com lesões similares.(RIBEIRO; COOLS; CAMARGO, 2020).

Bechay et al. realizaram um estudo comparando tratamentos operatórios e conservadores para tendinopatia calcificada do manguito rotador, descritos pela calcificação no tendão próximo à inserção na tuberosidade maior, que causa desconforto, perda de amplitude de movimento e dor. O tratamento conservador inclui medicamentos, injeções de corticoides, fisioterapia com ondas de choque e ultrassom. A cirurgia, com abordagens artroscópicas ou abertas, foi considerada para casos com sintomas persistentes após seis meses de tratamento conservador

ou quando o uso prolongado de antiinflamatórios não esteróides (AINEs) levou a complicações gastrointestinais, cardiovasculares e renais. Os autores concluíram que ambos os tratamentos são benéficos, sendo o conservador mais eficaz para a maioria dos pacientes é recomendado como primeira linha de tratamento. A cirurgia foi sugerida para indivíduos que não melhoraram com outras modalidades.(BECHAY; LAWRENCE; NAMDARI, 2020)

Uma metanálise examinou os protocolos de tratamento pós-operatório para lesões do manguito rotador e destacou a importância de um período de restrição de atividades de 6 meses, com imobilização do membro, para evitar nova ruptura no local do reparo, melhorar a organização de colágeno e matriz extracelular. No entanto, essa imobilização precoce pode levar a complicações, como rigidez articular, ombro congelado e perda de massa muscular. Para mitigar esses riscos, os autores recomendam o uso de exercícios de amplitude de movimento passivos ou ativos no início do pós-operatório. Outra metanálise publicada em 2013 revelou que uma reabilitação mais agressiva resultou em aumento de amplitude e funcionalidade do ombro em comparação com técnicas tradicionais. Contudo, também destacou os perigos dos movimentos precoces, incluindo reincidência na ruptura e falha no processo cicatricial. Esses estudos sugerem que uma abordagem equilibrada é necessária para otimizar os resultados pós-operatórios, minimizando o risco de complicações e promovendo uma recuperação eficaz.(BANDARA et al., 2021)

## CAPÍTULO 2: ARTIGO CIENTÍFICO

### AVALIAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE FORÇA IRRADIADA PARA O MANGUITO ROTADOR A PARTIR DE ABDUÇÃO E ADUÇÃO DE QUADRIL CONTRA RESISTIDA UTILIZANDO PRINCÍPIOS DA FACILITAÇÃO NEUROMUSCULAR PROPRIOCEPTIVA

*Anna Rocha Machado da Silva<sup>1</sup>, Kaio Tavares dos Santos<sup>1</sup>, Monique Pinto da Silva<sup>1</sup>, Arthur Fernandes Gimenes<sup>2</sup>.*

1. Aluno do Curso de Fisioterapia dos Institutos Superiores de Ensino do CENSA (ISECENSA), Campos dos Goytacazes/RJ.
2. Professor do curso de Fisioterapia dos Institutos Superiores de Ensino do CENSA (ISECENSA), Campos dos Goytacazes/RJ.

#### RESUMO:

**INTRODUÇÃO:** A Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP), é uma técnica eficaz na reabilitação de músculos enfraquecidos, melhorando força, equilíbrio e mobilidade, além de estabilizar o ombro em lesões do manguito rotador. **OBJETIVOS:** Este estudo quantifica o efeito da irradiação muscular da FNP no manguito rotador, minimizando o movimento articular para evitar movimentos do manguito rotador em diferentes ângulos. **METODOLOGIA:** Foram registradas medidas antropométricas dos voluntários, incluindo o membro superior dominante. Durante o teste, os voluntários ficaram em posição de pré-ponte com variação de ângulo para a intervenção, enquanto um terapeuta aplica a técnica nos joelhos. A força foi medida em newtons (N) usando dinamômetros posicionados no punho e lateralmente ao joelho. **RESULTADOS:** Dos dados analisados, foram incluídos valores médios de força irradiada medidos em diferentes condições (CVM-MS, Força MS 90, Força MS 70, Força MI 90 e Força MI 70). Os valores médios variaram de  $65,95 \pm 3,71$  N (Força MS 70) a  $87,08 \pm 5,28$  N (CVM-MS). Os resultados indicam que a força variou conforme as condições, reforçando o impacto do protocolo. **CONCLUSÃO:** O trabalho teve sucesso em quantificar a irradiação gerada através da FNP, a qual demonstrou eficácia ao ativar indiretamente o manguito rotador em ângulos específicos de abdução e adução de quadril contra resistência, promovendo ativação muscular.

**Palavras-chave:** Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva, manguito rotador, Lesões do Manguito Rotador; tendinopatia, bursite, dinamometria manual.

# EVALUATION AND QUANTIFICATION OF IRRADIATED FORCE TO THE ROTATOR CUFF FROM HIP ABDUCTION AND ADDUCTION AGAINST RESISTANCE USING PRINCIPLES OF PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION

## ABSTRACT:

**INTRODUCTION:** Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF), developed by Knott and Kabat, is an effective technique in the rehabilitation of weakened muscles, improving strength, balance, and mobility, in addition to stabilizing the shoulder in rotator cuff injuries. **OBJECTIVES:** This study quantifies the effect of muscular irradiation through PNF on the rotator cuff, minimizing joint movement to avoid rotator cuff movement at different angles. **METHODOLOGY:** Anthropometric measurements of the volunteers were recorded, including the dominant upper limb. During the test, the volunteers were placed in a pre-bridge position with varying angles for the intervention, while a therapist applied the technique to the knees. Force was measured in newtons (N) using dynamometers placed at the wrist and laterally to the knee. **RESULTS:** From the data analyzed, mean values of irradiated force were included for different conditions (CVM-MS, Força MS 90, Força MS 70, Força MI 90, and Força MI 70). The mean values ranged from  $65.95 \pm 3.71$  N (Força MS 70) to  $87.08 \pm 5.28$  N (CVM-MS). The results indicate that force varied across conditions, reinforcing the protocol's impact.

**CONCLUSION:** The study successfully quantified the irradiation generated by FNP, demonstrating its effectiveness in indirectly activating the rotator cuff at specific angles of hip abduction and adduction against resistance, promoting muscle activation..

**Keywords:** Proprioceptive Neuromuscular Facilitation, rotator cuff, rotator cuff injuries, tendinopathy, bursitis, Manual Dynamometry.

## INTRODUÇÃO

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

A FNP é uma importante técnica utilizada como modalidade de reabilitação cinético-funcional à disposição do fisioterapeuta (HINDLE et al., 2012). Engloba conceitos importantes de alongamento e ganho de flexibilidade muscular, que apresenta influências positivas quanto ao ganho de amplitude de movimento ativa e passiva. É amplamente utilizada como recurso para estimular ganhos de funcionalidade daqueles pacientes de lesões de tecidos moles e aumentar sua força global, equilíbrio e força muscular coordenada. (LIN et al., 2022a)

A irradiação muscular, também conhecida como “educação cruzada” ou “treinamento cruzado”, comumente empregada para recrutamento muscular indireto, pode ser prescrita com segurança para indivíduos incapazes de mover ativamente seus membros acometidos por algum tipo de lesão incapacitante (MENINGRONI et al., 2009). Já é documentado que a influência da FNP é efetiva na redução da dor e no aprimoramento das capacidades funcionais. As técnicas de FNP, sobretudo aquelas que abrangem a ativação recíproca do agonista e do antagonista ao movimento almejado, oferecem o maior potencial para a ativação muscular. Dentre outras modalidades e objetivos de tratamentos, a mobilização articular com FNP apresenta efeito positivo na dor, na força muscular e na ADM (GUIU-TULA et al., 2017).

O manguito rotador constitui conjunto fundamental de músculos (subescapular, supraespinhal, infraespinhal e redondo menor) do complexo articular

glenoumeral, responsáveis por garantir tanto a estabilidade quanto a mobilidade adequada do ombro (DANG; DAVIES, 2018). O mesmo atua para estabilizar dinamicamente e equilibrar a cabeça do úmero em relação à cavidade glenóide, junto aos músculos de região axial (LECH; VALENZUELA NETO; SEVERO, 2000). As doenças do manguito rotador abrangem um amplo espectro de lesões e patologias com incidência crescente com a idade. Dor com a realização de atividade acima da cabeça (*overhead*), localizada na região do deltóide, e a perda da amplitude de movimento ativa do ombro estão entre os sintomas mais comuns (DANG; DAVIES, 2018).

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

Uma vez que existe relação favorável à aplicação das técnicas de FNP durante o tratamento de reabilitação fisioterapêutica das patologias que afetam os tendões do manguito rotador, este estudo tem por objetivo quantificar o efeito da irradiação muscular (educação cruzada) preconizada pela FNP para determinar o nível de carga que a técnica pode exercer sobre o manguito rotador, enquanto minimiza o movimento articular buscando evitar dores relacionados à movimentação ativa de ombro.

## METODOLOGIA

Este foi um estudo clínico transversal, com 20 voluntários do sexo masculino, sedentários, com idade entre 18 e 30 anos e índice de massa corpórea (IMC) normal e sobrepeso, entre 18,5 Kg/m<sup>2</sup> e 29,9 Kg/m<sup>2</sup>. Os voluntários foram recrutados por conveniência. Foram excluídos os voluntários portadores de doença cardíaca (cardiomiopatia), indivíduos IMC >30,0 Kg/m<sup>2</sup>, que possuísem dismetria de membros inferiores, com histórico de trauma osteomioarticular recente ou que já se submeteram a algum procedimento cirúrgico ortopédico.

O estudo foi realizado no Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Neuromusculoesquelética (LAPEFIN) do ISECENSA, dos Institutos Superiores de Ensino do CENSA (ISECENSA), Campos dos Goytacazes/RJ. , iniciado no ano de 2024, com continuidade e conclusão no ano de 2024. O trabalho de coleta de dados compreende uma avaliação dinamométrica para quantificação de força irradiada para o manguito rotador utilizando o conceito de educação cruzada, como observada pelos princípios da FNP (facilitação neuromuscular proprioceptiva).

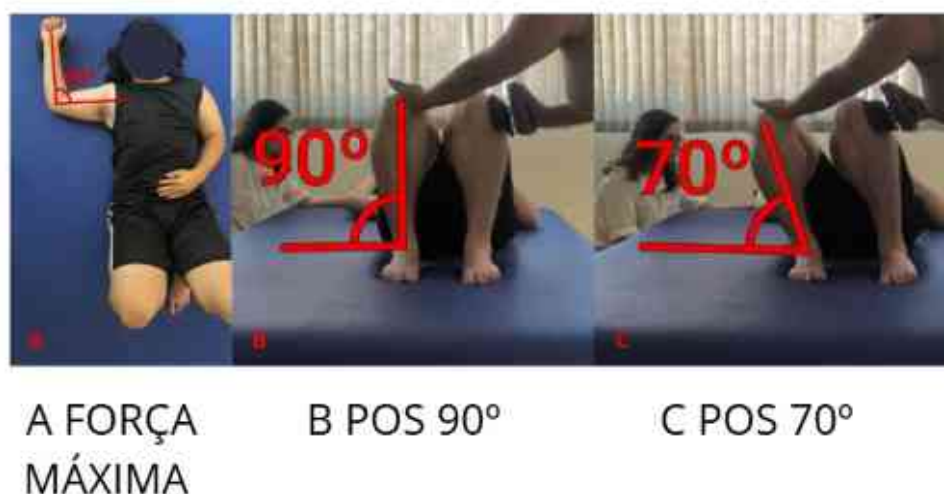
O estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa dos Institutos Superiores de Ensino do CENSA (ISECENSA). Os voluntários foram apresentados ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e os procedimentos experimentais tiveram início somente após o consentimento verbal e a assinatura do mesmo, conforme aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa registrado sob o protocolo CAAE 80617424.0.0000.5524

No momento de primeiro contato com o voluntário, foram tomadas suas medidas antropométricas com o uso de uma balança mecânica com estadiômetro para registrar as informações de medida da massa corporal (kg) e estatura (cm) para posterior determinação do Índice de massa corporal (IMC) e medida de membros inferiores, realizada com fita métrica a partir da espinha íliaca ântero superior até o maléolo medial. Também foi anotado o membro superior dominante segundo relato de cada indivíduo. Os voluntários não possuíam qualquer

familiaridade com o método da FNP, para minimizar o risco de viés foram instruídos a não realizar quaisquer tipo de atividades físicas num período de 24h antes da avaliação.

Após o período de 24h da coleta de dados antropométricos, foi realizada a intervenção proposta. Para a coleta de dados, o voluntário foi posicionado em decúbito dorsal, numa posição de pré ponte, isto é, com os dois joelhos em flexão máxima, quadris também fletidos, pés apoiados na maca e o braço dominante (ponto para onde será irradiada a força aplicada) em abdução de 90° com rotação externa, com o punho deste mesmo braço sobre um dinamômetro.

Duas posições iniciais (P90° e P70°) foram utilizadas para realizar a intervenção: na primeira posição o paciente, em pré ponte, permanece com a linha média entre os joelhos posicionadas perpendicularmente à maca; na segunda posição, este mesmo ponto foi colocado sob um ângulo de 70° em relação à linha da maca, de modo que os MMII estavam em abdução e adução de quadril para o lado homolateral àquele cujo membro superior (lado dominante do voluntário) se mantinha em abdução de 90° com rotação externa de glenoumeral.



**FIGURA 1:**



Na posição **A** conforme a figura acima representa a força máxima onde o voluntário se posiciona em decúbito dorsal, numa posição de pré ponte, com os dois joelhos em flexão máxima, quadris também fletidos, pés apoiados na maca e o braço dominante em abdução de 90° com rotação externa, com o punho deste mesmo braço sobre um dinamômetro, ponto para onde será aplicada a força.

Na posição **B** representa o posicionamento de 90° onde o voluntário se posiciona em decúbito dorsal, numa posição de pré ponte, com a linha média entre os joelhos posicionadas, quadris também fletidos, pés apoiados na maca e o braço dominante (ponto para onde será irradiada a força aplicada) em abdução de 90° com rotação externa, com o punho deste mesmo braço sobre um dinamômetro. Na mão posicionada lateralmente ao joelho contralateral ao membro superior em abdução, o terapeuta através de um dinamômetro irá quantificar a força gerada da rotação de quadril.

Na posição **C** representa o posicionamento de 70° onde o voluntário se posiciona em decúbito dorsal, numa posição de pré ponte em um ângulo de 70° , quadris também fletidos, pés apoiados na maca e o braço dominante (ponto para onde será irradiada a força aplicada) em em abdução de 90° com rotação externa, com o punho deste mesmo braço sobre um dinamômetro. Na mão posicionada lateralmente ao joelho contralateral ao membro superior em abdução, o terapeuta através de um dinamômetro irá quantificar a força gerada da rotação de quadril.

No momento da aplicação da técnica, o terapeuta com uma mão posicionada lateralmente ao joelho do hemicorpo oposto ao do membro superior em abdução e medialmente ao joelho homolateral ao braço abduzido. (O vetor dessa força se encontra ilustrado na figura 1). Na mão posicionada lateralmente ao joelho contralateral ao membro superior em abdução, o terapeuta através de um dinamômetro buscou, no entanto, empregar a mesma carga aos dois joelhos; para tanto, apenas um terapeuta ficou responsável, após treinamento, por exercer essa função visando diminuir riscos de viés.

A técnica foi aplicada durante 10 segundos, por três vezes para cada posicionamento (POS 90° e POS 70°), com um intervalo de dois minutos entre cada

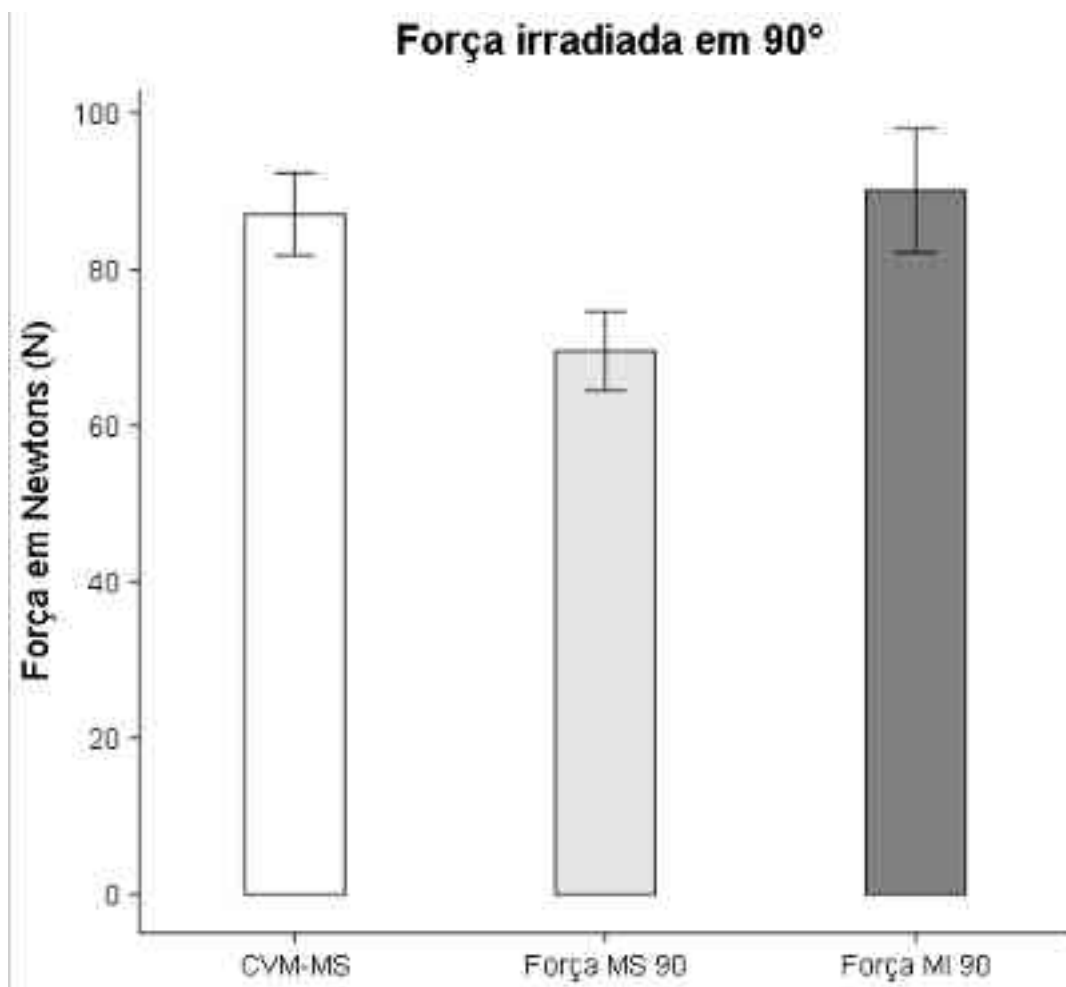
repetição. A força medida pelos dinamômetros no ponto de aplicação da resistência pelo terapeuta (*input* de força) e sob o punho do membro superior dominante do voluntário (*output* de força) foi coletada em newtons (N).

No presente estudo, utilizamos o dinamômetro digital da Medeor Tech para a avaliação das forças irradiadas nos diferentes ângulos de abdução e adução de quadril, com o objetivo de mensurar a irradiação aplicada no manguito rotador durante a aplicação dos princípios da facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP). Este equipamento foi escolhido por sua precisão e confiabilidade na medição de força isométrica, características essenciais para garantir a validade dos dados coletados. O dinamômetro digital Medeor Tech possui as seguintes especificações técnicas: capacidade máxima de medição de até 300 Newtons, resolução de 0,1 N, precisão de  $\pm 0,5\%$  F.S. (Full Scale), display digital de fácil leitura com retroiluminação, função de registro de pico de força, interface USB para exportação de dados, e bateria recarregável com autonomia de até 10 horas de uso contínuo. Além disso, o equipamento é portátil e ergonômico, facilitando sua aplicação em diferentes posições de avaliação, como o posicionamento necessário para os testes realizados neste estudo. A utilização do dinamômetro digital da Medeor Tech garantiu maior precisão e padronização nas medições, contribuindo para a obtenção de resultados confiáveis e reproduzíveis, fundamentais para a análise estatística e interpretação clínica dos dados.

Para o tratamento estatístico dos dados será utilizado o teste de normalidade Shapiro Wilk para analisar e determinar a distribuição das amostras, buscando o resultado de uma distribuição normal ( $p < 0,05$ ). Na análise de variância estatística será utilizado o teste Two Way ANOVA com post hoc de Tukey, com  $\alpha = 5\%$

## RESULTADOS

O gráfico apresenta os valores médios e o desvio padrão das forças irradiadas em diferentes condições experimentais: CVM-MS (Contração Voluntária Máxima do Membro Superior), Força MS 90, Força MI 90. Os valores médios para essas condições são, respectivamente, 87,07 N, 65,9 N e 83,14 N, conforme o resumo dos dados.

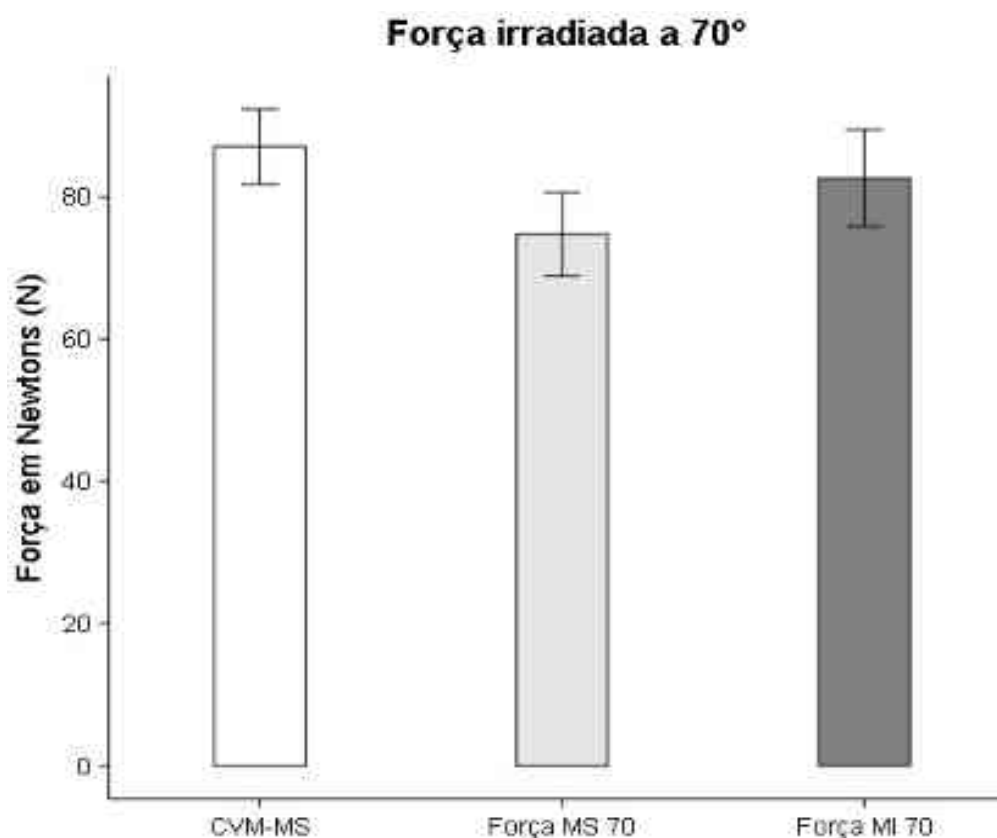


**FIGURA 2:** Gráfico de barras revela que não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre a contração voluntária máxima e o ângulo de 90°.

Este gráfico mostra a força irradiada (em Newtons) em um ângulo de 90°. CVM-MS (Contração máxima voluntária dos membros superiores): exibe força em torno de 87,7 N. Força MS 90 (Força dos membros superiores a 90°): apresenta

uma força reduzida, em torno de 65,9 N. Força MI 90 (Força dos membros inferiores a 90°): apresenta a maior força, atingindo aproximadamente 83,14 N.

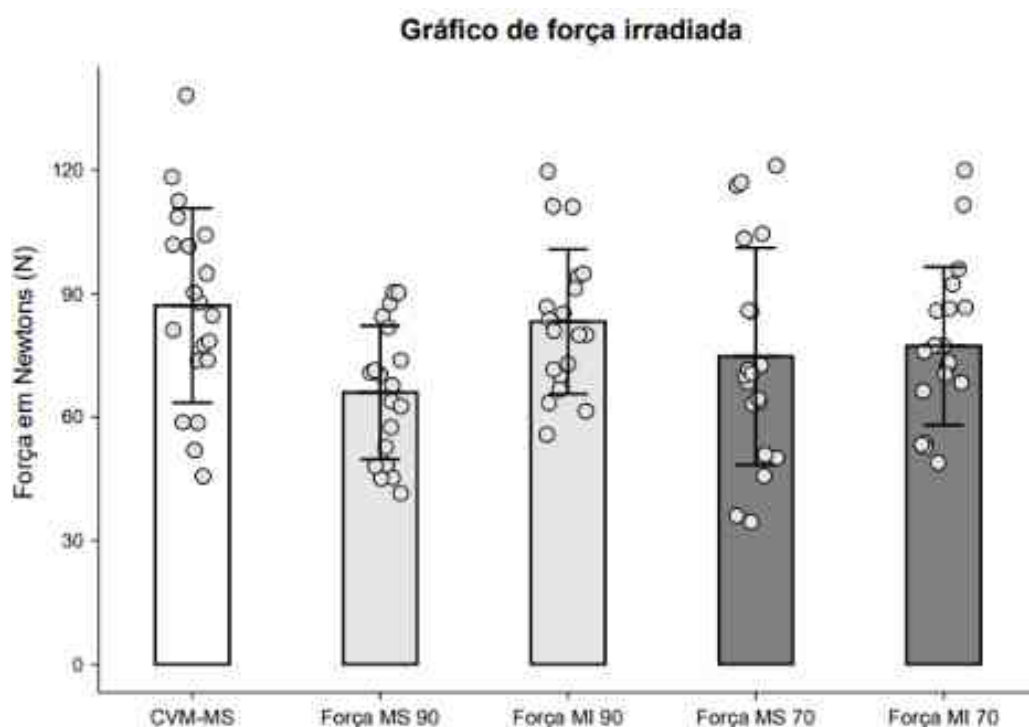
Força MI em 90° é maior que a força irradiada, indicando que os membros inferiores a 90° geram menos força irradiada para o membro superior se comparada com a contração voluntária máxima .



**FIGURA 3:** Gráfico de barras revela que não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre a contração voluntária máxima e o ângulo de 70°.

O gráfico apresenta a força irradiada medida em Newtons (N) em um ângulo de 70°. CVM-MS (Contração máxima voluntária dos membros superiores): apresenta a maior força irradiada, superior a 87,7 N. A Força MS 70° (Força dos membros superiores a 70°): apresenta uma força menor, em torno de 74,72 N. A Força MI 70° (Força dos membros inferiores a 70°): tem um valor similar ao Força MS 77,25 N ligeiramente superior.

A análise de variância (ANOVA) revelou que não houve diferenças significativas entre os grupos ( $F(4, 92) = 2,89$ ;  $p = 0,026$ ), indicando que a força irradiada varia dependendo da condição analisada. O teste post-hoc de comparações múltiplas (Tukey) identificou diferenças estatisticamente significativas entre CVM-MS e Força MS 90 ( $p = 0,01$ ), enquanto as demais comparações não apresentaram significância estatística. O desvio padrão variou entre as condições, com os menores valores observados para Força MS 90 (3,71 N) e os maiores para Força MS 70 (5,89 N).



**FIGURA 4:** Gráfico de barras revela que foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos analisados

Esses resultados indicam que a força irradiada é influenciada pela intensidade e pelo local da aplicação, com destaque para a diferença significativa entre a CVM-MS e a Força MS 90. A variabilidade nos valores médios sugere diferenças na ativação muscular ou nos mecanismos de transferência de força entre os membros superiores e inferiores, bem como entre diferentes níveis de

intensidade. O desvio padrão moderado reflete certa consistência entre os dados, mas também indica variações individuais nas respostas dos participantes. Ou seja, ao realizar a FNP no ângulo de 70°, observou-se que a força aplicada foi proporcionalmente semelhante à força irradiada, com valores próximos aos obtidos na Contração Voluntária Máxima (CVM). Esse resultado sugere que, nesse ângulo, há uma maior eficiência na transferência de força, favorecendo uma ativação muscular mais equilibrada entre a força exercida e a força transmitida para o manguito rotador. Em contrapartida, no ângulo de 90°, apesar de ser necessária uma força significativamente maior para a execução do movimento, a irradiação de força para o manguito rotador mostrou-se inferior em comparação com a CVM. Esse comportamento indica que, embora o esforço para gerar a contração seja elevado, a eficiência na transmissão da força para o manguito rotador é reduzida, o que pode limitar a ativação muscular e comprometer a estabilidade articular nessa posição específica. Esses achados reforçam a importância de considerar o ângulo de aplicação da força em estratégias de reabilitação e treinamento, especialmente em pacientes com disfunções no ombro.

## **DISCUSSÃO**

Os resultados mostram que os movimentos em POS 90° e POS 70° de abdução e adução de quadril contra resistida geram força irradiada em rotação externa de glenoumeral em POS 90°, respectivamente. Além disso, é notório que a força que é gerada é equivalente à força que é aplicada. Valores consideráveis de força foram medidos em decorrência da ativação muscular indireta dos grupos musculares responsáveis por tal ação, tanto em homens sedentários, no peso ideal e acima do peso. Portanto, o conceito FNP possibilita a realização de ativação da musculatura do ombro que não podem ser ativados sem que haja reação dolorosa ou restrição de amplitude como em casos de capsulite adesiva, luxação de glenoumeral ou lesões no manguito rotador que limitam o movimento do ombro. (TEDLA; SANGADALA, 2019)

A aplicação da força durante o PNF nos ângulos de 90° e 70° demonstrou ser proporcional em ambos os momentos. Essa abordagem foi comparada à força que seria gerada no manguito rotador durante um exercício de força máxima

isocinética realizada diretamente no grupo muscular (BARROSO et al., 2012). O FNP permitiu alcançar essa geração de força sem necessidade de uma amplitude de movimento ativa, o que reduz significativamente as chances de dor durante a execução do movimento (SHARMAN; CRESSWELL; RIEK, 2006) . Isso torna a FNP uma estratégia eficaz de fortalecimento para uma ampla variedade de patologias como capsulite adesiva, luxação glenoumeral e lesões no manguito rotador que limitam o movimento do ombro, frequentemente associadas à fraqueza muscular.

Na literatura, não foram encontrados estudos que realizaram a quantificação da força irradiada para o manguito rotador por meio da técnica de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP), tampouco que comparassem diferentes posicionamentos durante a aplicação da FNP para avaliar possíveis variações na irradiação gerada. No entanto, existem diversos artigos disponíveis que comparam a FNP com outras técnicas. A FNP é uma abordagem amplamente versátil, utilizada no tratamento de várias patologias e sintomas, como lombalgia, perda de equilíbrio, redução da força muscular e muitas outras condições clínicas. Um estudo conduzido por Hatice em crianças com paralisia cerebral evidenciou que, após 8 semanas de tratamento com os princípios da FNP, houve melhorias significativas no controle do tronco, nas habilidades funcionais dos membros superiores, na força muscular proximal seletiva e na força de preensão dos membros superiores distais.(HATICE, 2024).

A literatura evidencia que as contrações isométricas aumentam a tolerância à dor em participantes jovens e saudáveis. Além disso, demonstramos redução da soma temporal da dor em indivíduos saudáveis até 15 minutos após o exercício, o que sugere a participação de mecanismos centrais na hipoalgesia causada pelo exercício, que se relaciona diretamente com a capacidade do FNP, que atua utilizando padrões diagonais de movimento que envolvem múltiplas articulações e planos de movimento, estimulando diversas áreas do SNC responsáveis pelo controle motor.(RODRIGUES DA SILVA BARROS et al., 2023). Essa redução na soma temporal reforça o potencial do exercício isométrico como uma ferramenta de reabilitação, especialmente para abordagens que visam tanto os mecanismos periféricos quanto os centrais.(VAEGTER; HANDBERG; GRAVEN-NIELSEN, 2015)

A natureza da contração isométrica influencia o feedback aferente, que é uma fonte de entrada sináptica que afeta o tempo até a falha da tarefa. Apesar da ação isométrica ser caracterizada pela ausência de movimento articular, critério importante para o atual estudo, podemos distinguir entre os dois tipos de ação muscular isométrica a seguir: empurrar (trabalhar contra uma resistência estável) e segurar (resistir a uma força de impacto) . Embora em ambos os casos nenhum movimento seja realizado, existem algumas diferenças entre as duas ações isométricas, com a distinção mais comumente relatada sendo o tempo até a falha da tarefa (ou seja, a duração da manutenção da posição ou da tarefa de força). Curiosamente, o empurrão isométrico leva a um tempo prolongado até a falha da tarefa quando comparado à sustentação isométrica em diferentes músculos.

O artigo citado no capítulo 1.1 (LEE, 2023) investigou o efeito da Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP) em pacientes com doença de Parkinson, foram observadas diferenças estatisticamente significativas em todos os parâmetros avaliados entre o grupo submetido à FNP. o estudo compara FNP com estimulação elétrica funcional (FES). O treinamento com FNP estimulou significativamente o desenvolvimento motor e a coordenação neuromuscular, resultando em melhorias na estabilidade postural e locomoção dos pacientes.

Um estudo sobre FNP em jogadores de handebol utilizou o método de FNP para investigar o aumento da força de manguito através do mesmo. o estudo experimental incluiu 18 atletas de handebol do sexo masculino com idade média de  $14 \pm 1,13$  anos. Os atletas foram divididos em dois grupos: grupo controle (GC) e grupo método Kabat. O grupo controle (GC) continuou com sua rotina de treinamento proposta por seu treinador sendo composta por um conjunto de exercícios de aquecimento e uma sessão de treinamento que compreendia exercícios e exercícios táticos, já O grupo Kabat fez a sessão Kabat e entrou no treinamento logo após os exercícios de aquecimento. Os resultados mostraram que o Grupo de Intervenção apresentou melhoria significativa na rotação externa do ombro, força muscular em todos os músculos do complexo do ombro e velocidade/precisão do arremesso. Já o Grupo Controle apresentou aumento de força muscular, mas não em todos os músculos, sem melhorias significativas em outros parâmetros. concluiu-se que a Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva foi



uma excelente técnica para o treinamento de força muscular, favorecendo os ganhos de força muscular de forma mais abrangente e sinérgica. (NOBRE et al., 2020)

O uso do ângulo de 90° foi relatado como o mais confortável para os voluntários, gerando menor nível de força muscular irradiada que o ângulo de 70°. Esta descoberta é significativa, pois sugere que a escolha do ângulo pode não apenas influenciar a eficácia do exercício, mas também melhorar a aceitação e a adesão aos programas de exercícios, visto que a técnica FNP prioriza esses movimentos diagonais como parte dos objetivos de reabilitação, permitindo aos pacientes recuperar a percepção e o controle da área afetada ao controlar e relaxar durante o tratamento (AREEUDOMWONG et al., 2017). Esse conforto e eficácia são fundamentais para promover a participação contínua em atividades físicas, especialmente em programas de reabilitação ou treinamento. Esses benefícios são evidenciados pela restauração significativa na capacidade dos pacientes de realizar atividades diárias, contribuindo diretamente para sua recuperação. (BRADLEY; OLSEN; PORTAS, 2007)

A adaptação do ângulo de 90° pode ser particularmente benéfica para indivíduos com limitações físicas ou dor, proporcionando uma experiência mais confortável durante a realização dos exercícios. Além disso, a comparação entre diferentes ângulos no contexto da FNP pode oferecer insights valiosos sobre a otimização do protocolo de exercício para maximizar os benefícios terapêuticos (LIN et al., 2022b). Isso pode incluir ajustes na intensidade, duração e frequência dos exercícios, considerando as preferências individuais e os objetivos de tratamento (GUNNING; USZYNSKI, 2019). Futuros estudos poderiam explorar como diferentes posturas corporais influenciam a medição da força muscular. Além disso, seria interessante investigar métodos alternativos de medição de força que complementam o dinamômetro, permitindo uma análise mais abrangente e precisa dos resultados. Estudos longitudinais também são recomendados para avaliar como a força muscular varia ao longo do tempo em diferentes ângulos e condições (KRUSE et al., 2023)

É importante destacar que o estudo possui limitações que podem ser abordadas em futuras pesquisas, contribuindo para aumentar a sua credibilidade. Entre as possibilidades de aprimoramento, está a ampliação do número de voluntários, o que fortaleceria a representatividade dos resultados. Além disso, intervenções mais detalhadas poderiam incluir o uso de eletromiografia transcutânea para medir a atividade elétrica tanto da musculatura que gera a força quanto da que sofre irradiação, aliadas à dinamometria para quantificar a força gerada e irradiada. Essas estratégias podem trazer maior precisão e confiabilidade aos resultados, elevando a robustez científica do estudo.(LEUTEREN et al. 2019)

Poucos estudos que fornecem valores de referência para a força muscular gerada e irradiada obtida através da dinamometria manual. Tais valores são essenciais para fins de comparação entre diferentes posicionamentos dentro da FNP, como estabelecer o grau em que a força de um indivíduo. Bohannon et al sugerem que as quantificações são confiáveis e que os valores podem ser empregados em um ambiente clínico.(BOHANNON, 1997)Os tratamentos baseados em exercícios são apenas um tipo dos muitos tratamentos disponíveis para tendinopatias e outras patologias, o presente estudo utilizou-se contrações isométricas dentro do FNP. (RIO et al., 2017)

## **CONCLUSÃO**

Concluimos que através desse que a eficiência da transmissão de força para o manguito rotador é influenciada pelo ângulo de aplicação da força. No ângulo de 70°, a força irradiada foi proporcional à força aplicada, aproximando-se da Contração Voluntária Máxima (CVM), o que indicou uma ativação muscular mais equilibrada e eficiente. Em contrapartida, no ângulo de 90°, embora fosse necessária uma maior força para a execução, a irradiação de força foi inferior à CVM, sugerindo uma eficiência reduzida na transferência de força. Esses achados destacam a importância de escolher adequadamente os ângulos de aplicação de força em protocolos de reabilitação e treinamento, com o objetivo de otimizar a ativação muscular e melhorar a estabilidade articular, especialmente em pacientes com lesões ou disfunções do manguito rotador.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AINSWORTH, R.; LEWIS, J. S. Exercise therapy for the conservative management of full thickness tears of the rotator cuff: a systematic review. **British journal of sports medicine**, v. 41, n. 4, p. 200–210, abr. 2007.

ARCANJO, F. L. et al. Proprioceptive neuromuscular facilitation training reduces pain and disability in individuals with chronic low back pain: A systematic review and meta-analysis. **Complementary therapies in clinical practice**, v. 46, p. 101505, fev. 2022.

AREUDOMWONG, P. et al. A randomized controlled trial on the long-term effects of proprioceptive neuromuscular facilitation training, on pain-related outcomes and back muscle activity, in patients with chronic low back pain. **Musculoskeletal care**, v. 15, n. 3, p. 218–229, set. 2017.

BANDARA, U. et al. Rehabilitation protocols following rotator cuff repair: a meta-analysis of current evidence. **ANZ journal of surgery**, v. 91, n. 12, p. 2773–2779, dez. 2021.

BARROSO, R. et al. Maximal strength, number of repetitions, and total volume are differently affected by static-, ballistic-, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 26, n. 9, p. 2432–2437, set. 2012.

BECHAY, J.; LAWRENCE, C.; NAMDARI, S. Calcific tendinopathy of the rotator cuff: a review of operative versus nonoperative management. **The Physician and Sportsmedicine**, 2 jul. 2020.

BLEICHERT, S. et al. Rehabilitation of symptomatic atraumatic degenerative rotator cuff tears: A clinical commentary on assessment and management. **Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists**, v. 30, n. 2, p. 125–135, Apr-Jun 2017.

BOHANNON, R. W. Reference values for extremity muscle strength obtained by hand-held dynamometry from adults aged 20 to 79 years. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 78, n. 1, p. 26–32, 1 jan. 1997.

BRADLEY, P. S.; OLSEN, P. D.; PORTAS, M. D. The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 21, n. 1, p. 223–226, fev. 2007.

BRINDISINO, F. et al. Rotator cuff repair vs. nonoperative treatment: a systematic review with meta-analysis. **Journal of shoulder and elbow surgery**, v. 30, n. 11, p.

2648–2659, nov. 2021.

CAMERON, K. L. et al. Increased Glenoid Retroversion Is Associated With Increased Rotator Cuff Strength in the Shoulder. **The American journal of sports medicine**, v. 47, n. 8, p. 1893–1900, jul. 2019.

COLLIN, P.G.; GANHE, S.; NGUYEN HUU, F.; LÄDERMANN, A. A reabilitação é eficaz em rupturas extensas do manguito rotador? **Ortopedia e Traumatologia: Cirurgia e Pesquisa** .2015.

CHALMERS, G. Do Golgi tendon organs really inhibit muscle activity at high force levels to save muscles from injury, and adapt with strength training? **Sports biomechanics**, v. 1, n. 2, p. 239–249, jul. 2002.

CHALMERS, GORDON. Do Golgi tendon organs really inhibit muscle activity at high force levels to save muscles from injury, and adapt with strength training? **Sports Biomechanics**, v. 1, n. 2, p. 239–249, 2002

CHIANCA, V. et al. Rotator cuff calcific tendinopathy: from diagnosis to treatment. **Acta bio-medica: Atenei Parmensis**, v. 89, n. 1-S, p. 186–196, 19 jan. 2018.

CHEN, Jian-Ge; ZHANG, Hai-Ning; WANG, Xiao-Yu; SHUN, Fã de; BAO, Um; LI, Hua-Nan; WANG, Jin-Gui. Comparison of the efficacy between acupuncture and other modalities in the treatment of rotator cuff disorders: A meta-analysis of randomized clinical trials. **American Journal of Translational Research**, November 2024.

CHU, P.-C. et al. The impact of shoulder pathologies on job discontinuation and return to work: a pilot ultrasonographic investigation. **European journal of physical and rehabilitation medicine**, v. 59, n. 5, p. 564–575, out. 2023.

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

DI BENEDETTO, P. et al. Treatment options for massive rotator cuff tears: a narrative review. **Acta bio-medica : Atenei Parmensis**, v. 92, n. S3, p. e2021026, 26 jul. 2021.

DOGAN, M. et al. Glenoid axis is not related with rotator cuff tears--a magnetic resonance imaging comparative study. **International orthopaedics**, v. 36, n. 3, p. 595–598, mar. 2012.

DUAN, Y.; GAN, W.; TIAN, M. Impacts of the pnf technique on flexibility and strength in martial arts athletes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 29, p. e2023\_0017, 7 abr. 2023.

GAO, P. et al. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation in treating chronic low back pain: A systematic review and meta-analysis. **Journal of back and musculoskeletal rehabilitation**, v. 35, n. 1, p. 21–33, 2022.

GIBBONS, Michael C.; SINGH, Anshuman; ENGLER, Adam J.; WARD, Samuel R. The role of mechanobiology in progression of rotator cuff muscle pathology. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 38, n. 7, p. 1407-1415, 2024

GUIU-TULA, F. X. et al. The Efficacy of the proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) approach in stroke rehabilitation to improve basic activities of daily living and quality of life: a systematic review and meta-analysis protocol. **BMJ open**, v. 7, n. 12, p. e016739, 12 dez. 2017.

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

HERZBERG, G. et al. The functional outcomes of patients undergoing rotator cuff repairs: a systematic review. **International Orthopaedics**, v. 36, n. 3, p. 455-464, 2012.

HERZBERG, S.; et al. Obesity is associated with muscle atrophy in rotator cuff tear. **BMJ Open Sport & Exercise Medicine**, v. 10, p. e001993, 2024.

HINDLE, K. B. et al. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF): Its Mechanisms and Effects on Range of Motion and Muscular Function. **Journal of human kinetics**, v. 31, p. 105–113, mar. 2012.

HINSLEY, H. et al. Prevalence of rotator cuff tendon tears and symptoms in a Chingford general population cohort, and the resultant impact on UK health services: a cross-sectional observational study. **BMJ open**, v. 12, n. 9, p. e059175, 13 set. 2022.

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

IDANK, D. M.; ZOROWITZ, R. D.; IKAI, T.; et al. Shoulder subluxation after stroke: A comparison of four supports. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 74, n. 12, p. 1235-1239, 1993

KAPANDJI, A. I. **Physiology of the Joints - Shoulder, Elbow, Prono-supination, Wrist, Hand**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

KRUSE, A. et al. Eight weeks of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching and static stretching do not affect muscle-tendon properties, muscle strength, and joint function in children with spastic cerebral palsy. **Clinical biomechanics**, v. 107, p. 106011, jul. 2023.

LECH, O.; VALENZUELA NETO, C.; SEVERO, A. Tratamento conservador das lesões parciais e completas do manguito rotador. **Acta ortopedica brasileira**, v. 8, n. 3, p. 144–156, set. 2000.

LEE, B.-K.; LEE, B.-K. Effects of the combined PNF and deep breathing exercises on

the ROM and the VAS score of a frozen shoulder patient: Single case study. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 11, n. 5, p. 276–281, 30 out. 2015.

LEE, J. H. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation on components of functional physical activity in patients with Parkinson's disease. **Journal of medical pharmaceutical and allied sciences**, v. 12, n. 2, p. 5768–5774, 30 abr. 2023.

LEUTEREN, R. W., HUTTEN, G. J., C. G. Waal, Dixon, P., V JONGH, F. H. Processamento de medidas eletromiográficas transcutâneas de músculos respiratórios: uma revisão de técnicas de análise. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, 2019

LEWIS, J. Rotator cuff related shoulder pain: Assessment, management and uncertainties. **Manual therapy**, v. 23, p. 57–68, jun. 2016.

LIN, P. et al. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation technique on the treatment of frozen shoulder: a pilot randomized controlled trial. **BMC musculoskeletal disorders**, v. 23, n. 1, p. 367, 20 abr. 2022a.

LIN, P. et al. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation technique on the treatment of frozen shoulder: a pilot randomized controlled trial. **BMC musculoskeletal disorders**, v. 23, n. 1, p. 367, 20 abr. 2022b.

LITTLEWOOD, C. et al. Rehabilitation following rotator cuff repair: A multi-centre pilot & feasibility randomised controlled trial (RaCeR). **Clinical rehabilitation**, v. 35, n. 6, p. 829–839, jun. 2021.

LITTLEWOOD, C.; MALLIARAS, P.; CHANCE-LARSEN, K. Therapeutic exercise for rotator cuff tendinopathy: a systematic review of contextual factors and prescription parameters. **International journal of rehabilitation research. Internationale Zeitschrift für Rehabilitationsforschung. Revue internationale de recherches de readaptation**, v. 38, n. 2, p. 95–106, jun. 2015.

MAZURQUIN, B F; WRIGHT, A; RUSSEL, S; MONGA, P; SELFE, J; RICHARDS, Jim. Efficacy of early rehabilitation compared to conservative treatment for patients undergoing rotator cuff repair surgery: an overview of systematic reviews. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 2, p. 111–121, Jan. 2018.

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

MOAYEDI, M.; DAVIS, K. D. Theories of pain: from specificity to gate control. **Journal of neurophysiology**, v. 109, n. 1, p. 5–12, jan. 2013.

NAKAGAWA, K. et al. Reciprocal inhibition of the thigh muscles in humans: A study using transcutaneous spinal cord stimulation. **Physiological reports**, v. 12, n. 9, p. e16039, maio 2024.

NAKANDALA, P. et al. The efficacy of physiotherapy interventions in the treatment of adhesive capsulitis: A systematic review. **Journal of back and musculoskeletal rehabilitation**, v. 34, n. 2, p. 195–205, 2021.

NOBRE, T. L. et al. THE USE OF PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION FOR INCREASING THROWING PERFORMANCE. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 26, n. 4, p. 332–336, 29 jul. 2020.

OH, Lucas S.; LOBO, Brian R.; HALL, Michael P.; LEVY, Bruce A.; MARX, Robert G. Indicações para reparo do manguito rotador: uma revisão sistemática. **Clinics in Orthopedic and Related Research**, v. 455, p. 52–63, fev. 2007.

PATETTA, M. J. et al. Nerve Compression Syndromes of the Shoulder. **The Journal of hand surgery**, v. 46, n. 4, p. 320–326, 1 abr. 2021.

PATZER, T. et al. The association between a low critical shoulder angle and SLAP lesions. **Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA**, v. 27, n. 12, p. 3944–3951, dez. 2019.

POMPEU, J. E.; MATTOS, E. C. T. DE; KOHN, A. F. Avaliação da inibição recíproca em humanos durante contrações isométricas dos músculos tibial anterior e sóleo. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 16, n. 3, p. 258–262, set. 2009.

RIBEIRO, L. P.; COOLS, A.; CAMARGO, P. R. Rotator cuff unloading versus loading exercise program in the conservative treatment of patients with rotator cuff tear: protocol of a randomised controlled trial. **BMJ Open**, v. 10, n. 12, p. e040820, 1 dez. 2020.

RIO, E. et al. Isometric Contractions Are More Analgesic Than Isotonic Contractions for Patellar Tendon Pain: An In-Season Randomized Clinical Trial. **Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine**, v. 27, n. 3, p. 253–259, maio 2017.

RODRIGUES DA SILVA BARROS, B. et al. Isometric versus isotonic exercise in individuals with rotator cuff tendinopathy-Effects on shoulder pain, functioning, muscle strength, and electromyographic activity: A protocol for randomized clinical trial. **PloS one**, v. 18, n. 11, p. e0293457, 13 nov. 2023.

RYÖSÄ, A. et al. Surgery or conservative treatment for rotator cuff tear: a meta-analysis. **Disability and Rehabilitation**, 3 jul. 2017.

SAYAMPANATHAN, A. A.; ANDREW, T. H. C. Systematic review on risk factors of rotator cuff tears. **Journal of orthopaedic surgery (Hong Kong)**, v. 25, n. 1, p. 2309499016684318, jan. 2017.

SHARMAN, M. J.; CRESSWELL, A. G.; RIEK, S. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching : mechanisms and clinical implications. **Sports medicine** , v. 36, n. 11, p. 929–939, 2006.

SHIMURA, K.; KASAI, T. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation on the initiation of voluntary movement and motor evoked potentials in upper limb muscles. **Human movement science**, v. 21, n. 1, p. 101–113, abr. 2002.

SHI, X. et al. Effect of different geometrical structure of scapula on functional recovery after shoulder arthroscopy operation. **Journal of orthopaedic surgery and research**, v. 14, n. 1, p. 312, 14 set. 2019.

SONG, J. G. et al. High performance of critical shoulder angle for diagnosing rotator cuff tears on radiographs. **Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA**, v. 27, n. 1, p. 289–298, jan. 2019.

STARK, T. et al. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. **PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation**, v. 3, n. 5, p. 472–479, maio 2011.

TEDLA, J. S.; SANGADALA, D. R. Proprioceptive neuromuscular facilitation techniques in adhesive capsulitis: a systematic review and meta-analysis. **Journal of musculoskeletal & neuronal interactions**, v. 19, n. 4, p. 482–491, 1 dez. 2019.

TEUNIS, T. et al. A systematic review and pooled analysis of the prevalence of rotator cuff disease with increasing age. **Journal of shoulder and elbow surgery**, v. 23, n. 12, p. 1913–1921, dez. 2014.

VAEGTER, H. B.; HANDBERG, G.; GRAVEN-NIELSEN, T. Isometric exercises reduce temporal summation of pressure pain in humans. **European journal of pain (London, England)**, v. 19, n. 7, p. 973–983, ago. 2015.

WATTANAPRAKORNKUL, D. et al. The rotator cuff muscles have a direction specific recruitment pattern during shoulder flexion and extension exercises. **Journal of science and medicine in sport**, v. 14, n. 5, p. 376–382, set. 2011.

WEBER, Stephen; CHAHAL, Jaskarnip. Gestão de lesões do manguito rotador. **JAAOS - Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons**, 2020.

WITT, D.; TALBOTT, N.; KOTOWSKI, S. Electromyographic activity of scapular muscles during diagonal patterns using elastic resistance and free weights. **International journal of sports physical therapy**, v. 6, n. 4, p. 322–332, dez. 2011.

ZINGG, P. O. et al. Clinical and structural outcomes of nonoperative management of massive rotator cuff tears. **The Journal of bone and joint surgery. American volume**, v. 89, n. 9, p. 1928–1934, set. 2007.