Ministério da Saúde
SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE
INSTITUTO NACIONAL DE TRAUMATOLOGIA E ORTOPEDIA JAMIL HADDAD

Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético

TRANSFERÊNCIA DE NERVO FRÊNICO PARA RAMO MOTOR DO BÍCEPS EM PACIENTES COM LESÃO TOTAL DE PLEXO BRAQUIAL: ANÁLISE DE FORÇA, PROPRIOCEPÇÃO E REPERCUSSÃO RESPIRATÓRIA

Giovanni Vilardo Cerqueira Guedes

Rio de Janeiro
2023

MINISTÉRIO DA SAÚDE
SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE
INSTITUTO NACIONAL DE TRAUMATOLOGIA E ORTOPEDIA JAMIL HADDAD

Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético

TRANSFERÊNCIA DE NERVO FRÊNICO PARA RAMO MOTOR DO BÍCEPS EM PACIENTES COM LESÃO TOTAL DE PLEXO BRAQUIAL: ANÁLISE DE FORÇA, PROPRIOCEPÇÃO E REPERCUSSÃO RESPIRATÓRIA

Giovanni Vilardo Cerqueira Guedes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia Jamil Haddad, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências

Orientador (es): Prof. Dr. João Antônio Matheus Guimarães
Prof. Dr. Conrado Torres Laett

Rio de Janeiro
Outubro
2023

CATALOGAÇÃO NA FONTE
INTO/BIBLIOTECA SÉRGIO EDUARDO VIANNA

C416t Guedes, Giovanni Vilardo Cerqueira.
Transferência de nervo frênico para ramo motor do bíceps em pacientes com lesão total de plexo braquial: análise de força, propriocepção e repercussão respiratória / Giovanni Vilardo Cerqueira Guedes. — 2023.
57f.

Orientadores: João Antônio Matheus Guimarães e Conrado Torres Laett.
Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético) — Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, Rio de Janeiro, 2023.

1. Lesão do plexo braquial. 2. Transferência nervosa. 3. Nervo frênico. 4. Função respiratória. 5. Ortopedia. I. Guimarães, João Antônio Matheus; Laett, Conrado Torres, orient. II. Título.

NLM WE 810

MINISTÉRIO DA SAÚDE
SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE
INSTITUTO NACIONAL DE TRAUMATOLOGIA E ORTOPEDIA JAMIL HADDAD

Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético

TRANSFERÊNCIA DE NERVO FRÊNICO PARA RAMO MOTOR DO BÍCEPS EM PACIENTES COM LESÃO TOTAL DE PLEXO BRAQUIAL: ANÁLISE DE FORÇA, PROPRIOCEPÇÃO E REPERCUSSÃO RESPIRATÓRIA

Giovanni Vilardo Cerqueira Guedes

Banca examinadora:

Dra. Patricia Cristina dos Santos Costa (UNIRIO)

Dr. Sidney Cavalcante da Silva (INTO)

Dr. Thiago Lemos de Carvalho (UNISUAM)

Dr. Arnaldo Cezar Couto (INTO) - suplente

Rio de Janeiro
Outubro
2023

Dedico este trabalho aos pacientes com lesão total de plexo braquial, objeto deste estudo, cuja intenção foi a de proporcionar maior conhecimento acerca da evolução pós-operatória de um procedimento que exige um longo tempo de reabilitação e bastante disciplina e força de vontade dos mesmos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente aos staffs do Centro de Atenção Especializada de Microcirurgia do INTO, Dr. Rudolf Nunes Köbig, Dr. Marcelo Jorge Ribeiro Machado e Dr. Marcel Brito de Azevedo, que desde os meus primeiros anos de Residência Médica souberam transmitir seu conhecimento a ponto de me fazer interessar pelo tema deste trabalho, além de evoluir minhas habilidades como cirurgião.

Agradeço à toda a equipe da Microcirurgia composta por enfermeiras, terapeutas ocupacionais, fisioterapeutas, assistentes sociais, psicólogas, técnicos do ambulatório e centro cirúrgico, estagiários e residentes com os quais convivi em diferentes momentos da minha formação e da elaboração desta pesquisa.

Agradeço aos funcionários administrativos que me ajudaram com pequenos atos, mas que juntos tornaram possível a realização desse trabalho. Obrigado Nívea, Tânia, Patrícia, Laytha e Elaine. Também não posso me esquecer de toda a equipe de chefia e técnicos do setor de Radiologia, essenciais para a conclusão do trabalho.

Agradeço ao meu orientador, Dr. João Antônio Matheus Guimarães pela oportunidade e interesse em ajudar a desenvolver minha pesquisa, ao meu co-orientador Dr. Conrado Torres Laett por toda a ajuda desde a coleta de dados até a conclusão deste texto, à Dra. Bia dos Santos Ramalho, importantíssima para que este estudo saísse do papel e ao Dr. Rogério dos Reis Visconti pela disponibilidade em realizar os testes respiratórios que necessitavam sua expertise.

Agradecimento especial à minha família, que sempre é meu apoio em qualquer desafio da vida pessoal ou acadêmica. Sei que nunca estou sozinho.

RESUMO

GUEDES, Giovanni Vilardo Cerqueira. Transferência de nervo frênico para ramo motor do bíceps em pacientes com lesão total de plexo braquial: análise de força, propriocepção e repercussão respiratória. Rio de Janeiro, 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético) - Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia Jamil Haddad, Ministério da Saúde, 2023.

As lesões totais de plexo braquial em adultos, geralmente associadas a traumas de alta energia como acidentes motociclísticos, são de elevada gravidade e difícil tratamento. A transferência do frênico para ramo motor do bíceps braquial (BB) surgiu como uma alternativa para recuperar a flexão do cotovelo. Esse estudo teve por objetivo avaliar resultados de força e propriocepção do membro superior, função e anatomia pulmonar após transferências do nervo frênico para ramo motor do BB como tratamento das lesões de plexo braquial. A amostra foi constituída por 16 pacientes com mediana de idade de 27 anos e tempo pós-operatório médio de 39 meses, avaliados inicialmente transversalmente e um grupo controle de 12 participantes pareado por sexo e idade foi adicionado e comparado em uma segunda etapa. Os pacientes foram submetidos a testes de força, senso de posição, espirometria e radiografia torácica. Foi avaliada ativação involuntária do BB e funcionalidade. Os pacientes apresentaram força de flexão de cotovelo, em média, de 9,1% em relação ao membro hígido, com resultados melhores que 10% ocorrendo após 36 meses de pós-operatório. A ativação involuntária do BB com a respiração foi observada a partir de 12 meses de operados, com uma discreta diminuição nos períodos seguintes. O teste de senso de posição não indicou diferenças na propriocepção dos pacientes ($p>0,05$). Em relação à espirometria, a capacidade vital forçada esteve dentro dos limites de normalidade em 8 (50%) pacientes, sendo distúrbio restritivo leve identificado em outros 7 (43%) e distúrbio restritivo moderado identificado em apenas 1 (6%). Foi observada elevação da hemicúpula maior que 2 espaços intercostais em 5 (35%) pacientes. Em suma, os pacientes apresentaram graus diversos de recuperação de força. Não encontramos indícios que as tarefas respiratórias afetem o nível de ativação voluntária do BB, enquanto a ativação involuntária durante a respiração parece mudar expressivamente ao longo do tempo. Não encontramos indícios que a capacidade pulmonar seja gravemente afetada e os resultados do teste de senso de posição devem ser avaliados com cautela.

Palavras-chave: Lesão do plexo braquial, Transferência nervosa, Nervo frênico, Função respiratória.

ABSTRACT

GUEDES, Giovanni Vilardo Cerqueira. Phrenic nerve transfer to bíceps motor branch in total brachial plexus injury patients: analysis of strength, proprioception and respiratory repercussion. Rio de Janeiro, 2023. Master Thesis. (Master's Degree in Applied Sciences to the Musculoskeletal System) - National Institute of Traumatology and Orthopedics Jamil Haddad, Ministry of Health, 2023.

Total brachial plexus injuries in adults, typically associated with high-energy traumas such as motorcycle accidents, are of high severity and difficult to treat. Phrenic nerve transfer to the motor branch of the biceps brachii has emerged as an alternative for restoring elbow flexion. This study aimed to evaluate the results of strength and proprioception in the upper limb, as well as pulmonary function and anatomy, following phrenic nerve transfer to the motor branch of the biceps brachii for elbow flexion in the treatment of brachial plexus injuries. The sample consisted of 16 patients with a median age of 27 years, with an average postoperative time of 39 months, initially evaluated cross-sectionally and a control group composed of 12 participants matched by sex and age was added and compared in a second stage. The patients underwent tests for strength, position sense, spirometry, and chest radiography. Additionally, involuntary activation of the biceps brachii and self-reported functionality were assessed. The patients exhibited an average elbow flexion strength of 9.1% compared to the unaffected limb, with results exceeding 10% occurring after 36 months of postoperative time. Involuntary activation of the biceps brachii during respiration was observed starting at 12 months after surgery, with a noticeable trend of decrease in subsequent periods. The position sense test did not indicate differences in proprioception among the evaluated patients ($p>0,05$). Regarding spirometry, forced vital capacity was within normal limits in 8 (50%) of the patients, with mild restrictive disorder identified in 7 (43%) and moderate restrictive disorder identified in only 1 (6%). Elevation of more than two intercostal spaces of the hemidiaphragm was observed in 5 (35%) patients. In summary, the patients exhibited varying degrees of strength recovery. We found no evidence that respiratory tasks affect the level of voluntary activation of the biceps brachii, while involuntary activation during respiration appears to change significantly over time. We found no evidence that lung capacity is affected severely in these patients and the position sense test did not indicate any proprioceptive impairment in the patient group, suggesting that results from this type of test should be evaluated with caution.

Keywords: Brachial plexus injuries, Nerve transfer, Phrenic nerve, Pulmonary function.

SUMÁRIO

RESUMO ..... **VI**

ABSTRACT ..... **VII**

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS ..... **X**

LISTA DE FIGURAS ..... **XI**

LISTA DE QUADROS E TABELAS ..... **XII**

1 INTRODUÇÃO **1**

1.1 Anatomia e função do plexo braquial e do nervo frênico **1**

1.2 A lesão do plexo braquial **4**

1.3 Mecanismo de lesão **5**

1.4 Tratamento cirúrgico **7**

1.5 Repercussão respiratória **12**

1.6 Força muscular em pacientes de lesão do plexo braquial **14**

1.7 Propriocepção em pacientes de lesão do plexo braquial **15**

2 JUSTIFICATIVA E HIPÓTESE **17**

3 OBJETIVOS **18**

3.1 Objetivo Geral **18**

3.2 Objetivos Específicos **18**

4 METODOLOGIA **19**

4.1 Desenho experimental **19**

4.2 Aspectos éticos **19**

4.3 Participantes **19**

4.4 Coleta de dados **20**

4.5 Teste de dinamometria e ativação muscular **20**

4.6 Avaliação da função pulmonar **23**

4.7 Teste de senso de posição 26

4.8 Análise estatística 28

5 RESULTADOS 29

5.1 Características dos participantes 29

5.2 Relação temporal 32

5.3 Relação entre testes de força 33

6 DISCUSSÃO 35

7 CONCLUSÃO 40

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 41

ANEXO I – PARECER COMPLETO DO CEP 45

ANEXO II. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO 51

ANEXO III. DASH 53

ANEXO IV. IPAQ 57

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AP	Anteroposterior
ATS	*American Thoracic Society* (Sociedade Torácica Americana)
BB	Bíceps Braquial
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CPT	Capacidade Pulmonar Total
CVF	Capacidade Vital Forçada
CVIM	Contrações Voluntárias Isométricas Máximas
DASH	*Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (Disfunção do Braço, Ombro e Mão)
EA	Erro Absoluto
EC	Erro Constante
EMG	Eletromiografia
ERS	*European Respiratory Society* (Sociedade Respiratória Europeia)
EV	Erro Variável
IMC	Índice de Massa Corpórea
INSS	Instituto Nacional da Seguridade Social
INTO	Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia
IPAQ	*International Physical Activity Questionaire* (Questionário Internacional de Atividade Física)
LPB	Lesão do Plexo Braquial
MRC	*Medical Research Council* (Conselho de Pesquisa Médica)
PEmáx	Pressão Expiratória Máxima
PImáx	Pressão Inspiratória Máxima
PT	Pico de Torque
RMS	*Root Mean Square* (Raiz Quadrada Média)
SBPT	Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia
SENIAM	*Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles* (Eletromiografia de Superfície para Avaliação Não Invasiva dos Músculos)
TSP	Teste de Senso de Posição
VEF1	Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Anatomia do plexo braquial 2
Figura 2 - Plexo braquial e nervo frênico 3
Figura 3 - Variações anatômicas do nervo frênico. 4
Figura 4 - Mecanismo de lesão do plexo braquial 6
Figura 5 – Retirada de enxerto do nervo sural 9
Figura 6 – Acesso supraclavicular 10
Figura 7 – Nervo frênico 11
Figura 8 – Confecção do túnel para passagem do enxerto de sural, posicionado acima da pele na imagem 12
Figura 9 – Posicionamento para o teste de força 21
Figura 10 - Avaliação de ativação muscular 23
Figura 11 - Espirometria 24
Figura 12- Manovacuometria 25
Figura 13- Exame radiográfico utilizado para avaliação da elevação da hemicupula diafragmática 26
Figura 14 – Teste de senso de posição 27
Figura 15 - Repercussão das manobras respiratórias 31
Figura 16 – Força de flexão de cotovelo e ativação involuntária do bíceps em relação ao tempo decorrido da cirurgia 32
Figura 17 – Função pulmonar em relação ao tempo decorrido da cirurgia 32
Figura 18 – Resultado dos testes de força empregados 33

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Classificação dos distúrbios restritivos pulmonares.....13
Quadro 2 - Classificação de força do British Medical Research Council.....14

Tabela 1 - Característica dos participantes.....30
Tabela 2 – Ocupação laboral dos participantes.....30
Tabela 3- Função respiratória.....31
Tabela 4 - Resultados do teste de senso de posição.....32

1 INTRODUÇÃO

A lesão do plexo braquial (LPB), responsável pela inervação do membro superior, tem efeitos devastadores na capacidade funcional do paciente. Apesar de relativamente rara, com incidências anuais entre 0,5 e 4 a cada 100.000 pessoas (KAISER *et al.*, 2020), a lesão pode levar à atrofia e denervação muscular do membro superior, déficit de sensibilidade e dor extrema (NOLAND *et al*., 2019) além de prejuízos psicológicos duradouros (LANDERS *et al.*, 2018; VERMA *et al.*, 2019). O tratamento cirúrgico mais comum é a transferência de um nervo doador para reestabelecimento da função dos nervos atingidos. Nas lesões parciais é possível utilizar doadores intraplexuais através da consagrada técnica de Oberlin (OBERLIN; BEAL, 1994). Contudo, nos casos de lesões totais, com avulsão de todas as raízes nervosas de C5 a T1, é necessário a utilização de nervos extraplexuais, cenário em que ainda não está estabelecida uma técnica de referência (WOLFE *et al.*, 2021)

Os nervos acessório, intercostal e frênico tem sido os doadores extrapleurais mais frequentemente utilizados como enxerto nos casos de LPB total, tendo em vista que estão anatomicamente próximos ao plexo braquial (VERNON LEE *et al.*, 2023). Enquanto o uso do nervo frênico parece uma opção viável para a recuperação da capacidade de flexão do cotovelo, existe preocupação quanto às repercussões respiratórias, tendo em vista a importância do frênico no controle da musculatura diafragmática. Nas sessões a seguir revisaremos os achados prévios sobre o uso do nervo frênico como enxerto no tratamento cirúrgico da LPB e alguns dos tópicos mais importantes relacionados ao tema.

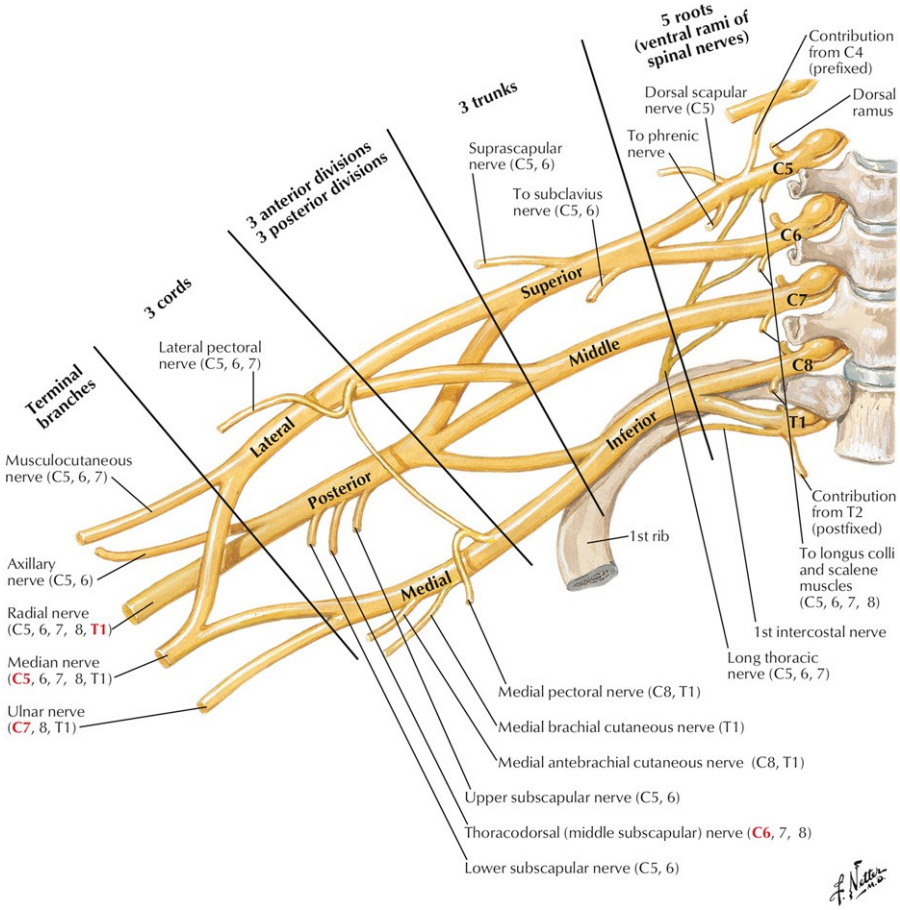
1.1 Anatomia e função do plexo braquial e do nervo frênico

O plexo braquial é um conjunto de nervos formado pelas raízes ventrais de C5 a T1, podendo, em menor frequência, ser pré ou pós-fixado por raízes ventrais oriundas de C4 ou T2, respectivamente (**Figura 1**). As raízes nervosas do plexo braquial se dividem nos troncos superior, médio e inferior, que originam divisões anteriores e posteriores. As divisões posteriores dos 3 troncos formam o cordão posterior e inferior que terminará nos nervos axilar e radial. As divisões anteriores dos troncos superior e médio formam o cordão lateral, que terminará no nervo musculocutâneo e dará um ramo para o feixe lateral do nervo mediano. Já a divisão anterior do tronco inferior terminará no nervo ulnar e dará a contribuição medial do

nervo mediano (THOMPSON *et al.,* 2009)

A partir da formação dos troncos, são originados o nervo supraescapular, o nervo para o músculo subclávio, o nervo peitoral medial e peitoral lateral, o nervo cutâneo medial do braço, o nervo cutâneo medial do antebraço, o nervo subescapular superior, o nervo toracodorsal, e o nervo subescapular inferior. O plexo braquial, com suas ramificações, é então responsável pela inervação sensitiva e motora de todo o membro superior (LEUNG *et al.*, 2014).

Figura 1 - Anatomia do plexo braquial



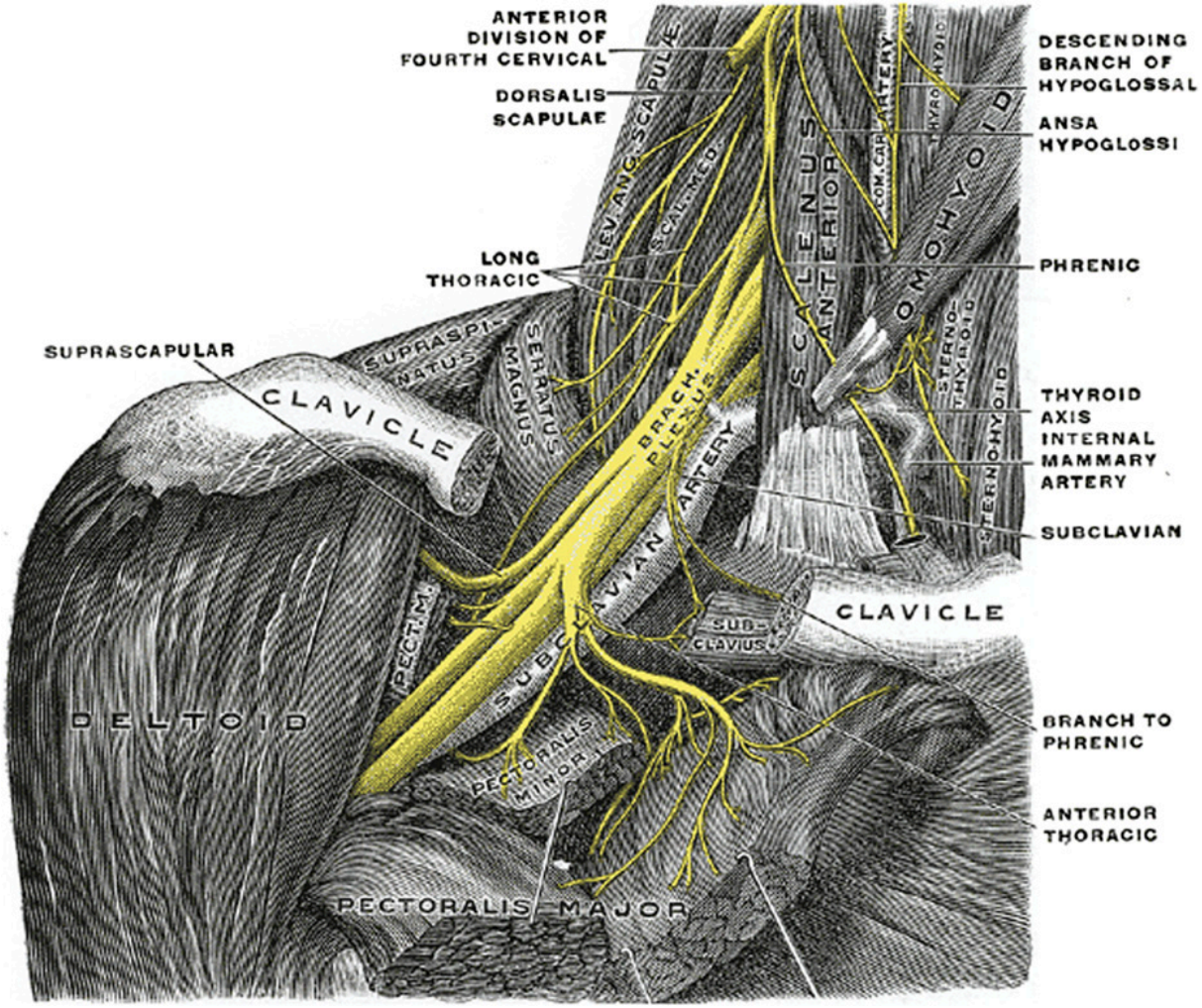
Adaptado de (THOMPSON, 2009)

As figuras ilustrativas, em livros e artigos científicos, tem um papel pedagógico fundamental para a formação do cirurgião e de outros profissionais de saúde. Contudo, é importante notar que essas figuras, por serem uma representação plana, correspondem a uma projeção bidimensional de uma estrutura tridimensional complexa. A compreensão de que o plexo braquial, assim como as demais estruturas anatômicas, é um corpo tridimensional torna-se fundamental para a evolução técnica do cirurgião (NETO *et al.*, 2022) como para uma avaliação diagnóstica por imagem adequada (VARGAS *et al.*, 2015). Esse entendimento pode

ser especialmente importante nas cirurgias que requerem uma inspeção cirúrgica minuciosa e um planejamento que inclui manuseio de estruturas nervosas, como as do plexo braquial.

O nervo frênico, em conjunto com os nervos intercostais, é fundamental para o controle da respiração humana. O nervo frênico inerva a musculatura diafragmática, enquanto os nervos intercostais inervam a musculatura intercostal, que em conjunto controlam o fluxo de ar no sistema ventilatório. O nervo frênico, que está em íntimo contato com o plexo braquial (**Figura 2**), emerge das raízes anteriores de C3 a C5, como provisão motora única do diafragma, contendo também fibras sensitivas (HAMADA *et al.*, 2015).

Figura 2 - Plexo braquial e nervo frênico

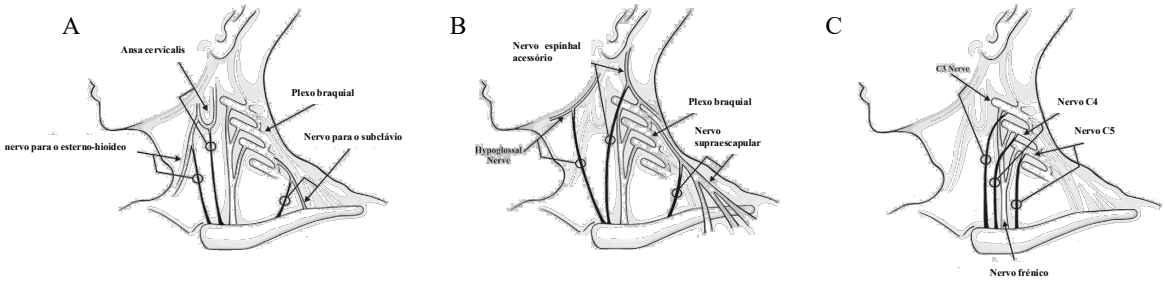


Adaptado de (LEUNG *et al.*, 2014)

Estudos cadavéricos demonstraram a existência de um nervo frênico acessório, que compartilha a função do nervo principal, com frequência estimada entre 48,5% (BANNEHEKA, 2008) e 61,8% (LOUKAS *et al.*, 2006). A variação mais comumente

descrita foi com origem do nervo para o músculo subclávio (60,6%; **Figura 3 - A**), mas também foram observados casos do frênico acessório com origem na *ansa cervicalis* (12,1%), no nervo para o esterno-hióideo (7,1%), no nervo espinhal acessório (4%), no nervo supraclavicular (4%), no nervo hipoglosso (2%), e nas raízes de C3 (3%), C4 (5,1%) e C5 (2%) (LOUKAS *et al.*, 2006) (**Figura 3**).

Figura 3 - Variações anatômicas do nervo frênico.



Adaptado de Loukas et al., 2006. Diferentes origens do nervo frênico acessório. A) origens no nervo subclávio, nervo para o esterno-hioideo e *ansa pectoralis*. B) origens no nervo espinhal acessório, nervo supraclavicular e nervo hipoglosso. C) origens nas raízes de C3, C4 e C5.

1.2 A lesão do plexo braquial (LPB)

As LPB podem ser divididas em obstétricas e traumáticas, sendo as primeiras decorrentes de complicações no parto e associadas a fatores de risco como distócia de ombro, macrossomia, dimensões corporais exacerbadas da criança, hipóxia neonatal e diabetes gestacional (LIN; SAMORA, 2022). As LPB traumáticas, como o termo indica, são fruto de um trauma, geralmente de alto impacto, que acomete majoritariamente jovens ativos (FAGLIONI *et al.,* 2014; NOLAND *et al.*, 2019). Acidentes com motocicletas parecem ser a causa mais comum, correspondendo a 80% dos casos no Brasil (CHO *et al.,* 2020; NOLAND *et al.,* 2019).

As LPB podem ainda ser divididas em lesões totais (quando todas as raízes que compõem o plexo são acometidas) ou parciais (quando há lesão com pelo menos 1 raiz preservada. As lesões parciais podem ser altas (quando há comprometimento de C5-C6 ou C5-C6-C7) ou baixas (quando há comprometimento de C8-T1). As lesões totais são as mais frequentes, seguidas pelas lesões altas, e por fim, as menos comuns parecem ser as lesões baixas (KIM *et al.*, 2004).

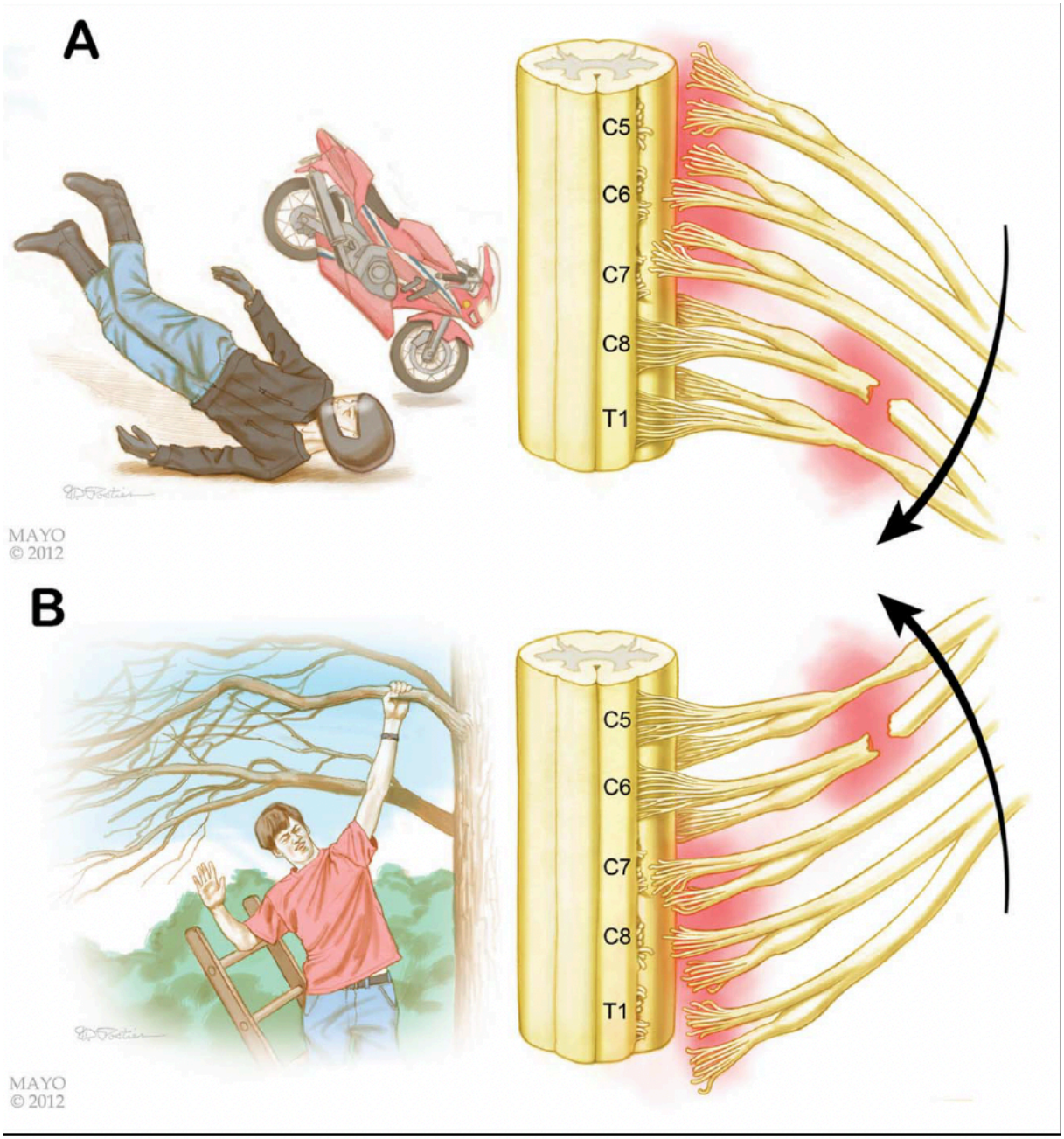
O paciente com LPB total tem a sensação de que o membro superior ipsilateral é

uma estrutura morta, que não obedece aos seus comandos, assumindo uma postura pendente e inerte. Embora a sensibilidade seja também extremamente reduzida ou inexistente, esses pacientes possuem um quadro álgico muitas das vezes excruciante, necessitando controle com medicamentos para dor neuropática (NOLAND *et al.,* 2019). A LPB tende a ser considerada a lesão mais grave do membro superior, tendo em conta os quadros comuns de extrema incapacidade, afastamento do trabalho e prejuízos psicológicos duradouros (LANDERS *et al.*, 2018; VERMA *et al.*, 2020).

1.3 Mecanismo de lesão

A LPB pode ser aberta, causada por objeto perfurocortante, mas geralmente se apresenta como uma lesão fechada, causada pela rotação abrupta da cabeça no eixo anteroposterior (**Figura 4**) ou pela abdução violenta do braço acima da cabeça (NOLAND et al., 2019).

Figura 4 - Mecanismo de lesão do plexo braquial.



Adaptado de (NOLAND *et al.,* 2019)

Dependendo da direção da tração gerada no plexo braquial pelo mecanismo de trauma, as lesões podem ser pré (avulsões) ou pós-ganglionares, fator que influencia no prognóstico e possibilidade de tratamento, já que as raízes com lesões pré-ganglionares não podem ser enxertadas. As lesões pré-ganglionares parecem mais comuns nos casos de tração perpendicular à coluna vertebral, enquanto as lesões pós-ganglionares parecem ser provocadas principalmente por tração direcionada a 45° caudalmente ou por meio de tração

caudal paralela à linha média. Além disso, as lesões pré-ganglionares são mais comuns nas raízes C7, C8 e T1 pela fixação mais fraca à coluna vertebral (ZAPAŁOWICZ; RADEK, 2018).

1.4 Tratamento cirúrgico

Pacientes adultos de LPB traumática podem apresentar recuperação espontânea da musculatura do membro acometido nos períodos de 3 a 6 meses após a lesão (WOLFE *et al.*, 2021). Esse retorno espontâneo da função do membro parece mais comum em lesões de baixa energia, como nas lesões traumáticas parciais e as obstétricas. Na falta de recuperação espontânea nesse período, é geralmente feita indicação cirúrgica, embora os tratamentos sejam bastante variados, tendo em vista a natureza da lesão e os recursos disponíveis (WOLFE *et al.*, 2021).

O primeiro relato de cirurgia de plexo braquial ocorreu em 1900, em uma paciente operária, após esmagamento por uma máquina. Operada após 7 meses e meio de lesão com total paralisia do membro superior, a paciente teve um resultado funcionalmente pobre motor e sensitivo, porém com uma clara diferença com relação ao pré-operatório (THORBURN, 1900).

Depois de um período inicial de maus resultados, o advento das técnicas microcirúrgicas possibilitou a evolução da técnica e a obtenção de bons resultados para as cirurgias dessa grave condição (ALNOT; JOLLY; FROT, 1981; BRUNELLI; MONINI, 2019). A melhora dos resultados também passa pelo advento de inovações técnicas como as transferências nervosas (DE REZENDE *et al.*, 2013) e contempla da mesma forma as cirurgias realizadas em paralisias obstétricas (PONDAAG; MALESSY, 2021).

O tratamento cirúrgico das lesões de plexo braquial é realizado em etapas, com uma série de cirurgias seguindo uma ordem de prioridades de movimentos a serem recuperados com os procedimentos. Em adultos, a ordem de prioridades de reconstrução após uma LPB é a seguinte: flexão do cotovelo, estabilização do membro superior acometido, abdução e rotação externa do ombro, sensibilidade da mão, flexão de punho e dedos e função da musculatura intrínseca da mão. Essa ordem se justifica pois há maior possibilidade de sucesso em reinervação de órgãos-alvo mais próximos à lesão, não sendo muitas vezes viáveis que os estímulos nervosos cheguem às regiões mais distais do membro antes da destruição da placa motora, que ocorre geralmente após cerca de 1 ano sem estímulo (WOLFE *et al.*, 2021).

Falando especificamente da reanimação do cotovelo, a cirurgia de Oberlin, primeiramente descrita em 1994, que consiste na transferência de fascículos posteromediais do nervo ulnar para o ramo motor do bíceps marcou uma revolução no tratamento dessa patologia (OBERLIN; BEAL, 1994). Atualmente, quando possível, é o procedimento de escolha para reinervação do bíceps nos pacientes com lesão de plexo braquial devido aos ótimos resultados relatados anteriormente, que incluem porcentagens maiores de pacientes alcançando força M4 quando compara-se com enxertia de raiz ou outras transferências (ALI *et al.*, 2015).

Nas LPB totais, entretanto, as transferências intraplexuais, como a utilizada na cirurgia de Oberlin, não são possíveis devido à ausência de raiz doadora, devendo-se apelar para nervos doadores extraplexuais. Surgiram assim, inúmeras possibilidades de nervos doadores como acessório, intercostais e frênico (AZZE *et al.*, 1994). A transferência do nervo frênico para o ramo motor do bíceps surgiu como uma grande alternativa, sendo a primeira série de casos descrita em 1996 (GU, 1996). Nesse estudo 55 dos 65 pacientes se tornaram capazes de fletir o cotovelo contra a gravidade após o período de *follow-up* mínimo de 2 anos. Apesar do nervo frênico ser responsável pela inervação do diafragma, apenas um paciente sofreu insuficiência respiratória aguda e tratava-se de uma criança de 5 anos que teve utilizado seu nervo frênico e quarto, quinto e sexto nervos intercostais (GU, 1996).

A técnica foi por vezes modificada objetivando-se gerar um melhor resultado de força com menor repercussão respiratória. Foram avaliados e comparados casos operados com ou sem enxerto de sural, porém sem diferença estatisticamente significativa entre as técnicas para grau de força alcançada (LIU *et al.*, 2014). A ideia de retirada do frênico por toracoscopia parecia promissora por possivelmente gerar um menor dano respiratório ao seccionar o nervo mais distalmente, entretanto, os resultados de grau de força alcançados foram seguidamente frustrantes (SOCOLOVSKY *et al.*, 2020).

Atualmente a secção do nervo frênico ao nível do músculo escaleno e a interposição de enxerto de nervo sural funcionando como uma ponte até o ramo motor do bíceps no braço parece ser o procedimento mais comum para realização dessa cirurgia, atingindo resultados percentuais de força satisfatórios e sem manifestações clínicas de insuficiência respiratória (SOCOLOVSKY *et al.*, 2015).

A descrição inicial da técnica cirúrgica foi inicialmente descrita por Gu em 1996. Atualmente a técnica cirúrgica utilizada no nosso Instituto é baseada nesse relato inicial com adaptações de tempos cirúrgicos de acordo com o material disponível. Consiste em colocar o paciente em decúbito dorsal com um coxim abaixo do glúteo contralateral ao membro

operado a fim de facilitar a retirada do enxerto de nervo sural (**Figura 5**). Através de um acesso supraclavicular (**Figura 6**), após a dissecção profunda, é realizada a exploração e transferência do nervo acessório para supraescapular, além de encontrar-se o nervo frênico em íntimo contato com o músculo escaleno anterior (**Figura 7**). Por meio de um acesso medial no braço, encontra-se o ramo motor do nervo musculocutâneo para o bíceps e, com o auxílio de uma tesoura romba é confeccionado um túnel por onde passará o enxerto e que ligará o pescoço ao braço (Figura 8). Por fim, são realizadas as suturas microcirúrgicas distal e proximalmente, sutura de pele, realização de curativo e posicionamento em tipoia americana.

Os pacientes são mantidos imobilizados por 3 semanas, sendo em seguida encaminhado para tratamento fisioterapêutico, com acompanhamento do setor de terapia ocupacional. Os principais objetivos da reabilitação são o controle da rigidez articular, o estímulo da função motora do membro tratado e o controle postural, tendo em vista a recuperação da capacidade funcional do paciente durante as tarefas da vida diária.

Figura 5 – Retirada de enxerto do nervo sural



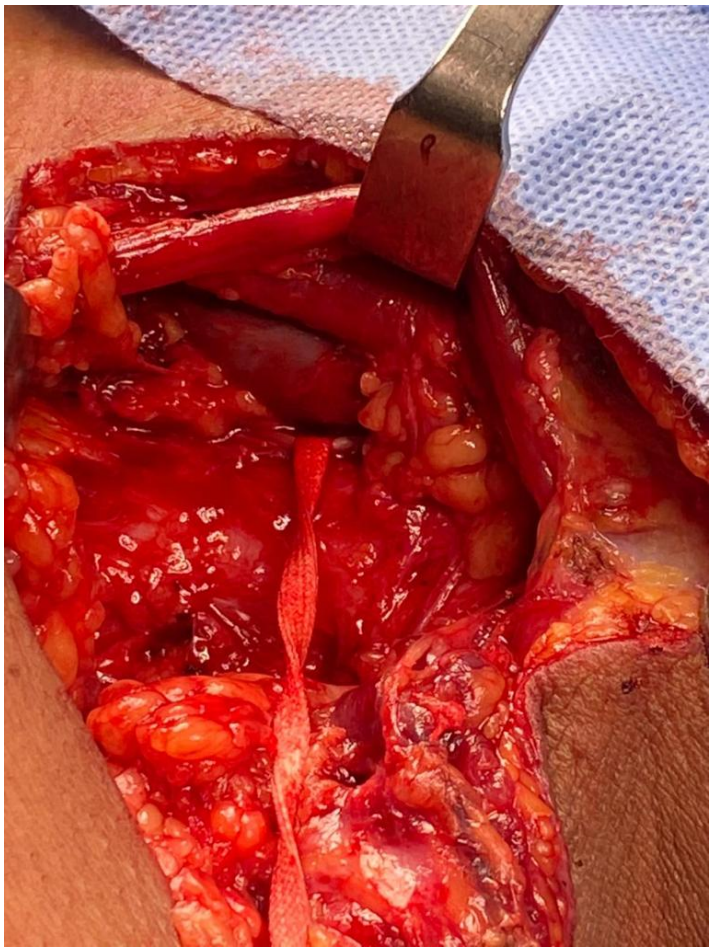
Fonte: Autoral

Figura 6 – Acesso supraclavicular



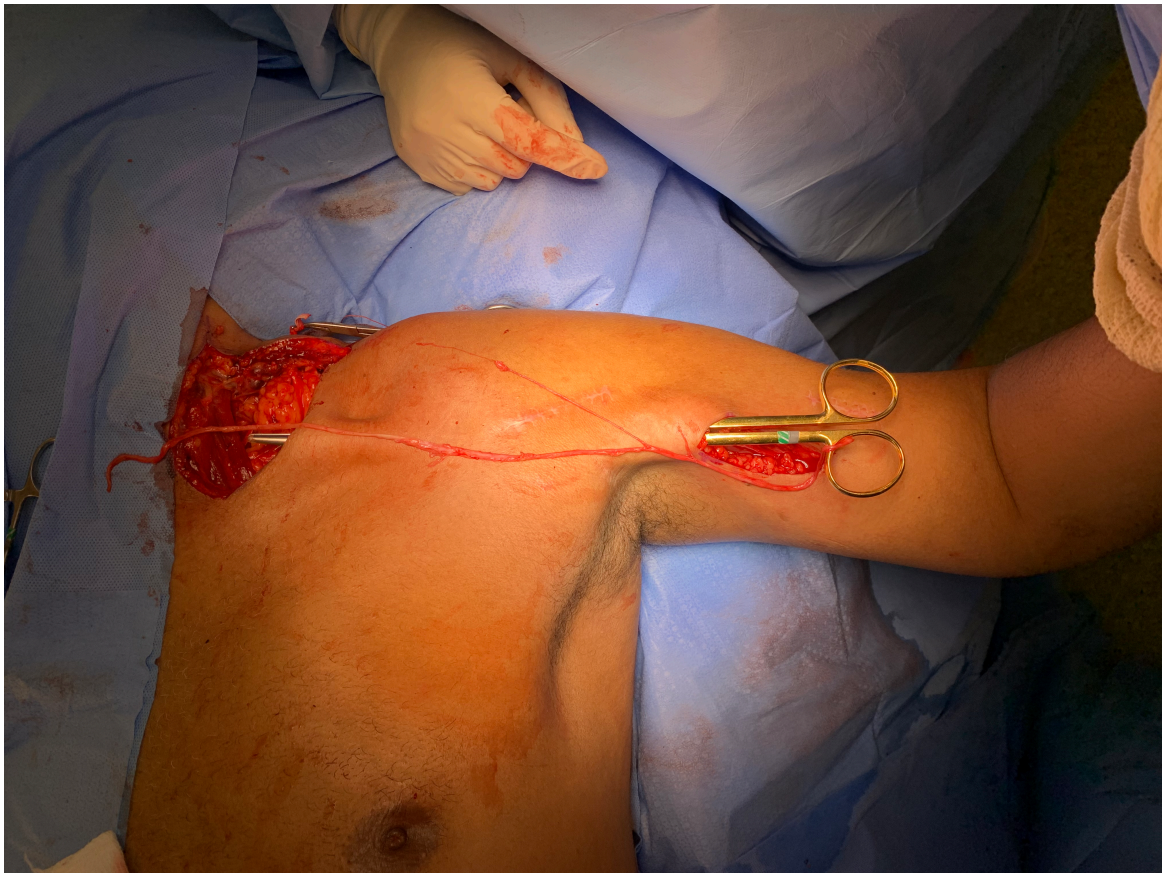
Fonte: Autoral

Figura 7 – Nervo frênico



Fonte: Autoral

Figura 8 – Confecção do túnel para passagem do enxerto de sural, posicionado acima da pele na imagem



Fonte: Autoral

1.5 Repercussão respiratória

A classificação dos distúrbios restritivos pode ser inferida na espirometria quando há redução da capacidade vital forçada pulmonar (CVF - que representa o volume máximo de ar exalado com esforço máximo, a partir do ponto de máxima inspiração). Além disso, com a CVF e o volume expiratório forçado no primeiro segundo de teste (VEF1) é possível calcular o índice de Tiffeneau (VEF1/CVF), utilizado para diferenciar distúrbios obstrutivos e restritivos, sendo restritivos considerados em valores próximos a 1 (PEREIRA, 2002). O termo inferido é utilizado porque acredita-se que esse valor pela CVF possa ser superestimado em relação à capacidade pulmonar total, que é o padrão-ouro para essa medida, mas apenas pode ser verificado com a pletismografia (MORETO TRINDADE; LINS FAGUNDES DE SOUSA; LUÍS PEREIRA ALBUQUERQUE, 2015). A Sociedade Brasileira de Pneumologia

e Tisiologia (SBPT) classificou os distúrbios restritivos da seguinte forma, de acordo com o **Quadro 1.**

Quadro 1 - Classificação dos distúrbios restritivos pulmonares

GRAVIDADE (% CVF DO PREVISTO)		
LEVE	MODERADO	GRAVE
≥ 60%	51-59%	≤ 50%

CVF, capacidade vital forçada. Adaptado de Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia (MORETO TRINDADE; LINS FAGUNDES DE SOUSA; LUÍS PEREIRA ALBUQUERQUE, 2015).

As primeiras críticas relacionadas às transferências do nervo frénico se deveram ao fato do nervo frênico ser importante para a respiração diafragmática, algo conhecido há pelo menos meio século quando Fackler et al. (1967) avaliaram a CVF de pacientes com paralisia de nervo facial submetidos a transferências nervosas de nervo frênico para nervo facial. Os achados após a secção do nervo frênico foram de redução significativa da CVF nos primeiros momentos e retorno à normalidade após 6 meses (FACKLER; PERRET; BEDELL, 1967). Além disso, a plegia do nervo frênico pode gerar elevação da hemicúpula diafragmática (KOKATNUR; RUDRAPPA, 2018).

Como relatado anteriormente, na primeira série de casos de transferência de nervo frênico descrita por Gu (1996), apenas 1 paciente sofreu insuficiência respiratória aguda. Estudos posteriores demonstraram não haver repercussão clínica em pacientes submetidos a transferência do nervo frênico com boa reserva pulmonar, apesar de haver redução da CVF e do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) na espirometria, podendo ser relatada melhora em até 1 a 2 anos (CHALIDAPONG *et al.*, 2004; XU *et al.*, 2005). Um estudo observacional com 23 pacientes sugeriu que haveria queda dos parâmetros espirométricos apenas quando o nervo frênico direito era utilizado como doador para a transferência nervosa (LUEDEMANN *et al.*, 2002). Em uma revisão da literatura incluindo 15 séries de casos com 314 pacientes submetidos à transferência do nervo frênico (SOCOLOVSKY *et al.*, 2015) não foram observados casos de repercussões respiratórias clínicas, excetuando-se o caso da criança de 5 anos que desenvolveu insuficiência respiratória na série de casos de Gu (1996). Assim, apesar das críticas iniciais, parecem não existir dados suficientes para afirmar que a transferência do nervo frênico causa prejuízos na função respiratória.

1.6 Força muscular em pacientes de lesão do plexo braquial

Historicamente, o resultado de força das microcirurgias de plexo braquial é predominantemente avaliado qualitativamente pela escala de força muscular do British Medical Research Council (MRC – **Quadro 2**). Em geral considera-se como bem-sucedidos os tratamentos capazes de restaurar a função equivalente ao grau M3 (capaz de vencer a gravidade), que se estima corresponder a uma recuperação de ao menos 4% da força original (BENGTSON *et al.*, 2008).

Quadro 2 - Classificação de força do British Medical Research Council

M0	Sem contração muscular
M1	Há contração muscular sem movimento
M2	Há movimento sem vencer a gravidade
M3	Vence a gravidade, mas não a resistência
M4	Vence uma resistência fraca
M5	Força normal

Nas LPB, quando há recuperação espontânea, cerca de 70% desses pacientes atingem a força M3 e 30% M2 (LIM *et al.*, 2018). Entretanto, a resolução espontânea é muito menos comum nas LPB totais, por se tratarem de lesões de mais alta energia e com maior dano aos tecidos nervosos.

Em uma revisão sistemática que abrangeu cerca de 1335 adultos com LPB tratados cirurgicamente, destacaram-se melhores resultados de força gerados na transferência de Oberlin para as lesões parciais e na transferência do nervo acessório para as lesões totais, não havendo diferença estatisticamente significativa entre as outras opções (intercostais, frênico, toracodorsal) (VERNON LEE *et al.*, 2023). Entretanto, é importante lembrar que nas lesões totais a transferência de Oberlin não está disponível e o nervo acessório é geralmente utilizado para reanimação do ombro sendo ligado ao nervo supraescapular para reinervação dos músculos supra e infraespinhoso. Em um estudo comparando-se duas opções de transferências extraplexuais para flexão do cotovelo, de nervos intercostais ou nervo frênico, não foram encontradas diferenças quanto à porcentagem de pacientes que atingiram o nível M3 de força de flexão do cotovelo (LIU; LAO; ZHAO, 2015).

Tratando-se especificamente da transferência de nervo frênico para ramo motor do bíceps, os estudos mais recentes apresentam resultados de força de flexão do cotovelo maior ou igual a M3 em cerca de 84% dos pacientes (SOCOLOVSKY *et al.*, 2015). Além disso,

perceberam-se resultados de força de flexão do cotovelo diferindo quando realizados em inspiração ou expiração completa, o que indica que fatores neurais relacionados a tarefa respiratória podem ser clinicamente importantes para esses pacientes (SOCOLOVSKY *et al.*, 2018).

Enquanto a escala MRC é frequentemente usada para avaliação dos pacientes de LPB, o padrão ouro para avaliação quantitativa da força muscular é o dinamômetro isocinético, limitado a poucos centros devido ao custo e necessidade de profissionais especializados para utilização. MAREI et al. (2019) concluiu que o uso de um dinamômetro portátil era mais acurado e confiável que a escala MRC para medida de força em pacientes com LPB. QUICK *et al.* (2016) verificaram que dentro de uma mesma classificação na escala MRC, a real força medida com dinamômetro nesses pacientes pode variar como uma curva normal, tendo seu pico próximo à média. CHIA *et al*. (2020) demonstraram por meio do dinamômetro isocinético que a transferência de Oberlin gerou melhores resultados de força que a de intercostais.

1.7 Propriocepção em pacientes de lesão do plexo braquial

A propriocepção é fruto dos mecanorreceptores localizados nas articulações, tendões, músculos, cápsulas articulares e pele, que permite ao individuo perceber a posição dos seus membros no espaço. Na extremidade superior, o plexo braquial transmite essas entradas para o SNC através de neurônios eferentes (OSKAY; ÜNAL; ÇETINKAYA, 2010). Sendo assim, a propriocepção é mais um desfecho pós-operatório importante para funcionalidade do membro que sofreu lesão de plexo braquial. A única investigação encontrada sobre a propriocepção em pacientes de LPB submetidos a transferência do nervo frênico é um estudo preliminar que comparou dois grupos distintos de pacientes de LPB total, um pré e outro pós-cirúrgico (HOMSREPRASERT *et al.*, 2014). Foi observado que no grupo em pós-operatório a capacidade de perceber a posição do cotovelo foi semelhante entre o braço afetado e o contralateral, o que indica que a cirurgia pode ter efeito positivo na propriocepção.

Além disso, a propriocepção já vem sendo debatida e utilizada na reabilitação desses pacientes, com contribuição nos protocolos de fisioterapia para melhora funcional do paciente. A atuação dos profissionais de terapia ocupacional é extremamente importante e se utiliza de protocolos que objetivam a melhoria da propriocepção para devolver ao paciente a

oportunidade de restabelecer uma atividade funcional para melhora da qualidade de vida (CHAGAS *et al.*, 2021).

O estudo desse desfecho é extremamente importante devido à escassez de dados na literatura acerca do tema. Embora negligenciada até aqui, a propriocepção recuperada pode devolver ao paciente a oportunidade de retorno de uma marcha menos instável, melhor controle de movimento do membro superior e consequentemente o retorno ao trabalho ou ao esporte dentro de suas limitações.

2 JUSTIFICATIVA

Com este estudo buscamos aprofundar o conhecimento relacionado aos resultados da transferência do nervo frênico para flexão do cotovelo nas lesões de plexo braquial, com ênfase na avaliação quantitativa da força muscular, propriocepção e função pulmonar após realização desses procedimentos.

O INTO é um hospital de referência no Rio de Janeiro para esse tipo de lesão, que é relativamente mais prevalente na nossa população em relação a outras pelo grande número de acidentes motociclísticos no nosso meio. Apesar do primeiro atendimento ser realizado em emergências abertas, a quase totalidade desses pacientes é encaminhada ao ambulatório de Microcirurgia do INTO para a cirurgia e seguimento de tratamento, contando com uma rede multidisciplinar com fisioterapeutas, enfermeiras, terapeutas ocupacionais, psicólogas e assistentes sociais.

A pesquisa desenvolvida aqui é importante pois resultados quantitativos sobre a recuperação de pacientes com LPB são escassos, provavelmente pela indisponibilidade de equipamentos para avaliação da força e ativação muscular voluntária. Além disso, a avaliação da propriocepção é cada vez mais importante, levando-se em consideração a sua importância teórica para o planejamento de estratégias de reabilitação pós-operatórios. As medidas de capacidade pulmonar obtidas aqui fornecem uma avaliação das repercussões respiratórias do uso do frénico nessas cirurgias, que tanto preocupa os cirurgiões e demais profissionais de saúde envolvidos no tratamento. Acredita-se que, pelo fato do INTO ser um hospital de referência para essa patologia e pela disponibilidade tecnológica, o estudo poderá beneficiar a comunidade científica utilizando os dados inclusive para pesquisas futuras. Além disso, o melhor conhecimento acerca de tais resultados permitirá que os próximos pacientes abordados tenham uma condução otimizada de seus casos.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a força de flexão do cotovelo, ativação do bíceps braquial e propriocepção do membro superior e a função e anatomia pulmonar após transferências do nervo frênico para ramo motor do bíceps braquial para flexão do cotovelo como tratamento das lesões de plexo braquial.

3.2 Objetivos Específicos

- Comparar a força de flexão do cotovelo do membro lesionado com o lado contralateral e com um grupo controle;
- Comparar a força de flexão do cotovelo do membro lesionado gerada durante inspiração e expiração profunda com o lado contralateral e com um grupo controle;
- Comparar a propriocepção do membro lesionado com o lado contralateral e com um grupo controle;
- Avaliar a função pulmonar através da capacidade vital forçada, volume expiratório forçado no 1° segundo e índice de Tiffeneau dos pacientes operados;
- Avaliar a função da musculatura intercostal calculando pressão expiratória e inspiratória máxima através de vacuomanometria;
- Avaliar o posicionamento da cúpula diafragmática em radiografias anteroposterior de tórax dos pacientes operados;

4 METODOLOGIA

4.1 Desenho experimental

O estudo consistiu em 2 fases com a primeira sendo um modelo transversal no qual foram avaliados quantitativamente os resultados de força de flexão do cotovelo e propriocepção nos pacientes submetidos à transferência nervosa de frênico para ramo motor do bíceps, além de análise de função pulmonar com espirometria e posição de hemicúpula diafragmática nas radiografias pós-operatórias. Na segunda fase, medidas de força de flexão do cotovelo e propriocepção foram obtidas em um grupo controle com 12 indivíduos hígidos pareados por sexo e idade. Esse grupo foi composto por componentes da força de trabalho do INTO (residentes, pesquisadores, secretários etc.) pareados por sexo, idade e IMC com os pacientes incluídos no estudo. Além disso, os questionários Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) e Short International Physical Activity Questionnaire (IPAQ-curto) foram passados aos pacientes submetidos à cirurgia. A casuística final foi representada por 16 pacientes com lesão total do plexo braquial submetidos a transferência nervosa de frênico para ramo motor do bíceps no INTO de 2014 a 2021 e 12 controles.

4.2 Aspectos éticos

Foram respeitadas as Normas de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (Res. CNS 466/12 e CNS 580/18) do Conselho Nacional de Saúde. A pesquisa foi iniciada após aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do INTO (CAAE: 50087221.5.0000.5273) **(Anexo 1)** e todos os participantes assinaram termo de consentimento livre e esclarecido após receberem explicação minuciosa sobre sua participação no projeto **(Anexo 2)**.

4.3 Participantes

Foram convidados a participar desse projeto todos os pacientes de LPB total submetidos a transferência nervosa de frênico para ramo motor do bíceps no INTO de 2014 a 2021 que puderam ser contactados. Os critérios de inclusão foram (1) ter 18 anos ou mais no momento

da coleta de dados, (2) ter realizado a cirurgia há pelo menos 6 meses e (3) não apresentar outros quadros ortopédicos ou lesões no membro acometido pela LPB ou no membro contralateral. Foram tidos como critérios de exclusão (1) ser incapaz de entender as instruções oferecidas durante a realização dos testes ou (2) ser incapaz de realizar nível detectável de força de flexão do cotovelo.

4.4 Coleta de dados

Os dados foram coletados em uma única visita realizada em dia de acordado com o participante. Os questionários *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH) **(Anexo 03)** e o *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ - curto) **(Anexo 04)** foram utilizados para avaliar a funcionalidade do paciente em relação à lesão e classificar o nível habitual de atividade física dos pacientes operados, respectivamente. A força de flexão do cotovelo foi avaliada pela escala do *British Medical Research Council* (MRC). Além disso, a força de flexão do cotovelo foi avaliada quantitativamente através de teste de dinamometria isocinética. A ativação do bíceps braquial (BB) foi avaliada durante os testes de dinamometria e durante tarefa respiratória forçada. A capacidade proprioceptiva do cotovelo foi avaliada pelo teste de senso de posição (TSP). O participante realizou também avaliação da função pulmonar, incluindo teste de espirometria, pressão respiratória (manovacuometria) e morfologia diafragmática. A data de nascimento, data da lesão, data da cirurgia, sexo, etnia, lateralidade e hábito tabagista foram obtidos através de análise do prontuário. A visita demorou cerca de 3 horas. O grupo controle realizou os testes de dinamometria e senso de posição com procedimentos idênticos ao utilizados no grupo de pacientes.

4.5 Teste de dinamometria e ativação muscular

A força de flexão do cotovelo foi avaliada quantitativamente através do torque obtido em teste de dinamometria realizado em dinamômetro isocinético (HUMAC NORM II, CSMI, EUA) por um avaliador experiente. Os participantes foram posicionados em decúbito dorsal, com o cotovelo alinhado ao centro de rotação do dinamômetro, de acordo com recomendações do fabricante. O antebraço do participante foi apoiado sobre dispositivo de espuma fixado à manopla do equipamento, de forma a dispensar a preensão manual durante o teste (Figura 9). Foram realizadas 3 contrações voluntarias isométricas máximas (CVIM),

com o cotovelo á 90° de flexão, com duração de 4 segundos e intervalo mínimo de 30 segundos entre repetições. Ambos os membros foram avaliados, em ordem aleatória (determinada por algoritmo pseudoaleatório). Antes do teste foram realizadas duas repetições submáximas, em que o participante foi instruído a fazer a metade da força possível, a título de familiarização e aquecimento. Os sinais de torque obtidos durante os testes foram exportados com taxa de amostragem de 2Khz, filtrados por um filtro butterworth passa-baixa de 2° ordem com frequência crítica de 10Hz, para análise posterior. O pico de torque (PT) observado em cada repetição foi normalizado pela massa corporal e a média entre as três repetições usadas para análise. A força de flexão do cotovelo foi expressa pela razão percentual entre o PT do membro afetado e do membro contralateral nos pacientes de LPB e como a razão percentual entre o menor e o maior PT entre os membros no grupo controle.

Figura 9 – Posicionamento para o teste de força



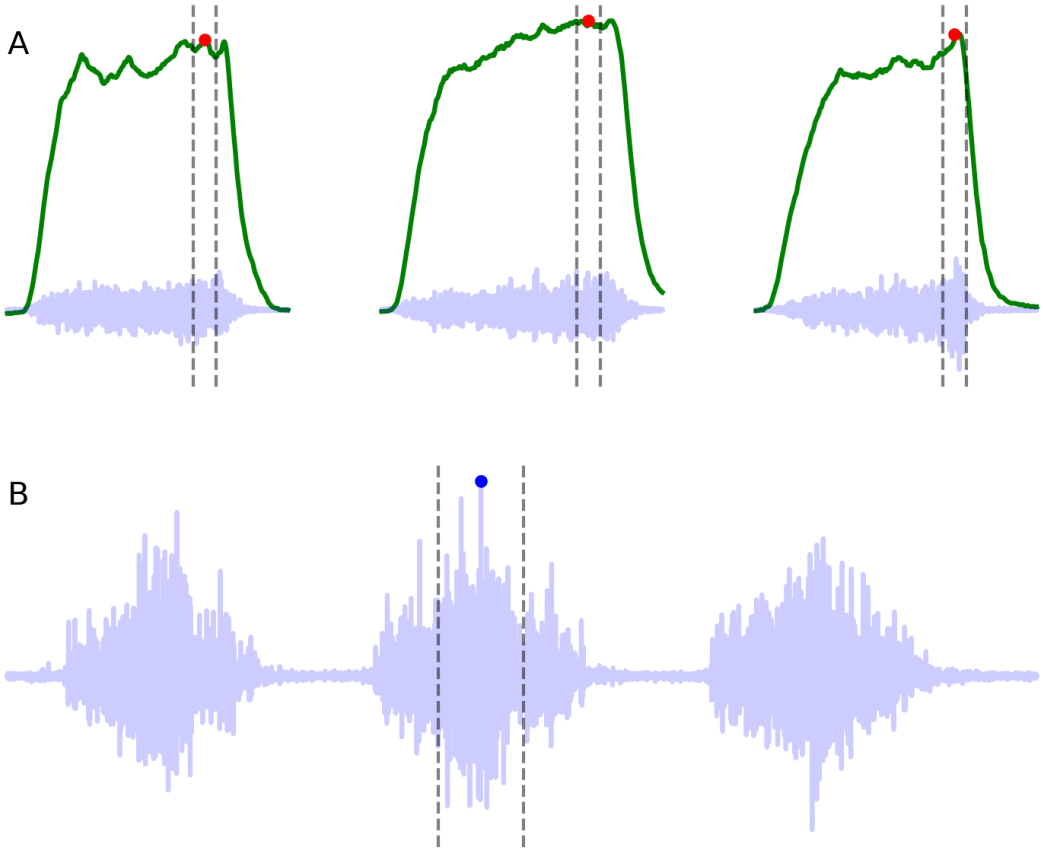
Fonte: Autoral

A etapa anterior foi repetida com o participante sendo instruído a realizar uma manobra respiratória antes da realização de cada CVIM. As manobras respiratórias foram a

expiração máxima forçada e a inspiração máxima forçada. Os participantes realizaram 3 CVIM consecutivas com cada manobra, em ordem aleatória (determinada por algoritmo pseudoaleatório). Assim, os participantes foram instruídos a "soltar todo o ar do pulmão" ou "encher todo o pulmão" e então realizar a CVIM. O PT em cada CVIM foi registrado e a média das três repetições em cada teste usada para análise.

A ativação do BB foi registrada durante as CVIM através de eletromiografia bipolar de superfície (EMG), com sinal amostrado em 2Khz (830c, EMG System do Brazil, Brasil). Os eletrodos foram posicionados longitudinalmente no terço distal da linha formada entre o acrômio e a fossa cubital, de acordo com o manual *Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles* – SENIAM. Em cada CVIM a ativação do BB foi quantificada pelo valor eficaz (conhecido em inglês como *root mean square* - RMS) do sinal EMG no período de 500 milissegundos em torno do momento de ocorrência do PT (**Figura 10 A**). Os valores obtidos durante os testes com manobras respiratórias foram normalizados pelo valor obtido no primeiro teste. Em cada teste, a média das três repetições foi usada para análise. Após a realização dos testes de força, os participantes foram instruídos a permanecer na mesma posição e, ao comando do avaliador, realizar três ciclos respiratórios com inspiração e expiração máxima. A ativação do BB foi registrada durante a tarefa e o valor eficaz em torno dos 500 milissegundos do momento de máxima ativação foi registrado e normalizado pelo valor obtido no primeiro teste de força (**Figura 10 B**).

Figura 10 - Avaliação de ativação muscular



Representação esquemática dos sinais coletados em um participante. (A) representação do sinal de torque (linhas em verde) registrado durante as contrações voluntárias isométricas máximas, assim como o pico de torque de cada contração (pontos em vermelho) e o sinal de eletromiografia do Bíceps Braquial. (B) Sinal de eletromiografia do bíceps Braquial coletado durante três ciclos respiratórios, com indicação do momento de ativação máxima (ponto em azul). Em ambos os painéis as linhas pontilhadas indicam o período de análise do sinal de eletromiografia.

4.6 Avaliação da função pulmonar

Para a realização da espirometria foi utilizado um pneumotacômetro tipo Fleisch, modelo KoKo Sx100 - nSpireHealth® (Longmont, USA), conforme as recomendações da American Thoracic Society e da European Respiratory Society (ATS/ERS). Os exames foram realizados por pneumologista experiente, com os participantes sentados confortavelmente em uma cadeira (**Figura 11**). Foram realizadas manobras de inspiração e expiração máximas forçadas até que duas curvas de volume respiratório reprodutíveis fossem obtidas. Os dados de capacidade vital forçada (CVF) e volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1)

foram obtidos e utilizados para cálculo do Índice de Tiffeneau (razão VEF1/CVF). A CVF e a VEF1 foram expressas em relação ao valor predito para sexo, idade e estatura. A CVF foi classificada de acordo com a SBPT, com uma tolerância de 20% para a variação da normalidade (Glindmeyer, 1981)

Figura 11 - Espirometria



Fonte: Autoral

Foram realizadas medidas das pressões respiratórias estáticas máximas conforme as orientações da Sociedade Brasileira de Pneumologia através de um Manovacuômetro analógico da Wika® (Iperó - SP, Brasil) com escala entre -150 e +150 cm H2O, para aferição da pressão inspiratória máxima (PImáx) e da pressão expiratória máxima (PEmáx) (**Figura 12**). A PImáx foi medida a partir da posição de expiração máxima, quando o volume de gás contido nos pulmões é o volume residual. A PEmáx foi medida a partir da posição de inspiração máxima, quando o volume de gás contido nos pulmões é a capacidade pulmonar total. Os participantes foram testados na posição sentada, estando o tronco num ângulo de 90° com as coxas. Foram realizadas no máximo cinco manobras, para que sejam obtidas três

manobras aceitáveis, sendo destas pelo menos duas reprodutíveis. De cada manobra foi anotada a pressão mais negativa ou positiva, alcançada após o primeiro segundo. Os resultados foram expressos em percentual com relação ao predito para sexo e idade.

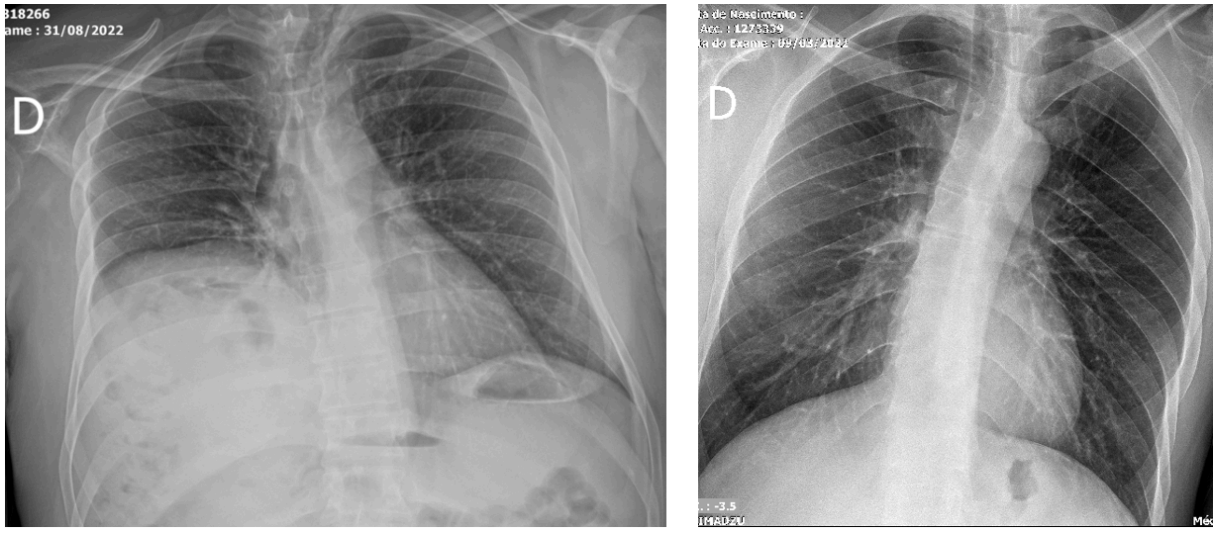
Figura 12- Manovacuometria



Fonte: Autoral

Radiografias em AP do tórax foram realizadas no setor de Radiologia e posteriormente avaliadas para identificação de elevação da hemicúpula diafragmática do lado operado em relação à contralateral. A hemicúpula diafragmática esquerda encontra-se normalmente 1,5 a 2,5 cm abaixo da direita em 90% dos indivíduos. Em inspiração, o diafragma encontra-se ao nível da porção posterior do nono ou décimo arco costal ou anterior do sexto. Foram avaliadas nas radiografias se houve diferença de 2 ou mais espaços intercostais em relação à normalidade, já considerando a diferença habitual de altura entre as hemicúpulas (**Figura 13**).

Figura 13- Exame radiográfico utilizado para avaliação da elevação da hemicúpula diafragmática



Fonte: Autoral

4.7 Teste de senso de posição

O teste de senso de posição foi realizado através de análise de vídeo em ambos os membros. O teste foi registrado à 120 quadros por segundo utilizando um smartphone (Motorola Moto X Play, 21 Mpx, Full HD). O smartphone, fixado a um tripé, foi alinhado ao eixo latero-lateral do participante, de forma a gravar imagens do plano sagital do membro superior do indivíduo (**Figura 14**). Para realização do teste, o indivíduo foi instruído a fletir lentamente o cotovelo a partir da posição cinesiológica até o comando do avaliador, e permanecer nessa posição, referida como posição experimentada, até que o avaliador o instruísse a voltar a posição inicial. O avaliador então requeria ao participante que fletisse o cotovelo até alcançar a posição anterior, referida como posição reproduzida. Esse procedimento foi realizado três vezes consecutivas para familiarização. O participante então foi vendado, para remover informações visuais da posição do braço, e realizou novamente três repetições do procedimento descrito acima, registrado em vídeo.

Figura 14 – Teste de senso de posição



Fonte: Autoral

Para análise do vídeo foi aplicado processo de captura de movimento sem marcadores usando redes neurais pré treinadas. As articulações do ombro, cotovelo e punho foram identificadas e o ângulo formado entre os três pontos considerado como o ângulo de flexão do cotovelo. A velocidade angular foi então calculada e usada para identificar o início e final do movimento de flexão e extensão, de forma a poder identificar os momentos em que o cotovelo se manteve parado. Assim foi possível identificar a posição experimentada e a posição reproduzida, que se alternam ao longo do teste. O erro constante (EC) foi calculado como a média da diferença entre o ângulo de flexão do cotovelo na posição experimentada e na posição reproduzida (GILMAN, 2002). O erro absoluto (EA) foi calculado como a média do valor absoluto da diferença entre o ângulo de flexão do cotovelo na posição experimentada e na posição reproduzida (GILMAN, 2002). O erro variável (EV) foi calculado como o desvio padrão da diferença entre o ângulo de flexão do cotovelo na posição experimentada e na posição reproduzida (GILMAN, 2002). No grupo controle a média de cada variável entre os membros foi utilizado para análise.

4.8 Análise estatística

A distribuição dos dados foi testada através do teste de Shapiro-Wilk para avaliação da normalidade dos dados. Os dados com distribuição normal foram apresentados como média ± desvio padrão e os demais como mediana [primeiro quartil – terceiro quartil]. Proporções foram apresentadas como valores percentuais. Diferenças entre as características do grupo de pacientes e grupo controle foram avaliadas com teste t ou teste de Mann-Whitney nos casos de dados com distribuição normal e não-normal, respectivamente. Proporções foram comparadas pelo teste chi-quadrado (ou exato de Fisher, se aplicável). O efeito da manobra respiratória na força de flexão de cotovelo e na ativação do BB foi avaliada separadamente através de análise de variância com um fator dependente, independentemente da distribuição dos dados tendo em vista a robustez do método em dados não-normais (BLANCA *et al.*, 2017). Os valores de CVF, VEF1, PEM e PIM foram comparados com o predito através de teste t contra o valor fixo de 100%. Os valores de EA, EC e EV foram comparados entre os membros dos pacientes com teste de Mann-Whitney. Os valores dessas variáveis foram comparados entre o membro afetado e contralateral, separadamente, com o agregado dos valores obtidos em ambos os membros do grupo controle através de teste de Mann-Whitney. A correlação entre as medidas de força da escala MRC e da dinamometria foi avaliado pelo coeficiente de correlação de Spearman. O nível de significância foi definido como 0,05 em todas as análises. Todos os procedimentos de análise e figuras foram desenvolvidos em rotinas especialmente desenvolvidas em Python.

5 RESULTADOS

5.1 Características dos participantes

Entre os 41 pacientes submetidos à transferência do nervo frênico para ramo motor do bíceps entre 2014 e 2021, apenas 27 (65,8%) puderam ser contactados, dos quais 16 (39%) aceitaram participar do estudo (**Tabela 1**). A causa da lesão foi acidente com motocicletas em 15 (93,8%) dos casos, sendo o caso restante causado por tombo de carreta. No momento da avaliação 12 (75%) dos participantes eram pensionistas do INSS e apenas um manteve a ocupação profissional de antes da lesão (barbeiro) (**Tabela 2**). A média de pontuação do DASH foi de 34 e de acordo com o IPAQ-curto 12 (75%) participantes foram classificados como ativos e 4 como irregularmente ativos. Entre os participantes 5 se consideram pretos, 6 se consideram pardos e 5 se consideram brancos. Desse total 5 declararam ter hábitos tabagistas regulares. A lesão acometeu o membro dominante em 8 casos e o não-dominante nos 8 restantes. Nenhum dos pacientes referiu dispnéia em repouso ou durante atividades da vida cotidiana.

A força de flexão do cotovelo variou entre 0,3 e 16,6 N, que corresponde à valores de 0,6 a 21,2% da força do membro contralateral. Não observamos diferenças (p=0,362) na força de flexão do cotovelo entre o grupo de pacientes acometido no lado dominante (0,07 ± 0,06 %) e no não-dominante (0,10 ± 0,07 %). O grupo controle foi formado por 12 participantes com proporção entre sexos, idade e IMC semelhantes ao grupo de pacientes (**Tabela 1)**.

Tabela 1 - característica dos participantes

	LPB	Controle	P
Sexo			
Masculino	13 (81 %)	9 (75 %)	0,689
Feminino	3 (19 %)	3 (25 %)	
Idade (anos)	27 [25-41]	31 [27-42]	0,225
IMC	22 ± 7	26 ± 5	0,311
DASH	34 ± 11	-	-
Tempo pós-op (meses)	39 ± 28	-	-
Tempo L-C (meses)	7 ± 2	-	-
Força absoluta de flexão do cotovelo (Nm)	3,29 [1,69-6,76]	60, 40 [42,95-74,69]	<0,001
Força de flexão do cotovelo (%)	9,1 ± 7,05	93,5 ± 2,5	<0,001

LPB, lesão do plexo braquial; IMC, índice de massa corpórea; DASH, escore do questionário *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand*; CVF, capacidade vital forçada; VEF1, volume expiratório forçado no primeiro segundo; PEmax, pressão expiratória máxima; PImax, pressão inspiratória máxima; Tempo pós-op, tempo de pós-operatório; Tempo L-C, tempo entre lesão e cirurgia. Valor p correspondente a comparação entre grupos de pacientes com LPB e controle, feita através do teste chi-quadrado entre as variáveis dicotômicas e pelo teste de Mann-Whitney entre as variáveis numéricas, com exceção da força de flexão de cotovelo em relação ao lado contralateral (%) que foi comparada através de teste t.

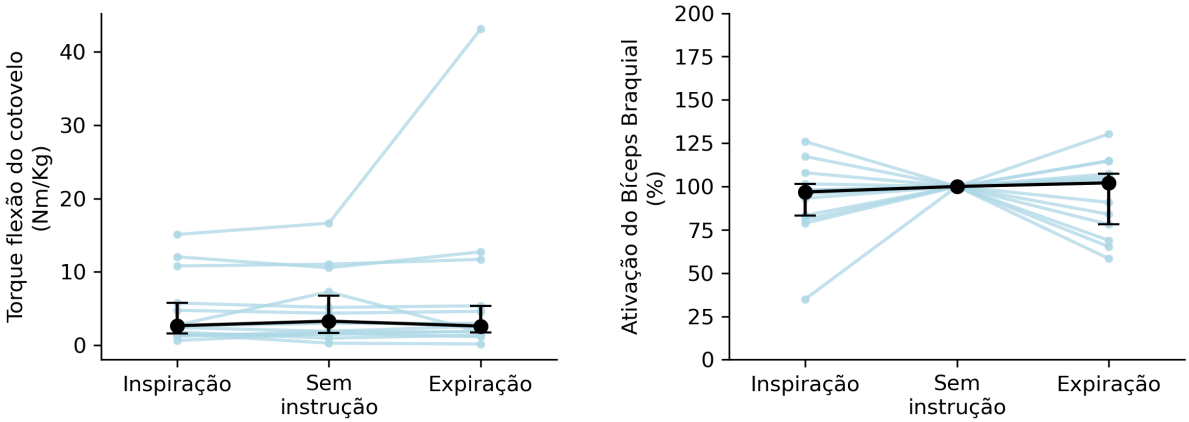
Tabela 2 – Ocupação laboral dos participantes

Profissão PRE	Trabalho atual
Metalúrgico	Motorista particular (aplicativo)
Vigilante	Recepcionista
Sommelier	Pensionista INSS
Motoboy	Pensionista INSS
Autônomo	Pensionista INSS
Fiscal de transportes	Pensionista INSS
Motorista	Pensionista INSS
Estoquista	Pensionista INSS
Repositor	Pensionista INSS
Mototaxista	Biscates
Caminhoneiro	Pensionista INSS
Auxiliar administrativo	Pensionista INSS
Auxiliar administrativo	Pensionista INSS
Caseiro	Pensionista INSS
Barbeiro	Barbeiro
Montador de cesta	Pensionista INSS

INSS, instituto nacional do seguro social.

Não observamos efeito sistemático da manobra respiratória no torque produzido (p = 0,467) ou na ativação do bíceps braquial durante o teste de força (p = 0,452) no membro afetado (**Figura 15**).

Figura 15 - Repercussão das manobras respiratórias



Linhas em azul indicam o comportamento individual de cada paciente e as linhas em preto indicam a mediana em cada situação. As barras de erro indicam o primeiro e o terceiro quartil.

O índice de Tiffeneau é semelhante ao valor esperado de 1. Foram observados valores abaixo do esperado para as medidas de CVF e VEF1, enquanto a PEmax e a PImax são semelhantes aos valores normativos. Não foi possível obter a radiografia de dois pacientes, por problemas no armazenamento dos exames. Entre os 14 pacientes avaliados, foi observada elevação da hemicúpula acima de 2 espaços intercostais em 5 (35%).

Tabela 3 - função respiratória

	Valor	P
Indice de Tiffeneau	1,02 ± 0,05	0,070
CVF (%)	81 ± 18	0,001
VEF1 (%)	79 ± 17	<0,001
PEmax (%)	108 ± 21	0,354
PImax (%)	103 ± 36	0,680

CVF, capacidade vital forçada; VEF1, volume expiratório forçado no primeiro segundo; PEmax, pressão expiratória máxima; PImax, pressão inspiratória máxima; p, comparação entre o grupo de pacientes e o valor de referência.

De acordo com a classificação de distúrbio restritivo pulmonar pela SBPT, 8 pacientes apresentaram CVF acima de 80% do predito para sexo e idade, podendo ser caracterizados

como variação dentro dos limites da normalidade, 7 pacientes com CVF entre 60 e 80% do previsto, caracterizados como distúrbio restritivo leve e 1 paciente caracterizado como distúrbio restritivo moderado por apresentar CVF entre 50 e 60% do previsto. Nenhum paciente apresentou distúrbio restritivo grave.

Dois indivíduos do grupo de pacientes com LPB não foram capazes de realizar o teste de senso de posição e foram excluídos das análises seguintes. Não foram observadas diferenças nas medidas de erro no teste de senso de posição entre os membros dos pacientes de LPB ($p>0,05$). Também não foram observadas diferenças entre o membro afetado ou contralateral com o grupo controle ($p>0,05$) (**Tabela 4**).

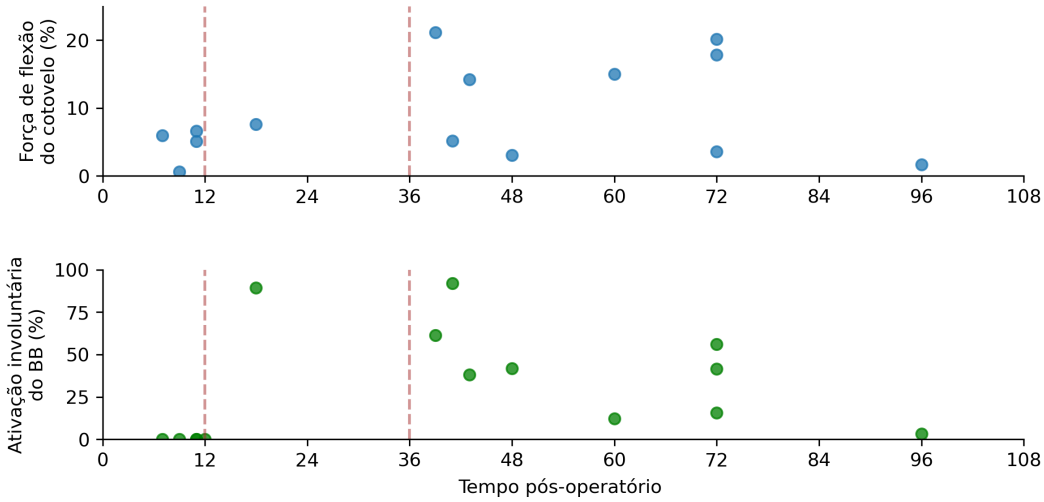
Tabela 4 - resultados do teste de senso de posição

	Afetado	**Contralateral**	**Controle**
Erro absoluto (°)	4,3 [1,5]	6,2 [4,3]	5,5 [2,4]
Erro variável	4,0 [2,0]	5,1 [2,3]	3,8 [1,0]
Erro constante (°)	-3,5 [3,8]	-3,6 [8,5]	-4,6 [5,6]

5.2 Relação temporal

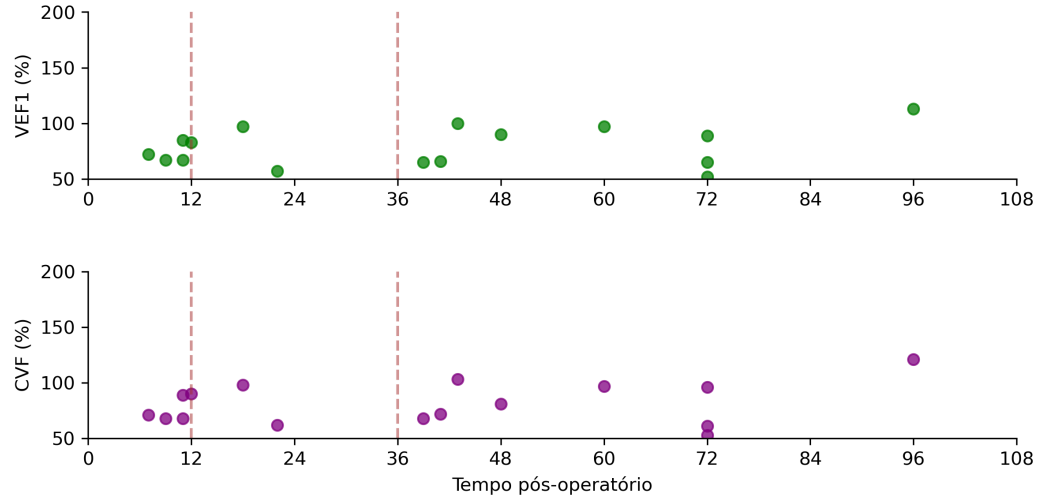
Foi observada força de flexão do cotovelo superior a 10% apenas em pacientes avaliados mais de 36 meses da cirurgia, com níveis de força variando entre 1,7 e 21,2 % (Figura). A ativação involuntária do BB foi observada a partir de 12 meses da cirurgia, com uma aparente tendência de diminuição nos períodos seguintes (Figura). Os parâmetros espirométricos, tanto o índice de Tiffeneau que resume a CVF e VEF1, como a PEmax e PImax, não parecem ter relação linear com o tempo de follow-up (**Figura 17**).

Figura 16 - Força de flexão de cotovelo e ativação involuntária do bíceps braquial em relação ao tempo decorrido da cirurgia.



BB, bíceps braquial. Linhas verticais em marrom indicam os períodos de 12 e 36 messes para referência.

Figura 17 – Função pulmonar em relação ao tempo decorrido da cirurgia.

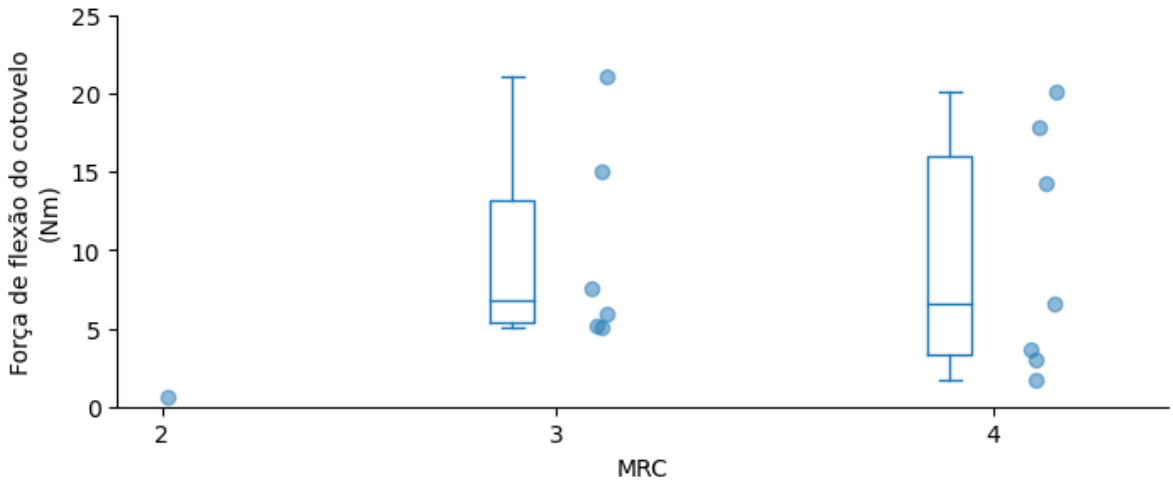


VEF1, volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF, capacidade vital forçada. Linhas verticais em marrom indicam os períodos de 12 e 36 messes para referência.

5.3 Relação entre testes de força

As medidas subjetivas e objetivas, respectivamente a escala MRC e os testes de dinamometria, não apresentaram correlação (p=0,745). Sete participantes foram classificados como M4, seis como M3, dois como M2 e um como M1.

Figura 18 – Resultado dos testes de força empregados.



MRC, escala de força do *Medical Research Council*.

6 DISCUSSÃO

O objetivo principal do estudo foi avaliar força de flexão do cotovelo, ativação do bíceps braquial, propriocepção do membro superior, além da função e anatomia pulmonar após transferências do nervo frênico para ramo motor do bíceps braquial como tratamento das lesões de plexo braquial. Os principais achados foram (1) as medidas quantitativas de força de flexão do cotovelo obtidas; (2) o padrão temporal de ativação involuntária do bíceps braquial, que parece surgir após 12 meses da cirurgia e diminuir a partir desse ponto; (3) a incapacidade de detectar déficits proprioceptivos com os métodos empregados aqui; e (4) a baixa ocorrência de comprometimentos respiratórios importantes, tendo em vista que apenas um paciente avaliado apresentou distúrbio restritivo moderado.

Os pacientes que foram contactados com sucesso e compuseram a amostra foram em sua maioria homens (81,2%), com mediana da idade em 27 anos, vítimas de acidentes motociclísticos (93,8%), seguindo o padrão mais comumente relatado na literatura com média de idade entre 26 e 30 anos e a porcentagem de homens variando entre 86 e 95% e a de acidentes motociclísticos entre 64 e 94% (CHO *et al.*, 2020a; LI *et al.*, 2019; SUROTO *et al.*, 2021). Nossos achados reforçam que a LPB, e no caso especifico as lesões totais, tem impacto negativo na capacidade laboral do indivíduo, uma vez que apenas 25% dos participantes retornaram à algum tipo de atividade laborativa após a reabilitação, sendo que 3 (%) foram obrigados a mudar sua profissão e apenas um manteve sua atividade anterior à lesão. A porcentagem é menor em relação a um estudo recente desenvolvido em Brasília, onde 55% desses pacientes puderam retornar às suas atividades originais (GUSHIKEM *et al.*, 2021). Esses dados são importantes pois ressaltam que a evolução no tratamento cirúrgico, bem como as políticas de prevenção a acidentes de trânsito, são ferramentas importantes na desoneração do nosso sistema previdenciário. Quanto à média de 34 no DASH, que pode ser considerado um bom resultado funcional, vale a pena lembrar que o questionário permite que as tarefas sejam realizadas pelo membro contralateral, diminuindo a precisão da avaliação.

A grande variabilidade no tempo entre a cirurgia e a avaliação observado em estudos com pacientes de LPB (LIU et al., 2015; MONREAL, 2007; SOCOLOVSKY et al., 2015), provavelmente por conta da escassez da amostra (e dificuldade de encontrar pacientes no mesmo momento de pós-operatório), compromete as estimativas de recuperação de força na população de pacientes tratados cirurgicamente. Contudo, a relação entre tempo entre cirurgia e avaliação do desfecho e nível de recuperação de força permite extrair informações sobre o

curso de recuperação nesses indivíduos. Nossos achados indicam que resultados mais animadores na recuperação da força de flexão do cotovelo tendem a ser encontrados em períodos de pós-operatório maiores que 36 meses. É importante notar que, mesmo no período de follow-up superior a 36 meses, existe grande variabilidade na recuperação da força de flexão. Assim, é possível que alguns fatores interfiram na responsividade ao tratamento, apesar do presente projeto não ter conseguido identificá-los. Não encontramos estudos anteriores que reportem o torque de flexão de cotovelo em pacientes com LPB total, de forma que os resultados apresentados aqui permitem que ortopedistas e outros profissionais de saúde avaliem o sucesso de casos específicos. Disponibilizar os dados de força de flexão de cotovelo nesses pacientes é fundamental para que a eficácia de outras técnicas seja avaliada, assim como o serviço realizado em outros centros ortopédicos.

Em relação à avaliação de força subjetiva, os resultados encontrados aqui são semelhantes aos resultados prévios em pacientes submetidos a transferência nervosa com o nervo frênico (LIU *et al.*, 2014; LIU; LAO; ZHAO, 2015; SOCOLOVSKY *et al.*, 2015; YU-DONG *et al.*, [S.d.]), tendo 84% dos pacientes com mais de um ano de tempo de cirurgia apresentado ao menos nível de força M3. Confrontando a classificação de força definida após avaliação subjetiva pela escala MRC e a avaliação quantitativa pelo dinamômetro isocinético, verificamos uma concordância inconsistente. Esse fato corrobora a informação previamente relatada na literatura de que a partir de M3, torna-se difícil estimar exatamente a força gerada pelo paciente (MAREI *et al.*, 2019; QUICK *et al.*, [S.d.]) já que em M4 está compreendido 96% da força de um indivíduo, uma faixa muito ampla (MACAVOY; GREEN, 2007). Contudo, um estudo com amostra de 157 pacientes de LPB, entre totais e parciais, desenvolvido para avaliar a concordância entre dinamômetros isométricos e a escala MRC, observou um nível relativamente satisfatório de concordância com os níveis de força entre M1 e M4, sendo o teste manual menos informativo apenas nos indivíduos com função normal de flexão do cotovelo, correspondente ao nível M5 (SHAHGHOLI *et al.*, 2012). Em suma, o uso de testes de força quantitativos parece importante para a avaliação pormenorizada dos desfechos cirúrgicos, assim como para investigação dos diversos fenômenos associados a força muscular, enquanto os testes manuais seguem fundamentais para a prática clínica, tendo em vista sua acessibilidade, simplicidade e eficiência em casos de menor nível de produção de força.

Tendo em vista a função motora original do frênico, e os resultados reportados por Socolovsky et al (2018), acredita-se que a realização de uma tarefa respiratória influencie a força produzida voluntariamente pelo bíceps em pacientes submetidos a transferência com o

nervo frénico. Socolovsky et al (2018) avaliaram pacientes com grau de força maior ou igual a M4, encontrando que após uma inspiração completa, a força de flexão do cotovelo produzida é maior que a observada após uma expiração completa. No nosso experimento, não encontramos qualquer diferença na força de flexão, ou na ativação do bíceps braquial, em relação as tarefas respiratórias. Obviamente é possível que essa relação seja mais evidente em pacientes com alto nível de produção de força, como os avaliados por Socolovsky et al (2018), e que ao considerar pacientes com diferentes níveis de recuperação de força, o efeito neural da tarefa respiratória seja diluído. Além do nível de recuperação da força, o tempo entre a cirurgia e a avaliação pode ter efeito nos resultados observados. Assim como no presente estudo, o tempo entre a cirurgia e a avaliação é altamente variado entre os voluntários do estudo de Socolovsky et al. (2018), variando entre aproximadamente 1 e 10 anos. Os resultados obtidos aqui fornecem indícios de que a ativação involuntária do bíceps apresenta um padrão temporal, ocorrendo durante respirações forçadas a partir do primeiro ano de follow-up, e diminuindo a partir desse momento. Esse achado se assemelha a diminuição da ativação involuntária do bíceps braquial observado ao longo do tempo durante tarefas da vida diária em pacientes de LPB submetidos à transferência com o nervo intercostal, a partir de cerca de 200 dias após a cirurgia (MALESSY; VAN DIJK; THOMEER, 1993). Assim, nossos resultados não podem ser considerados como um indício de que fatores neurais não tem influência sobre a produção de força nos pacientes de LPB tratados com transferência a partir de nervos com função original respiratória. Os resultados indicam que essa relação é complexa, possivelmente varia ao longo do tempo e em função do nível de recuperação de força. A adaptação temporal, observada aqui pela relação entre tempo de follow-up e ativação involuntária do bíceps e pelos resultados de Malessy et al (1993), são compatíveis com o fenômeno de neuroplasticidade, em que estruturas do sistema nervoso central se adaptam ao longo do tempo para assumir funções inicialmente desempenhadas por outras regiões desse mesmo sistema (SOCOLOVSKY *et al.*, 2017). Apesar dos resultados desse estudo serem compatíveis com o fenômeno, estudos longitudinais são necessários para compreender melhor o curso temporal dessas adaptações e suas implicâncias clínicas.

Os valores de PEmax encontraram-se dentro dos limites da normalidade em todos os pacientes e os de PImax encontraram-se reduzidos em 4 pacientes, os mesmos pacientes com menores valores de CVF. Não foi observada relação entre o tempo de pós-operatório e a CVF, ao contrário do que foi relatado em Xu et al (2005). Também não observamos queda acentuada na CVF (distúrbios restritivos graves) entre os pacientes avaliados no primeiro ano

de *follow-up*, o que seria esperado tendo em vista os resultados prévios que observaram esse comprometimento em estudos longitudinais (CHALIDAPONG *et al.*, 2004; LUEDEMANN *et al.*, 2002; YAVARI; HASSANPOUR; KHODAYARI, 2016). Ao contrário dos estudos citados, o presente trabalho dispõe apenas de dados transversais, de forma que não podemos inferir sobre a evolução da função pulmonar dos pacientes. Contudo, chama a atenção o fato de serem observados valores semelhantes em todas as variáveis de função pulmonar avaliados, a despeito do tempo de pós-operatório dos pacientes. Esse achado indica que a transferência do nervo frênico pode ter um impacto pequeno na função pulmonar, ao menos em parte dos pacientes. O fato do comprometimento da função respiratória variar entre os indivíduos de maneira relativamente independente do tempo decorrido da cirurgia pode estar relacionado com a existência de um nervo frênico acessório em alguns desses pacientes. De acordo com os estudos cadavéricos disponíveis, espera-se a ocorrência do nervo frênico acessório entre 48,5% (BANNEHEKA, 2008) e 61,8% (LOUKAS *et al.*, 2006) dos indivíduos, coerente com nosso achado de espirometria normal em 50% dos pacientes avaliados. Assim, é possível que as repercussões respiratórias negativas da cirurgia sejam menos frequentes que o suposto anteriormente. Em conjunto, os resultados encontrados indicam que a transferência do nervo frénico é uma opção a ser considerada nos casos de LPB total, tendo em vista que os prejuízos da função respiratória são menos intensos e menos frequentes que o esperado, com uma minoria apresentando distúrbio restritivo grave.

Os pacientes avaliados no teste de senso de posição apresentaram valores de erro semelhantes entre os membros e próximos do observado no grupo controle, o que poderia indicar recuperação da função proprioceptiva (OSKAY; ÜNAL; ÇETINKAYA, 2010). Entretanto, durante a aplicação do teste, era visível o maior conforto dos pacientes na manutenção de certas posições de angulação do cotovelo e isso pode ter contribuído para que os resultados fossem pouco discrepantes. O teste pode, portanto, ter sofrido um viés de aferição pelo baixo grau de controle voluntário do movimento do cotovelo, tendendo sempre a angulações parecidas. (HOMSREPRASERT *et al.*, 2014) também não encontraram diferença estatística comparando-se um membro superior operado e com a flexão de cotovelo recuperada após cirurgia para lesão de plexo braquial e o membro contralateral. O autor indicou como possíveis razões por trás da recuperação proprioceptiva do cotovelo a recuperação do tensionamento normal da cápsula articular, músculos e tendões ao redor da articulação do cotovelo. Contudo, nossa experiência indica que esse teste pode superestimar a

capacidade proprioceptiva, e resultados animadores devem ser analisados com cautela e criticidade.

O presente trabalho fornece medidas objetivas de força muscular em pacientes de LPB submetidos à transferência do nervo frénico e indícios importantes de neuroplasticidade no período pós-operatório, mas tem limitações importantes dignas de nota. As medidas de força foram realizadas em dinamômetro isocinético, aparelho complexo e que pode subestimar o torque articular em sujeitos não habituados com o equipamento, apesar do total conhecimento dos avaliadores sobre o controle da máquina. Esse erro na estimativa do torque vem do fato que apenas a força gerada no sentido de rotação do eixo do equipamento é contabilizada, o que pode ser especialmente problemático em pacientes com comprometimento no controle do membro avaliado. Para reduzir esse efeito o membro do participante foi estabilizado com o auxílio de faixas inelásticas e um procedimento cuidadoso de familiarização foi conduzido antes de cada teste de força. Outra limitação importante é a incapacidade do teste de senso de posição em distinguir entre uma capacidade proprioceptiva preservada e a incapacidade de variar o nível de flexão do cotovelo. Embora essa limitação não possa ter sido contornada, é importante que seja indicada para que estudos futuros previnam esse problema e os achados reportados em outros estudos sejam avaliados devidamente.

É importante que estudos futuros investiguem as variáveis observadas aqui em desenhos longitudinais, uma vez que questões importantes discutidas aqui não podem ser esclarecidas com os dados disponíveis. O atendimento aos pacientes e o entendimento sobre o tratamento cirúrgico da LPB se beneficiarão, por exemplo, de investigações que possam identificar quais fatores discriminam os pacientes com melhor recuperação da força de flexão do cotovelo no pós-operatório ou que identifiquem o comportamento dos fenômenos associados à neuroplasticidade ao longo do tempo. Além disso, é importante salientar que o tamanho da amostra, apesar de grande comparada com estudos anteriores, ainda é escassa em números absolutos, sendo uma limitação do estudo.

7 CONCLUSÃO

Os pacientes de LPB submetidos a transferência do nervo frénico apresentam graus diversos de recuperação da força de flexão do cotovelo, tendo resultados melhores a partir de um ano de pós-operatório, podendo chegar a próximo de 10% do membro contralateral ou grupo controle. Não encontramos indícios que as tarefas respiratórias afetem o nível de ativação voluntária do bíceps braquial, enquanto a ativação involuntária durante a respiração parece mudar expressivamente ao longo do período de pós-operatório. Não encontramos indícios que a capacidade pulmonar seja afetada gravemente nesses pacientes após realização de espirometria e manovacuometria, a despeito da alteração morfológica observada no diafragma nas radiografias de tórax. O teste de senso de posição não indicou qualquer comprometimento proprioceptivo no grupo de pacientes, parecendo semelhantes ao membro contralateral e ao grupo controle, o que indica que os resultados desse tipo de teste devem ser avaliados com cautela.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, Zarina S *et al.* Upper brachial plexus injury in adults: comparative effectiveness of different repair techniques. *Journal of neurosurgery*, v. 122, n. 1, p. 195–201, 2015.

ALNOT, J Y; JOLLY, A; FROT, B. Direct treatment of nerve lesions in brachial plexus injuries by adult—A series of 100 operated cases: A propos d'une série de 100 cas opérés. *International Orthopaedics*, v. 5, p. 151–168, 1981.

AZZE, Ronaldo J *et al.* Extraplexual neurotization of brachial plexus. *Microsurgery*, v. 15, n. 1, p. 28–32, 1994.

BANNEHEKA, Shyama. Morphological study of the ansa cervicalis and the phrenic nerve. *Anatomical Science International*, v. 83, n. 1, p. 31–44, mar. 2008.

BENGTSON, Keith A. *et al. Measuring Outcomes in Adult Brachial Plexus Reconstruction*. *Hand Clinics*. [S.l: s.n.]. , nov. 2008

BLANCA, María J. *et al.* Non-normal data: Is ANOVA still a valid option? *Psicothema*, v. 29, n. 4, p. 552–557, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29048317/>. Acesso em: 9 jul. 2023.

BRUNELLI, G; MONINI, L. Neurotization of avulsed roots of brachial plexus by means of anterior nerves of cervical plexus. *CRC Handbook of Microsurgery: Volume I*, p. 295–298, 2019.

CHAGAS, Alessandra Carolina de Santana *et al.* 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*, v. 26, n. 1, 1 jan. 2021.

CHALIDAPONG, P *et al.* Pulmonary and biceps function after intercostal and phrenic nerve transfer for brachial plexus injuries. *Journal of Hand Surgery*, v. 29, n. 1, p. 8–11, 2004.

CHO, Álvaro Baik *et al.* Epidemiological study of traumatic brachial plexus injuries. *Acta Ortopédica Brasileira*, v. 28, p. 16–18, 2020a.

CHO, Álvaro Baik *et al.* ESTUDO EPIDEMIOLÓGICO DAS LESÕES TRAUMÁTICAS DO PLEXO BRAQUIAL. *Acta Ortopédica Brasileira*, v. 28, n. 1, p. 16–18, 20 jan. 2020b. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aob/a/D6zW8tysgSwJBycnVZpnMWG/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 22 jun. 2023.

DE REZENDE, Marcelo Rosa *et al. What has changed in brachial plexus surgery? Clinics*. [S.l: s.n.]. , 2013

FACKLER, Carl D; PERRET, George E; BEDELL, George N. *Effect of unilateral phrenic nerve section on lung function'*. *JOURNAL OF APPLIED PHYSIOLOGY*. [S.l: s.n.], 1967. Disponível em: <www.physiology.org/journal/jappl>.

FAGLIONI, Wilson *et al.* The epidemiology of adult traumatic brachial plexus lesions in a large metropolis. *Acta Neurochirurgica*, v. 156, n. 5, p. 1025–1028, 7 dez. 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00701-013-1948-x>. Acesso em: 22 jun. 2023.

GU, Yu-dong. Use of the phrenic nerve for brachial plexus reconstruction. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*, v. 323, p. 119–121, 1996.

GUSHIKEM, Andreia *et al.* Predictive factors for return to work or study and satisfaction in traumatic brachial plexus injury individuals undergoing rehabilitation: a retrospective follow-up study of 101 cases. *Journal of Hand Therapy*, 2021.

HAMADA, Tomohiro *et al.* Anatomical study of phrenic nerve course in relation to neck dissection. *Surgical and Radiologic Anatomy*, v. 37, n. 3, p. 255–258, 1 abr. 2015.
HOMSREPRASERT, Therdsak *et al. Elbow Joint Proprioceptive Sense in Total Arm-Type Brachial Plexus Injured Patients after Neurotization: A Preliminary Study*. *J Med Assoc Thai*. [S.l: s.n.], 2014.
KAISER, Radek *et al.* Epidemiology, etiology, and types of severe adult brachial plexus injuries requiring surgical repair: systematic review and meta-analysis. *Neurosurgical review*, v. 43, p. 443–452, 2020.
KIM, Daniel H *et al.* Mechanisms of injury in operative brachial plexus lesions. *Neurosurgical focus*, v. 16, n. 5, p. 1–8, 2004.
KOKATNUR, Laxmi; RUDRAPPA, Mohan. Diaphragmatic Palsy. *Diseases*, v. 6, n. 1, p. 16, 13 fev. 2018.
LANDERS, Zoe A. *et al.* The Psychological Impact of Adult Traumatic Brachial Plexus Injury. *Journal of Hand Surgery*, v. 43, n. 10, p. 950.e1-950.e6, 1 out. 2018.
LEUNG, Sophia *et al.* Surgical anatomy of the supraclavicular brachial plexus. *Journal of Bone and Joint Surgery - American Volume*, v. 97, n. 13, p. 1067–1073, 2 set. 2014.
LI, Guang-Yao *et al.* Traumatic brachial plexus injury: a study of 510 surgical cases from multicenter services in Guangxi, China. *Acta neurochirurgica*, v. 161, p. 899–906, 2019.
LIM, S H *et al.* Spontaneous recovery of non-operated traumatic brachial plexus injury. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, v. 44, p. 443–449, 2018.
LIN, James S; SAMORA, Julie Balch. Brachial Plexus Birth Injuries. *Orthopedic Clinics*, v. 53, n. 2, p. 167–177, 2022.
LIU, Yuzhou *et al.* Comparative study of phrenic nerve transfers with and without nerve graft for elbow flexion after global brachial plexus injury. *Injury*, v. 45, n. 1, p. 227–231, jan. 2014.
LIU, Yuzhou; LAO, Jie; ZHAO, Xin. Comparative study of phrenic and intercostal nerve transfers for elbow flexion after global brachial plexus injury. *Injury*, v. 46, n. 4, p. 671–675, 1 abr. 2015.
LOUKAS, Marios *et al.* Surgical Anatomy of the Accessory Phrenic Nerve. *Annals of Thoracic Surgery*, v. 82, n. 5, p. 1870–1875, nov. 2006.
LUEDEMANN, Wolf *et al.* Brachial plexus neurotization with donor phrenic nerves and its effect on pulmonary function. *Journal of neurosurgery*, v. 96, n. 3, p. 523–526, 2002.
MACAVOY, Michael C; GREEN, David P. Critical reappraisal of Medical Research Council muscle testing for elbow flexion. *The Journal of hand surgery*, v. 32, n. 2, p. 149–153, 2007.
MALESSY, M. J.A.; VAN DIJK, J. G.; THOMEER, R. T.W.M. Respiration-related activity in the biceps brachii muscle after intercostal-musculocutaneous nerve transfer. *Clinical neurology and neurosurgery*, v. 95 Suppl, n. SUPPL., p. 95–102, 1993. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8467605/>. Acesso em: 22 jun. 2023.
MAREI, Abdelhakim *et al.* Quantitative assessment of elbow flexion by handheld dynamometry in brachial plexus palsy. *Journal of Hand Surgery: European Volume*, v. 44, n. 3, p. 256–262, 1 mar. 2019.

MONREAL, Ricardo. Restoration of elbow flexion by transfer of the phrenic nerve to musculocutaneous nerve after brachial plexus injuries. *Hand*, v. 2, n. 4, p. 206–211, dez. 2007.
MORETO TRINDADE, Alexandre; LINS FAGUNDES DE SOUSA, Thiago; LUÍS PEREIRA ALBUQUERQUE, André. *The interpretation of spirometry on pulmonary care: until where can we go with the use of its parameters?* . [S.l: s.n.], 2015.
NETO, Junot H.S. *et al.* The 2-Dimensional and 3-Dimensional Anatomy of the Adult Brachial Plexus Divisions and Cords. *Hand*, v. 17, n. 1, p. 50–54, 1 jan. 2022.
NOLAND, Shelley S. *et al. Adult Traumatic Brachial Plexus Injuries*. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. [S.l.]: Lippincott Williams and Wilkins. , 1 out. 2019a
NOLAND, Shelley S. *et al.* Adult Traumatic Brachial Plexus Injuries. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, v. 27, n. 19, p. 705–716, 1 out. 2019b. Acesso em: 22 jun. 2023.
OBERLIN, C; BEAL, D. leechavengvongs S, Salon A, Dauge MC, Sarcy JJ: Nerve transfer to biceps muscle using part of ulnar nerve for C5–C6 avulsion of the brachial plexus: anatomical study and report of four cases. *J Hand Surg*, v. 19, p. 232–237, 1994.
OSKAY, Deran; ÜNAL, Edibe; ÇETINKAYA, Şirzat. *Do obstetrical brachial plexus injuries affect proprioceptive sense? Neurosciences*. [S.l: s.n.], 2010.
PONDAAG, Willem; MALESSY, Martijn J.A. *Evidence that nerve surgery improves functional outcome for obstetric brachial plexus injury*. *Journal of Hand Surgery: European Volume*. [S.l.]: SAGE Publications Ltd. , 1 mar. 2021
QUICK, T J *et al.* A quantitative assessment of the functional recovery of flexion of the elbow after nerve transfer in patients with a brachial plexus injury. [S.d.].
SHAHGHOLI, Leili *et al.* A comparison of manual and quantitative elbow strength testing. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 91, n. 10, p. 856–862, out. 2012.
SOCOLOVSKY, Mariano *et al.* Comparison between supraclavicular versus video-assisted intrathoracic phrenic nerve section for transfer in patients with traumatic brachial plexus injuries: Case series. *Operative Neurosurgery*, v. 19, n. 3, p. 249–254, 1 set. 2020.
SOCOLOVSKY, Mariano *et al.* Current concepts in plasticity and nerve transfers: relationship between surgical techniques and outcomes. *Neurosurgical focus*, v. 42, n. 3, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28245665/>. Acesso em: 22 jun. 2023.
SOCOLOVSKY, Mariano *et al.* Phrenic to musculocutaneous nerve transfer for traumatic brachial plexus injuries: analyzing respiratory effects on elbow flexion control. *Journal of Neurosurgery*, v. 131, n. 1, p. 165–174, 2018.
SOCOLOVSKY, Mariano *et al.* The phrenic nerve as a donor for brachial plexus injuries: is it safe and effective? Case series and literature analysis. *Acta Neurochirurgica*, v. 157, n. 6, p. 1077–1086, 26 jun. 2015.
SUROTO, Heri *et al.* Traumatic brachial plexus injury in Indonesia: an experience from a developing country. *Journal of Reconstructive Microsurgery*, v. 38, n. 07, p. 511–523, 2021.
THOMPSON, Jon C. *Netter's concise orthopaedic anatomy*. [S.l.]: Elsevier Health Sciences, 2009.
THORBURN, William. *SECONDARY SUTURE OF BRACHIAL PLEXUS. LTHE BRMxs I073 [MEDICAL JOURNAL I 0 A CLINICAL LECTURE ON SECONDARY SUTURE OF THE BRACHIAL PLEXUJS*. . [S.l: s.n.], [S.d.].

VARGAS, Maria Isabel *et al.* Three-dimensional MR imaging of the brachial plexus. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, v. 19, n. 2, p. 137–148, 2015.
VERMA, Chhaya V. *et al.* Patient Perception after Traumatic Brachial Plexus Injury - A Qualitative Case Report. *Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists*, v. 33, n. 4, p. 593–597, 1 out. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30975622/>. Acesso em: 22 jun. 2023.
VERMA, Chhaya V *et al.* Patients' perception of quality of life after traumatic brachial plexus injury–a qualitative study. *Hand Therapy*, v. 24, n. 2, p. 55–61, 2019.
VERNON LEE, Chung Yan *et al.* The Effectiveness of Different Nerve Transfers in the Restoration of Elbow Flexion in Adults Following Brachial Plexus Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Hand Surgery*, v. 48, n. 3, p. 236–244, 1 mar. 2023.
WOLFE, Scott W *et al. Green's operative hand surgery e-book*. [S.l.]: Elsevier Health Sciences, 2021.
XU, Wen-Dong *et al.* Pulmonary function after complete unilateral phrenic nerve transection. *Journal of neurosurgery*, v. 103, n. 3, p. 464–467, 2005.
YAVARI, Masoud; HASSANPOUR, Seyed Esmail; KHODAYARI, Mohammad. The Mid-Term Changes of Pulmonary Function Tests After Phrenic Nerve Transfer. *Archives of Trauma Research*, v. 5, n. 1, 3 jan. 2016.
YU-DONG, Gu *et al. PHRENIC NERVE TRANSFER FOR BRACHIAL PLEXUS MOTOR NEUROTIZATION*. . [S.l: s.n.], [S.d.].
ZAPAŁOWICZ, Krzysztof; RADEK, Maciej. The distribution of brachial plexus lesions after experimental traction: a cadaveric study. *Journal of Neurosurgery: Spine*, v. 29, n. 6, p. 704–710, 2018.

ANEXO I – PARECER COMPLETO DO CEP

INSTITUTO NACIONAL DE TRAUMATOLOGIA E ORTOPEDIA JAMIL HADDAD - INTO

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: TRANSFERÊNCIA DE NERVO FRÊNICO PARA RAMO MOTOR DO BÍCEPS EM PACIENTES COM LESÃO TOTAL DE PLEXO BRAQUIAL: ANÁLISE DE FORÇA, PROPRIOCEPÇÃO E REPERCUSSÃO RESPIRATÓRIA

Pesquisador: RUDOLF NUNES KOBIG

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 50087221.5.0000.5273

Instituição Proponente: Instituto Nacional de Tráumato - Ortopedia / INTO / SAS/ MS - RJ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.188.842

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um ESTUDO TRANSVERSAL, com três grupos comparados, pareados em sexo e idade: um de pacientes submetidos no INTO de 2014 a 2021 à transferência nervosa de frênico para ramo motor do músculo bíceps braquial por lesão total do plexo braquial, um de autocontrole (membro contralateral) do grupo anterior, e outro de indivíduos sadios (residentes, pesquisadores, secretários...). Estima-se que haja 30 pacientes para o primeiro grupo. Esta é relatada pelo autor como uma das maiores séries descritas na literatura.

As VARIÁVEIS analisadas serão (pg.6): força de flexão do cotovelo, propriocepção de cotovelo, função pulmonar e posição de hemicúpula diafragmática. Os métodos usados serão a dinamometria (dinamômetro isocinético), a análise de vídeo, a espirometria (pneumotacômetro), pressões respiratórias estáticas máximas (manovacuômetro) e as radiografias AP de tórax pós-cirúrgicas (aplicativo Mdicom Viewer®). Os três grupos serão submetidos a tais avaliações, com exceção daquelas pulmonares para o grupo sadio. Antes e após os testes, haverá a avaliação de dor (EVA) e de força de flexão de cotovelo (escala MRC - British Medical Research Council.

Segundo o autor, os CRITÉRIOS DE INCLUSÃO (pg.7) serão:

• "Idade maior ou igual a 18 anos;"

Endereço: Avenida Brasil, n° 500
Bairro: São Cristóvão **CEP:** 20.940-070
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2134-5000 **Fax:** (21)2134-5228 **E-mail:** cep.into@into.saude.gov.br

- "Lesão total traumática do plexo braquial;"
- "Submetido a neurotização do frênico para ramo motor do bíceps no INTO."

Segundo o autor, os CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO (pg.7) serão:
- "Pacientes que, por qualquer motivo, não queiram ser submetidos aos testes."
- "Lesão de plexo braquial bilateral"

Haverá também COLETA dos seguintes DADOS DOS PRONTUÁRIOS (pg.7): data de nascimento, data da lesão, data da cirurgia, sexo, etnia, lateralidade e tabagismo.

Os participantes passarão também por ENTREVISTA (pg.7) e serão questionados se praticam alguma atividade física, tratamento fisioterapêutico ou exercício domiciliar, qual as suas atividades laborais e se usam algum medicamento.

Os seguintes QUESTIONÁRIOS autorrelatados (pg.7) serão preenchidos pelos participantes: DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) e IPAQ (International Physical Activity Questionaire).

Segundo o autor, a partir deste estudo (pg.10) "...será possível ao cirurgião ponderar a conduta de tratamento e selecionar melhor os pacientes. Operar os casos em que a cirurgia realmente irá beneficiar o paciente, livrando-o de morbidade em situações com pouquíssimas chances de benefícios e reduzindo custos desnecessários ao Instituto."

Segundo o autor (pg.11), "o estudo será desenvolvido no INTO, no Centro de Microcirurgia, utilizando as dependências do setor de Pesquisa Clínica para revisão de prontuários, do Laboratório de Pesquisa Neuromuscular para avaliação de força e propriocepção, do Ambulatório para realização de espirometria e exame físico, e do setor de Radiologia para a realização das radiografias. Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Objetivo da Pesquisa:

Segundo o autor, o objetivo geral (pg.4) é: "Avaliar força e propriocepção do membro superior e a função e variação da anatomia pulmonar após transferências do nervo frênico para ramo motor do bíceps braquial para flexão do cotovelo como tratamento das lesões de plexo braquial."

Segundo o autor, os objetivos específicos (pg.5) são:

- "Comparar a força de flexão do cotovelo do membro lesionado com o lado contralateral e com um grupo controle;"
- "Comparar a força de flexão do cotovelo do membro lesionado gerada durante inspiração e expiração profunda com o lado contralateral e com um grupo controle;"
- "Comparar a propriocepção do membro lesionado com o lado contralateral e com um grupo controle;"
- "Avaliar a função pulmonar através da capacidade vital, capacidade vital forçada, volume expiratório forçado no 1° segundo e índice de Tiffeneau dos pacientes operados;"
- "Avaliar a função da musculatura intercostal calculando Pressão expiratória e inspiratória máxima através de vacuomanometria;"
- "Avaliar posicionamento da cúpula diafragmática em radiografias anteroposterior de tórax dos pacientes operados;"
- "Correlacionar os resultados de força, propriocepção e função pulmonar com a idade do paciente, tempo decorrido do trauma até a cirurgia, tempo decorrido da cirurgia até o exame."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo o autor (TCLE), os RISCOS relacionados com a participação nesta pesquisa são: "...dores musculares nos membros superiores avaliados após o exame da força. Além disso, você estará exposto à radiação no momento de realizar a radiografia de tórax." O autor incluiu que essa exposição está abaixo do limite de dose anual de radiação.

Segundo o autor (TCLE), os BENEFÍCIOS relacionados com a participação nesta pesquisa são: "...a quantificação da sua força muscular e da sua capacidade de percepção dos membros e função pulmonar após a cirurgia do plexo braquial. O conhecimento desses resultados permitirá que no futuro os pacientes atendidos no ambulatório da microcirurgia tenham um tratamento otimizado das lesões do plexo braquial."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O estudo parece factível, interessante, novo, ético e relevante.

Em geral, a metodologia (incluindo o planejamento para o tratamento de dados) foi adequadamente redigida.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:
Os termos de apresentação obrigatória (incluindo TCLE e formulário de autorização para consulta a prontuários) foram ajustados e adequadamente apresentados.

Recomendações:
As recomendações do parecer anterior foram executadas. Eram elas:

1. Explicitar a fonte de custeio (pesquisador ou INTO) no item "12, ORÇAMENTO" (pg.12);

2. Recomenda-se cautela nas inferências causais, pois se trata de um estudo transversal.

3. O autor indica que (pg.7) "os dados serão registrados em formulário próprio dos autores e arquivados de maneira sigilosa, ao final da pesquisa, nos respectivos prontuários." (na verdade deve ser criado um prontuário de pesquisa para arquivo das documentações e que poderá ser armazenado na UPECLI ao término do estudo por 5 anos).

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:
As pendências do parecer anterior foram executadas. Eram elas:

1. O TCLE necessita dos seguintes ajustes:
i. Paginação (forma correta, no caso de duas laudas: 1.2 e 2.2);
ii. Um dos riscos deve ser a perda da confidencialidade das informações coletadas;
iii. Não está indicado que serão coletadas informações do prontuário.

2. Ainda sobre o TCLE, como o grupo sadio não realizará a avaliação da função pulmonar, o TCLE deve ser distinto daqueles dos outros grupos, os quais os participantes serão submetidos a todas as avaliações.

3. Segundo o autor (TCLE), os RISCOS relacionados com a participação nesta pesquisa são: "...dores musculares nos membros superiores avaliados após o exame da força. Além disso, você estará exposto à radiação no momento de realizar a radiografia de tórax." Incluir que essa exposição está abaixo do limite de dose anual de radiação.

4. Apresentar carta de anuência do setor de Radiologia a respeito da realização dos exames de imagem.

Considerações Finais a critério do CEP:

Senhor pesquisador, de acordo com o constante da Resolução CNS nº 466 de 2012, faz-se necessário apresentar ao CEP/INTO, através da Plataforma Brasil, a cada 06 (seis) meses o relatório de acompanhamento de sua pesquisa. Além disso, após a conclusão da pesquisa, deverá ser submetido na Plataforma Brasil, através da Notificação, o Relatório Final e a pesquisa concluída para apreciação do CEP/INTO.

Informamos que qualquer alteração realizada no protocolo de pesquisa aprovado deverá ser submetida à apreciação do CEP/INTO através do envio de uma emenda utilizando a Plataforma Brasil.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1861194_E1.pdf	14/12/2021 13:54:20		Aceito
Outros	cartadeanuencia_radiologia.pdf	14/12/2021 13:53:44	RUDOLF NUNES KOBIG	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEfrenico_controle.doc	14/12/2021 13:53:19	RUDOLF NUNES KOBIG	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEfrenico_revisado.doc	14/12/2021 13:52:47	RUDOLF NUNES KOBIG	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_frenico.doc	14/12/2021 13:50:34	RUDOLF NUNES KOBIG	Aceito
Outros	fichapesquisafrenico.docx	19/11/2021 16:59:24	RUDOLF NUNES KOBIG	Aceito
Outros	emendafrenico.docx	18/11/2021 19:53:51	RUDOLF NUNES KOBIG	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	23/07/2021	RUDOLF NUNES	Aceito

Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	19:24:29	KOBIG	Aceito
Brochura Pesquisa	Foumulariodeapresentacao.pdf	23/07/2021 19:24:02	RUDOLF NUNES KOBIG	Aceito
Outros	Form_autorizacao_consulta_prontuarios.doc	23/07/2021 19:23:22	RUDOLF NUNES KOBIG	Aceito
Outros	termodecompromisso.pdf	23/07/2021 19:22:57	RUDOLF NUNES KOBIG	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

RIO DE JANEIRO, 28 de Dezembro de 2021

Assinado por:
Maria Ciete dos Reis Amora Ramos
(Coordenador(a))

Endereço: Avenida Brasil, nº 500
Bairro: São Cristóvão **CEP:** 20.940-070
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2134-5000 **Fax:** (21)2134-5228 **E-mail:** cep.into@into.saude.gov.br

ANEXO II. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(De acordo com as normas da Resolução do CNS nº 466 de 12/12/2012 e do CNS nº 580 de 22/03/2018)

Você está sendo convidado para participar da pesquisa "Transferência de nervo frênico para ramo motor do bíceps em pacientes com lesão total de plexo braquial: análise de força, propriocepção e repercussão respiratória". Você foi selecionado por ter sido submetido à cirurgia de transferência de nervo frênico para o ramo motor do bíceps no Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO) no Rio de Janeiro. A sua participação não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

Os objetivos deste estudo são quantificar a força de seus músculos para movimentar sua articulação do cotovelo, sua capacidade de reconhecer o posicionamento do membro superior no espaço, também chamada de propriocepção, e se houve alguma alteração respiratória após a cirurgia a que você foi submetido.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em comparecer ao INTO para preenchimento de 2 questionários de estilo de vida e realização de um exame da sua força do membro superior utilizando um equipamento chamado dinamômetro e da sua capacidade de percepção do posicionamento do membro superior através de filmagem no Laboratório de Pesquisa Neuromuscular. Além disso, para investigação de alterações respiratórias, você será submetido à realização de uma avaliação da sua função respiratória utilizando um equipamento chamado pneumotacômetro e de uma radiografia de tórax no setor de Radiologia. Todo o processo de avaliação e coleta de dados será realizado no mesmo dia e duração média de 1 hora e 30 minutos. Também serão coletados dados do seu prontuário como as informações sobre a sua lesão e cirurgias realizadas. Será fornecido um lanche para o participante ao final da pesquisa. Os gastos com transporte do participante da pesquisa relacionados à realização do estudo serão ressarcidos pelos pesquisadores.

Os riscos relacionados com a participação nesta pesquisa são de perda de confidencialidade das informações coletadas e dores musculares nos membros superiores avaliados após o exame da força. Além disso, você estará exposto à radiação no momento de realizar a radiografia de tórax, embora essa exposição esteja abaixo do limite de dose anual de radiação.

Os benefícios relacionados com a capacidade de percepção dos membros e função pulmonar após a cirurgia do plexo braquial. O conhecimento desses resultados permitirá que no futuro os pacientes atendidos no ambulatório da microcirurgia tenham um tratamento otimizado das lesões do plexo braquial.

As informações obtidas com a realização dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo. Os dados da pesquisa serão divulgados de forma a não possibilitar a sua identificação. O nome do participante não será revelado ainda que informações do registro médico sejam utilizadas para propósitos educativos ou de publicação. Os resultados quando forem divulgados serão identificados com siglas que não permitirão conhecer a sua identidade.

Este Termo foi redigido em três vias, sendo uma para o participante, outra para o pesquisador e uma para ser anexada ao prontuário do participante, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal e do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP. Você poderá esclarecer suas dúvidas sobre o projeto, agora ou a qualquer momento através dos números dos telefones ou endereço de e-mail disponível neste Termo.

Rio de Janeiro,_____ de _____ de _____

Pesquisadores responsáveis:

Rudolf Nunes Kobig (médico Microcirurgião do INTO) telefone (21) 998813100 ou por e-mail: kobigrn@hotmail.com
Giovanni Vilardo Cerqueira Guedes (médico residente de Cirurgia da Mão e Microcirurgia do INTO) telefone (21) 991765904 ou por e-mail: vcggiovanni@gmail.com.

_____
Responsável pela aplicação do termo
Assinatura e carimbo

Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do INTO/MS.
Endereço: Avenida Brasil nº 500, 9º andar – sala nº 4 – São Cristóvão – Rio de Janeiro – RJ
CEP: 20940-070 Tel.: (21) 2134-5000/(21) 2134-5061 e-mail: cep.into@into.saude.gov.br

Declaro que entendi os objetivos e condições da pesquisa e concordo com a participação do menor sob minha responsabilidade.
Participante da pesquisa: _____

_____
Assinatura do participante da pesquisa

Rio de Janeiro,_____ de _____ de _____

ANEXO III. DASH

QUESTIONÁRIO DISABILITIES OF ARM SHOULDER AND HAND (DASH)

Esse questionário é sobre seus sintomas, assim como suas habilidades para fazer certas atividades. Por favor, responda a todas as questões baseando-se na sua condição na semana passada. Se você não teve a oportunidade de fazer uma das atividades na semana passada, por favor, tente estimar qual resposta seria a mais correta. Não importa qual mão ou braço você usa para fazer a atividade; por favor, responda baseando-se na sua habilidade independentemente da forma como você faz a tarefa. Meça a sua habilidade em fazer as seguintes atividades na semana passada circulando a resposta apropriada abaixo:

	Não houve dificuldade	Houve pouca dificuldade	Houve dificuldade média	Houve muita dificuldade	Não conseguiu fazer
1. Abrir um vidro novo ou com a tampa muito apertada	1	2	3	4	5
2.Escrever	1	2	3	4	5
3.Virar uma chave	1	2	3	4	5
4. Preparar uma refeição	1	2	3	4	5
5. Abrir uma porta pesada	1	2	3	4	5
6. Colocar algo em uma prateleira acima da sua cabeça	1	2	3	4	5
7. Fazer tarefas domésticas pesadas (por exemplo: lavar paredes, lavar o chão)	1	2	3	4	5
8. Fazer trabalho de jardinagem	1	2	3	4	5
9. Arrumar a cama	1	2	3	4	5
10. Carregar uma sacola ou uma maleta	1	2	3	4	5
11. Carregar um objeto pesado (mais de 5 kg)	1	2	3	4	5
12. Trocar uma lâmpada acima da cabeça	1	2	3	4	5
13. Lavar ou secar o cabelo	1	2	3	4	5
14. Lavar suas costas	1	2	3	4	5
15. Vestir uma blusa fechada	1	2	3	4	5
16. Usar uma faca para cortar alimentos	1	2	3	4	5
17. Atividades recreativas que exigem pouco esforço (por exemplo: jogar cartas, tricotar)	1	2	3	4	5
18. Atividades recreativas que exigem força ou impacto nos braços, ombros ou mãos (por exemplo: jogar vôlei, martelar)	1	2	3	4	5
19. Atividades recreativas nas quais você move seu braço livremente (como pescar, jogar peteca)	1	2	3	4	5
20. Transportar-se de um lugar a outro (ir de um lugar a outro)	1	2	3	4	5

21. Atividades sexuais	1	2	3	4	5

	Não afetou	Afetou pouco	Afetou medianamente	Afetou muito	Afetou extremamente
22. Na semana passada, em que ponto o seu problema com braço, ombro ou mão afetou suas atividades normais com família, amigos, vizinhos ou colegas?	1	2	3	4	5

	Não limitou	Limitou pouco	Limitou medianamente	Limitou muito	Limitou extremamente
23. Durante a semana passada, o seu trabalho ou atividades diárias normais foram limitadas devido ao seu problema com braço, ombro ou mão?	1	2	3	4	5

Meça a gravidade dos seguintes sintomas na semana passada:	Nenhuma	Pouca	Mediana	Muita	Extrema
24. Dor no braço, ombro ou mão	1	2	3	4	5
25. Dor no braço, ombro ou mão quando você fazia atividades específicas	1	2	3	4	5
26. Desconforto na pele (alfinetadas) no braço, ombro ou mão	1	2	3	4	5
27. Fraqueza no braço, ombro ou mão	1	2	3	4	5
28. Dificuldade em mover braço, ombro ou mão	1	2	3	4	5

	Não houve dificuldade	Pouca dificuldade	Média dificuldade	Muita dificuldade	Tão difícil que você não pôde dormir
29. Durante a semana passada, qual a dificuldade que você teve para dormir por causa da dor no seu braço, ombro ou mão?	1	2	3	4	5

	Discordo totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
30. Eu me sinto menos capaz, menos confiante e menos útil por causa do meu problema com braço, ombro ou mão	1	2	3	4	5

As questões que se seguem são a respeito do impacto causado no braço, ombro ou mão quando você toca um instrumento musical, pratica esporte ou ambos. Se você toca mais de um instrumento, pratica mais de um esporte ou ambos, por favor, responda com relação ao que é mais importante para você.

Por favor, indique o esporte ou instrumento que é mais importante para você: _____

( ) Eu não toco instrumentos ou pratico esportes (você pode pular essa parte)

Por favor, circule o número que melhor descreve sua habilidade física na semana passada. Você teve alguma dificuldade para:	Fácil	Pouco difícil	Dificuldade média	Muito difícil	Não conseguiu fazer
1. Uso de sua técnica habitual para tocar instrumento ou praticar esporte?	1	2	3	4	5
2. Tocar o instrumento ou praticar o esporte por causa de dor no braço, ombro ou mão?	1	2	3	4	5
3. Tocar seu instrumento ou praticar o esporte tão bem quanto você gostaria?	1	2	3	4	5
4. Usar a mesma quantidade de tempo tocando seu instrumento ou praticando o esporte?	1	2	3	4	5

As questões seguintes são sobre o impacto do seu problema no braço, ombro ou mão em sua habilidade em trabalhar (incluindo tarefas domésticas se este é seu principal trabalho).

Por favor, indique qual é o seu trabalho: _____

( ) Eu não trabalho (você pode pular essa parte)

Por favor, circule o número que maior descreve sua habilidade física na semana passada. Você teve alguma dificuldade para:	Fácil	Pouco difícil	Dificuldade Média	Muito difícil	Não conseguiu fazer
1. Uso de sua técnica habitual para seu trabalho?	1	2	3	4	5
2. Fazer seu trabalho usual por causa de dor em seu braço, ombro ou mão?	1	2	3	4	5
3. Fazer seu trabalho tão bem quanto você gostaria?	1	2	3	4	5
4. Usar a mesma quantidade de tempo fazendo seu trabalho?	1	2	3	4	5

ANEXO IV. IPAQ

QUESTIONÁRIO IPAQ

QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA – VERSÃO CURTA -

Nome:_____ Data: _____/ _____ / _____ Idade : _____ Sexo: F ( ) M ( )

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 na ÚLTIMA semana. 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 da última semana você CAMINHOU 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

1b - Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando por dia?

horas: _____ Minutos: _____

2a - Em quantos dias da última semana, você realizou 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 fez aumentar moderadamente sua respiração ou batimentos do coração (POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA)

dias _____ por SEMANA ( ) Nenhum

2b - Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?

horas: _____ Minutos: _____

3a - Em quantos dias da última semana, você realizou 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 cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar MUITO sua respiração ou batimentos do coração.

dias _____ por SEMANA ( ) Nenhum

3b - Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?

horas: _____ Minutos: _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

1. 4a -Quanto tempo no total você gasta sentado durante um dia de semana? _____horas ____minutos
2. 4b - Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um dia de final de semana?

_____horas ____minutos

ATA DA COMISSÃO EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS APLICADAS AO SISTEMA MUSCULOESQUELÉTICO APRESENTADA E DEFENDIDA POR GIOVANNI VILARDO CERQUEIRA GUEDES

No décimo nono dia do mês de outubro de dois mil e vinte três, às nove horas, reuniu-se no Auditório nº 1 do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, a Comissão Examinadora da dissertação de Mestrado Profissional apresentada e defendida por Giovanni Vilardo Cerqueira Guedes, intitulada "Transferência de nervo frênico para ramo motor do bíceps em pacientes com lesão total de plexo braquial: Análise de força, propriocepção respiratória". A Comissão Examinadora foi organizada obedecendo ao disposto no Regulamento do Curso de Mestrado Profissional em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, área de concentração em Morfologia, estando constituída pelos Professores: Sidney Cavalcante da Silva, docente do corpo permanente do Mestrado Profissional, sendo designada, conforme o regulamento, Presidente da Banca; Patricia Cristina dos Santos Costa da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro UNIRIO; Thiago Lemos de Carvalho do Centro Universitário Augusto Motta UNISUAM; João Antônio Matheus Guimarães e Conrado Torres Laett como orientadores, sem direito a voto. Após haver o candidato apresentado os resultados de sua dissertação, obedecendo ao prazo regimental, foi dada a palavra aos examinadores para arguição na seguinte ordem: Sidney Cavalcante da Silva, Thiago Lemos de Carvalho e Patricia Cristina Santos Costa. Tendo o candidato respondido as perguntas formuladas. Logo após reuniu-se a Comissão Examinadora para proceder ao julgamento, tendo decidido aprovar o candidato para receber o Grau de Mestre em Ciências. Nada mais havendo a tratar, a Presidente da Comissão deu por encerrado os trabalhos e foi lavrada a presente Ata que vai devidamente assinada pelos Examinadores(a), pelos orientadores e pelo aluno.

Rio de Janeiro, 19 de outubro de 2023.

Patricia Cristina dos Santos Costa

Sidney Cavalcante da Silva

Thiago Lemos de Carvalho

João Antônio Matheus Guimarães

Conrado Torres Laett

Giovanni Vilardo Cerqueira Guedes

