



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE NEUROPSIQUIATRIA E CIÊNCIAS DO COMPORTAMENTO

HELEN KERLEN BASTOS FUZARI

**REPERCUSSÕES DA LESÃO TRAUMÁTICA TOTAL DO PLEXO BRAQUIAL E DA
NEUROTIZAÇÃO DO NERVO FRÊNICO SOBRE O SISTEMA RESPIRATÓRIO,
POSTURA CORPORAL, CAPACIDADE FUNCIONAL E QUALIDADE DE VIDA EM
HOMENS**

Recife

2019

HELEN KERLEN BASTOS FUZARI

**REPERCUSSÕES DA LESÃO TRAUMÁTICA TOTAL DO PLEXO BRAQUIAL E DA
NEUROTIZAÇÃO DO NERVO FRÊNICO SOBRE O SISTEMA RESPIRATÓRIO,
POSTURA CORPORAL, CAPACIDADE FUNCIONAL E QUALIDADE DE VIDA
EM HOMENS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação de Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial, à obtenção do título de doutora em Neurociências.

Área de concentração: Neurociências

Orientador (a): Prof^a Dr^a Daniella Araújo de Oliveira

Coorientadores: Prof^a Dr^a Armèle Dornelas de Andrade

Dr. Fernando Henrique Morais de Souza

Recife

2019

Catálogo na Fonte
Bibliotecária: Mônica Uchôa, CRB4-1010

F996r Fuzari, Helen Kerlen Bastos.
Repercussões da lesão traumática total do plexo braquial e da
neurotização do nervo frênico sobre o sistema respiratório, postura corporal,
capacidade funcional e qualidade de vida em homens / Helen Kerlen Bastos
Fuzari. – 2019.
183 f.: il.; tab.; 30 cm.

Orientadora: Daniella Araújo de Oliveira.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS.
Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do
Comportamento. Recife, 2019.

Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Pletismografia. 2. Ultrassom. 3. Trauma. 4. Transferência de nervo. I.
Oliveira, Daniella Araújo de (Orientadora). II. Título.

616.8 CDD (20.ed.) UFPE (CCS2019-174)

HELEN KERLEN BASTOS FUZARI

**REPERCUSSÕES DA LESÃO TRAUMÁTICA TOTAL DO PLEXO BRAQUIAL E DA
NEUROTIZAÇÃO DO NERVO FRÊNICO SOBRE O SISTEMA RESPIRATÓRIO,
POSTURA CORPORAL, CAPACIDADE FUNCIONAL E QUALIDADE DE VIDA
EM HOMENS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação de Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial, à obtenção do título de doutora em Neurociências.

Aprovada em: 28/06/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Silvya Nery Bernardino
Hospital Getúlio Vargas

Prof^a Daniella Cunha Brandão
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a Dulciane Nunes Paiva
Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof^a Débora Wanderley Villela
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a Paula Rejane Beserra Diniz
Universidade Federal de Pernambuco
Presidente da Banca

RESUMO

A neurotização do nervo frênico é uma técnica cirúrgica utilizada nos pacientes com lesão traumática do plexo braquial (LTPB) e tem como um dos objetivos principais reestabelecer a flexão de cotovelo do membro superior homolateral à lesão. Entretanto, não se sabe quais as repercussões da lesão e da técnica cirúrgica no sistema respiratório desses indivíduos. A tese foi dividida em dois estudos. Os objetivos foram: 1- Avaliar as repercussões da LTPB sobre o sistema respiratório de homens em pré-operatório 2- Avaliar as repercussões da neurotização do nervo frênico sobre o sistema respiratório de homens com LTPB. O primeiro estudo foi um corte transversal com 40 homens: 20 com LTPB em pré-operatório e 20 indivíduos saudáveis. O segundo estudo foi uma coorte prospectiva com 23 homens acompanhados desde o pré-operatório de neurotização com o nervo frênico até os seis meses de pós-operatório e 20 indivíduos saudáveis. Nos dois estudos foram avaliadas distribuição de volume e capacidade pulmonar, utilizando manobras respiratórias em repouso (RR), capacidade inspiratória (CI) e capacidade vital (CV), além do incremento de carga inspiratória (ICI) através do *power breathing*®. Os volumes pulmonares totais (V_{total}) eram divididos em compartimentos caixa torácica pulmonar (VRCp), compartimento abdominal (VRCa) e abdome (Vab), além da avaliação de mobilidade diafragmática. No primeiro estudo, na análise intragrupo, verificou-se diferenças no grupo com LTPB à esquerda quando comparado ao hemitórax esquerdo do grupo de saudáveis. Ao comparar os grupos, a variação de volume pulmonar foi mais prejudicada na caixa torácica à esquerda de pacientes com LTPB, onde houve uma redução de 38% ($p = 0,010$) na manobra de RR, 44% ($p = 0,010$) na manobra de ICI, 35% ($p = 0,010$) na manobra de CI e 32% ($p = 0,020$) na manobra de CV. No segundo estudo foi observado que na manobra de RR houve diminuição significativa do volume pulmonar tanto para a distribuição de variação de V_{total} ($p = 0,004$) quanto VRCa ($p = 0,011$) do pré-operatório para seis meses de pós-operatório. Na manobra de CI foi encontrada diminuição significativa dos volumes pulmonares em V_{total} ($p = 0,002$) e Vab ($p = 0,003$), entre os tempos pré-operatórios e um mês de pós-operatório, bem como, entre o pré-operatório e três meses de pós-operatório. Em ambos os estudos, a própria lesão pode ter ocasionado valores pulmonares diminuídos nessa população. A neurotização do nervo frênico não é um fator agravante para diminuição dos parâmetros normais respiratórios.

Palavras-chave: Pletismografia. Ultrassom. Trauma. Transferência de nervo.

ABSTRACT

Phrenic nerve neuritis is a clinical outpatient test in patients with traumatic brachial plexus pain (LTPB) and its main objective is to reestablish flexion of the elbow of the upper limb homolateral to the lesion. However, it is not known what the repercussions of the injury and the surgical technique are on the respiratory system of these individuals since the phrenic nerve innervates the main muscle of inspiration, the diaphragm. This was divided into two studies. The objectives were: 1. To evaluate the repercussions of the LTPB on the respiratory system of men in the preoperative period. 2. Evaluate the repercussions of the phrenic neurotisation on the respiratory system of men with LTPB. The first study was a cross-section with 40 men: 20 with LTPB preoperatively and 20 healthy subjects. The second study was a prospective cohort with 23 men followed from the preoperative neurotisation with the fraternal period up to six postoperative months and 20 healthy individuals. In both studies of performance were matched by sex, age and BMI. In the two cases studied, the volume distribution and pulmonary capacity, as well as inspiratory capacity (ICI) were evaluated through power breathing®. The total pulmonary volumes (V_{total}) were divided into pulmonary thoracic compartments ($VRCp$), abdominal index ($VRCa$) and abdomen (Vab), in addition to the diaphragmatic mobility evaluation. In the intragroup study, differences were observed in the LTPB group when compared to the hemithorax of the healthy group. When comparing the groups, the pulmonary volume was more impaired in the left thoracic cavity of LPTB patients, 44% ($p = 0.010$) in ICI manœuvre, 35% ($p = 0.010$) in IC manœuvre and 32% ($p = 0.020$) in the CV manœuvre. Diaphragmatic mobility was 14% lower in the LTPB group when it occurred to the healthy group ($p = 0.010$). In the second study, the results of RR ($p = 0.004$) were recorded for $VRCa$ ($p = 0.011$) from the preoperative period to six months postoperatively. In the HF manœuvre, the significant volume of pulmonary volumes in V_{total} ($p = 0.002$) and Vab ($p = 0.003$) was found between the preoperative and one postoperative month, as well as between the preoperative and three months postoperatively. In both studies, a bodily injury may have occurred with decreased lung values in this population. Neurotisation of the phrenic nerve is not an aggravating factor in determining respiratory levels or even doing anything else about patients. It is suggested, an early and global health action, using respiratory physiotherapy in conjunction with motor physical therapy.

Keywords: Plethysmography. Ultrasound. Trauma. Transfer of nerve.

LISTA DE FIGURAS

TESE

Figura 1 - Anatomia do plexo braquial.....	21
Figura 2 - Avulsão, estiramento e ruptura do plexo braquial.....	26
Figura 3 - Localização dos nervos do plexo braquial.....	32
Figura 4 - Posicionamento do paciente no momento da pletismografia.....	50
Figura 5 - Modelo observado durante a pletismografia.....	51
Figura 6 - <i>Power-breathe</i> ® utilizado para incrementar a caga inspiratória.....	52
Figura 7 - Espessura diafragmática na CPT.....	54
Figura 8 - Espessura diafragmática na CRF.....	55
Figura 9 - Mobilidade diafragmática.....	56

ARTIGO 1

Figure 1 - Tidal thoracic wall volume (V_{tidal}) and subdivided into 3 compartments: pulmonary rib cage (V_{RCp}), abdominal compartment (V_{RCa}) and abdomen (V_{ab}).....	91
Figure 2 - Flowchart of the study sample.....	96
Figure 3 - Distribution of volume and capacity pulmonary by compartment between the control group (CG) and the group with total traumatic brachial plexus injury (TBPI) in respiratory breathing (RB), inspiratory capacity (IC), vital capacity (VC) and inspiratory load increase (ILI) maneuvers.....	97

ARTIGO 2

Figura 1 - Fluxograma de captação e acompanhamento dos indivíduos.....	121
Figura 2 - Acompanhamento da distribuição de volumes pulmonares entre o grupo de pacientes com lesão traumática de plexo braquial no pré-operatório, um, três e seis meses de pós-operatório.....	122
Figura 3 - Redução da dor entre os pacientes com lesão de plexo braquial total desde o pré-operatório até os seis meses de pós-operatório segundo questionários e escalas (EVA, DN4 e MCGILL).....	123
Figura 4 - Acompanhamento do pré-operatório ao pós-operatório de seis meses dos pacientes com lesão traumática do plexo braquial para função de membro superior acometido e qualidade de vida.....	124

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1 - Sociodemographic and variable characteristics of the control group (CG) and the traumatic brachial plexus injury (TBPI).....	98
Tabela 2 - Distribution of volumes of the thoracoabdominal system in absolute values (L), during resting breathing (RB) maneuvers, with inspiratory load (ILI), inspiratory capacity (IC) and vital capacity (VC) between groups: control group (CG), traumatic lesion of the brachial plexus (TBPI), traumatic lesion of the brachial plexus on the left (TBPI _{left}) and the group of traumatic lesion of the right brachial plexus (TBPI _{right}).....	99
Tabela 3 - Comparison of thoracoabdominal system volume changes in relative values (%) during resting breathing (RB) and inspiratory load (ILI) maneuvers between control groups (CG), traumatic lesion of the brachial plexus (TBPI), traumatic lesion of the left brachial plexus (TBPI _{left}), traumatic lesion of the right brachial plexus (TBPI _{right}).....	100

ARTIGO 2

Tabela 1 - Características gerais da população.....	125
Tabela 2 - Desfechos de função pulmonar, força dos músculos respiratórios, mobilidade e espessura diafragmática e capacidade funcional entre pacientes com lesão de plexo braquial e indivíduos saudáveis.....	126
Tabela 3 - Acompanhamento da função pulmonar, força dos músculos respiratórios, mobilidade e espessura diafragmática de pacientes com lesão traumática de plexo braquial.....	127
Tabela 4 - Distribuição de volumes pulmonares em pacientes com lesão de plexo braquial e indivíduos saudáveis.....	128
Tabela 5 - Acompanhamento de volumes pulmonares em pacientes com lesão de plexo braquial do pré-operatório até seis meses de pós.....	129
Tabela 6 - Desfechos da avaliação postural.....	130

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM	Arco de movimento
AVD	Atividade de vida diária
ANOVA	Análise de variância
ATS	<i>American Thoracic Society</i>
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CI	Capacidade inspiratória
CI, ab	Capacidade inspiratória no compartimento abdomen
CI, ca	Capacidade inspiratória no compartimento abdominal
CI,ctp	Capacidade inspiratória no compartimento caixa torácica pulmonar
CI,total	Capacidade Inspiratória no Total
CPT	Capacidade Pulmonar Total
CRF	Capacidade Residual Funcional
CV,ab	Capacidade Vital no compartimento abdomen
CV,ca	Capacidade Vital no compartimento abdominal
CV,ctp	Capacidade Vital no compartimento caixa torácica pulmonar
CV,total	Capacidade Vital total
CVF	Capacidade Vital Forçada
CVL	Capacidade Vital Lenta
DASH	<i>Disabilities arm, shoulder and hand questionnaire</i>
ENMG	Eletroneuromiografia
EVA	Escala Visual Analógica
FC	Frequência Cardíaca
Fr	Frequência respiratória
HR	Hospital da Restauração
ICI	Incremento de Carga Inspiratória
IMC	Índice de Massa Corpórea
IPAC	<i>International Physical Activity Questionnaire</i>
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LACAP	Laboratório Cardiopulmonar
LTPB	Lesão Traumática de Plexo Braquial

MMSS	Membros superiores
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PD	Padrão Diafragmático
PEmax	Pressão Expiratória Máxima
PFE	Pico de Fluxo Expiratório
PIB	Produto Interno Bruto
PI _{máx}	Pressão Inspiratória Máxima
PI _{insp}	Pressão inspiratória
POE	Pletismografia Optoeletrônica
MTC	Mielografia por Tomografia Computadorizada
NRM	Neurografia por Ressonância Magnética
RM	Ressonância Magnética
RR	Respiração em Repouso
SAME	Serviço de Arquivos Médicos e Estatísticos
STC	Síndrome do Túnel do Carpo
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TCM	Tomografia Computadoizada por Mielografia
TC6min	Teste de Caminhada de Seis Minutos
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
US	Ultrassonografia
VAS	Via Aérea Superior
VC _{ab}	Volume Corrente no compartimento abdomen
VC _{ca}	Volume Corrente no compartimento abdominal
VC _{ctp}	Volume Corrente no compartimento de caixa torácica pulmonar
VC _{total}	Volume Corrente total
VEF ₁	Volume Expiratório Final no primeiro segundo
VEF ₁ /CVF	Volume Expiratório Final no primeiro segundo/Capacidade Vital Forçada
WHOQOL	<i>Quality of Life Instrument/spirituality, religion and personal beliefs questionnaire</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	Histórico da cirurgia de plexo braquial.....	18
2.2	Epidemiologia da lesão traumática do plexo braquial.....	18
2.3	Aspectos anatômicos do plexo braquial.....	19
2.4	Cinesiologia dos nervos periféricos.....	21
2.5	Ação dos músculos esqueléticos.....	22
2.6	Relação entre raízes, nervos e músculos.....	23
2.7	Relação entre cordões, músculos e nervos	24
2.8	Mecanismos de lesão do plexo braquial.....	25
2.9	Diagnóstico clínico na lesão do plexo braquial.....	26
2.10	Exames complementares na lesão de plexo braquial.....	28
2.11	Tratamento conservador nas lesões de plexo braquial.....	29
2.12	Tratamento cirúrgico nas lesões de plexo braquial.....	30
2.12.1	Neurotização ou transferência do nervo frênico.....	32
2.13	Distribuição da variação de volumes e capacidades pulmonares.....	33
2.14	Força dos músculos respiratórios.....	35
2.15	Função pulmonar nos pacientes com lesão de plexo braquial.....	35
2.16	Mobilidade diafragmática.....	35
2.17	Espessura diafragmática.....	36
2.18	Algia associada à lesão traumática de plexo braquial.....	36
2.19	Função do complexo do ombro e do membro superior lesionado.....	37

2.20	Postura corporal na lesão traumática de plexo braquial.....	38
2.21	Capacidade funcional submáxima.....	40
2.22	Lesão traumática de plexo braquial e qualidade de vida.....	40
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
3.1	Desenhos dos estudos.....	44
3.2	Local da realização dos estudos e período de coletas.....	44
3.3	População dos estudos.....	44
3.4	Tamanho amostral.....	44
3.5	Seleção dos voluntários.....	45
3.6	Crítérios de elegibilidade.....	45
3.7	Medidas de desfecho e definições das variáveis.....	46
3.8	Protocolo de coleta de dados.....	48
3.9	Operacionalização das variáveis.....	49
3.9.1	Avaliação clínica e medidas antropométricas.....	49
3.9.2	Avaliação da cinemática toracoabdominal.....	49
3.9.3	Avaliação da força muscular respiratória.....	52
3.9.4	Avaliação de função pulmonar.....	53
3.9.5	Avaliação da espessura diafragmática.....	53
3.9.6	Avaliação da mobilidade diafragmática.....	55
3.9.7	Avaliação da algia.....	56
3.9.8	Avaliação função do membro superior homolateral à lesão.....	56
3.9.9	Avaliação da postura corporal.....	57
3.9.10	Avaliação da capacidade funcional submáxima.....	57

3.9.11	Avaliação da qualidade de vida.....	58
3.10	Critérios para descontinuar o estudo.....	58
3.11	Análise dos dados.....	58
3.12	Aspectos éticos.....	59
3.13	Riscos e benefícios.....	59
4	RESULTADOS.....	60
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
	REFERÊNCIAS.....	62
	APÊNDICE A – ARTIGO ORIGINAL: DISTRIBUTION OF PULMONARY VOLUMES AND CAPACITIES AND DIAPHRAGMATIC MOBILITY IN MEN WITH TOTAL TRAUMATIC BRACHIAL PLEXUS INJURY.....	75
	APÊNDICE B – ARTIGO ORIGINAL: REPERCUSSÕES DA NEUROTIZAÇÃO COM O NERVO FRÊNICO SOBRE O SISTEMA RESPIRATÓRIO, POSTURA CORPORAL, CAPACIDADE FUNCIONAL E QUALIDADE DE VIDA DE HOMENS COM LESÃO TOTAL DE PLEXO BRAQUIAL TRAUMÁTICO: UM ESTUDO DE COORTE.....	102
	APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE).....	131
	APÊNDICE D – FICHA DE AVALIAÇÃO DA PESQUISA.....	133
	APÊNDICE E – ARTIGO ORIGINAL: DIAPHRAGMATIC MOBILITY DYSFUNCTION AND RIGHT-LEFT HEMITHORACIC EXPANSION ASYMMETRY AND ASYNCHRONY AFTER TRAUMATIC BRACHIAL PLEXUS INJURY: CASE REPORT.....	136
	APÊNDICE F – ARTIGO ORIGINAL: EPIDEMIOLOGICAL PROFILE OF PATIENTS WITH PERIPHERAL NERVE INJURY IN THE PUBLIC HOSPITAL OF PERNAMBUCO/BRAZIL.....	153

ANEXO A – CARTA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA (CEP) EM PESQUISA COM SERES HUMANOS.....	167
ANEXO B – MINIMENTAL.....	171
ANEXO C – IPAQ.....	172
ANEXO D – DN4.....	173
ANEXO E – MCGILL.....	174
ANEXO F – DASH.....	175
ANEXO G – BORG.....	177
ANEXO H – WHOQOL.....	178
ANEXO I – ARTIGO ORIGINAL: DIAGNOSTIC ACCURACY OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN POST-TRAUMATIC INJURIES OF BRACHIAL PLEXUS: A SYSTEMATIC REVIEW.....	180
ANEXO J - ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS DURANTE O DOUTORADO.....	181

1 INTRODUÇÃO

Esta tese foi desenvolvida conforme as Normas do Programa de Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento (POSNEURO) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Este trabalho é um dos requisitos parciais para obtenção do título de Doutor em Neurociências.

A fim de atender às exigências da POSNEURO, o conjunto desta tese compreende duas etapas distintas: a primeira com a conclusão de todas as disciplinas obrigatórias e elegíveis (2016-2017), a elaboração e aprovação do projeto de pesquisa no Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) (outubro de 2016), bem como a aquisição dos recursos necessários para a execução da pesquisa, além de finalizar a escrita da tese. A segunda etapa, também concluída compreende os artigos científicos produzidos para publicação relacionados ao tema, à estatística e à defesa da tese propriamente dita.

Para garantir o entendimento de cada parte da tese, essa foi subdividida em:

- ✓ 1 – Introdução
- ✓ 2 – Referencial Teórico
- ✓ 3 – Materiais e Métodos
- ✓ 4 – Resultados – Apresentado em formato de artigo segundo normas do programa e encontra-se em APÊNDICES “A” e “B”. Segue abaixo a lista dos artigos:

Artigo Original 1 (APÊNDICE A) – Refere-se às coletas iniciais da pesquisa, na qual foi possível construir um estudo do tipo transversal. Foi realizada análise comparativa entre indivíduos saudáveis pareados por sexo e Índice de massa corpórea (IMC) com pacientes com lesão traumática de plexo braquial. A amostra foi composta por 40 indivíduos. **Título: *Distribution of pulmonary volumes and capacities and diaphragmatic mobility in men with total traumatic brachial plexus injury.*** Fase: Submetido na *Annals of the American Thoracic Society*- Fator de impacto: 4.0

Artigo Original 2 (APÊNDICE B) – Trata-se do artigo científico do tipo Coorte Prospectiva. Neste banco foram incluídos 23 pacientes que completaram o *follow up* de 6 meses, cujas avaliações seguiram os tempos determinados no projeto inicial: pré-operatório, 1 mês, 3 meses e 6 meses, além dos 20 indivíduos saudáveis utilizados no pareamento e avaliados em dois momentos (inicial e após seis meses). **Título: *Repercussões da neurotização com o nervo frênico sobre o sistema respiratório de homens com lesão total de plexo braquial traumático: um estudo de coorte.*** Fase:

Artigo aguardado tradução e submissão.

- ✓ 5 – Considerações Finais
- ✓ Referências

De acordo com os dados da avaliação de desempenho realizada pela Fundação Oswaldo Cruz do ano de 2013, a taxa de mortalidade por causas externas no Brasil foi de 77% a cada 100 mil habitantes, com índice de internamento hospitalar no Sistema Único de Saúde de 8% a cada 100 mil habitantes, em 2012. O trânsito representa mundialmente uma das principais causas externas de lesões com óbito, sendo a principal entre jovens na faixa etária de 15 a 29 anos (OMS). Dentre os acidentes de trânsito, os que envolvem homens que utilizam motos, apresentam crescimento considerável ao longo dos anos e, segundo o Ministério da Saúde (2013), os acidentes com motos resultaram em 12.040 mortes, o que corresponde a 28%.

Os acidentes desencadeiam prejuízos tanto à sociedade, impondo elevados gastos médicos e hospitalares e indenizações, como também ao indivíduo, ocasionando sequelas temporárias ou permanentes, invalidez, comprometimento na qualidade de vida, perda de dias de trabalho e óbito (DEBIEUX et al., 2010). Dentre as injúrias características de motociclistas está a lesão traumática do plexo braquial cujo mecanismo reflete a grande exposição do condutor no momento do impacto (KOIZUMI, 1992). Esse tipo de lesão tem se constituído como um problema de saúde pública, devido ao impacto negativo na vida de adultos jovens, predominantemente do sexo masculino, e na sua maioria, que “estariam” em plena atividade laborativa (REICHENHEIM et al., 2011).

Em relação ao mecanismo de lesão do plexo braquial, desde a região cervical até a região axilar, seus componentes estão sujeitos a lesões por compressão ou tração, uma vez que passam por acidentes anatômicos diversos, deixando as estruturas mais vulneráveis no momento do trauma. Nas vítimas de acidentes com motocicletas a lesão se dá quando o ombro é pressionado demasiadamente em adução, promovendo o comprometimento da parte alta do plexo. Em contrapartida, se o membro superior for traumatizado excessivamente em abdução, a parte baixa do plexo será a mais afetada (CHUANG et al., 2016).

Em geral, as lesões de plexo braquial podem ser divididas em parciais ou totais. As lesões parciais estão divididas em altas e baixas. Nas lesões altas (C5, C6 e C7) denominadas paralisias de Erb-Duchene em que há comprometimento da função do ombro, flexão e extensão de cotovelo, punho, polegar e dedos com preservação da musculatura apenas da mão. Já nas lesões baixas (C8 e T1), paralisias denominadas de Dejerine-

Klumpke, cujo quadro abrange também o acometimento da mão. As lesões totais são caracterizadas pelo membro superior totalmente pendente, uma vez que ocorre a perda de total motricidade e sensibilidade do membro, com exceção da face interna do braço (T2) (GREGORY et al., 2009).

Normalmente as lesões no plexo braquial são muito complexas, sobretudo devido ao impacto do trauma proporcionado pelos acidentes automobilísticos em alta velocidade, cujas sequelas podem ser permanentes, favorecendo a instalação da incapacidade funcional (BHANDARI; MAURYA, 2014; LEUNG et al., 2015).

A grande parte dos homens em pós-lesão traumática de plexo braquial apresenta complicações como quadro algico (RODRIGUES et al., 2014) por este motivo o presente estudo também se propôs em pesquisar sobre o tipo de algia, verificar se há associações desta com o sistema respiratório e postura corporal, bem como acompanhar a evolução da mesma, desde a lesão propriamente dita até o pós-cirúrgico.

Até o momento, não existe registros na literatura, com essa população, avaliando a capacidade funcional submáxima através do teste de caminhada de seis minutos (TC6min). Entretanto, já é sabido que pacientes descondicionados e com fraqueza de músculos respiratórios, podem apresentar aumento do trabalho respiratório no momento da avaliação pelo TC6min e consequentemente, menor capacidade funcional (MEYER et al., 2001), por isso, decidimos acompanhar também esse desfecho para compará-lo com os desfechos da pletismografia optoeletrônica (POE) e da ultrassonografia diafragmática.

Acredita-se que os músculos não inervados pelo plexo deverão fazer o papel de suportar o membro, logo, estará visivelmente tensionado, o que pode desencadear postura antálgica e hipertrofia de outros músculos da caixa torácica e do pescoço, causando desequilíbrio muscular (TAVARES et al., 2002) e, provavelmente, disfunção respiratória.

Diante dessas alterações, pode ocorrer significativo impacto negativo na qualidade de vida desses pacientes, instalando-se quadros de incapacidade e limitações das atividades de vida diária, consequentemente, prejudicando as relações sociais e familiares (FLORES et al., 2006).

Habitualmente os procedimentos cirúrgicos são minuciosamente discutidos antes de serem executados, com comprovações de exames de imagem e da eletroneuromiografia, descartando a possibilidade de uma regeneração espontânea do nervo (BHANDARI; MAURYA, 2014; LEUNG et al., 2015).

Na lesão traumática total do plexo braquial, uma das opções de abordagem cirúrgica é a neurotização do nervo frênico. Dentre as vantagens para escolha deste nervo como

doador, está o fato de ser um nervo com fibras nervosas exclusivamente motoras, ter uma localização anatômica que facilita a sua transferência, além de possuir mais de 800 neurônios motores e podem ser utilizado em combinação com outros nervos doadores (SOCOLOVSKY et al., 2015).

São inquestionáveis os benefícios advindos do tratamento cirúrgico, entretanto, tem se observado na prática clínica que os pacientes com este tipo de lesão podem previamente apresentar comprometimento do posicionamento da caixa torácica e consequentemente do sistema respiratório (SOCOLOVSKY et al., 2015). No estudo de Gu e colaboradores (1989), por exemplo, uma série de casos foi acompanhada e receberam a transferência de nervo frênico. Os achados nos testes de função pulmonar apresentaram diminuição da capacidade pulmonar durante um ano de pós-operatório.

O nosso estudo é pioneiro na área e traz a neurotização do nervo frênico como uma técnica cirúrgica adequada e segura para estes pacientes, muito embora os resultados ainda sejam polêmicos em relação, principalmente, aos efeitos desconhecidos no sistema respiratório. E até o momento não se encontrou estudos avaliando e acompanhando os pacientes em relação à distribuição da variação de volumes e capacidades pulmonares, do mesmo modo que a literatura ainda é muito incipiente nas avaliações de mobilidade diafragmática, postura corporal, capacidade funcional e qualidade de vida nesta população.

Diante do que foi exposto, o objetivo do nosso estudo foi avaliar as repercussões da lesão traumática total do plexo braquial e da neurotização do nervo frênico sobre o sistema respiratório, postura corporal, capacidade funcional e qualidade de vida em homens.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir serão abordados todos os tópicos relacionados ao plexo braquial.

2.1 Histórico da cirurgia de plexo braquial

As primeiras descrições sobre as cirurgias de lesões de plexo braquial aconteceram no século XX. Thoburn, em 1900, foi o responsável por publicar os primeiros resultados de reparo cirúrgico de uma lesão por tração. Neste estudo foi realizada ressecção de neuroma em uma garota de 16 anos que apresentava o membro superior plégico. De acordo com os resultados obtidos, não houve recuperação dos movimentos da mão, mas um melhor controle de ombro, maior grau de adução do braço e melhor flexão de cotovelo e punho (SIQUEIRA; MARTINS, 2011).

No mesmo período, aproximadamente no início do século XX, uma nova técnica cirúrgica para raízes avulsionadas foi proposta, apesar do pessimismo em relação a esses procedimentos que perduravam por anos. Iniciava-se o uso de nervos doadores, mais tarde denominada transferência de nervos. Tal técnica foi proposta por dois médicos, Harris e Low, um neurologista e um cirurgião, respectivamente (HARRIS; LOW, 1903).

Mesmo com o relato de que durante a primeira grande guerra mundial ocorreram muitos traumas neurovasculares de membros superiores, sequer cogitaram as amputações como consequência da realização de reparos vasculares ou sutura do plexo. Durante esse período, foi relatado um estudo com elevado número de casos (64 casos) de reparo cirúrgico do plexo braquial, que posteriormente foi respeitado por toda sociedade científica da época (FOERSTER, 1929).

No período da segunda guerra mundial, novos aparatos surgiram para aprimorar o diagnóstico e as avaliações nas lesões de plexo braquial, como a eletroneuromiografia (HODES et al., 1948) e a mielografia cervical (MURPHEY et al., 1947), que contribuíram substancialmente para a evolução neste setor. A partir de então, todas as áreas se uniram para aprimorar técnicas de neurólise, transferências e enxertos de nervos, transferências de tendões e músculos, tornando a cirurgia de plexo braquial cada vez mais frequente e importante à população (FERRANTE 2004).

2.2 Epidemiologia da lesão traumática do plexo braquial

No Brasil as lesões de plexo braquial, quando traumáticas, são mais frequentes em homens com média de idade de 28 anos, em fase laboral produtiva da vida e entre as causas, as mais frequentes são os acidentes de moto (FAGLIONI et al., 2013).

Cerca de 40 mil pessoas por ano morrem de acidentes de trânsito, sendo os motociclistas os principais acometidos. Os gastos com internações com esta população foram de R\$ 170 mil, segundo o Ministério da Saúde, em 2015. Este panorama tende a se agravar devido ao aumento da venda de veículos, principalmente motocicletas, cujo crescimento é três vezes maior que o crescimento do produto interno bruto (PIB) do Brasil, nos quinze últimos anos (CARVALHO, 2016).

Nos Estados Unidos e na Europa os números não são tão diferentes, os estudos têm mostrado que cerca de 10 a 20% das lesões no sistema nervoso periférico envolvem o plexo braquial, provenientes de lesões automobilísticas, provocando os mecanismos de tração sobre o pescoço e ombro (FLORES et al., 2006).

Por ano, cerca de 50 bilhões são gastos pelo governo brasileiro com os acidentes de trânsito, isto devido à privação de trabalhar das vítimas, bem como os gastos com internações médicas segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) de 2015 (CARVALHO, 2016). Quanto mais jovem a vítima, maior o custo para a sociedade, uma vez que são atingidos indivíduos no auge da fase produtiva (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016). Vale ressaltar que independente das cifras gastas com as vítimas de acidentes de trânsito, quer sejam mortos e feridos, a maior perda é a emocional que abala não só a família da vítima, mas a sociedade (CARVALHO, 2016).

Atualmente o que tem se constatado é que desde os anos 80, a incidência de indivíduos com lesão de plexo braquial pós-acidente automobilístico tem aumentado consideravelmente, constituindo um problema de saúde pública, uma vez que os custos econômicos com internações e tratamentos se agravam, além das licenças trabalhistas para indivíduos que “estariam” em plena atividade de trabalho (REICHENHEIM et al., 2011).

2.3 Aspectos anatômicos do plexo braquial

O sistema nervoso periférico é formado pelos nervos e neurônios que saem do sistema nervoso central e conectam fibras motoras e sensitivas da cabeça, tronco e membros com a medula espinhal e com o cérebro. Os nervos espinhais, bem como todas as demais estruturas do sistema nervoso, originam-se do ectoderma embrionário e são formados a partir de junções

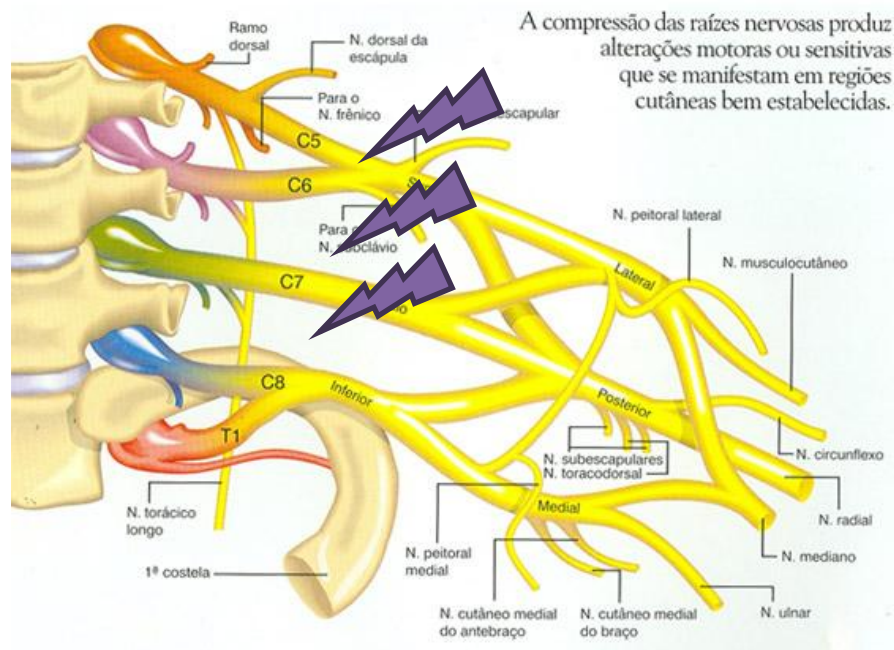
das raízes ventrais que compreendem fibras com funções motoras e raízes dorsais que englobam as fibras sensitivas na medula espinhal (DOI et al., 2002).

O plexo braquial transita entre os arcabouços ósseos dos músculos escalenos anteriores e médios, músculos cujas inserções estão na primeira costela. Na lateral do escaleno anterior, encontra-se a raiz de C5 que origina um ramo do frênico que segue sob a fáscia cervical profunda. Na escápula, medialmente à cabeça do úmero, encontra-se o processo coracóide, localização exata onde o plexo braquial atravessa a axila. Não é por menos que, ao se desinserir o tendão do peitoral menor do processo coracóide, imediatamente o plexo braquial é exposto (FERRANTE, 2004).

Os grupos de nervos que formam o plexo braquial partem da medula espinhal cervical entre as vértebras C5 e T1, através dos seus ramos terminais. Ocasionalmente a raiz de C4 participa externamente e denomina-se pré-fixada, já para a contribuição de T2, pós-fixada. As raízes de C5 a T1, posicionadas entre o músculo escaleno anterior e médio, são decompostas em três troncos: o superior (C5 e C6), responsável pelos movimentos do ombro e flexão de cotovelo, o médio (C7) que realiza extensão de cotovelo, punho e dedos e o inferior (C8 e T1) responsável pela função de apreensão da mão. Esses troncos se ramificam em seis divisões que constituem os três cordões, denominados conforme a relação com a artéria axilar e que resulta em cinco principais ramos terminais. Os troncos se desmembram em uma divisão anterior e uma divisão posterior, que percorrem a clavícula pela parte inferior. Das divisões anteriores dos troncos superior e médio surge o fascículo lateral. Das divisões posteriores dos três troncos surge o fascículo posterior e da divisão anterior do tronco inferior surge o fascículo medial (GREGORY et al., 2009) (**Figura 1**).

O nervo radial, que é a continuação do cordão posterior, é a maior ramificação do plexo braquial. Do fascículo lateral, localizado na região infraclavicular, derivam tanto o nervo mediano quanto o nervo musculocutâneo. Já do fascículo medial, se originam dois outros ramos: o nervo ulnar e o nervo mediano (KAWAI, 2000).

Os principais nervos que estão relacionados com o plexo braquial são o torácico longo (C5, C6 e C7), que inerva a região interescapular-vertebral e atua diretamente no músculo serrátil anterior (mantendo a escápula junto ao corpo), o supraescapular, que inerva os músculos supraespinhoso e infraespinhoso (estabilizando o ombro) e é bastante utilizado nas neurotizações diretas com o nervo espinhal acessório. Há ainda, o nervo frênico (C3, C4 e C5), que é responsável pela inervação motora do músculo diafragma e é utilizado em neurotização de pacientes adultos, além de outros nervos que se conectam ao plexo braquial (LEUNG et al., 2015).

Figura 1 - Anatomia do plexo braquial

Fonte: Adaptado de Ferrante, 2004.

2.4 Cinesiologia dos nervos periféricos

Os nervos são apontados como estruturas consideravelmente resistentes às trações. São compostos por tecidos conjuntivos do epineuro e perineuro. Quando estão sob tensão são inicialmente alongados, segue-se com um intervalo no qual o estresse e o alongamento apresentam uma relação linear, exclusivo de um material elástico. Quando o limite da região linear é alcançado, dentro dos tubos endoneurais e do perineuro iniciam os processos de ruptura. A tensão final em relação ao seu comprimento, nas bainhas perineurais, ocorre aproximadamente entre 25 a 30% do seu alongamento, dando início ao rompimento das fibras. A partir desse momento, ele se comporta como um material plástico, devido à fragmentação das partículas elásticas (RYDEVIK et al., 1990).

Alterações mecânicas em nervos periféricos podem ser causadas tanto por traumas externos às extremidades quanto por compressões nervosas, as quais prejudicam a função. Os tipos mais comuns de danos nervosos são os estiramentos e as compressões, ocorridos devido a uma extensão rápida e esmagamento nervoso, respectivamente. Dentre os nervos periféricos, o plexo braquial é o mais vulnerável diante de isquemias por compressão e estiramento (LIMTHONGTHANG et al., 2013).

Quando ocorre uma injúria em um nervo, suas propriedades mecânicas são alteradas, como por exemplo, a sua elasticidade pode diminuir e a sua rigidez aumentar (LUIS, 2008).

Geralmente as injúrias de estiramento de nervos periféricos, especificamente do plexo braquial, estão relacionadas com acontecimentos graves, como ocorre nos acidentes de alta velocidade com motocicletas (FLORES, 2006).

Alguns estudos têm demonstrado que os principais fatores relacionados a esta sintomatologia estão ligados às causas mecânicas, como o nível de pressão e o modo de compressão da lesão. Apresenta como principais sintomas a parestesia, a algia e a fraqueza muscular de membro superior do mesmo lado da lesão (NOVAC; MACKINNON, 2003). Alterações funcionais podem ocorrer em um nervo a 30 mmHg de compressão local e, sua efetividade poderá ser danificada durante uma compressão duradoura, isto é, de quatro a seis horas (LUNDBORG et al., 1982). Essas alterações estão diretamente relacionadas à supressão do fluxo sanguíneo na região onde o nervo foi comprimido (RYDEVIK et al., 1981).

Casos nos quais a pressão direta no nervo atinge 200 a 400 mmHg, se caracterizam por dano estrutural da fibra, bem como, rápida degeneração da função nervosa e recuperação incompleta, até mesmo por períodos menores de compressão. Tais achados permitem entender que existe uma interdependência entre a intensidade da pressão e a gravidade da compressão (LUIS, 2008).

Nas lesões de plexo braquial de maior gravidade, não apenas o nível pressórico representará o comprometimento da lesão nervosa, mas também o modo de aplicação da pressão. Provavelmente, no modo de compressão direta, na qual as deformidades dos nervos estarão mais aparentes, a gravidade da lesão será maior. Também é possível interpretar pelo grau das lesões adjacentes que se encontram totalmente fragmentadas, como exemplo, as estruturas ósseas e as veias/artérias proximais (FLORES, 2006).

2.5 Ação dos músculos esqueléticos

Na lesão de plexo braquial, a biomecânica dos músculos esqueléticos do pescoço, do complexo do ombro, do membro superior acometido e do tronco estará alterada. Tais alterações envolvem a capacidade de gerar força que por sua vez está associada às propriedades mecânicas do músculo, como relações entre comprimento-tensão, carga-velocidade, força-tempo e a própria estrutura do músculo esquelético (HUIJING, 1998).

A força que um músculo desempenha varia com o comprimento ao qual este músculo é sustentado quando ativado. A propriedade “carga-velocidade” de alongamento ou encurtamento de um músculo é inversa a da contração muscular concêntrica, na qual o músculo se alongará mais depressa, excêntrica e com carga crescente. A relação “força-tempo” diz que: a força gerada por um músculo é proporcional ao tempo de contração, ou

seja, quanto maior o tempo de contração do músculo, maior será a força gerada, até o ponto de tensão máxima (LORENZ et al., 2003). Para que o músculo desempenhe força adequada é necessário um conjunto harmônico dessas relações, pois, na falta de uma delas, podem ocorrer sérios desequilíbrios na biomecânica (KENDALL; MCCREARY; PROVANCE, 1993).

As alterações na biomecânica muscular podem ser decorrentes de rupturas, isquemias, contusões, dilacerações, síndromes compartimentais e desnervação (MACKINNON, 1992). No caso da lesão traumática de plexo braquial, as alterações musculares se dão em maior número pela desnervação muscular que é definida como a perda do axônio motor ou de todo o motoneurônio (RANZZI, SEVERO, COSTA, 2005).

O ganho de força muscular depende da idade, do sexo, do tipo de fibra muscular, tamanho e comprimento do músculo no momento da contração, da alavanca do músculo e da velocidade da contração. O ápice do ganho de força se dá entre 20 e 30 anos e os homens geralmente são mais fortes do que as mulheres, uma vez que desenvolver maior massa muscular após a puberdade (HUIJING, 1998). Neste contexto, espera-se que um paciente com lesão do plexo, de idade mais jovem e do sexo masculino, tenha um melhor prognóstico após a cirurgia.

2.6 Relação entre raízes, nervos e músculos

A raiz de C5 lesada leva a disfunção dos músculos supraespinhoso, infraespinhoso, elevador da escápula e rombóides, logo o paciente não realizará abdução e nem rotação externa do braço. Na lesão de raiz de C6 estará acometido os músculos supinador, braquiorradial, bíceps, braquial e redondo maior, ocorrendo uma interrupção dos movimentos de supinação e flexão do antebraço, bem como extensão e adução do braço. Essas duas raízes (C5 e C6) geralmente são lesadas em conjunto, o que caracteriza uma lesão de tronco superior. Também conhecida como paralisia de Erb, tal lesão ajuda na localização das raízes, uma vez que estão associadas a nervos de origem proximal, como o escapular dorsal, o torácico longo e o frênico (RUSSEL, 2006).

Quando a raiz de C7 é lesada (raramente), também conhecida como tronco médio, os músculos envolvidos serão tríceps, flexor radial do carpo, flexor ulnar do carpo, extensores do carpo e pronador redondo. Logo, o acometendo é nas funções de extensão do antebraço, flexão e extensão do punho e pronação do antebraço. Além disso, pode haver o comprometimento de flexores e extensores dos dedos, caso o envolvimento da raiz de C7 com C8 seja comprovado (BRAIN, 2000).

A lesão de raiz C8 atingirá os músculos flexor profundo do dedo indicador e médio, os intrínsecos tenares e hipotenares e os extensores do polegar, indicador e dedo médio. Se a raiz de T1 for lesada, os músculos disfuncionais serão os interósseos dorsais, acometendo a abdução dos dedos. Habitualmente, as raízes de C8 e T1 são acometidas em conjunto, constituindo o que se chama de tronco inferior. Neste caso, se for observada alguma movimentação da mão deve ser pedido o movimento de pinça e avaliada força de preensão pelo dinamômetro. Essa paralisia é também conhecida como paralisia de Klumpke e provoca importante paralisia na mão (RUSSELL, 2006).

2.7 Relações entre cordões, músculos e nervos

O cordão lateral com lesão isolada se identifica como um acometimento de nervo musculocutâneo, interrompendo a ação dos músculos bíceps, coracobraquial e braquial, como perda de sensibilidade na superfície lateral de braço. Quando associado a uma paralisia parcial do nervo mediano leva a interrupção do funcionamento dos músculos pronador redondo e flexor radial do carpo (sensibilidade do cordão medial e componente lateral). Sobreposição a todo esse quadro, um comprometimento do nervo peitoral menor, acarretando na fraqueza deste músculo (FERRANTE, 2004).

O cordão medial acometido está associado à lesão do nervo ulnar e comprometimento parcial do nervo mediano. Com o nervo ulnar paralisado ocorrerá fraqueza de músculos como o flexor ulnar do carpo, flexor profundo dos dedos, oponente, flexor e abdutor do dedo mínimo, flexor profundo do quarto e do quinto dedo, interósseos, lumbricais III e IV e adutor do polegar, além de perda sensitiva no terço medial da mão. Já com o nervo mediano paralisado, a fraqueza será exclusivamente motora e encontrada nos músculos oponente do polegar, cabeça superficial do flexor curto e abdutor curto do polegar, além dos dois primeiros lumbricais (GREGORY et al., 2009).

O cordão posterior (fibras de C5-C8) lesionado, promove o comprometimento dos nervos axilar e radial, enfraquecendo os músculos tríceps, supinador, extensor radial curto e longo do carpo, extensor ulnar do carpo, extensor comum dos dedos, deltóide e redondo menor. Componente sensitivo na lesão do nervo axilar ocasiona perda na superfície lateral superior do braço (nervo cutâneo lateral superior do braço). O componente sensitivo do nervo radial altera a região posterior do braço (nervo cutâneo posterior do braço) e do antebraço (nervo cutâneo posterior do antebraço) e a região lateral do braço (nervo cutâneo lateral

inferior do braço) e a região dorsolateral da mão (nervo radial superficial) (GREGORY et al., 2009).

2.8 Mecanismos de lesão do plexo braquial

A localização anatômica do plexo braquial é uma região desprotegida, o que o torna vulnerável às lesões. Ele está fixo em tecidos adjacentes, quer seja em estruturas nervosas maiores ou por tecidos moles ou por estruturas ósseas. Uma das fixações mais relevantes do plexo braquial é onde o nervo supraescapular se origina, no tronco superior. Como o tronco superior é a base fixa, as demais estruturas (nervo supraescapular e divisões do tronco superior) estão livres, favorecendo uma provável lesão (MORAN et al., 2005).

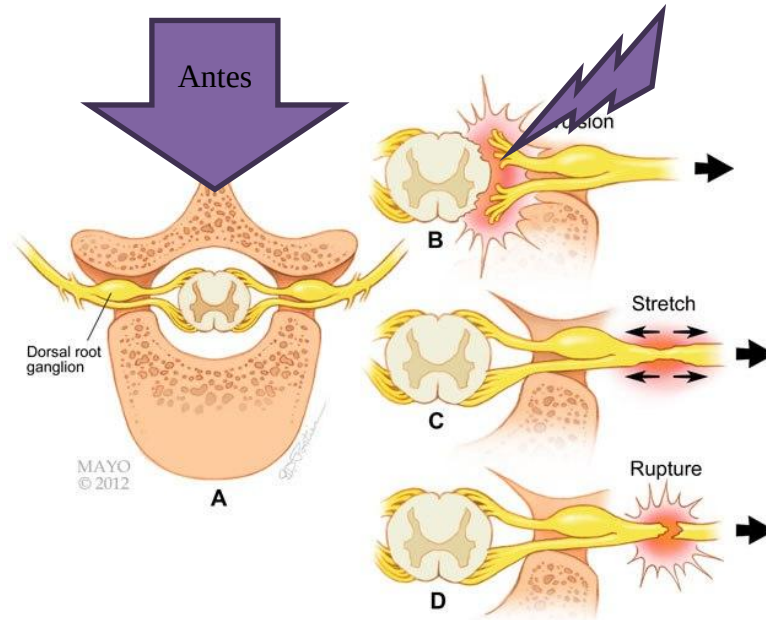
Os dois grandes grupos de lesões do plexo braquial estão subdivididos em plexopatias ao nascimento e traumáticas. O primeiro grupo acomete recém-nascidos que têm o ombro distorcido no momento do parto, entretanto, não é o foco desta tese. O segundo grupo, mais frequente atualmente, está associado a causas como ruptura, estiramento ou avulsão, geralmente relacionadas com acidentes automobilísticos, principalmente com motocicletas. O motociclista é a população que mais tem apresentando lesão traumática do plexo braquial, devido ao impacto durante a queda (COELHO et al., 2012).

No interior do forame, o nervo espinhal está preparado para se movimentar, local este onde não existe fixação alguma. Quando o nervo espinhal surge de seus respectivos forames, formador do plexo braquial estará fixado nos processos transversos pela fásia cervical profunda e pelos ligamentos radiculares transversais. Sendo assim, o nervo espinhal ancorado ao forame intervertebral ameniza uma possível força de tração que possa surgir. Essa maior estabilidade acontece em C5, C6 e C7 e é minimamente observada em C8 e T1. Logo, as radículas intradurais desses dois últimos nervos são mais susceptíveis às trações (WYNN, 1980; SIQUEIRA, MARTINS 2011).

Nos níveis cervicais superiores são incomuns lesões por avulsão, entretanto, quando ocorre, provavelmente estará associada à fratura da massa lateral ou ruptura do complexo osteofibroso (SUNDERLAND, 1974; FERRANTE, 2004). A avulsão radicular ou lesão pré-ganglionar ocorre quando as radículas espinhais são rompidas. Tal ruptura pode ocorrer no nível central, quando a avulsão se dá na junção das radículas com a medula espinhal, ou no nível periférico, quando ocorre a avulsão no interior do forame intervertebral, ou seja, próximo ao gânglio da raiz dorsal. Para este tipo de lesão, não há recuperação espontânea. Na lesão distal ao gânglio da raiz dorsal, ocorrerá a lesão denominada pós-ganglionar, cuja

recuperação pode ser espontânea (GREGORY et al., 2009; SIQUEIRA; MARTINS, 2011). (Figura 2).

Figura 2 - Avulsão, estiramento e ruptura do plexo braquial



Fonte: Adaptada de <https://plexuscervical.wordpress.com/author/plexuscervical/>

2.9 Diagnóstico clínico na lesão do plexo braquial

Histórico da doença

A história clínica sobre o mecanismo do trauma, tempo da lesão, possíveis reinervações e identificação de possível quadro de algia são muito importantes nesse tipo de lesão, por isso, a necessidade de que, inicialmente, seja realizada uma anamnese rica em detalhes (GIUFFRÉ et al. 2010).

O tipo de lesão deve ser investigado, quer seja lesão pré-ganglionar, pós-ganglionar ou ambas. Em relação ao acometimento de axônios podem ser identificados ainda três tipos de lesões nervosas: a neuropraxia que é a desmielinização das fibras de grande calibre, porém, sem interrupção axonal, com possibilidade de recuperação entre quatro a seis semanas. A axoniotmese que ocorre não só a lesão do axônio, mas também a lesão na bainha de mielina, preservando-se apenas o endoneuro. A neurotmese, que consiste na ruptura total do nervo, onde não há qualquer possibilidade de inervação espontânea, sendo necessária a intervenção cirúrgica (LAWRENCE, 2015).

Para cada tipo de lesão há a necessidade do acompanhamento desde o momento do trauma, uma vez que o tempo de lesão é um dos parâmetros para o planejamento terapêutico, auxiliando na definição de uma abordagem conservadora ou cirúrgica. Os estudos de eletrodiagnóstico (O'SHEA et al., 2011) e exames de imagens (FILLER et al., 1996) são utilizados para complementar o diagnóstico.

Exame físico

O exame físico é realizado com o tórax desnudo objetivando avaliar a função e sensibilidade de todos os músculos do membro lesado. Investigar o grau de independência e de adaptação frente à lesão, além de observar a presença de atrofias, calos ósseos e cicatrizes (GIUFFRÉ et al., 2010).

A percussão do triângulo posterior do pescoço na região supraclavicular, mais conhecido por Sinal de Tinel, auxilia na diferenciação de uma avulsão e de uma ruptura. No momento da percussão, espera-se que haja a irradiação de parestesias dolorosas na região lateral do ombro e do braço e para superfície lateral do antebraço, com extensão para o polegar e o indicador. Na interpretação do teste, com o sinal presente, pode ser sugestiva a presença de um neuroma e entende-se que pelo menos parte da lesão seja pós-ganglionar. Em caso do sinal estar ausente, em que a sugestão é de avulsão radicular (GIUFFRÉ et al. 2010).

Em seguida é realizada a avaliação com movimentos passivos, observando o surgimento de bloqueios articulares. Posteriormente, identifica-se o grau de força de cada músculo envolvido com o auxílio da escala de *British Medical Research Council* e avaliação de sensibilidade tátil e dolorosa (SOCOLOVSKY et al., 2015).

Na avaliação e identificação do local da lesão é importante verificar se o paciente apresenta algia, o local e como ela se comporta. Por exemplo, a algia intensa na região de antebraço e mão se manifestando em queimação e pressão está relacionada à avulsão radicular em 90% dos casos, principalmente em lesão de tronco inferior (BERTELLI, GHIZON, 2008).

O Sinal de Horner com semiptose palpebral, miose, enoftalmia e a anidrose são outras complicações encontradas no paciente com lesão de plexo braquial com lesão de gânglio estrelado. Alterações vasculares, trombozes ou rupturas da artéria subclávia ou axilar, levarão o membro desnervado a ter uma sensação fria, apresentando-se com a temperatura diminuída e cianose (SIQUEIRA; MARTINS, 2011).

2.10 Exames complementares na lesão do plexo braquial

Alguns tipos de exames de imagem podem ser utilizados para auxiliar a avaliação do plexo braquial como mielografia por tomografia computadorizada (BERTELLI; GHIZONI, 2006), neurografia por ressonância magnética (DU et al., 2010) e ultrassonografia (CALDANA, 2013). A diferença entre os tipos de exames está relacionada com a precisão e riqueza de detalhes que alguns exames apresentam em detrimento de outros.

Mielografia com tomografia computadorizada (MTC)

A MTC foi um exame de imagem muito utilizado no diagnóstico de lesões pós-traumáticas. Porém, devidos a algumas limitações como o caráter invasivo usa de contrastes iônicos e emprego de radiação ionizante (GASPAROTTI, 2012).

Neurografia por ressonância magnética (Neurografia-RM)

A neurografia por RM é um dos exames de imagem mais utilizados atualmente. Apresenta alta resolução, quando realizada com equipamentos de MRI Scanner de 1,5 T ou maiores, com planos múltiplos e diferenças de contrastes entre as estruturas, proporcionando melhor definição anatômica, muito embora seja um exame caro e que muitas vezes não está disponível na rede pública (LIMEIRA, 2001).

Ultrassonografia (US) do plexo braquial

A ultrassonografia do plexo braquial (DA CONCEIÇÃO et al., 2007) é um recurso de imagem utilizado nas clínicas médicas e nos laboratórios de pesquisa. Tal exame tem sido importante na definição das raízes cervicais, principalmente no trajeto dessas raízes até a formação dos troncos. Tem por vantagem ser de baixo custo, amplamente disponível, não invasivo e sua realização é mais rápida do que a ressonância (HABER et al., 2006).

Eletroneuromiografia (ENMG)

Adrian e Bronk (1929) produziram um instrumento mais elaborado de amplificação e registro para mensurar a atividade muscular em seres humanos, tal feito foi possível porque as experiências foram realizadas durante a II Guerra Mundial. Utiliza-se eletrodos de superfície ou agulha e o equipamento ficou conhecido como eletroneuromiografia (ENMG) do latim *elektra*, iluminado, brilhante, referente à eletricidade; grego *myos*, músculo; e latim

graphicus, escrever. Por este instrumento, podem ser estudadas as várias funções isoladas ou em combinação dos músculos, tanto a ativação quanto o relaxamento (HODES et al., 1948).

Este tipo de exame é importante porque oferece características para a identificação do local da lesão em relação ao gânglio da raiz dorsal, identificando desnervação de músculos e a averiguação da presença da velocidade de condução sensitiva. Deverá ser realizada bilateralmente, como forma de comparação entre os dois membros do paciente e realizado entre três semanas e três meses (O'SHEA et al., 2011).

2.11 Tratamento conservador na lesão de plexo braquial

No tratamento das lesões de plexo braquial traumático, quer seja do tipo tronco superior, médio ou inferior os dois objetivos principais são: restabelecer a função muscular e a recolocação do paciente no meio social e profissional, evitando queda na qualidade de vida (RASULIC et al., 2017). As principais funções musculares são flexão de cotovelo e estabilização do ombro, para realização da abdução e rotação externa (SIQUEIRA; MARTINS, 2011). Porém, nem sempre esses objetivos são alcançados completamente, tanto pela recuperação funcional não ser a mais adequada ou pela impossibilidade de realizar a atividade profissional desempenhada antes (RASULIC et al., 2017).

Antes mesmo de um tratamento cirúrgico ou contra indicação de um, o tratamento conservador é de extrema relevância com o objetivo de prevenir ou reduzir edemas, ativar circulação de extremidades, prevenir deformidades, conservar função, trofismo e força e controlar algias (GREGORY et al., 2009).

Na reabilitação desses pacientes, os objetivos encontrados são estimular a musculatura desnervada ou parcialmente inervada, reeducar e fortalecer a musculatura da cintura escapular e do membro superior lesionado, melhorar a sensibilidade superficial e profunda, ganhar amplitude de movimento (ADM) do ombro, adequar postura, utilizar órteses para o membro superior, diminuir algias, promover cuidados com a pele e orientações gerais das atividades de vida diária (AVD) (RIOS et al., 2017). No entanto, existem lacunas na literatura que demonstrem a evidência de modalidades terapêuticas na reabilitação desses pacientes.

Nas lesões de plexo braquial por contusão ou estiramento, que é o maior número dos casos, o problema é mais difícil de tratar, uma vez que a cirurgia precoce pode mascarar o período de reinervação e por outro lado, em uma cirurgia tardia o comprometimento motor estará exacerbado. Este é um dos motivos pelo qual a cirurgia de plexo braquial é indicada em até um ano após o trauma (KLINE, 2009).

Deve-se observar, antes da realização da cirurgia, a presença de edemas graves, contraturas articulares, se a população é mais idosa e ou se apresenta baixas chances de recuperação, o próprio desinteresse do paciente e sua indiferença ao tratamento de reabilitação, pois as somatórias desses eventos podem levar ao insucesso de qualquer tipo de tratamento (GREGORY et al., 2009).

Quando são afetadas exclusivamente as raízes de C5 e C6, mais de 40% dos pacientes com perda motora completa ou parcial conseguem se recuperar espontaneamente, readquirindo uma função aceitável. Se o comprometimento se estende a C7, a situação se agrava e 15% dos pacientes conseguem a reinervação espontânea. Nos casos de lesão total, deve-se colocar o paciente o mais rápido em sala cirúrgica (BHANDARI; MAURYA. 2014).

Apesar de ser necessário que todos estes cuidados sejam levados em consideração antes da cirurgia, é extremamente importante esclarecer ao paciente quais são as possibilidades e perspectivas futuras para não haver frustração frente à lentidão dos acontecimentos e ganhos. Tendo em mente que, a reabilitação deverá ser constante em sua vida dali em diante, pois deverá reestabelecer componentes motores, sensitivos e neurovegetativos.

2.12 Tratamento cirúrgico na lesão de plexo braquial

A abordagem na cirurgia do plexo braquial tanto pode ser realizada por via anterior do tronco quanto posterior. A região anterior está subdividida em área supraclavicular e infraclavicular. Há maior frequência de cirurgias realizadas na área supraclavicular, uma vez que expõe visivelmente as raízes, os troncos e as porções mais proximais das divisões do plexo. Já a área infraclavicular expõe as porções mais inferiores das divisões, cordões e nervos terminais. A abordagem do plexo pela região anterior e posterior ocorre, principalmente, quando há necessidade da exposição de lesões próximas aos forames intervertebrais, e ainda, com comprometimentos mais inferiores (GREGORY et al., 2009).

Dentre as abordagens cirúrgicas para pacientes com lesão traumática de plexo existe: a neurólise, a enxertia de nervo e a neurotização (RODRIGUES et al., 2014). A neurólise, técnica mais simples utilizada para quase todas as cirurgias de nervos, geralmente precede uma técnica de reparo, consistindo na liberação de aderência, na qual depois será utilizado o enxerto de nervo, uma vez que existe a descontinuidade anatômica e a perda da substância neural, podendo ser do tipo interna ou externa. Na neurólise do tipo externa, ocorrerá a completa liberação do nervo, além de cicatrizes externas e tecido cicatricial epineural. Por

outro lado, a neurólise interna tem indicações mais restritas, devido ressecção do epineuro e de fibrose interfascicular, com separação do nervo em seus fascículos (BHANDARI; MAURYA, 2014).

Outro procedimento microcirúrgico simples é a sutura, uma técnica que alinha e dá continuidade entre as estruturas do plexo braquial, geralmente utilizada com distintas técnicas como na transferência de nervos e uso de enxertos. Os enxertos são utilizados também como técnica de reconstrução do plexo braquial, principalmente quando não é possível a aproximação dos elementos do plexo sem que haja tensão na linha de sutura. Eles orientam os axônios em crescimento desde o coto proximal em direção à extremidade dorsal (WEBER; MACKINNON, 2005). Há relatos na literatura que, o comprimento do enxerto do nervo deve ser curto para o sucesso da técnica, a fim de evitar o desperdício de fibras axonais em crescimento (SOCOLOVSKY et al., 2015).

O nervo sural é comumente utilizado como enxerto e apresenta cerca de 25 a 35 cm de extensão, sendo retirado ao mesmo tempo da abordagem cirúrgica do plexo (TUNG; MACKINNON, 2003). Quando reparos com enxertos são utilizados, o membro superior deverá ficar imobilizado por três semanas. Após essa fase, a reabilitação deverá ser reiniciada (SPINNER; SHIN, 2004). Deve-se salientar que um nervo é considerado como bom doador em uma transferência, quando há proximidade anatômica entre as estruturas do plexo, existe um número de fibras nervosas suficientes e o seu uso não proporcionará disfunção relevante (SAMARDZIC et al., 2002).

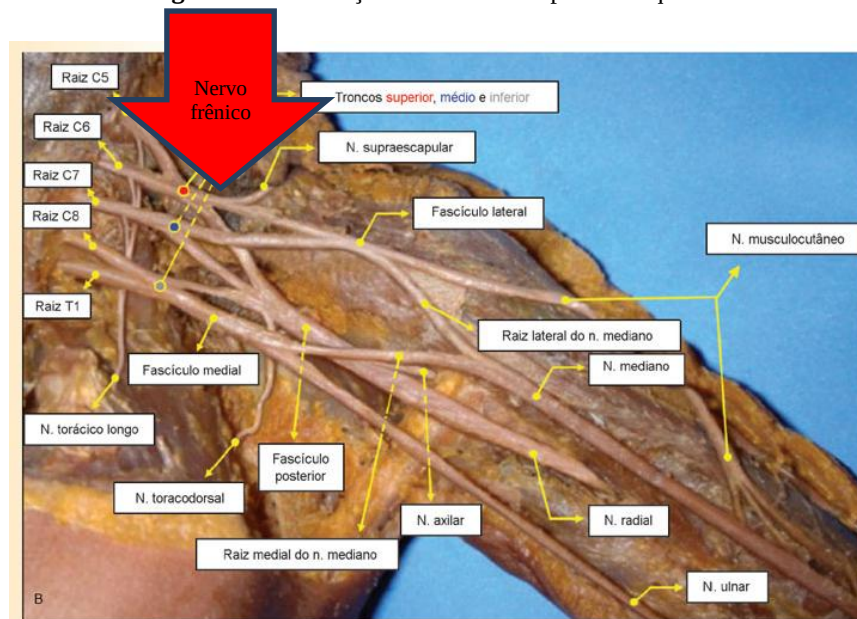
A neurotização é a transferência de um nervo atuante, proveniente de uma raiz nervosa íntegra e anastomosada com o coto distal do nervo que foi lesado, para reativar a função do músculo acometido. Quando a lesão do plexo é parcial e o nervo doador é do próprio plexo acometido, se denomina transferência de nervos intraplexual. As principais transferências de nervos interplexuais são com nervo peitoral medial, nervo toracodorsal, nervo torácico longo, raiz de C7 ipsolateral, fascículo do nervo ulnar, fascículo do nervo mediano e nervo radial. Porém, os nervos mais utilizados atualmente neste tipo de procedimento cirúrgico são o acessório e o intercostal, visando à reabilitação de flexão de cotovelo, uma vez que lesões abaixo dessa estrutura apresentam recuperação incerta (MONREAL, 2007) (**Figura 3**).

As transferências de nervos extraplexuais, ou seja, fora do plexo, são encontradas de nervos intercostais, nervos acessórios, plexo cervical, nervo hipoglosso, raiz de C7 contralateral, ramo motor do músculo platisma e nervo frênico (MONREAL, 2007). A neurotização nas lesões totais cuja transferência se utiliza o nervo frênico (C3-C5) se destina

ao nervo musculocutâneo (C5-C7) (REZENDE et al., 2013).

O primeiro estudo a recomendar a neurotização com o nervo frênico nas lesões de plexo braquial foi o estudo de Lurje (1948). Entretanto, o uso na prática médica só foi possível em 1970, na China. Em 1989, Gu e colaboradores, relataram, através de uma série de casos, que os testes de função pulmonar apresentaram diminuição da capacidade pulmonar durante um ano após transferência de nervo frênico, mas depois retornava aos parâmetros de normalidade (SOCOLOVSKY et al, 2015).

Figura3 - Localização dos nervos do plexo braquial



Fonte: Adaptado de <http://www.bibliomed.com.br/bibliomed/bmbooks/cirurgia/livro13>

2.12.1 Neurotização ou transferência do nervo frênico

O nervo frênico é o único nervo motor que inerva o músculo diafragma, embora, estudos (SIQUEIRA; MARTINS, 2009; SOCOLOVSKY et al., 2015) tenham mostrado a existência de outro nervo, o nervo frênico acessório, e que talvez por esta razão o diafragma permaneça funcional mesmo após a transferência do nervo frênico principal. Suas fibras se originam na medula espinhal (C4) e percorrem todo o plexo cervical até chegar ao diafragma. É o maior ramo do plexo cervical e contém de 800 a 1750 fibras nervosas mielinizadas. Anatomicamente ele é encontrado na superfície do músculo escaleno anterior (LIU et al., 2014).

Com o objetivo de recuperar a força do bíceps braquial, este nervo pode ser transferido para o nervo musculocutâneo com interposição de enxerto, geralmente o sural. Apesar de haver recuperação da força muscular para a flexão de cotovelo, existe a preocupação com a função pulmonar e as repercussões no diafragma que a intervenção cirúrgica neste nervo possa causar. Estudos (CHALIDAPONG et al., 2004; CARDOSO et al., 2016), ainda incipientes, mostraram que as complicações respiratórias existem, apesar de raras.

No adulto, a excursão do diafragma é responsável por cerca de 30% a 60% do volume corrente total, permanece a dúvida quanto à contribuição no processo de ventilação normal e se há efeitos da técnica sobre a função pulmonar e se isso ocorre quanto tempo depois da função pulmonar normal ser reestabelecida (SIQUEIRA; MARTINS, 2009). Outra questão importante que a literatura ressalta é quanto ao lado do frênico que é transferido, onde a melhor opção para transferir seria o lado esquerdo do frênico. A justificativa foi relacionada à dominância do frênico direito na inervação do diafragma, causando uma redução significativa da capacidade vital de 7 dos 12 pacientes avaliados após a neurotransferência do frênico direito, entretanto apenas um estudo faz essa afirmação (LUEDEMANN et al., 2002), o que impossibilita de maiores conclusões.

Segundo Liu e colaboradores (2014), existem dois tipos de transferências de nervo frênico, a primeira do tipo 1, com a transferência do nervo frênico para o feixe ântero-lateral da divisão anterior do tronco superior, e a segunda do tipo 2, com transferência do nervo frênico via enxerto de nervo para feixe ântero-lateral do nervo musculocutâneo.

Apesar de o nervo frênico ser considerado um doador nas neurotizações, existem contraindicações importantes que precisam ser observadas como pacientes com múltiplas fraturas costais, contusões pulmonares e nos casos onde a pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) pré-operatória for inferior a uma PI_{máx} considerada normal de acordo com sexo, idade e peso do indivíduo, cardiopatas, DPOC e em crianças (LUEDEMANN et al., 2002; SIQUEIRA; MARTINS, 2009).

Não se sabe ao certo, até o momento, se a lesão em si e/ou se a neurotização com utilização do nervo frênico traz repercussões ao sistema respiratório, mobilidade diafragmática, postura corporal, capacidade funcional e qualidade de vida destes pacientes.

2.13 Distribuição da variação de volumes e capacidades pulmonares

Frente à relevância de se conhecer cada vez mais a biomecânica do sistema respiratório, novas ferramentas de avaliação foram desenvolvidas, prezando pela precisão e

excelência da pesquisa científica a cerca do tema. Neste caso, a pletismografia optoeletrônica vem se destacando como um método inovador, apropriado para avaliar com acurácia e de forma não invasiva (sem a utilização de dispositivos como clips e/ou boquilhas que alteram a mecânica normal da respiração) a distribuição de variação de volumes da caixa torácica, podendo ser analisado por volume total ou por compartimentos (FERRIGNO et al., 1994; CALA et al., 1996; ALIVERTI e PEDOTTI, 2003).

Esta ferramenta registra o movimento do tórax do paciente através dos marcadores reflexivos e configura um modelo geométrico captado por câmeras e posteriormente analisado por um *software* específico (CALA et al., 1996). Os estudos que envolvem os movimentos de caixa torácica, em sua maioria, enfocam doenças obstrutivas, mudanças de decúbito e exercício físico (CALVERLY e KOULOURIS 2005; ALIVERTI et al., 2001; ROMEI et al., 2010; VOGIATZES et al., 2005). Estudos avaliando doenças restritivas e condições clínicas de restrição pulmonar são escassas e considerando a ausência de estudos que observassem distribuição de volume relacionado ao sistema respiratório em pacientes com lesão traumática de plexo braquial (LTPB), foi feita analogia de estudos envolvendo pacientes com doenças que levem a alteração da mecânica por restrição pulmonar.

Lanini e colaboradores (2003) realizaram um estudo que avaliou a distribuição da variação de volumes pulmonares por hemitórax em pacientes pós-AVC, observando diminuição da ventilação no lado parético, valores reduzidos de pressões respiratórias máximas e alterações no controle da respiração. Nesse sentido, é possível que talvez estas mesmas alterações do sistema respiratório possam ocorrer no paciente com LTPB.

Segundo Cardoso e Pereira (2002), em estudo com paciente pós-AVC, as contraturas impedem os movimentos respiratórios adequados, bem como impossibilita uma melhor expansibilidade da caixa torácica. Consequentemente, sugerem a presença de um padrão respiratório restritivo e reduzem a mobilidade torácica, aumentando a atividade muscular.

Utilizando a pletismografia optoeletrônica, Romagnoli e colaboradores (2004), avaliaram pacientes com espondilite anquilosante, observando alteração na mobilidade torácica com diminuição da distribuição do volume pulmonar na parte superior da caixa torácica. Nos demais compartimentos foram encontrados aumento na mobilidade do diafragma, relatado nos resultados como uma forma de compensação deste músculo para manter a expansibilidade da caixa torácica.

2.14 Força dos músculos respiratórios

A pressão inspiratória máxima precisa ser determinada no pré-operatório e o acompanhamento deve ser feito, pois além dos danos da lesão na força dos músculos respiratórios, podem existir danos relacionados à cirurgia (LUEDMANN et al., 2000). Na avaliação desses músculos foi utilizado o manovacuômetro digital (MVD-300[®], *Globalmed*, Brasil), conectado a uma boquilha com um orifício de dois mm e posicionada na boca do paciente.

2.15 Função pulmonar

A função pulmonar pode sofrer danos, considerando que o nervo frênico tem papel importantíssimo na função respiratória e que, apesar de estudos não apontarem redução significativa da função pulmonar após a neurotização com o mesmo, existem alguns relatos afirmando que em longo prazo existem alguns efeitos sobre a função respiratória (YAVARI et al., 2016).

A prova de função pulmonar foi realizada com um espirômetro portátil (*Micro Medical*[®], *Microloop MK8*, Inglaterra), obtendo-se resultados de capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁), pico de fluxo expiratório (PFE) e a relação VEF₁/CVF (Índice de *Tiffeneau*) através de manobras realizadas de acordo com as recomendações da AMERICAN THORACIC SOCIETY (ATS), 2002.

2.16 Mobilidade diafragmática

Segundo Boussuges e colaboradores (2009), a mobilidade diafragmática é definida como a capacidade das hemicúpulas de se movimentarem em resposta à ação contrátil desse músculo. Sua ação causa expansão pulmonar através do deslocamento crânio-caudal durante a inspiração e expiração (KANTAREI et al., 2004).

Avaliada através da ultrassonografia, que é um método não invasivo e simples, tem sido amplamente estudada nas pesquisas científicas. A medida de mobilidade diafragmática está diretamente relacionada à força dos músculos inspiratórios, refletindo na atuação da mecânica pulmonar. A atrofia muscular é uma das causas da redução da mobilidade do diafragma (GOTTESMANN; MCCOOL, 1997).

Almeida e colaboradores (2011) mostraram em estudo com paciente pós-AVC, correlações entre a redução de mobilidade e o comprometimento da função pulmonar, reduzindo a capacidade vital forçada (CVF), o volume expiratório final no primeiro segundo

(VEF₁), o pico de fluxo expiratório (PFE) e a ventilação voluntária máxima (VVM) (MILLER, 2008).

São relatadas na literatura, repercussões da redução da mobilidade diafragmática em diversas populações, como no acidente vascular encefálico (CARDOSO, PEREIRA, 2002) e na doença pulmonar obstrutiva crônica (YAMAGUTI et al., 2012). Por este motivo, pode ser de grande importância, considerando a escassez de estudos, analisar as prováveis repercussões da lesão traumática de plexo braquial sobre o sistema respiratório desses pacientes, levando em consideração a broncoplegia que ocorre no paciente pós-AVC (ALMEIDA, 2011).

Na paralisia do diafragma não são observadas as excursões e o espessamento do músculo. Na paralisia unilateral, a pressão negativa gerada pelo outro lado do diafragma durante a inspiração faz com que a porção paralisada possa se mover cranialmente (MATAMIS et al., 2013), o que leva ao entendimento de que o protocolo de avaliação utilizando apenas a hemicúpula direita não seria um viés.

A avaliação da hemicúpula direita do diafragma, por meio do ultrassom, é possível devido à presença do espaço deixado pelo fígado, no entanto, a avaliação da hemicúpula esquerda se torna difícil, devido ao menor espaço deixado pelo baço (GERSCOVICH et al., 2001).

2.17 Espessura diafragmática

A espessura e a taxa de espessamento do diafragma são medidas que informam as características estruturais e a capacidade de gerar força contrátil desse músculo (MCCOOL et al., 1997). Os estudos onde geralmente são encontrados esses tipos de avaliações são os estudos com treinamento muscular inspiratório (TMI), muito embora, na literatura são escassos esse treinamento nessa população.

2.18 Algia associada à lesão traumática do plexo braquial

A lesão traumática no plexo braquial, além das disfunções físicas, ocasiona algia crônica que potencializa as repercussões da lesão (CIARAMITARO et al., 2010). Estudo (ATTAL et al., 2006) avaliando paciente com lesão traumática de plexo braquial mostrou elevada prevalência da algia neuropática, variando em uma escala de muito baixa a extremamente alta, com associação das características do paciente, ao tipo de lesão e a fatores ambientais como baixa temperatura e contato físico.

A algia neuropática é um desconforto de alto grau resultante de uma lesão ou disfunção primária do sistema nervoso. Ciaramitaro e colaboradores (2010) relataram que 67% dos pacientes que tiveram lesão no plexo braquial apresentaram este tipo de algia.

Nosso trabalho utilizou três instrumentos para avaliar a algia em membro superior acometido, sendo eles o questionário *Douleur Neuropathique 4 Questions* (DN4), o questionário de McGill e a Escala Visual Analógica (EVA).

O DN4 é uma ferramenta padrão e validada para diagnóstico de algia neuropática. Estudo (BERTELLI; GHIZONI, 2010) utilizando esta ferramenta mostrou que a incidência de algia neuropática em pacientes com lesão de plexo braquial foi de 67%. Também foi observado que todos os pacientes que tiveram avulsão de raiz sofriam desse tipo de algia, o que tem sido apontado como uma das principais causas de dor neuropática. Em 85% dos casos, a dor neuropática se inicia dentro das seis semanas após a lesão (BRUXELLE et al., 1998). Outro achado importante em estudos (BERMAN et al., 1998; HTUT et al., 2006) recentes é que a cirurgia auxilia no alívio dessa algia. O que é bastante incentivador uma vez que a questão algica é debilitante e afeta diretamente as AVD's dos pacientes de diversas maneiras.

O questionário McGill, traduzido e validado para o Brasil, é uma escala verbal que variava de 0 a 10 a dor referida pelo paciente. Utiliza dimensões bem definidas como dimensões sensitiva-discriminativa, afetiva-motivacional e cognitiva-avaliativa (PIMENTA; TEIXERA, 1996). Um estudo que analisou 14 pacientes em pré e pós-cirurgia de lesão do plexo braquial utilizou para avaliar a algia do membro superior acometido o questionário de McGill. Inicialmente, todos os 14 pacientes relataram dor, no *follow up* da cirurgia, sete pacientes relataram que a dor havia diminuído depois de um ano do pós-operatório. A justificativa para a melhora da algia foi à recuperação motora ou sensitiva nestes pacientes (BERMAN et al., 1998).

A EVA é uma escala simples e de rápida aplicação, além de fácil entendimento para o paciente que precisa estimar a intensidade da algia que sofre. É classificada com valores padronizados entre 0 e 10, onde 0 é a ausência total de dor e 10 a pior dor já referida, além de uma linha de 10 cm que apresenta nos extremos as frases “ausência de dor e dor insuportável” (GIFT, 1989; JENSEN, 1994).

2.19 Função do complexo do ombro e do membro superior lesionado

O complexo do ombro está diretamente associado à cintura escapular e ao membro superior. Para que haja um movimento harmonioso deste complexo é necessário que as quatro articulações da cintura escapular (acromioclavicular, esternoclavicular, escapulotorácica e glenoumeral) funcionem em perfeita harmonia com o braço, antebraço, punho e mão (HALL; BRODY, 2007).

Na lesão do plexo braquial, os músculos da articulação do ombro não funcionam adequadamente porque os nervos foram lesionados independente do mecanismos, levando a posturas compensatórias. A musculatura mais próxima à região deverá fazer o papel de suportar o membro acometido, apresentando tensão e podendo levar à discinesias do membro (TAVARES et al., 2002).

Na lesão de plexo braquial total não há esboço de contração e o músculo se apresenta fraco e atrofiado, visto que para ocorrer à síntese das substâncias tróficas é necessária ativação do sistema neuromuscular que, nesse caso, está prejudicada pela lesão do plexo. Se em até dois anos a reinervação pelo nervo periférico não tiver sido alcançada, as miofibrilas contráteis podem ser substituídas por tecido conjuntivo fibroso e o músculo não gerará tensão ativa (MACKINNON et al., 2005).

Nessa situação, tais alterações implicam em limitar funções do membro superior acometido, impossibilitando o paciente de executar tarefas simples do cotidiano como comer, levar um copo à boca, vestir uma blusa e/ou tomar banho (RASULIC et al., 2017).

Visando avaliar a função de membros superiores, condição indispensável nesses pacientes, foi utilizado o questionário *Disability of the Arm, Shoulder, and Hand (DASH)* (DASH Outcome Measure, 2006). Esse questionário foi validado para medir a função do membro superior (BEATON; SCHEMITSCH, 2003) perguntando sobre os sintomas e capacidade do paciente para realizar determinadas atividades. Formado por 30 perguntas distribuídas nos domínios: atividade geral, sintomas e função social, não importando qual mão ou braço é usado para executar a atividade (LIU et al., 2011).

2.20 Postura corporal na lesão traumática de plexo braquial

Na biomecânica do ombro e da cintura escapular estão envolvidos os músculos do manguito rotador (supraespinhoso, infraespinhoso, redondo menor, subescapular) responsável pela estabilização da articulação glenoumeral e evitam subluxações, o serrátil anterior responsável pela protração e retração superior da escápula, o redondo maior cujas ações são rotação interna, adução e extensão, o deltóide com movimentos de flexão, extensão, adução e

abdução, o latíssimo do dorso que roda internamente, aduz e estende, o peitoral maior com função de rotação interna, adução/abdução horizontal, os rombóides que aduzem, rodam inferiormente, aduzem e elevam as escápulas, além do peitoral menor que está envolvido nos movimentos de depressão e inclinação anterior da escápula e elevação das costelas, além do levantador da escápula responsável pela elevação e rotação superior da escápula e inclinação e rotação para o mesmo lado (KAPANDJI, 2003).

O comprimento de alguns desses músculos pode estar alterado com modificação da curva comprimento-tensão e da força quando o respectivo nervo é comprimido. Podendo, conseqüentemente gerar fraqueza, atrofia, parestesia, rigidez articular, desequilíbrio muscular e algia, culminando com uma possível postura antálgica (NOVAK; MACKINNON, 2003). São questionáveis, portanto as alterações decorrentes de traumas, imobilizações e cirurgias, uma vez que podem desenvolver alteração postural em pacientes com LTPB.

Geralmente não há contração muscular isolada, mas sim através de um grupo muscular que, em perfeita harmonia, combinam forças para produzir a contração desejada, resultando no movimento pretendido. E se isso não acontece, ocorre um desequilíbrio entre as musculaturas, agonistas e antagonistas paralisadas a que se comportam de forma incorreta, gerando vetores de forças divergentes (PRICE, TIDWELL, GROSMANN, 2000).

Complicações como postura assimétrica da cabeça e pescoço, onde ambos são projetados para o lado contralateral, pois, os músculos paravertebrais estão desequilibrados devido à desnervação dos músculos profundos do pescoço contralateral, a luxação do ombro devido ao trauma, a escápula alada, nas lesões parciais de plexo, se o músculo serrátil, innervado pelo nervo torácico longo, não estiver executando adequadamente sua função de manter a escápula próxima ao corpo (RODRIGUES et al., 2014).

Sem movimento, o músculo paralisado pode levar à formação de aderências entre os tendões e as bainhas que os rodeiam e, nos feixes adjacentes de fibras musculares. As contraturas também irão surgir, os tecidos se adaptam a posição de encurtamento com diminuição de amplitude articular, cada vez mais os desequilíbrios posturais vão se instalando e podem gerar consequências negativas em outros sistemas. Exemplo clássico é o padrão de rotação interna do ombro, onde há um desequilíbrio entre os rotadores internos e externos (LOPES et al., 1996).

A avaliação postural estática foi realizada com o auxílio de um simetrógrafo portátil (Sanny®, São Paulo, Brasil), onde o paciente em ortostatismo foi posicionado imediatamente em frente ao aparelho e as imagens foram captadas a uma distância de 2 mm para visualizar o posicionamento anterior, posterior e lateral (dimídio direito e esquerdo) (VASCONCELOS et

al., 2010). Foi realizada também a gravação em vídeo com o paciente realizando o Teste de Adams (avaliação que visa observar a existência ou não de gibosidade na coluna vertebral) (FERREIRA et al., 2009).

2.21 Capacidade funcional submáxima

Capacidade funcional é a habilidade para executar as atividades de vida diária (AVD) em relação ao ambiente, constituída de aspectos físicos, mentais e sociais (HEIKKINEN, 2003), podendo ser avaliada através de um teste submáximo, o Teste de caminhada de seis minutos (TC6min) (DOURADO, 2010).

Este teste foi escolhido por ser de fácil execução, baixo custo e apresentar segurança para o perfil de paciente avaliado, uma vez que o mesmo, devido ao trauma automobilístico, pode apresentar limitações físicas tanto em membros superiores quanto inferiores, gerando riscos de queda. Dessa forma e, por entender que não existem estudos de capacidade funcional submáxima nessa população, procurou-se fazer um paralelo com estudos de pacientes que apresentassem limitações físicas semelhantes, como por exemplo, pacientes no pós-AVC (DUNN et al., 2015).

Acredita-se que, em se tratando do paciente com lesão traumática de plexo braquial, as alterações físicas associadas a uma vida sedentária, se somem ao comprometimento cognitivo, baixo nível de escolaridade e quadros depressivos culminando com possível redução de capacidade funcional.

2.22 Lesão traumática de plexo braquial e qualidade de vida

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a qualidade de vida é definida de forma ampla e complexa, como a compreensão de vida do indivíduo ao se posicionar frente a culturas e valores e compartilhar objetivos, esperanças, normas e angústias no ambiente em que vive (GUYATT; FEENY; PATRICK, 1993). Atualmente estudos (PATRICK; ERICKSON, 1996; SAMMAN, 2007) têm se preocupado em avaliar não apenas o quesito *saúde geral*, mas avaliar outros itens relacionados à qualidade de vida como saúde funcional, psicológica, social, ambiental, crenças, trabalho e moradia.

A percepção de danos irreparáveis, a restrição das AVD, o uso concomitante de várias medicações, a mudança de hábitos sociais e no trabalho e ainda, a dependência de outras pessoas contribuem para o impacto negativo da lesão traumática de plexo braquial em relação

à qualidade de vida nessa população (RASULIC et al., 2017). Por esses motivos, procuramos avaliar a qualidade de vida nesses pacientes.

Considerando fundamental avaliar a condição de qualidade de vida desses pacientes foi utilizado um questionário denominado *World Health Organization Quality of Life-Brief (WHOQOL-brief)* que é composto por 26 questões, sendo duas questões sobre a auto-avaliação da qualidade de vida e 24 questões subdivididas em quatro domínios físicos, psicológico, relações sociais e meio-ambiente (GRUPO WHOQOL, 1998).

JUSTIFICATIVA, RELEVÂNCIA E IMPACTO DO ESTUDO

Segundo o Ministério da Saúde (2016) os índices de acidentes com motocicletas resultaram em aproximadamente 12.000 mortos em 2013 e, nos últimos seis anos, tanto as internações hospitalares quanto custos com estes pacientes têm crescido assustadoramente (115% e 170%, respectivamente) (CARVALHO, 2016).

As lesões por avulsão ou estiramento do plexo braquial ocorrida durante os acidentes automobilísticos são altamente incapacitantes, levando a *déficits* funcionais importantes e têm ocorrido principalmente em jovens do sexo masculino e economicamente ativos. Por esta razão, este é considerado um problema de saúde pública em particular nas grandes cidades (LEUNG et al., 2015).

A neurotização do nervo frênico se apresenta como uma técnica cirúrgica adequada e segura para esses pacientes, muito embora os resultados ainda sejam polêmicos em relação, principalmente, aos efeitos desconhecidos sobre o sistema respiratório. Além disso, até o momento, não foram encontrados estudos avaliando e acompanhando os pacientes em relação à distribuição da variação de volumes e capacidades pulmonares. Assim, a literatura ainda é muito incipiente nas avaliações de mobilidade diafragmática, postura corporal, capacidade funcional e qualidade de vida nessa população.

Nesse contexto, o estudo se justifica por ser uma pesquisa relacionada com índices crescentes de lesões traumáticas de plexo braquial em Pernambuco e que estão embasadas na utilização de avaliações inovadoras e acuradas para compreender se existem e quais são às repercussões da lesão e da técnica cirúrgica empregada, bem como nortear os caminhos da atuação fisioterapêutica na reabilitação desses pacientes.

HIPÓTESE

Hipótese Geral

Homens com lesão traumática total de plexo braquial e submetido à neurotização do nervo frênico apresentam alterações no sistema respiratório, postura corporal, capacidade funcional e qualidade de vida.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar as repercussões da lesão traumática total de plexo braquial e da neurotização do nervo frênico sobre o sistema respiratório, postura corporal, capacidade funcional e qualidade de vida em homens.

Objetivos Específicos

- ✓ Estimar o nível de atividade física
- ✓ Identificar o nível de cognição
- ✓ Avaliar a distribuição da variação de volumes e capacidade pulmonares
- ✓ Aferir força e função dos músculos respiratórios
- ✓ Dimensionar mobilidade e espessura diafragmática
- ✓ Avaliar o grau, tipo e localização de dor em membro superior homolateral à lesão
- ✓ Mensurar funcionalidade de membros superiores
- ✓ Verificar postura corporal
- ✓ Avaliar capacidade funcional
- ✓ Analisar os impactos na percepção de qualidade de vida

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Desenhos dos estudos

- ✓ Dois estudos originais: um do tipo transversal (artigo A) e o outro do tipo coorte prospectivo (artigo B).

3.2 Local de realização dos estudos e período da coleta de dados

Os estudos foram desenvolvidos no Hospital da Restauração de Recife/PE, no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar (LACAP) e no Laboratório de Fisioterapia de Controle Motor (LACOM) do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). A coleta de dados foi iniciada logo após a aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco (parecer nº 1.798.996) em outubro de 2016 (ANEXO A). Banco de dados secundários foi utilizado, bem como as avaliações pré-operatórias e *follow up* de um, três e seis meses. O orçamento ficou a cargo do pesquisador principal e todos os instrumentos de coleta estavam disponíveis no LACAP.

3.3 População dos estudos

- ✓ A população do estudo foi composta por homens com diagnóstico de lesão traumática de plexo braquial total, com no máximo um ano de lesão após o acidente, confirmado pela neurografia por RM ou ENMG, e que serão submetidos à intervenção cirúrgica de neurotização do nervo frênico. Os pacientes foram triados no centro de referência do nordeste, localizado em Recife/Pernambuco, o Hospital da Restauração de Recife/PE. Foi avaliado também um grupo de indivíduos saudáveis para pareamento dos pacientes, utilizando os critérios de por sexo, idade e IMC.

3.4 Tamanho amostral

- ✓ Artigo original 1 – Dentre todas as variáveis do estudo foi selecionado o volume total pulmonar na capacidade inspiratória, por se tratar do maior número de indivíduos necessários por desfecho. Utilizando as médias e desvio padrão ($0,647 \pm 0,467$ L e $1,438 \pm 0,704$ L, lados afetados e não afetados respectivamente), um erro alfa de 0,01 e um poder estatístico de 99%, uma amostra total de 19 sujeitos com LPB traumático foi estimado.
- ✓ Artigo original 2 - O tamanho amostral foi baseado em estudo prévio (Fuzari et al., submetido) que relata a prevalência de cirurgias de plexo braquial total realizada no

Hospital da Restauração de Recife/PE de 2008 a 2016. A cada ano, aproximadamente sete (7) cirurgias de neurotização do nervo frênico são realizadas no Hospital da Restauração. Com o cálculo baseado em dois (2) anos de acompanhamento seriam necessários 14 pacientes. No entanto, nossa amostra foi composta por 23 pacientes que realizaram a cirurgia e foram acompanhados desde o pré-operatório, um, três e seis meses após a cirurgia e pareados com 20 indivíduos saudáveis.

3.5 Seleção dos voluntários

A amostra foi captada do ambulatório de nervos periféricos do Hospital da Restauração de Recife/PE e o primeiro contato foi feito, pessoalmente, no dia da consulta que os pacientes realizavam com o neurocirurgião. Os pacientes que se enquadravam nos critérios de elegibilidade foram convidados a participar da pesquisa e assinou um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE C) em duas vias, termo este que poderia ser retirado a qualquer tempo a pedido do paciente. O grupo de voluntários saudáveis foi composto por irmãos dos pacientes, ou outros parentes dos pacientes e alunos da UFPE.

3.6 Critérios de elegibilidade

3.6.1 Critérios de inclusão

- ✓ Pacientes do sexo masculino que seriam submetidos à intervenção cirúrgica de neurotização do nervo frênico (em até um ano após o trauma), faixa etária entre 20 a 50 anos, sedentários. Os pacientes incluídos foram estimulados a realizar as AVD em casa, porém, fora de qualquer programa de reabilitação e à abster-se do uso do tabaco.

3.6.2 Critérios de exclusão

- ✓ Foram excluídos aqueles pacientes com contusões pulmonares, pneumopatias graves, portadores de insuficiência cardíaca congestiva (NYHA classe III ou IV), diabetes *mellitus*, doença arterial coronariana, acidente vascular cerebral (AVC), instabilidade hemodinâmica ($PAM \leq 60$ mmHg), fraturas múltiplas no tórax, amputação de um dos membros superiores e alterações cognitivas que dificulte a realização das avaliações.

3.7 Medidas de desfechos e definições das variáveis

3.7.1 Variável independente

- ✓ Intervenção cirúrgica

3.7.2 Variáveis dependentes

3.7.2.1 Desfechos primários

- ✓ **Variação do volume de caixa torácica pulmonar (VC,ctp)** - variável quantitativa contínua representa a variação do volume do compartimento da caixa torácica pulmonar ao longo do ciclo respiratório em registro, medida em litros (L), mensurada pela pletismografia optoeletrônica (POE).
- ✓ **Variação do volume do compartimento abdominal (VC,ca)** - variável quantitativa contínua que representa a variação do volume do compartimento da caixa torácica abdominal ao longo do ciclo respiratório em registro, medida em litros (L), mensurada pela POE.
- ✓ **Variação do volume do abdomen (VC,ab)** - variável quantitativa contínua que representa a variação do volume do compartimento do abdome ao longo do ciclo respiratório em registro, medida em litros (L), mensurada pela POE.
- ✓ **Variação do volume corrente total pulmonar (VC,total)** = $VC,ctp + VC,ca + VC,ab$ - variável quantitativa contínua que representa a variação de volume em todo complexo tóraco-abdominal ao longo do ciclo respiratório em registro, medido em litros (L), mensurada pela POE.
- ✓ **Contribuição de caixa torácica pulmonar (VC,ctp %)** - variável quantitativa contínua que representa o valor percentual comparativo entre o volume mobilizado no compartimento da caixa torácica pulmonar e o volume mobilizado em todo sistema tóraco-abdominal durante um ciclo respiratório em registro. Medido em percentagem (%), mensurada pela POE.
- ✓ **Contribuição do compartimento abdominal (VC,ca %)** - variável quantitativa contínua que representa o valor percentual comparativo entre o volume mobilizado no compartimento da caixa torácica abdominal e o volume mobilizado em todo sistema tóraco-abdominal durante um ciclo respiratório em registro, medido em percentagem (%), mensurada pela POE.
- ✓ **Contribuição do compartimento do abdomen (VC,ab %)** - variável quantitativa contínua que representa o valor percentual comparativo entre o volume mobilizado no

compartimento do abdome e o volume mobilizado em todo sistema tóraco-abdominal durante um ciclo respiratório em registro, medido em percentagem (%), mensurada pela POE.

- ✓ **Pressão inspiratória máxima e pressão expiratória máxima (PI_{máx} e PE_{máx})** - variáveis quantitativas contínuas expressas em centímetros de água (cmH₂O) mensuradas pela manovacuometria.
- ✓ **Capacidade vital forçada (CVF)** - variável quantitativa contínua expressa em mililitros (ml) mensurada pela espirometria.
- ✓ **Capacidade vital (CV)** - variável quantitativa contínua expressa em mililitros (ml) mensurada pela espirometria.
- ✓ **Pico de fluxo expiratório (PFE)** - variável quantitativa contínua expressa em litros por minuto (L/min) mensurada pela espirometria.
- ✓ **Volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁)** - variável quantitativa contínua expressa em mililitros (ml) mensurada pela espirometria.
- ✓ **Relação VEF₁/CVF** - variável quantitativa contínua expressa em mililitros (ml) e em percentagem (%) mensurada pela espirometria.

3.7.2.2 Desfechos secundários

- ✓ **Espessura diafragmática:** variável quantitativa contínua analisada na capacidade residual funcional e na capacidade pulmonar total, taxa de espessamento, expressa em milímetros (mm) e mensurada pela ultrassonografia.
- ✓ **Mobilidade diafragmática:** variável quantitativa contínua analisada na capacidade pulmonar total, expressa em milímetros (mm) e mensurada pela ultrassonografia.
- ✓ **Funcionalidade dos membros superiores (MMSS):** variável ordinária expressa em *scores* e mensurada pelo questionário *Disabilities arm, shoulder and hand* (DASH).
- ✓ **Postura corporal:** variável quantitativa contínua analisada através de avaliação postural com simetrógrafo, fotografias e vídeos.
- ✓ **Algia em membro acometido:** variável ordinal analisada pelo questionário de dor de *McGill* para identificar o padrão de dor e analisada pelo *Development of a new*

neuropathic pain diagnostic questionnaire (DN4) para rastreio de dor neuropática.

- ✓ **Capacidade funcional:** variável quantitativa contínua analisada pela distância percorrida real e prevista no Teste de caminhada de seis minutos e através do *software* da *BTS GWALK*. Além da avaliação da saturação periférica de oxigênio (SpO₂) e frequência cardíaca (FC) (ambos mensurados pelo oxímetro de pulso), a frequência respiratória (Fr) e o Índice de percepção de esforço (IPE).
- ✓ **Qualidade de vida:** variável ordinária expressa em *scores* e mensurada pelo questionário *Quality of Life Instrument/spirituality, religion and personal beliefs* (*WHOQOL* abreviado).

3.7.3 Variáveis de controle

- ✓ **Idade:** variável contínua expressa em anos completos.
- ✓ **Sexo:** variável quantitativa discreta, exclusivamente masculino.
- ✓ **Altura/estatura:** variável quantitativa contínua medida em metros (m).
- ✓ **Peso/massa corporal:** variável quantitativa contínua medida em quilogramas (Kg).
- ✓ **Membro dominante:** variável quantitativa discreta (direito, esquerdo ou ambidestro).
- ✓ **Lado da lesão/dimídio:** variável quantitativa discreta (direito ou esquerdo).
- ✓ **Causa da lesão:** exclusivamente motocicleta.
- ✓ **Nível de atividade física:** variável ordinal expressa em *scores* e mensurada pelo *International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)*.
- ✓ **Tempo desde o trauma até a cirurgia:** variável quantitativa contínua expressa em meses completos.
- ✓ **Uso de medicações:** variável quantitativa discreta (para dor, depressão e/ou cansaço).

3.8 Protocolo de coleta dos dados

Os pacientes foram avaliados em quatro momentos distintos: pré-operatório, um, três e seis meses após o procedimento cirúrgico (*follow up*). Todas as avaliações foram realizadas por um único examinador devidamente treinado e experiente.

Participaram do estudo cinco pesquisadores, sendo o pesquisador 1 responsável pela cirurgia, o pesquisador 2 responsável por todas as etapas das avaliações, o pesquisador 3 responsável pela análise estatística, o pesquisador 4 responsável pela escrita do manuscrito e o

pesquisador 5 responsável pelas correções/revisões do manuscrito.

3.9 Operacionalização das variáveis

3.9.1 Avaliação clínica e medidas antropométricas

Inicialmente foi realizada uma anamnese utilizando uma ficha de avaliação detalhada elaborada pelo pesquisador principal (APÊNDICE D). Foram abordados dados pessoais (data do nascimento, endereço, telefone), dados sociodemográficos (sexo, profissão, nível de escolaridade, estado civil), história pregressa (comorbidades e cirurgias prévias, hábitos e vícios), dados da doença (causa da lesão, tempo desde a lesão, dimídio acometido e dominante, além do uso de medicações).

Para avaliação cognitiva foi utilizado o questionário mini-exame do estado mental (MEEM) (ANEXO B). O instrumento leva em consideração o grau de escolaridade do paciente (BRUCKI et al., 2003) e foram utilizados os pontos de corte 18/19 e 24/25, de acordo com a presença ou ausência de formação escolar (LOURENÇO; VERAS, 2006).

A verificação do nível de atividade física através do IPAQ (ANEXO C), que é um instrumento de avaliação validado para a língua portuguesa e que apresenta boa reprodutibilidade (BENEDETTI et al., 2007). Através dele foram avaliadas a duração e a frequência da caminhada, das atividades moderadas e das atividades vigorosas. O paciente foi classificado segundo o exercício em: sedentário, irregularmente ativo, ativo e muito ativo.

As medidas antropométricas, peso corpóreo e estatura foram obtidos através de Balança com estadiômetro de haste móvel, com precisão de 100 g (W300 A, Welmy, Belo Horizonte, Brasil).

3.9.2 Avaliação da cinemática toracoabdominal

As variáveis foram mensuradas através do Pletismógrafo Optoeletrônico (POE) (*BTS-Bioengineering*, Milão, Itália). Primeiramente, as oito câmeras (quatro anteriores e quatro posteriores ao tórax) de captação infravermelho dos marcadores e imagens dos deslocamentos foram posicionadas, elas enviam os dados para um computador com o software *OEP-capture*, com frequência de 60 Hz. Posteriormente foi realizada a calibração das mesmas uma vez que informa ao sistema sobre a posição dos eixos tridimensionais (X, Y e Z), bem como, delimitar a área a ser trabalhada. Foram acoplados 89 marcadores reflexivos em todo o tórax, através de fitas adesivas hipoalergênicas, que compreende as regiões ântero-posterior (37 e 42 marcadores, respectivamente) e lateral no tronco (10 marcadores), das clavículas às espinhas

ilíacas ântero-superiores, ao longo de linhas horizontais e verticais pré-definidas, para a formação do modelo tridimensional, que ocorre em grade (ALIVERTTI; PEDOTTI, 2003).

Os pacientes estavam sentados sem encosto, pés apoiados, joelhos e quadris em 90°, coluna ereta, braços apoiados em coxins com 45° de abdução de ombro, e em seguida foi dado o comando para realizar respiração tranquila, sem falar e sem alterar a postura durante a aquisição das imagens por três minutos para coleta dos dados basais. Em seguida, foram realizadas três manobras de inspiração profunda no mesmo posicionamento e com novas aquisições de imagens. E por último, foi realizada a gravação do registro da respiração com carga inspiratória por 3 minutos (**Figura 4**).

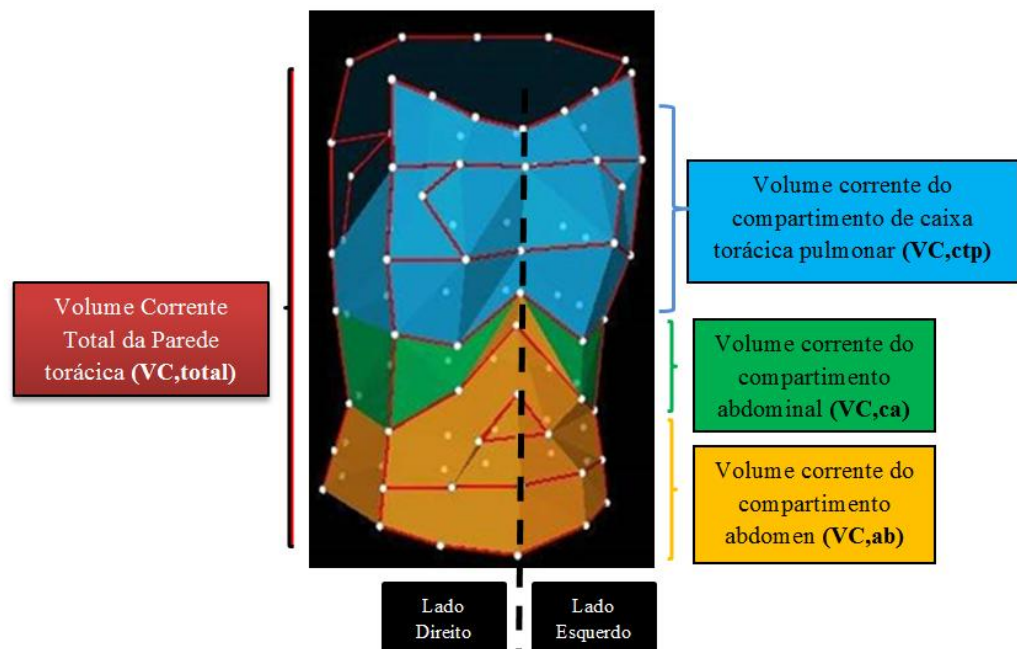
Figura 4 - Posicionamento do paciente no momento da realização da POE (vista posterior e anterior)



Fonte: Acervo do pesquisador.

O modelo geométrico tridimensional formado do volume da caixa torácica está dividido em três compartimentos: volume da caixa torácica pulmonar (VC,ctp), volume da caixa torácica abdominal (VC,ca) e volume do abdome (VC,ab), sendo a soma desses três volumes denominado volume total da parede torácica (VC,total) (PARREIRA et al., 2012).

Figura 5 - Modelo observado na pletismografia optoeletrônica



Fonte: Acervo do pesquisador

Além da manobra de respiração em repouso (RR) e manobra com incremento de carga inspiratória (ICI), foram realizadas as manobras de capacidade inspiratória (CI) e capacidade vital (CV).

As variáveis relacionadas à CI (capacidade inspiratória da caixa torácica pulmonar (CI_{ctp}), capacidade inspiratória do compartimento abdominal (CI_{ca}) e capacidade inspiratória abdominal (CI_{ab}) foram calculadas a partir da diferença entre a média de três valores de volume expiratório final de três ciclos respiratórios antes da manobra propriamente dita e o maior valor do volume inspiratório final alcançado na manobra de CI.

Os valores de CV coletados e analisados de acordo com a diferença de maior valor de volume inspiratório final atingido durante a manobra de CI e o menor valor do volume expiratório final atingido durante a manobra de CV até o volume residual. Foi tabulado, ao final das análises, o maior valor de CI e de CV.

Para análise do padrão ventilatório foram utilizadas as variáveis: tempo total do ciclo respiratório (T_{tot}), tempo inspiratório (T_{insp}), tempo expiratório (T_{exp}), a relação T_{insp}/T_{tot} , frequência respiratória (FR), volume minuto (V_{min}), fluxo inspiratório média (F_{Im}) e fluxo expiratório médio (F_{Em}). Tais dados eram calculados posteriormente através do *software*

SMART-tracker (BTS[®], Milão, Itália) e analisados no *Diamov* (BTS[®], Milão, Itália) para seis compartimentos, podendo observar o modelo não apenas nas três divisões mais em seis, permitindo a visualização do hemitórax direito e esquerdo (ALIVERTI et al., 2002).

3.9.2.1 Incremento de carga inspiratória (ICI)

Foi utilizado um teste de esforço durante a coleta na POE (*POWER-breathe[®] classic LR* verde, Inglaterra, Reino Unido) (**Figura 6**), com o ajuste possível em cmH₂O devido a existência de uma mola no interior do dispositivo. O incremento de carga foi de 30% da P_{lmáx} no dia da avaliação. Esta porcentagem de carga foi utilizada baseada em estudo prévio com doença restritiva (KAGAYA et al., 2009), uma vez que o paciente com lesão traumática do plexo braquial tende ao padrão restritivo. Tal aparelho é utilizado nas pesquisas para treinamento da musculatura inspiratória, porém o objetivo no nosso estudo foi apenas o de avaliar o efeito da imposição de carga quando comparado à condição basal do paciente.

Figura 6. *POWER-breathe[®]* utilizado para incrementar a carga inspiratória



Fonte: Acervo do pesquisador

3.9.3 Avaliação da força muscular respiratória

Foi realizada de acordo com as recomendações da *American Thoracic Society* e a *European Respiratory Society* (ATS/ERS, 2002). O paciente se manteve sentado, com os braços em posição neutra e acoplado a boca uma boquilha, cujo orifício de fuga é de 2 mm. O paciente foi orientado a realizar as manobras para detecção da pressão inspiração máxima

(PI_{máx}) e da pressão expiração máxima (PE_{máx}) por pelo menos 1,5s, no manovacuômetro digital (MV300[®], Globalmed, Porto Alegre, Brasil). A avaliação foi realizada por um operador experiente que deu comandos verbais de estímulo ao paciente para que este realizasse um esforço inspiratório máximo contra a via aérea ocluído e um esforço expiratório máximo contra a via aérea ocluído perto do volume residual (VR) e na capacidade pulmonar total (CPT), respectivamente (EVANS et al., 2009). Foi utilizado um clipe nasal para evitar o escape aéreo. Foram mensuradas no mínimo três medidas, com no mínimo um minuto de descanso entre elas, até serem obtidos três valores aceitáveis e reprodutíveis, isto é, com diferença inferior a 10% entre elas, sendo registrado o maior valor obtido (PESSOA et al., 2015).

3.9.4 Avaliação da função pulmonar

A avaliação dos valores espirométricos: capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁), pico de fluxo expiratório (PFE) e a relação VEF₁/CVF foi obtido através de espirômetro portátil (*Micro Medical Microloop MK8[®]*, Inglaterra, Reino Unido). Foram realizadas três manobras de acordo com as recomendações da *American Thoracic Society Guideline* (MILLER et al., 2005). A posição adotada foi sentada com os pés apoiados no chão, coluna ereta, usando uma boquilha descartável e com clipe nasal. No momento do teste foi solicitado uma inspiração forçada e máxima para mensuração da capacidade vital forçada. Foram realizadas três curvas aceitáveis, com diferença de 10% entre elas, sendo considerado o maior valor. Os valores obtidos foram interpretados de acordo com a porcentagem dos valores preditos normais para a população brasileira recomendada por Pereira; Sato; Rodrigues, (2007).

$\text{HOMENS: CVF} = \text{estatura (cm)} \times 0,0059 - \text{idade} \times 0,0213 - \text{peso (kg)} \times 0,016 - 3,746$
--

$\text{HOMENS: VEF}_1 = \text{estatura (cm)} \times 0,0398 - \text{idade} \times 0,0257 - \text{peso (kg)} \times 0,0077 - 1,201$

3.9.5 Avaliação da espessura diafragmática

A aceitação do uso do ultrassom para avaliação do diafragma é cada vez mais ampla, por ser uma técnica segura, não invasiva, livre de ionização e de rápida execução. O aparelho utilizado foi o *Sonoace R3, Samsung Medison*, Coréia do Sul. O paciente foi posicionado em

decúbito lateral esquerdo, onde foi acoplado perpendicularmente à caixa torácica, entre o nono e décimo espaço intercostal direito, um transdutor linear em modo B de alta resolução e baixa penetração (7.5 MHz) (ENRIGHT et al., 2004). A mensuração da espessura do diafragma foi realizada no terço médio da linha pleural até o terço médio da linha peritoneal e para cada imagem, duas medições foram realizadas com variações de espessura entre 0,5 e 2 cm em relação ao seio costofrênico, o valor médio destas duas medidas foi utilizado como medida final (DE BRUIN et al., 1997).

Foi utilizada a média de três medidas finais da espessura da zona de aposição diafragmática obtidas: durante a capacidade residual funcional (**Figura 7**), ao final da capacidade pulmonar total e durante uma manobra de pressão inspiratória máxima (**Figura 8**) a partir da capacidade residual funcional.

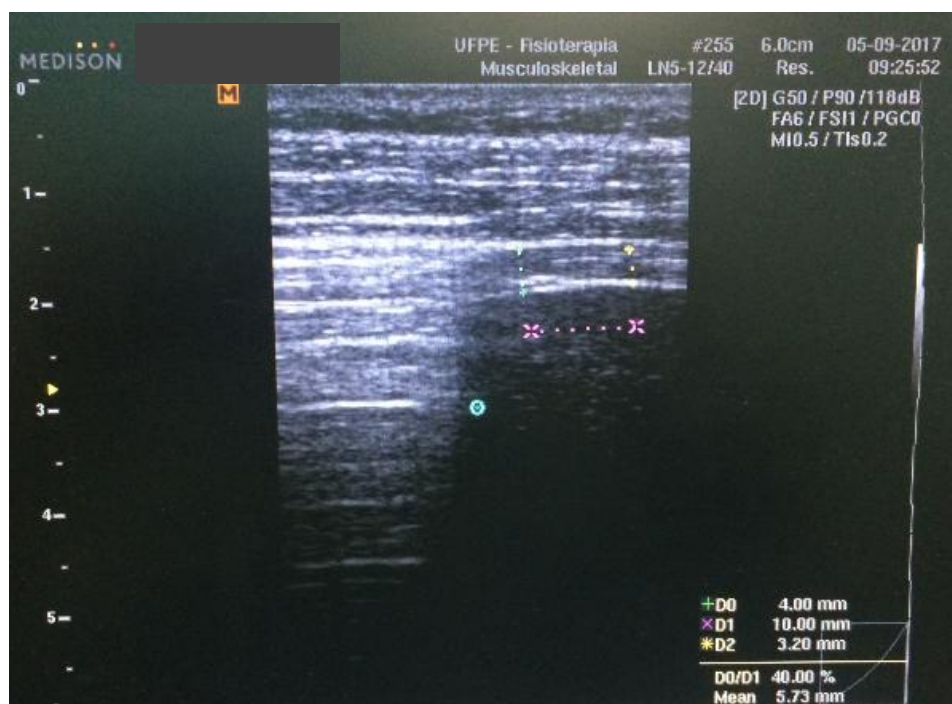
Figura 7 - Espessura diafragmática durante capacidade residual funcional



Legenda - **D0**: espessura próxima ao parênquima pulmonar/**D2**: espessura mais distal ao parênquima pulmonar/ **D1**: distância de D0 a D2, de acordo com o protocolo (20 cm) para CRF.

Fonte: Acervo do pesquisador

Figura 8: Espessura diafragmática durante capacidade pulmonar total



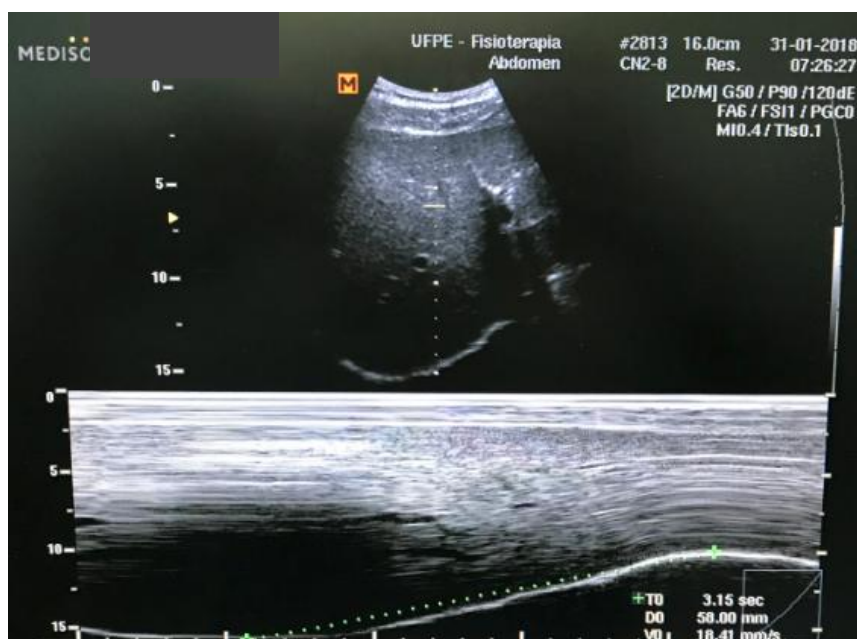
Legenda - **D0**: espessura próxima ao parênquima pulmonar/**D2**: espessura mais distal ao parênquima pulmonar/ **D1**: distância de D0 a D2, de acordo com o protocolo (10 cm) para CPT.

Fonte: Acervo do pesquisador

3.9.6 Avaliação da mobilidade diafragmática

Para avaliação da mobilidade diafragmática foi utilizado o mesmo aparelho de ultrassom utilizado para medir a espessura diafragmática, porém no modo M (*Sonoace R3, Samsung Medison, Coréia do Sul*). Na paralisia do diafragma não são observadas as excursões e o espessamento do músculo. Na paralisia unilateral, a pressão negativa gerada pela hemicúpula diafragmática contralateral durante a inspiração faz com que a porção paralisada possa se mover cranialmente (MATAMIS et al., 2013). No momento da avaliação, posicionou-se o paciente deitado com o tórax apoiado numa inclinação de 45°, com um transdutor convexo (3.5MHz) posicionado na linha axilar média direita abaixo da margem costal da caixa torácica, com a mão do examinador firme, direcionada cranialmente e em diagonal, durante a capacidade pulmonar total. As curvas sinusoidais apresentadas na imagem de mobilidade representam as excursões diafragmáticas crânio-caudal durante a respiração até CPT. Uma média de três medidas foi obtida com uma diferença menor do que 10% entre as medidas obtidas (TESTA et al., 2011) (**Figura 9**).

Figura 9 - Mobilidade diafragmática durante capacidade pulmonar total



Legenda - **TO**: intervalo de tempo desde o começo da inspiração até o final do platô inspiratório. **D0**: valor da mobilidade na capacidade pulmonar total

Fonte: Acervo do pesquisador

3.9.7 Avaliação da algia

A avaliação da algia foi realizada tanto pelo *Douleur Neuropathique 4 (DN4)* (ANEXO D) para distinguir entre a de origem neuropática (pontuação ≥ 4) e a de origem nociceptiva (pontuação < 4) (SANTANA et al., 2016), quanto pelo questionário de *MCGill* (ANEXO E) que além de mensurar sua intensidade, possibilitou a identificação de outras características da algia no membro acometido, pois, é subdividida em 20 grupos distintos (PIMENTA; TEIXEIRA, 1996).

3.9.8 Avaliação da função do membro superior homolateral à lesão

Foram avaliadas as habilidades do ombro, braço e mão através do questionário *Disabilities arm, shoulder and hand (DASH)* (ANEXO F) (GUMMESSON et al., 2003). As perguntas do questionário são direcionadas para resposta, cujas ações são realizadas com os dois membros simultaneamente. Quanto maior a pontuação final, pior a funcionalidade dos membros, ou seja, resultado $\geq 50\%$ é considerado que a função está muito prejudicada (CHEN et al., 2016).

3.9.9 Avaliação da postura corporal

Avaliação rápida e precisa das alterações posturais do corpo através do simetrógrafo onde se obtêm os parâmetros nas vistas: anterior, posterior e lateral (NETO et al., 2004; VASCONCELOS et al., 2010). O paciente se posicionou imediatamente a frente do aparelho e foram realizadas, a dois metros de distância dele, quatro fotos registrando as posturas. Foi realizada uma gravação de vídeo com o paciente executando o Teste de Adams para observar gibosidades na coluna vertebral (FERREIRA et al., 2009).

3.9.10 Avaliação da capacidade funcional submáxima

Foi mensurada através do Teste de caminhada de seis minutos (TC6min) e de acordo com as diretrizes estabelecidas pela *American Thoracic Society* (CRAPO et al., 2002). O teste foi realizado sempre no mesmo horário e pelo mesmo examinador. Antes da realização do referido teste, os pacientes são orientados a caminhar o mais rápido possível e a maior distância, contornando dois cones que estavam distanciados em um corredor aberto de 30 m de comprimento devidamente sinalizado durante o período de seis minutos. A cada minuto, frases de encorajamento padronizadas eram dadas “continue assim”, “você está indo bem”. Caso o paciente precisasse descansar, ele poderia parar e retornaria ao teste assim que possível.

Durante o TC6min, os pacientes tiveram a SPO_2 e a FC monitorizada através de um oxímetro transcutâneo de pulso (Onyx 9500, Nonim Medical Inc, Estados Unidos). Os testes seriam interrompidos se houvessem sintomas de dispneia intensa e dores musculares, presença de faces de sofrimento e queda na $SPO_2 \leq 88\%$.

Ao final do teste foram registrados a distância percorrida (m), a pressão arterial (PA) (mmHg), a FC (bpm), a Fr (irp) e o índice de percepção de esforço (IPE) avaliada através da escala de percepção de esforço de Borg (BORG, 1982) (ANEXO G). A escala de Borg é utilizada para apreensão de esforços considerados desde “muito, muito leve” a “muito, muito difícil”, sendo atribuídos escores de 6 a 20, em que os maiores valores corresponderam a maior percepção do esforço. O valor previsto da distância percorrida foi calculado para os homens de acordo com a equação de Enright e Sherrill (ENRIGHT; SHERRILL, 1998).

$$\text{HOMENS} = (7,57 \times \text{altura}_{\text{cm}}) - (5,02 \times \text{idade}) - (1,76 \times \text{peso}_{\text{kg}}) - 309$$

3.9.11 Avaliação da qualidade de vida

Foi avaliada através do questionário *Quality of life instrument/spirituality, religion and personal beliefs (WHOQOL-brief)* (ANEXO H), que é traduzido e validado para população brasileira (PANZINI et al., 2011). Está dividido em cinco grandes questões: 1) qualidade de vida propriamente dita; 2) sentido das coisas na vida; 3) sentido da vida e a capacidade para realizar algo; 4) grau de satisfação ao realizar as atividades diárias; 5) frequência dos sentimentos. O *WHOQOL* abreviado foi aplicado em forma de entrevista pelo avaliador, em local reservado.

3.10 Critérios para descontinuar o estudo

O paciente poderia ser desligado do estudo se houvesse qualquer intercorrência, como desconforto respiratório, durante o desenvolvimento da pesquisa, se não cumprisse com as orientações mínimas necessárias dadas pelos pesquisadores ou senão comparecessem as avaliações nas datas marcadas.

3.11 Análise dos dados

Todos os dados coletados foram inseridos na ficha de avaliação e, posteriormente, reunidos em um banco de dados do *software Microsoft excel®2010*. Foram dois digitadores e bancos diferentes para que houvesse uma fidedignidade dos bancos ao final das coletas. Os dados que necessitassem de gravação foram armazenados em HD externo e todos os documentos ficaram sob a responsabilidade do pesquisador principal por até cinco anos após a finalização da pesquisa.

Foi construída a análise descritiva dos dados para obtenção da distribuição de frequência para as variáveis categóricas e calculadas as medidas de tendência central e de dispersão para as variáveis numéricas. Para avaliar a normalidade das variáveis foram realizados o teste de Kolmogorov-Smirnov (amostra ≥ 30 pacientes) ou o teste de Shapiro Wilk (amostra ≤ 30 pacientes).

Para comparação entre os grupos de variáveis com distribuição normal foi realizado o teste de comparação de médias Test t ou ANOVA ONE ou TWO WAY, com aplicação do teste *post hoc* de Bonferroni, caso houvesse diferença significativa entre as médias. Nas amostras dependentes foi utilizado o Test t pareado. As variáveis com distribuição não normal foram

analisadas pelo teste de Friedman e pelo teste de *Kruskal-Wallis*, com posterior aplicação do teste *post hoc* de *Mann-Whitney*, caso existisse diferença significativa entre as médias.

O teste de Qui-quadrado de Independência de Pearson ou Exato de Fisher foi utilizado para observar associação entre duas variáveis de classificação. O *software* utilizado para a análise estatística foi o *SPSS Statistics®* (versão 22.0). Para todos os testes foi consagrado um nível de confiança de 95% e o valor de $p < 0,05$.

3.12 Aspectos éticos

O estudo foi desenvolvido conforme a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os dados da coleta foram armazenados no computador institucional. No endereço: Av. Jornalista Aníbal Fernandes, 173, Cidade Universitária CEP: 50740-560 - Recife – PE, pelo período de seis anos. A coleta de dados só foi iniciada após a aprovação do projeto de pesquisa pelo CEP e o cronograma foi devidamente cumprido.

Os pacientes que preenchessem todos os critérios de inclusão foram informados sobre os objetivos do estudo e a não obrigatoriedade de participar do mesmo (participação anônima e voluntária). Na aceitação em participar, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (APÊNDICE C), termo este que segue os princípios da beneficência, autonomia e justiça, respeitando a vontade do indivíduo, segundo Relatório de Helsinque, bem como contêm todos os dados relevantes da pesquisa, além dos riscos mínimos e benefícios.

3.13 Riscos e benefícios

Durante a pesquisa o paciente poderá sofrer riscos mínimos como, por exemplo, cansaço, porém os mesmos estavam sob monitorização específica de equipamentos e profissionais capacitados para o socorro de prontidão.

Os benefícios desse estudo puderam contribuir para aprimorar o conhecimento sobre as repercussões da lesão traumática total de plexo braquial e da neurotização do nervo frênico, podendo ser um importante instrumento para reduzir consequências pós-cirúrgicas indesejáveis e nortear a intervenção fisioterapêutica nesta população. Após finalizada a pesquisa e comprovada as repercussões pesquisadas, bem como a necessidade de reabilitação fisioterapêutica, os pacientes receberam o encaminhamento para iniciarem o tratamento em locais mais próximos de suas residências.

4 RESULTADOS

A tese desenvolvida resultou diretamente em dois artigos científicos relevantes, todos registrados nos órgãos competentes, sendo um transversal com coleta direta de paciente e uma coorte prospectiva. Os artigos publicados e submetidos foram construídos de acordo com as normas de submissão de cada periódico escolhido, cujo *Qualis* mínimo é B1 para medicina II, de acordo com as regras da POSNEURO e encontram-se disponíveis nos APÊNDICES “A” e “B”, respectivamente.

- ✓ **ARTIGO ORIGINAL A** - *Distribution of pulmonary volumes and capacities and diaphragmatic mobility in men with total traumatic brachial plexus injury.*

Artigo submetido para publicação no *Annals of the American Thoracic Society* com fator de impacto de 4.0, aguardando parecer.

- ✓ **ARTIGO ORIGINAL B** - **Repercussões da neurotização com o nervo frênico sobre o sistema respiratório, postura corporal, capacidade funcional e qualidade de homens com lesão total de plexo braquial traumático: um estudo de coorte.**

Artigo a ser submetido após as correções da banca e posterior tradução na revista *Thorax*, com fator de impacto 9.0

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como perspectivas futuras e sabendo do impacto que a lesão tem sobre o sistema respiratório na distribuição de volumes pulmonares, mobilidade diafragmática, força e função muscular respiratória, capacidade funcional, dor no membro acometido do lado da lesão e na postura corporal, é possível gerar conhecimento para tratar adequadamente os pacientes com lesão de plexo braquial traumático, causando menores repercussões da doença em outros sistemas, melhorando sua qualidade de vida e diminuindo comorbidades. Além disso, esses pacientes quando submetidos à neurotização com o nervo frênico, como foi estudado ao longo dessa tese, necessitará da intervenção desde o pré-operatório da fisioterapia, tanto respiratória quanto motora, na expectativa de otimizar os ganhos e proporcionar menor tempo de internação e menos gastos públicos.

Nossos achados dão início ao preenchimento da lacuna do conhecimento sobre as repercussões da lesão de plexo braquial traumática propriamente dita e da neurotização com o frênico sobre o sistema respiratório dessa população e poderá servir de base para ensaios clínicos randomizados futuros e pioneiros utilizando, por exemplo, o treinamento muscular inspiratório (TMI) associado à facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) na reabilitação desde o pré-operatório.

REFERÊNCIAS

ALIVERTI, A.; CALA, S. J.; DURANTI, R.; FERRIGNO, G.; KENYON, C. M.; PEDOTTI, A.; SCANO, G.; SLIWINSKI, P.; MACKLEM, P.T.; YAN, S.; Human respiratory muscle actions and control during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 83, p. 1256–1269, 1997.

ALIVERTI, A.; DELLACA, R.; PELOSI, P., et al. Compartmental analysis of Breathing in the supine and prone positions by optoelectronic plethysmography. **Annals of Biomedicine Engineering**, v. 29, p. 60-70, 2001.

ALIVERTI, A. et al. Respiratory muscle dynamics and control during exercise with externally imposed expiratory flow limitation. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, p. 1953-1963, 2002.

ALIVERTTI, A.; PEDOTTI, A. Optoelectronic plethysmography. **Monaldi archives for chest disease**, v. 59, n.1, p. 12-6, 2003.

ALMEIDA, I. C. L. et al. Effects of hemiplegy on pulmonary function and diaphragmatic dome displacement. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 178, p. 196-201, 2011.

AMERICAN THORACIC SOCIETY, ATS statement: guidelines for six minute walk test. **American Journal of Respiratory Critical Care Medicine**, v. 166, p. 111–117, 2002.

AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 166, n. 4, p. 518–624, 2002.

ATTAL, N.; CRUCCU, G.; HAANPÄÄ, M.; HANSSON, P.; JENSEN, T. S.; NURMIKKO, T.; SAMPAIO, C.; SINDRUP, S.; WIFFEN, P.; EFNS guidelines on pharmacological treatment of neuropathic pain, **European Journal of Neurology**, n. 13, p. 1153–1169, 2006.

BELLINGER, S. A.; COUGHENOUR, E.; MACKAY-LYONS, M. J.; IVEY, F. M. Reduced cardiorespiratory fitness after stroke: biological consequence and exercise-induced adaptations. **Stroke Research and Treatment**, 2012.

BENDITT, J.O. The neuromuscular respiratory system: physiology, athophysiology, and a respiratory care approach to patients. **Respiratory Care**, v. 51. n. 8, p. 829-837, 2006.

BENEDETTI, T. R. B. et al. Reprodutibilidade e validade do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) em homens idosos. **Revista Brasileira de Medicina e Esporte**, v.13, n. 1, p. 11-15, 2007.

BERMAN, J.; BIRCH, R.; ANAND, P. Pain following human brachial plexus injury with spinal cord root avulsion and the effect of surgery, **Pain** n. 75, p. 199–207, 1998.

BERTELLI, J. A.; GHIZONI, M. F. Use of clinical signs and computed tomography myelography findings in detecting and excluding nerve root avulsion in complete brachial plexus palsy. **Journal of Neurosurgery**, v. 105, p. 835–842, 2006.

BERTELLI, J. A.; GHIZONI, M. F. Pain after avulsion injuries and complete Palsy of the

brachial plexus: the possible role of non-avulsed roots in pain generation, **Neurosurgery**, v. 62, n. 5, p. 1104-1114, 2008.

BERTELLI, J. A.; GHIZONI, M. F. The possible role of regenerating axons in pain persistence after brachial plexus grafting, **Microsurgery**, n. 30, p. 532–536, 2010.

BHANDARI, P. S.; MAURYA, S. Recent advances in the management of brachial plexus injuries. **Indian journal of plastic surgery: official publication of the Association of Plastic Surgeons of India**, v. 47, n. 2, p. 191-198, 2014.

BLACK, L. F.; HYATT, R. E. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. **American Review Respiratory Disease**, v. 99, n. 5, p. 696-702, 1969.

BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion, **Medicine and Science in Sport and Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377-381, 1982.

BOUSSUGES, A.; GOLE, Y.; BLANC, P. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. **Chest**, v. 135, n. 2, p. 391-400, 2009.

BRAIN, AIDS. To the Examination of the Peripheral Nervous System, 4th edition. Philadelphia, W. B. **Saunders Company**, p. 1-59, 2000.

BRUCKI, S. M. D.; NITRINI, R.; CARAMELLI, P.; BERTOLUCCI, P. H. F.; OKAMOTO, I. H. Suggestions for utilization of the mini-mental state examination in Brazil. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 61, n. 3B, p. 777–81, 2003.

BRUXELLE, J.; TRAVERS, V.; THIEBAUT, J. B. Occurrence and treatment of pain after brachial plexus injury, **Clinical Orthopedics and Related Research**, n. 237, p. 87–95, 1988.

BTS GWALK MANUAL. English version 6.1.0. Document Number: ERGSN-01134-12 Published: September 2015 Copyright © 2015 BTS SpA.

CALA, S. J.; KENYON, C. M.; FERRIGNO, G.; et al. Chest wall and lung volume stimulation by optical reflectance motion analysis. **Journal of Applied Physiology**, v. 81, p. 2680-89, 1996.

CALDANA, W. C. I. Valor da ultrassonografia na avaliação anatômica do plexo braquial através da correlação com estudo por ressonância magnética, SP, 2013.

CALVERLEY, P. M. A.; KOULOURIS, N. G. Flow limitation and dynamic hyperinflation: key concepts in modern respiratory physiology. **European Respiratory Journal**, v. 25, p. 186-99, 2005.

CAMPBELL, S. A comparison of the maximum voluntary ventilation with the forced expiratory volume in one second: an assessment of subject cooperation. **Journal of Occupational Medicine**, v. 24, p. 531–533, 1982.

CARDOSO, S.; PEREIRA, J. Análise da função respiratória na doença de Parkinson. **Arquivos de Neuropsiquiatria**, v. 60, n. 1, p. 91-95, 2002.

CARDOSO, M. M.; GEPP, R.; CORREA, F. G. Outcome following phrenic nerve transfer to musculocutaneous nerve in patients with traumatic brachial palsy: a qualitative systematic review. **Acta Neurocirurgica**, v. 158, n. 9, p. 1793-1800, 2016.

CARUSO, P.; ALBUQUERQUE, A. L. P.; SANTANA, P. V.; CARDENAS, L. Z.; FERREIRA, J. G.; PRINA, E.; TREVIZAN, P. F.; PEREIRA, M. C.; IAMONTI, V.; MACCHIONE, M. C.; CARVALHO, C. R. R. Diagnostic methods to assess inspiratory and expiratory muscle strength. **Journal Brazilian of Pneumology**, v. 41, n. 2, p.110-123, 2015.

CARVALHO, C. H. R. **Estatística IPEA – Mortes por Acidentes com Transporte no Brasil: análise dos sistemas de informação do Ministério da Saúde**. Rio de Janeiro, julho 2016.

CASANOVA, C.; COTE, C.; DE TORRES, J. P.; AGUIRRE-JAIME, A.; MARIN, J. M.; PINTO-PLATA, V. et al. Inspiratory-to-total lung capacity ratio predicts mortality in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**. v. 171. n. 6, p. 591-597, 2005.

CHALIDAPONG, P.; SANANPANICH, K.; KRAISARIN, J.; BUMROONGKIT, C. Pulmonary and biceps function after intercostal and phrenic nerve transfer for brachial plexus injuries. **Journal of Hand Surgery**, v. 29B, n.1, p. 8–11, 2004.

CHEN, W. A.; SCHIPPERT, D. W.; DAWS, S. B.; ANDREW KOMAN, L.; LI, Z. Surgical Algorithm and Results of Isolated Traumatic Axillary Nerve Injuries. **Journal of Reconstructive Microsurgery**, v. 32, n. 3, 2016.

CHETTA, A.; ZANINI, A.; PISI, G.; AIELLO, M.; TZANI, P.; NERI, M.; et al. Reference values for the 6-min walk test in healthy subjects 20±50 years old. **Respiratory Medicine**. v. 100, n. 9, p. 1573-1578, 2006.

CHIAPPA, G. R.; ROSEGUINI, B.T.; VIEIRA, P. J.; ALVES, C.; DE ANDRADE, A.D.; SILVA, T.N.; VASCONCELOS, H.; MARCELINO, M.; RODRIGUES-MACHADO, M.G.; FILHO, V.C.; MORAES, N.H.; MARINHO, P.E.; AMORIM, C.F. Inspiratory muscular activation during threshold® therapy in elderly healthy and patients with COPD. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 15, p. 631–639, 2015.

CHUANG, M. L.; CHUANG, D. C. C.; LIN, I. F.; VINTCH, J. R. E.; KER, J. J. W.,; TSAO, T. C. Y. Ventilation and Exercise Performance After Phrenic Nerve and Multiple Intercostal Nerve Transfers for Avulsed Brachial Plexus Injury. **Chest**, v. 128, n. 5, p. 3434-3439, 2005.

CIARAMITARO, P.; MONDELLI, M.; LOGULLO, F.; GRIMALDI, S.; BATTISTON, B.; SARD, A.; SCARINZI, C.; MIGLIARETTI, G.; FACCANI, G.; COCITO, D. Traumatic peripheral nerve injuries: Epidemiological findings, neuropathic pain and quality of life in 158 patients, **Journal of the Peripheral Nerves System**, n. 15, p. 120–127, 2010.

COELHO, B. R.; FABBRIS, A. G.; PEREIRA, A. P. C.; PEIXOTO, R.S.; RIBEIRO, C. D. Lesões do Plexo Braquial. A utilização da fisioterapia no tratamento. **Ensaio e ciência: ciências biológica, agrárias e da saúde**, v. 16, n. 6, p. 185-197, 2012.

CRAPO, R.O. et al. ATS Statement: Guidelines for the six-minute walk test. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v.166, n.1, p. 11-117, 2002.

DA CONCEIÇÃO, D. B.; HELAYEL, P. E.; CARVALHO, F. A. E.; WOLLMEISTER, J.;

OLIVEIRA FILHO, G. R. Ultrasound images of the brachial plexus in the axillary region. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, ARTIGO DIVERSO; v. 57: n. 6, p. 684-689, 2007.

DE BRUIN, P. F.; UEKI, J.; BUSH, A.; KHAN, Y.; WATSON, A.; PRIDE, N. B. Diaphragm thickness and inspiratory strength in patients with Duchenne muscular dystrophy. **Thorax**, v. 52, n. 5, p. 472-475, 1997.

DE TROYER, A.; BORIEK, A. M. Mechanics of the respiratory muscles **Comprehensive Physiology**, n. 1, p. 1273-1300, 2011.

DOI, K.; OTSUKA, Y.; OKAMOTO, Y.; FUJII, H.; HATTORI Y.; BALIARSING, A. S. Cervical nerve root avulsion in brachial plexus injuries: magnetic resonance imaging classification and comparison with myelography and computerized tomography myelography. **Journal of Neurosurgery**, v. 96, p. 277-284, 2002.

DOURADO, V. Z. Reference equations for the 6-minute walk test in healthy individuals. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**. v. 96, n. 6, p. 128-138, 2010.

DREXLER, H.; RIEDE, U.; MUNZEL, T.; KONIG, H.; FUNKE, E.; JUSTET, H.; Alterations of skeletal muscle in chronic heart failure. **Circulation**, v. 85, p. 1751–1759, 1992.

DU, R.; AUGUSTE, K. I.; CHIN, C. T.; ENGSTROM, J. W.; WEINSTEIN, P. R. Magnetic resonance neurography for the evaluation of peripheral nerve, brachial plexus, and nerve root disorders Clinical article. **Journal of Neurosurgery**, v. 112, p. 362–371, 2010.

DUNN, A.; MARSDEN, D. L.; NUGENT, E.; VAN VLIET, P.; SPRATT, N. J.; ATTIA, J.; CALLISTER, R. Protocol variations and six-minute walk test performance in stroke survivors: a systematic review with meta-analysis. **Stroke Research and Treatment**, 484813, 2015.

ENRIGHT, P. L.; SHERRILL, D. L. Reference equation for the six-minute walk in healthy adults. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**. v. 158, n. 5, p. 1384-1387, 1998.

ENRIGHT, P. L.; MCBURNIE, M. A.; BITTNER, V.; TRACY, R. P.; MCNAMARA, R.; ARNOLD, A. et al. The 6-min walk test: a quick measure of functional status in elderly adults. **Chest**. v. 123, n. 2, p. 387-398, 2003.

ENRIGHT, S.; CHATHAM, K.; IONESCU, A. A.; UNNITHAN, V. B.; SHALE, D. J. Inspiratory muscle training improves lung function and exercise capacity in adults with cystic fibrosis. **Chest**, v. 126, p. 405-411, 2004.

EVANS, J.A.; WHITELAW, W. A. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. **Respiratory Care**, v. 54, n. 10, p. 1348–59, 2009.

FAGLIONI, W.; SIQUEIRA, M. G.; MARTINS, R. S.; HEISE, C.O.; FORONI, L. The epidemiology of adult traumatic brachial plexus lesions in a large metropolis. **Acta Neurochirurgica**, 2013.

FERNANDES, F. E.; MARTINS, S. R. G.; BONVENT, J. J. Efeito do treinamento muscular respiratório por meio do manovacuômetro e do *threshold pep* em pacientes hemiparéticos hospitalizados. **IFMBE Proceedings**, v. 18, p. 1199-202, 2007.

FERRANTI, M.A. Brachial plexopathies: classification, causes, and consequences. **Muscle & Nerve**, v. 30, p. 547–568, 2004.

FERREIRA, D. M. A.; SUGUIKAWA, T. R.; PACHIONI, C. A, S.; FREGONESI C. E. P. T.; CAMARGO, T. R. School screening for scoliosis: action for early diagnosis. **Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano**. v. 19, n. 3, p. 357-368, 2009.

FERRIGNO, G. et al. Three-dimensional optical analysis of chest wall motion. **Journal of Applied Physiology**, v. 77, p. 1224-1231, 1994.

FERRIGNO, G.; CARNEVALI, P. Principal component analysis of chest wall movement in selected pathologies. **Medicine & Biology Engineering & Computing**, v. 36, p. 445-551, 1998.

FILLER, A. G.; KLIOT, M.; HOWE, F. A.; PHIL. D.; HAYES, C. E.; SAUNDERS, D. E.; GOODKIN, R.; BELL, B. A.; WINN, H.; GRIFFITHS, J. R.; PHIL, D.; TSURUDA, J. S. Application of magnetic resonance neurography in the evaluation of patients with peripheral nerve pathology. **Journal of Neurosurgery**, v. 85, p. 299–309, 1996.

FLORES, L. P. Estudo epidemiológico das lesões traumáticas de plexo braquial em adultos. **Arquivos de Neuropsiquiatria**, v. 64, n. 1, p. 88-94, 2006.

FOERSTER, O. Die Therapie der Schussverletzungen der periphere Nerven, Resultate der Plexusoperation. In: Foerste O (ed.): Handbuch der Neurologie won Levandowski, **Julius Springer**, v.2, p. 1676-1691, 1929.

GASPAROTTI, R.; GAROZZO, D.; FERRARESI, S. Chapter 18 – Radiographic assessment of adult brachial plexus injuries. In: Chung KC, Yang LJS, McGillicuddy JE, editors. Practical management of pediatric and adult brachial plexus palsies. Philadelphia: W.B. **Saunders**, v. 25, p. 234–248, 2012.

GERSCOVICH, E.O.; CRONAN, M.; MCGAHAN, JP.; JAIN, K.; JONES, C.D.; MCDONALD, C. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. **J Ultrasound Med**, v. 20, 597–604, 2001.

GIBSON, G.J. et al. American Thoracic Society/European Respiratory Society ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 166, p. 518-624, 2002.

GIUFFRE, J. L.; KAKAR, S.; BISHOP, A. T.; SPINNER, R. J.; SHIN, A. Y. Current Concepts of the Treatment of Adult Brachial Plexus Injuries. **Journal of Hand Surgery**, v. 35, p. 678–68, 2010.

GOTTESMAN, E.; MCCOOL, F. D. Ultrasound evaluation of the paralyzed diaphragm. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 155, n. 5, p. 1570-1574, 1997.

GREGORY, J. et al. The anatomy, investigations and management of adult brachial plexus

injuries. **Orthopaedics and Trauma**, v. 23, n. 6, p. 420-432, 2009.

GRUPO WHOQOL. Versão em português dos instrumentos de avaliação da qualidade de vida (WHOQOL). **Faculdade de Medicina da UFRGS**, 1998. Departamento de Psiquiatria.

GU, Y. D.; ZHANG, G.M.; CHEN, D. S.; YAN, J. G.; CHENG, X. M.; CHEN, L. Seventh cervical nerve root transfer from the contralateral healthy side for treatment of brachial plexus root avulsion. **Journal of Hand Surgery**, v. 17, p. 518–521, 1992.

GU, Y.D.; CHENG, D.S.; ZHANG G. M.; et al. Long-term functional results of contralateral C7 transfer. **Journal of Reconstruct Microsurgery**, v. 14, n. 1, p. 57–59, 1998.

GUMMESSON, C.; ATROSHI, I.; EKDAHL, C. The disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) outcome questionnaire: longitudinal construct validity and measuring self-rated health change after surgery. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 4, 2003.

GUYATT, G. H.; FEENY, D. H.; PATRICK, D. L. Measuring health-related quality of life. **Annals of Internal Medicine**, v. 118, n. 8, p. 622-629, 1993.

HABER, H. P.; SINIS, N.; HAERLE, M.; SCHALLER, H.E. Sonography of brachial plexus traction injuries. **American Journal of Roentgenology**, n.186, p. 1787-1791, 2006.

HALL, C. M.; BRODY, L. T. **Exercício Terapêutico: Em busca da função**. Rio de Janeiro: Manole; 2007.

HARRYIS, W.; LOW, V. W. On the importance of accurate muscular analysis in lesion of the Brachial plexus and the treatment of Erb's palsy and infantile paralysis of the upper extremity by cross-union of nerve roots. **Br. M.J.** v. 2, p. 1035-1038, 1903.

HEIKKINEN, R. L. The role of physical activity in healthy. **World Health Organization**, Geneva, 2003.

HERSHENSON, M.B.; KIKUCHI, Y.; TZELEPIS, G.E.; MCCOOL, F.D. Preferential fatigue of the rib cage muscles during inspiratory resistive loaded ventilation. **Journal of Applied Physiology**, v. 66, p.750–754, 1989.

HODES, R.R.; LARRABER, M. C.; GERMAN, W. The human electromyogram in response to nerve stimulation and the conduction velocity of motor axons. **Archives Neurology Psychiatry**, v. 60, p. 340-365, 1948.

HOSTETTLER, S.; ILLI, S.K.; MOHLER, E.; ALIVERTI, A.; SPENGLER, C.M.; Chest wall volume changes during inspiratory loaded breathing. **Respirology Physiology & Neurobiology**, v. 175, p. 130–139, 2011.

HTUT, M.; MISRA, P.; ANAND, P.; BIRCH, R.; CARLSTEDT, T. Pain phenomena and sensory recovery following brachial plexus avulsion injury and surgical repairs, **Journal of Hand Surgery**, Br v. 31, n. 6, p. 596–605, 2006.

HUIJING, P. A. Muscle, the motor of movement: Properties in function, experiment and modelling. **Journal of Electromyography Kinesiology**, v. 8, p.61-77, 1998.

YAVARI, M.; HASSANPOUR, SE.; KHODAYARI, M. The Mid-Term Changes of Pulmonary Function Tests After Phrenic Nerve Transfer. **Arch Trauma Res.** v. 5, n.1, p. 1-6, 2016.

IWAMA, A. M.; ANDRADE, G. N.; SHIMA, P.; TANNI, S. E.; GODOY, I.; DOURADO, V. Z. The six-minute walk test and body weight-walk distance product in healthy Brazilian subjects. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 42, n. 11, p. 1080-108, 2009.

KAGAYA, H.; TAKAHASHI, H.; SUGAWARA, K.; KASAI, C.; KYOIKAWA, N.; SIYOYA, T. Effective home-based pulmonary rehabilitation in Patients with restrictive lung disease. **Tohoku Journal of Experimental Medicine**, v. 218, p. 215-219, 2009.

KANTAREI, F. et al. Normal diaphragmatic motion and the effects of body composition: determination with M-mode sonography. **Journal of Ultrasound Medicine**, n. 23, p. 255-260, 2004.

KAWAY, H. Anatomy of the brachial plexus. In: Kawai H, Kawabata H (eds.): Brachial plexus Palsy. **Singapore: world Scientific Publishing Co.** v. 8, p. 1-24, 2000.

KENDALL, F. P.; MCCREARY, E. K.; PROVANCE, P. G. Muscles: Testing and Function. Baltimore: Williams & Wilkins; 1993.

KLINE, D. G. Timing for brachial plexus injury: a personal experience. **Neurosurgery Clinics of North American**, v. 20, p. 24-26, 2009.

KONNO, K.; MEAD, J. Measurement of the separate volume changes of rib cage and abdomen during breathing. **Journal of Applied Physiology**, v. 22, p. 407-22, 1976.

LANINI, B.; BIANCHI, R. ROMAGNOLI, I.; COLI, C.; BINAZZI, B.; GIGLIOTI, F. et al. Chest wall kinematics in patients with hemiplegia. **American Journal of Respiratory Critical Care Medicine**, v. 168, n. 1, p. 109-113, 2003.

LAWRENCE, R. How electrodiagnosis predicts clinical outcome of focal peripheral nerve lesions. **Muscle & Nerve**, p. 321-333, 2015.

LEUNG, S et al. Surgical anatomy of the supraclavicular brachial plexus. **Journal of Bone Joint Surgery American**, v. 97, n. 13, p. 1067-1073, 2015.

LIMEIRA, A.C.B.; MINGUTTI, G.; SEIXAS, G. Ressonância magnética na avaliação da plexopatia braquial pós-traumática. **Revista Brasileira de Ortopedia**, n. 36, v. 3, p. 32-43, 2001.

LIMTHONGTHANG, R.; BACHOURA, A.; SONGCHAROEN, P.; OSTERMAN, A. E. Adult brachial plexus injury evaluation and management. **Orthopedic Clinic of North American**, v. 44, p. 591-603, 2013.

LIU, Y.; LAO, J.; GAO, K.; GU, Y.; XIN, Z. Outcome of nerve transfers for traumatic complete brachial plexus avulsion: results of 28 patients by DASH and NRS questionnaires. **J Hand Surg Eur**, v. 37, n. 5, p. 413-421, 2012.

LIU, Y.; LAO, J.; GAO, K.; GU, Y.; & ZHAO, X. 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, 2014.

LOPES, E. I.; CHACKKOUR, I.; GOMES, M. D.; CAUCHIOLLI, C. A.; RAMIREZ, J. F. G.; FILHO, J. D. L. Osteotomia de rotação externa do úmero no tratamento das deformidades em rotação interna do ombro nas sequelas de paralisia obstétricas. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 31, n. 4, p. 322-326, 1996.

LORENZ, T.; CAMPELLO, M.; PITMAN, M. I.; PETERSON, L. Biomecânica de Músculos Esqueléticos. In: NORDIN, M., FRANKEL, V. H. **Biomecânica Básica do Sistema Musculoesquelético**. 3ª ed, Guanabara Koogan, 2003.

LOURENÇO, R. A.; VERAS, R. P. Mini-Mental State Examination: psychometric characteristics in elderly outpatients. **Revista de Saúde Pública**, v. 40, n. 4, p. 712-719, 2006.

LUEDEMANN, W.; HAMM, M.; BLÖMER, U.; SAMII, M.; TATAGIBA, M. Brachial plexus neurotization with donor phrenic nerves and its effect on pulmonary function. **Journal of Neurosurgery**, v. 96, p. 523-526, 2002.

LUIS, A. L. E. J. Reparação de lesões do nervo periférico num modelo animal. Dissertação de doutoramento em Ciências Veterinárias, **Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar da Universidade do Porto**. 2008.

MACKINNON, S. E. Double and multiple "crush" syndromes. Double and multiple entrapment neuropathies. **Hand Clinics**, v. 8, n. 2, p. 369-90, 1992.

MACKINNON, S. E.; NOVAK, C. B.; MYCKATYN, T. M.; TUNG, T. H. Results of reinnervation of the biceps and brachialis muscles with a double fascicular transfer for elbow flexion. **Journal of Hand Surgery**, n. 30A, p. 978-985, 2005.

MALESSY, M. J.; THOMEER, R. T. Evaluation of intercostal to musculocutaneous nerve transfer in reconstructive brachial plexus surgery. **Journal of Neurosurgery**, v. 88, p. 266-271, 1998.

MATAMIS, D.; SOILEMEZI, E.; TSAGOURIAS, M.; AKOUMIANAKI, E.; DIMASSI, S.; BOROLI, F.; RICHARD, J. M.; BROCHARD, L. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications, **Intensive Care Medicine**, v. 39, p. 801-810, 2013.

MCCOOL, F.D.; HERSHENSON, M.B.; TZELEPIS, G.E.; KIKUCHI, Y.; LEITH, D.E. Effect of fatigue on maximal inspiratory pressure-flow capacity. **Journal of Applied Physiology**, v. 73, p.36-43, 1992.

MEAD, J.; LORING, S. H. Analysis of volume displacement and length changes of the diaphragm during breathing. **Journal of Applied Physiology**, v. 53, p. 750-755, 1982.

MEYER, F.J.; BORST, M.M.; ZUGCK, C.; KIRSCHKE, D.; KUBLER, W.; HAASS, M. Respiratory muscle dysfunction in congestive heart failure: clinical correlation and prognostic significance. **Circulation**, v. 103, p. 2153-2158, 2001.

MORAN, S.L.; STEINMANN, S. P.; SHIN, A. Y. Adult brachial plexus injuries: mechanism,

patterns of injury, and physical diagnosis. **Hand Clinics**, v. 21, p. 13–24, 2005.

MILLER, M.R. et al. Standardisation of spirometry. **European Respiratory Journal**, v. 26, n.2, p. 319-338, 2005.

MILLER, M. R. How to interpret spirometry. **Breathe**, v.4, n. 3, p. 259-261, 2008.

MURPHEY, F.; HARTUNG, W.; KIRKLIN, J.W. Mielographic demonstration of avulsion injury of the Brachial plexus. **American Journal of Roentgenology**, v. 58, p. 102-105, 1947.

NAGANO, A. Intercostal nerve transfer for elbow flexion. **Techniques in Hand & Upper Extremity Surgery**, v. 5, p. 136–140, 2001.

NEDER, J. A.; ANDREONI, S.; LERARIO, M. C.; NERY, L. E. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. **Brazilian Journal Medical of Biological Research**, v. 32, n. 6, p. 719-27, 1999.

NEINDRE, A. L.; MONGODI, S.; PHILIPPART, F.; BOUHEMAD, B. Thoracic ultrasound: Potential new tool for physiotherapists in respiratory management. A narrative review. **Journal of Critical Care**, v. 31, p. 101–109, 2016.

NETO JÚNIOR, J.; PASTRE, C. M.; MONTEIRO, H. L. Alterações posturais em atletas brasileiros do sexo masculino que participaram de provas de potência muscular em competições internacionais. **Revista Brasileira de Medicina e Esporte**, v. 10, n 3, 2004.

NOVAC, C. B.; MACKINNON, S. E. Evaluation of the nerve injured patient. **Clinics in Plastic Surgery**, v. 30, p.127–38, 2003.

OLSON, T.P.; BECK, K.C.; JOHNSON, B.D. Pulmonary function changes associated with cardiomegaly in chronic heart failure. **Journal of Cardiac Failure**, v. 13, p. 100–107, 2007.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS) - Gestão das Doenças Não Transmissíveis, Incapacidades, Violência e Prevenção de Traumatismos (NVI) - Genebra – Suíça acesso por: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_traffic/en/

O'SHEA, K.; FEINBERG, J. H.; WOLFE, S.W. Imaging and electrodiagnostic work-up of acute adult brachial plexus injuries. **The Journal of Hand Surgery**, v. 9, n. 36, p. 747–759, 2011.

PANZINI, R.G.; MAGANHAL, C.; ROCHA, N.S.; BANDEIRA, D.R.; FLECK, Brazilian validation of the Quality of Life Instrument/spirituality, religion and personal beliefs. *Revista de Saúde Pública*, n. 45, v. 1, p. 153-65, 2011.

PARREIRA, V. F.; VIEIRA, D. S. R.; MYRRHA, M. A. C.; PESSOA, I. M. B. S.; LAGE, S. M.; BRITTO, R. R. Optoelectronic plethysmography: a review of the literature. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 16, n. 6, p. 439-453, 2012.

PATRICK, D. L.; ERICKSON, P. Applications of Health Status Assessment to Health Policy. In: Spilker B, ed. *Quality of Life and Pharmacoeconomics in Clinical Trials*. Second ed. Philadelphia, **Lippincott-Raven Publishers**, v. 27, p. 717-727, 1996.

PEREIRA, C.A.C.; SATO, T.; RODRIGUES, S.C. Novos valores de referência para

espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. **Journal Brasileiro de Pneumologia**, v. 33, n. 4, p. 397-406, 2007.

PESSOA, I. M. B. S.; COELHO, C. M.; MENDES, L. P. S.; MONTEMEZZO, D.; PEREIRA, D. A. G.; PARREIRA, V. F. Comparison of three protocols for measuring the maximal respiratory pressures. **Fisioterapia em Movimento** (PUCPR. Impresso), v. 28, p. 31-39, 2015.

PIMENTA, C. A. M.; TEIXEIRA, M. J. Questionário de dor McGill: proposta de adaptação para a língua portuguesa. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 30, n. 3, p. 473-483, 1996.

PIZZOL, R.; YU, F.; BOTT, G.; TARUMOTO, M. Avaliação espirométrica e das pressões respiratórias máximas de indivíduos com hemiplegia. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 85, p. 37-42, 2004.

POH, H.; EASTWOOD, P. R.; CECINS, N. M.; HO, K. T.; JENKINS, S. C. Six-minute walk distance in healthy Singaporean adults cannot be predicted using reference equations derived from Caucasian populations. **Respirology**, v.11, n. 2, p. 211-216, 2006.

PRICE, A.; TIDWELL, M.; GROSSMAN, J. A. Improving shoulder and elbow function in children with Erb's palsy. **Seminars in Pediatric Neurologic**. v. 7, n. 1, p. 44-51, 2000.

RAGNARSDOTTIR, M.; GEIRSSON, A. J.; GUDBJORNSSON, B. Rib cage motion in ankylosing spondylitis patients: a pilot study. **Spine Journal**. v. 3, p. 505-509, 2008.

RANZZI, A.; SEVERO, A.; COSTA, M. Exame físico e patologia das lesões traumáticas do plexo braquial. In: Lech O, editor. Membro superior: a abordagem fisioterapêutica das patologias ortopédicas mais comuns. Rio de Janeiro: Revinter. p. 38-52, 2005.

RASULIĆ, L.; SAVIĆ, R.; ŽIVKOVIĆ, B.; VITOŠEVIĆ, F.; MIĆOVIĆ, M.; BAŠČAREVIĆ, V.; PUZOVIĆ, V.; NOVAKOVIĆ, N.; LEPIĆ, M.; SAMARDŽIĆ, M.; MANDIĆ-RAJČEVIĆ, S. Outcome after brachial plexus injury surgery and impact on quality of life. **Acta Neurochirurgica**, v. 159, n. 7, p. 1257–1264, 2017.

REICHENHEIM, M.E. et al. Violência e Lesões no Brasil: efeitos, avanços alcançados e desafios futuros. **Saúde no Brasil**. v. 5, p. 75-89, 2011.

REZENDE, M. R. et al. What has changed in brachial plexus surgery?. **Clinics**, v. 68, n. 3, p. 411-418, 2013.

RYDEVIK, B.; LUNDBORG, G. Permeability of intraneural microvessels and perineurium following acute, graded experimental nerve compression. **Scandinav Journal Plastic Reconstruct Surgery**, v. 11, n. 179, p. 179-187, 1977.

RYDEVIK, B.; LUNDBORG G., & BAGGE, U. Effects of graded compression on intraneural blood flow. An in vivo study on rabbit tibial nerve. **Journal of hand Surgery**, v. 6, n. 3, p. 3-12, 1981.

RYDEVIK, B.; BOWN, M.D. & LUNDBORG, G. Pathoanatomy and pathophysiology of nerve root compression, **Spine**, v. 9, n. 7, p. 7-15, 1984.

RIDGWAY, E.; VALICENTI-MCDERMOTT, M.; KORNHABER, L.; KATHIRITHAMBY, D. R.; WIEDER, H. Effects from birth brachial plexus injury and postural control. **Journal of Pediatric**. v.162, n. 5, p. 1065-1067, 2013.

RIOS, I. D. P. Efecto de la fisioterapia en paciente com luxación de hombro y lesión de plexo braquial. Reporte de caso. **Revista Medicine Hered**. v. 28, p. 42-47, 2017.

ROBERTS, H. C. Imaging the diaphragm. **Thoracic Surgery Clinics**, v. 19, p. 431-50, 2009.

RODRIGUES, D.; VIEGAS, M. L. C.; ROGERIO, J. C.; PEREIRA, E. L. R. et al. Tratamento cirúrgico das lesões traumáticas do plexo braquial. **Arquivos Brasileiros de Neurocirurgia**, v. 33, n. 2, p. 125-131, 2014.

ROMAGNOLI, L.; GIGLIOTTI, F.; GALARDUCCI, A. et al. Chest wall kinematics and respiratory muscle action ankylosing spondylitis patients. **European Respiratory Society Journal**, v. 24, p. 453-460, 2004.

ROMEI, M.; MAURO, A. L.; D'ANGELO M. G.; et al. Effects of gender and posture on thoraco-abdominal kinematics during quiet Breathing in healthy adults. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 172, p. 184-91, 2010.

RUSSELL, S.M. Examination of peripheral nerve injury: an anatomical approach. **Thieme**, v. 6, p. 1-178, 2006.

SAMARDZIC, M.; GRUJICIC, D.; RASULIC, L.; BACETIC, D. Transfer of the medial pectoral nerve: myth or reality? **Neurosurgery**, v. 50, n. 6, p. 1277-1282, 2002.

SAMMAN, E. Psychological, subjective, well-being. A., proposal, for., internationally, comparable, & indicators, **Oxford Development Studies** v. 35, n. 4, p. 459-486, 2007.

SANTANA, M. V. B.; BINA, M. T.; PAZ, M. G.; SANTOS, S. N.; TEIXEIRA, M. J. RAICHER, I.; MARTINS, J. V.; ANDRADE, D. C. A.; BAPTISTA, A. F. High prevalence of neuropathic pain in the hand of patients with traumatic brachial plexus injury: a cross-sectional study. **Arquivos de Neuropsiquiatria**, n. 74, v. 11, p. 895-901, 2016.

SAUNDERS, N.A.; KREITZER, S.M.; INGRAM, JR, R.H. Rib cage deformation during static inspiratory efforts. **Journal of Applied Physiology**, v. 46, p.1071–1075, 1979.

SIQUEIRA, M. G.; MARTINS, R. S. Phrenic nerve transfer in the restoration of elbow flexion in brachial plexus avulsion injuries: how effective and safe is it? **Neurosurgery**, v. 65, n. 4, p. 125-131, 2009.

SMITH, J.; PADGETT, D. J.; KAUFMAN, K. R.; HARRINGTON, S.P.; AN KN, IRBY SE. Rhomboid muscle electromyography activity during 3 different manual muscle tests. **Archives Physical Medicine Rehabilitation**, v. 85, n. 6, p. 987-992, 2004.

SOCOLOVSKY, M. 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, 2015.

SONGCHAROEN, P. Brachial plexus injury in Thailand: a report of 520 cases. **Microsurgery**, v. 16, p. 35–39, 1995.

SOUZA, L.; LEMOS, T.; SILVA, D. C.; OLIVEIRA, J. M.; CORREA, J. F. G.; TAVARES, P. L.; OLIVEIRA, L.; RODRIGUES, E. C.; VARGAS, C. D. Balance impairments after brachial plexus injury as assessed through clinical and posturographic evaluation. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 9, p. 715-21, 2016.

SPINNER, R. J.; SHIN, A. Y.; BISHOP, A.T. Update on brachial plexus surgery in adults. **Current Opinion Orthopaedics**, v. 15, n. 4, p. 203-214, 2004.

SUNDERLAND, S. Mechanisms of cervical nerve root avulsions in injuries of the neck and shoulder. **Journal of Neurosurgery**, v. 41, p. 705-714, 1974.

TAVARES, A. P. S.; WATANABE, B. M. N.; OLIVEIRA, T. C.; ANTONELI, R. T. A terapia ocupacional favorecendo o desenvolvimento neuropsicomotor ao intervir precocemente, em crianças com paralisia braquial obstétrica. **Caderno de Terapia Ocupacional da Universidade Federal de São Carlos**, v. 10, n. 1, p. 51-59, 2002.

TERZIS, J. K.; KOSTAS, I. Supraescapular nerve reconstruction in 118 cases of adult posttraumatic brachial plexus. **Plastic Reconstructive Surgery**, v. 117, p. 613–629, 2006.

TERZIS, J. K.; KOSTAS, I.; SOUCACOS, P. N. Restoration of shoulder function with nerve transfers in traumatic brachial plexus palsy patients. **Microsurgery**, v. 26, p. 316–324, 2006.

TESTA, A.; SOLDATI, G.; GIANNUZZI, R.; BERARDI, S.; PORTALE, A.; GENTILONI, S. N. Ultrasound m-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects. **Ultrasound Medicine Biology**, v. 37, n. 1, p. 44-52, 2011.

TUNG, T. H. H.; MACKINNON, S. E. Brachial plexus injuries. **Clinical Plastic Surgery**, v. 30, p. 269-287, 2003.

UEKI, J.; DE BRUIN, P. F.; PRIDE, N. B. In vivo assessment of diaphragm contraction by ultrasound in normal subjects. **Thorax**, v. 50, n. 11, p. 1157-1161, 1995.

VASCONCELOS, G. A. R.; FERNANDES, P. R.B.; OLIVEIRA, D. A.; CABRAL, E. D.; SILVA, L. V. C. Postural evaluation of vertebral column in deaf school kids from 7 to 21 years old. **Fisioterapia em Movimento**, v. 23, n. 3, p. 371-80, 2010.

VOGIATZIS, I.; ALIVERTI, A.; GOLEMATI, S., et al. Respiratory kinematic by optoelectronic plethysmography during exercise in men and women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 93, p. 581-587, 2005.

WEBER, R.V.; MACKINNON, S. E. Bridging the neural gap. **Clinical Plastic Surgery**, v. 32, p. 605-616, 2005.

WYNN P. C. B. The management of traction injuries of the brachial plexus in peripheral nerve injury in the upper limb: a study in teamwork. **Injury**, v. 11, p. 265-285, 1980.

XU, W. D.; GU, Y. D.; LIU, J. B.; YU, C.; ZHANG, C. G.; XU, J. G. Pulmonary function after complete unilateral phrenic nerve transection. **Journal of Neurosurgery**, v. 103, p. 464–467, 2005.

YAMAGUTI, W. et al. Diaphragmatic mobility in healthy subjects during incentive spirometry with a flow-oriented device and with a volume-oriented device. **Journal**

Brasileiro de Pneumologia, v.6, n.6, p. 738-745, 2010.

YAMAGUTI, W. P. et al. Diaphragmatic breathing training program improves abdominal motion during natural breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 93, n. 4, p. 571-577, 2012.

BERMAN JS, BIRCH R, ANAND P. Pain following human brachial plexus injury with spinal cord root avulsion and the effect of surgery. **Pain** v. 75, n. 2, p. 199-207, 1998.

GIFT AG. Visual analogue scales: measurement of subjective phenomena. **Nurs Res** v. 38, p. 286-288, 1989.

JENSEN MP, TURNER JA, ROMANO JM. What is the maximum number of levels needed in pain intensity measurement. **Pain** v. 58, p. 387-392, 1994.

APÊNDICE A – ARTIGO ORIGINAL:
DISTRIBUTION OF PULMONARY VOLUMES AND CAPACITIES AND
DIAPHRAGMATIC MOBILITY IN MEN WITH TOTAL TRAUMATIC BRACHIAL
PLEXUS INJURY

Introduction: Total traumatic brachial plexus injury (TBPI) affects the musculature of the upper limb and muscles that support the rib cage on the same hemithorax of the lesion. This type of lesion associated with neuropathic pain of the affected limb may lead to a change in the rib cage position, impacting on the function of the respiratory system. According to the reviewed literature this is the first study evaluating patients with TBPI using optoelectronic plethysmography (OEP). **Objective:** To investigate the repercussions of TBPI on respiratory function by assessing the distribution of lung volumes and capacities, as well as diaphragmatic mobility of this population. **Materials and methods:** A cross-sectional study that evaluated 40 men, 20 with TBPI, subdivided into two groups: 14 with left lesion (TBPI_{left}) and six with right lesion (TBPI_{right}), and a control group (CG) composed of 20 healthy men matched by age and body mass index (BMI). The evaluations consisted of diaphragmatic mobility and distribution of lung volume and capacity using breathing maneuvers: at resting breathing (RB), inspiratory capacity (IC) and vital capacity (VC), in addition to the inspiratory load increase (ILI) through power breathing[®]. In the OEP, the analysis was subdivided into compartmental volumes: pulmonary rib cage (VC_{RCp}), abdominal rib cage (VC_{RCa}) and abdomen (VC_{AB}). The percentages for the right and left sides were also calculated in each of these compartments. **Results:** In the intergroup analysis, differences occurred in the TBPI_{left} group when compared to the CG in comparison with the left hemithorax (HTX_{left}) in each group. In comparing the pulmonary follow-up, the volume distribution variation was most impaired in the pulmonary rib cage on the left (VC_{RCpleft}), where a decrease of 38% ($p = 0.01$) was observed in the RB maneuver, 44% ($p = 0.01$) in the ILI maneuver, 35% ($p = 0.01$) in the IC maneuver, and 32% ($p = 0.02$) in the VC maneuver. The diaphragmatic mobility was 14% lower in the TBPI group when compared to the CG ($p = 0.01$). **Conclusion:** The present study suggests that patients with TBPI present a decrease in the distribution of lung volumes and capacities in the rib cage, especially in the injured hemithorax, as well as reduced diaphragmatic mobility. Suggest the pain, antalgic posture and disharmony of the thoracic stabilizer muscles, present since the moment of trauma, may be responsible for the respiratory changes in this population.

Keywords: Optoelectronic plethysmography; Ultrasound. Brachial plexus injury.

Introduction

Total traumatic brachial plexus injury (TBPI) presents main sequelae of motor and sensory changes in the shoulder complex, formed by the shoulder girdle and the injured upper limb. Such sequelae usually culminate with neuropathic pain, joint stiffness and muscular weakness (GIUFFRÉ et al., 2010). The nerve injuries in the muscles compromised by TBPI provide inadequate functionality, not only in the involved upper limb, but also lead to compensatory body postures, since the agonist and antagonist movements are superimposed due to the muscular paralysis. These postural changes are adopted because of the difference in strength in these vectors which occur in the shoulder girdle and upper limb, consequently leading to chest compensation and impairment in submaximal functional capacity, making simple activities such as eating and bringing a glass to the mouth difficult (PRICE; TIDWELL; GROSSMAN, 2000; TAVARES, 2002).

To date, there are no records in the literature for this population evaluating the submaximal functional capacity through the six-minute walk test (6MWT). However, it is already known that patients who are deconditioned and who have weakness respiratory muscles may present increased respiratory work at the time of evaluation by the 6MWT, and consequently lower functional capacity (MEYER et al., 2001), therefore, we decided to follow this outcome to compare it with the outcomes of optoelectronic plethysmography (OEP) and diaphragmatic ultrasonography.

It is believed that the muscles not innervated by the plexus should play the role of supporting the limb, so it will be visibly tensioned, which can trigger antalgic posture and hypertrophy of other rib cage and neck muscles, causing muscle imbalance (TAVARES et al., 2002), and probably respiratory dysfunction.

Most studies, as shown in the systematic review by Cardoso et al., (2016), only use pulmonary function parameters to signal the impact of TBPI on the respiratory system; however, new tools have been developed that offer greater detail, such as OEP and diaphragmatic ultrasonography.

OEP is an innovative method which emphasizes non-invasive evaluation of the respiratory system with precision. Therefore, this is a pioneer study, since there is no similarity with other studies in using this instrument to verify the distribution of pulmonary volumes and capacities of TBPI patients.

The findings make us question whether TBPI, which is predominantly a disease of the shoulder complex, could impact the rib cage positioning, and if these alterations may be

directly related to respiratory system dysfunctions and to submaximal functional capacity. The hypothesis of the study is that patients with TBPI present changes in the distribution of lung volumes and capacities, as well as decreased diaphragmatic mobility in relation to healthy individuals.

Materials and methods

Study population

This is a cross-sectional study conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and Resolution 466/12 of the National Health Council. The study was approved by the Ethics and Research Committee of the Federal University of Pernambuco under the number 1.798.996. An informed consent form was signed by all individuals who agreed to participate in the study.

A convenience sample of patients with confirmed diagnostic of TBPI (magnetic resonance imaging or electroneuromyography performed by a neurologist) followed in the outpatient peripheral nerves clinic of the Hospital da Restauração Recife/PE/Brazil during the period from November 2016 to February 2018 were studied as well as healthy subjects matched by age, sex and body mass index (BMI).

Those men with clinical diagnosis of TBPI due to automobile accident (motorcycle) in a period up to one year of the injury, aging between 20 and 50 years and who were not in a rehabilitation program were included in the study. Patients who had undergone any kind of plexus surgery, multiple costal fractures or pulmonary contusions, and those with cardiopulmonary diseases associated were excluded. Self-reported healthy subjects matched by age and sex, with no previous cardiovascular or pulmonary diseases composed the control group. Subjects who presented forced vital capacity (FVC) and forced expiratory volume in the first second (FEV₁) <80% of predicted, were excluded.

Pulmonary function

Spirometry was performed in order to assess pulmonary function using a portable spirometer (Micro Medical[®], Microloop MK8, England). FVC, FEV₁, peak expiratory flow (PEF) and the FEV₁/FVC ratio were performed according to ATS/ERS recommendations (AMERICAN THORACIC SOCIETY, 2002) and the highest values obtained were compared with predicted ones for the Brazilian population (PEREIRA et al., 2007).

Respiratory muscle strength

A digital manometer (MVD-300[®], Globalmed, Brazil) connected to a mouthpiece with a 2 mm hole was used to assess respiratory muscle strength according to ATS/ERS recommendations (GIBSON et al., 2002). Three maximal inspiratory (MIP) and expiratory (MEP) pressure maneuvers starting from residual volume and total lung capacity, respectively, were requested. The highest value obtained were compared with reference values for the Brazilian population (NEDER et al., 1999) and included into statistical analysis.

Diaphragmatic mobility

An ultrasound device (Sonoace R3[®], Sansung Medison, South Korea) was used in M mode with the patient in dorsal decubitus with an inclination of 45°. A convex transducer (3.5 MHz) was placed perpendicular to the right chest wall, at the midaxillary line between the 9th and 10th right intercostal spaces (at the level of the zone of apposition). After positioning the patients, several non-consecutive deep inspirations (from functional residual capacity up to total lung capacity) were requested and diaphragmatic cranio-caudal excursions were captured by displaying sinusoidal curves. An average of the three major excursions (with a difference of less than 10% between them) was calculated and represented as diaphragmatic mobility (TESTA et al., 2011; NEINDRE et al., 2016).

Submaximal functional capacity

The 6MWT was used to evaluate functional capacity by means of distance walked (in meters), according to the protocol established by the American Thoracic Society (ATS, 2002). Subjects were asked to walk as far as possible along a corridor in 6 minutes. Every minute, standard phrases of encouragement were used. The following vital signs were evaluated before and after the 6MWT: respiratory rate (RR), blood pressure (BP) using a manual sphygmomanometer and a stethoscope (Premium[®], São Paulo, Brazil), peripheral oxygen saturation (SpO₂) and heart rate (HR) using a pulse oximeter (Onyx 9500[®], Nonim Medical Inc, USA) and effort perception using the Borg Scale (BORG, 1982). The predicted values were calculated using the Enright & Sherrill equation (1998).

Body posture

Portable symmetry (Sanny[®], São Paulo, Brazil) was used to evaluate the postural alterations, such as gibbosities and scapular hypermobility: anterior, posterior and lateral positioning (right and left dimidium) of the patient in orthostatism (VASCONCELOS et al., 2010). The patient was positioned immediately in front of the device and the images were

captured at a distance of 2 m, as well as video recording with the patient performing the Adams Test (An evaluation that aims to observe the existence or not of gibbosity in the spinal vertebrae) (FERREIRA et al., 2009).

Pain in the affected limb

Pain in the affected upper limb was evaluated by three different instruments: Developmental Neuropathic Pain questionnaire (DN4), the Visual Analogue Scale (VAS) and the McGill questionnaire.

The first is a standard and validated tool for the diagnosis of neuropathic pain. It is easy and quick to apply. This questionnaire includes a series of four questions consisting of both sensory descriptors and signs related to bedside sensory examination that assess the characteristics of the pain, presence of other symptoms within the painful area, location and etiology of the pain. According to Bouhassira et al., a cut-off value for the diagnosis of neuropathic pain is a total score of 4/10 (BOUHASSIRAA et al., 2005).

VAS is a simple, quick-to-apply scale, and easy to understand for patients, who need to estimate the intensity of the pain they suffer. It is classified with standard values between 0 and 10, where 0 is the total absence of pain and 10 the worst pain already experienced, as well as a line of 10 cm that presents the phrases "absence of pain and unbearable pain" at the extreme points (GIFT, 1989; Jensen, 1994).

The McGill questionnaire, translated and validated for Brazil, is a verbal scale which describes until 20 characteristics of pain reported by the patient. It uses well-defined dimensions such as sensitive-discriminative, affective-motivational and cognitive-evaluative dimensions (PIMENTA; TEIXEIRA, 1996).

Chest wall and compartmental volumes

The volume of the chest wall and its compartments (pulmonary ribcage [$_{RCp}$], abdominal ribcage [$_{RCa}$] and abdominal [$_{AB}$]) were measured using the Optoelectronic Plethysmograph (OEP) system (BTS-Bioengineering[®], Milan, Italy). Eight infrared cameras (four in front and four behind the patient) captured the movement of 89 retro-reflexive markers positioned in the patient's thorax according to precise anatomical reference points (ALIVERTTI; PEDOTTI, 2003). The calibration of the apparatus was always carried out before the collection in a frequency of 60 frames·s⁻¹.

Protocol to evaluation of chest wall and compartmental volumes

The individuals were positioned seated, feet supported, knees and hips at 90°, upright column, arms supported with 45° abduction of their shoulders. They were initially instructed to maintain their quiet spontaneous breathing for three minutes and then three deep inspiratory maneuvers (vital capacity) were performed with one-minute interval in between (breathing from expiratory reserve volume - ERV, until TLC) (PARREIRA et al., 2012).

Finally, breathing with an inspiratory load increment of 30% of the patient's MIP was performed for three consecutive minutes, obtained through the powerbreathe® classic LR green device. The maneuver with the use of an increase in load was instituted to evaluate possible alterations in the distribution of lung volumes in front of the effort of the patient. The inspiratory load of 30% was chosen to take into account a study of inspiratory muscle training (IMT) in restrictive diseases (KAGAYA et al., 2009), since the patient with TBPI tends toward the restrictive pattern.

The following OEP parameters were included in data analysis: Chest wall (V_{CW}) and compartmental volumes during quiet breathing (V_{RCp} , V_{RCa} and V_{AB}) as well as during inspiratory capacity (IC_{CW} , IC_{RCp} , IC_{RCa} and IC_{AB}) and vital capacity (VC_{CW} , VC_{RCp} , VC_{RCa} and VC_{AB}) maneuvers. For IC and VC maneuvers, the highest volume of three attempts was included to statistical analysis.

Statistical analysis

The ICCW data of optoelectronic plethysmography was used for sample size calculation. Thus, using the means and SD of the study (0.647 ± 0.467 L and 1.438 ± 0.704 L, affected and unaffected sides respectively), an alpha error of .01 and a statistical power of 99%, a total sample of 19 TBPI estimated for this study.

The Statistical Package for Social Sciences (SPSS) software (version 22.0) was used to characterize the sample. Descriptive statistics such as mean (ME), standard deviation (SD) and confidence interval (CI) for quantitative variables and frequency (%) for the categorical variables were used. The Kolmogorov-Smirnov and Levene tests were used to evaluate the normality of the sample and to analyze the homogeneity of variances, respectively. Unpaired and paired t tests were used in order to compared intergroup (TBPI vs controls) and intragroup (affected and non-affected hemitorax) differences, respectively. All analyzes were performed assuming a 95% CI and a p-value < 0.05.

Results

Population characteristics

Twenty patients with traumatic lesions of the brachial plexus - subdivided into two groups: 14 with the left affected (TBPI_{left_affected}) and 6 with the right affected (TBPI_{right_affected}), matched by gender, age, and BMI (control group).

The sociodemographic characteristics are described in Table 1. The sampling flowchart is described in Figure 2.

Functional variables

In the evaluation of spirometric parameters a lower FEV₁ and FVC (all $p < 0.05$), both in liters and percentage of predicted values, were observed. No significant ($p = 0.24$) differences were found when comparing FEV₁/FVC between TBPI and control groups. In addition, respiratory muscle strength, the MIP was 27% lower in the TBPI group than in the CG group ($p < 0.01$), the same course was observed in the MEP ($p < 0.01$). The diaphragmatic mobility was 14% lower in the TBPI group when compared to the CG (57.19 ± 13.74 ; 66.76 ± 9.44 mm), respectively ($p = 0.01$).

In the postural evaluation, 15% ($n = 3$) of the individuals in the CG presented gibbosity on the left, while the highest prevalence of gibbosity in the TBPI group was on the left 45% ($n = 9$) and 20% ($n = 4$) on the right. As for scapular hypermobility, a prevalence of 45% ($n = 9$) was found in the TBPI group, with the prevalence of 50% ($n = 10$) and 20% ($n = 4$) in the left and right, respectively.

Approximately 90% of patients with TBPI had neuropathic pain in the affected upper limb, according to the DN4 questionnaire. The most reported pain site was the arm, followed by the hand, i.e. 60% and 20%, respectively. The VAS instrument was used for measuring the intensity of this pain, where a prevalence of 65% was observed for moderate pain (between 5 - 7 points). The most prevalent characteristics of pain among the subgroups of the McGill scale were fatigue (90%), miserable pain (85%), tingling (70%) and needling (60%).

Regarding submaximal functional capacity, a TBPI patients walked a significantly lower distance when compared to the CG (5.87 ± 19.6 ; 0.77 ± 0.12 respectively) ($p < 0.01$). The other values of the functional evaluations are presented in **Table 1**.

Variation in the distribution of pulmonary volumes and capacities

Quiet spontaneous breathing

In the comparison between the right hemithorax (HTX_{right}) and left hemithorax (HTX_{left}) in the intragroup analysis, only the abdominal compartment volume (VC_{RCa})

presented a difference in volume distribution variation, both in the CG group ($p < 0.01$) and in the TBPI group ($p = 0.03$).

The TBPI group was subdivided into two groups: left lesion (TBPI_{left}) and right (TBPI_{right}), and were separately compared to CG for intergroup analysis. The analysis was based on one of the hemithorax of the CG with one of the hemithorax of the injured group, depending on the lesion side. Therefore, a difference was observed when comparing the HTX_{left} of the CG with the HTX_{left} of the TBPI_{left} group, with a 38% decrease in the distribution of the pulmonary chest compartment volume (VC_{RCp}) ($p < 0.01$) in relation to CG. There was no difference in the comparison between the HTX_{right} of the CG in relation to the HTX_{right} of the TBPI_{right} group in the RB maneuver.

Inspiratory capacity maneuver

In the intragroup analysis, no difference was observed in the volume distribution in the three lung compartments (VC_{RCp}, VC_{RCa}, and VC_{AB}) between the CG and the TBPI group. However, when comparing the HTX_{left} of the CG with the HTX_{left} of the TBPI_{left} group, there was a difference in the volume distribution of the VC_{RCp} compartment ($p < 0.01$) and in the VC_{RCa} ($p = 0.02$) there was a decrease of 35% and 24%, respectively, in the TBPI_{left} group. As with HTX_{right} in the TBPI_{right} group, we also found a difference in the of VC_{RCp} ($p < 0.01$) and VC_{RCa} distribution ($p < 0.01$), which means smaller volumes on the side of the lesion, in this case, on the right.

Vital capacity maneuver

In the intragroup CG analysis, both the volume distribution of the VC_{RCp} and VC_{AB} compartment volume presented a significant difference ($p < 0.01$ and $p = 0.02$, respectively), while the difference in the intragroup analysis of the TBPI group only occurred in the volume distribution of the VC_{RCp} ($p = 0.02$). Moreover, the significance in the intergroup analysis of HTX_{left} from CG and HTX_{left} from the TBPI_{left} group was presented in the volume of the VC_{RCp} compartment ($p < 0.01$), whose decrease was 32% in the TBPI_{left} group. A difference was also found when comparing the HTX_{right} of the CG with the HTX_{right} of the TBPI_{right} group, such as a lower volume distribution on the right side (lesion side) on the distribution of the same IC volumes, therefore in the VC_{RCp} ($p < 0.01$) and in the VC_{RCa} volumes ($p < 0.01$).

Inspiratory load increase maneuver

In the intergroup analysis between the CG and the TBPI group, no difference was observed in the pattern of volume distribution between the two hemithoraxes. However, in the

analysis between the HTX_{left} of the CG and the HTX_{left} of the $TBPI_{left}$ group, there was a lower difference of 44% ($p < 0.01$) in the volume distribution of the VC_{RCp} compartment in the $TBPI_{left}$ group in relation to the CG (**Table 2**). This significance is also observed in relative values in the same compartment in the $TBPI_{left}$ group ($p = 0.03$) compared to the CG (Table 3). As in the QB maneuver, there was no difference in the comparison between the HTX_{right} of the CG in relation to the HTX_{right} of the $TBPI_{right}$ group in the ILI maneuver.

The other values of the pulmonary volume distribution variation are presented in **Figure 3**, **Table 2** (absolute values) and **Table 3** (relative values).

Discussion

Main findings

Due to the limited respiratory evaluations that were carried out in previous studies in this population, little was known about the repercussions of the actual injury on the respiratory system. The main finding of the present study was that patients with TBPI present alterations in respiratory system functionality, with a decrease in the distribution of lung volume and capacity of the chest wall (in the dimidium of the lesion and mainly in the volume in the VC_{RCp}), reduction of diaphragmatic mobility, pulmonary force and function tending to the restrictive pattern, as well as reduced submaximal functional capacity when compared to the control group.

Functional variables

Respiratory muscle strength

Our study showed that MIP and MEP presented lower values, although considered normal for the predicted patterns in the TBPI group in relation to the CG. Xu et al. (2005) evaluated the preoperative period of TBPI patients, and also found normal MIP values. However, at follow-up of four years they realized that such a reduction persisted, suggesting a relationship between surgery and unilateral diaphragmatic paralysis since there was a reduction in the contractile forces of the inspiratory muscles.

The reference value for respiratory muscle strength in men is well established in the literature, which is MIP and MEP with a lower limit of 80 cmH₂O and upper limit of 150 cmH₂O, respectively, and weakness in these muscles can be observed (NEDER et al., 1999; BLACK HYATT, 1969).

Pulmonary function

In the present study, patients in the TBPI group showed a tendency to the restrictive respiratory pattern, which is believed to have occurred due to antalgic posture and muscular adaptations. Chuang et al. (2005) observed that 12 of the 19 patients with TBPI had spirometric FEV₁ and FVC values below normal, suggesting that pulmonary function may suffer pathophysiological changes due to neuromuscular trauma at the time of the accident or because of poor patient collaboration. The patient's fear of moving the injured upper limb because of the pain may make it difficult to perform the evaluation technique and also result in inadequate cooperation during the pulmonary function test (CAMPBELL, 1982).

In studies of patients with stroke (PIZZOL et al., 2004) and ankylosing spondylitis (ROMAGNOLI et al., 2004), diseases that also present a restrictive pattern, postural changes and thoracic cavity mobility were found, which can trigger muscle imbalance. Thus, the retraction of the thoracic wall, the reduction of abdominal activity and diaphragmatic power may be detrimental to the respiratory pattern and contribute to respiratory complications (FERNANDES et al., 2007; RAGNARSDOTTIR et al., 2008).

Diaphragmatic mobility

In the present study, it was observed that the TBPI group presented a 14% lower mobility with a mean incursion of 5.7 cm, while the control group presented a 6.5 cm incursion.

The mobility of the diaphragm presents different values in normal individuals with average dome incursion between 3 and 5 cm and can vary from 2 to 10 cm. This variation is related to the body constitution of the individual and to the recruitment of the abdominal muscles (ROBERTS, 2009).

The value attributed to diaphragmatic mobility directly depends on the strength of the inspiratory muscles, which impacts on respiratory mechanics, and muscular atrophy is one of the main causes of decreased mobility of the diaphragm (GOTTESMANN; MCCOOL, 199). In studying nine individuals with TBPI, Chuang et al. (2005) identified two patients with diaphragmatic paralysis, and the finding was probably related to spinal trauma during injury.

According to the established protocol, our study evaluated diaphragmatic mobility in the right hemidiaphragm. Visualization of the right hemidiaphragm is possible due to the presence of a large free space between the organs in this region, where only the liver is found. Visualizing the left hemidiaphragm is more difficult, in addition to the free space being smaller; there is the spleen immediately below, which hinders any visualization in the surroundings through the ultrasound technique (GERSCOVICH et al., 2001).

In addition, diaphragmatic evaluation through ultrasound indirectly signals the action or not of the phrenic nerve, since the normal mobility of the domes depends (among other factors) on that functioning nerve (Canella et al. 2010; Kessler et al. 2008). The need for sonography evaluation of the diaphragm mobility in medical facilities requires no radiation and should be used in some clinical problems (CANELLA et al., 2010).

Body posture

The main trunk postural changes observed in our study were gibbosity, scapular hypermobility, shoulder subluxation, protraction, and head tilt to the contralateral side in patients with TPBI compared to CG. In the study by Souza et al. (2016), they listed the asymmetric distribution of body weight towards the side opposite the affected arm and a greater variability of anteroposterior trunk displacement than that of laterolateral as the main alterations in this population.

Collaborating our findings, a study evaluating TBPI patients observed abnormal posture of the head and neck where both are projected to the non-injured side, as the paravertebral muscles are unbalanced due to denervation of the deep neck muscles on the non-injured side and shoulder dislocation due to trauma (RODRIGUES et al., 2014).

It is considered that the possible restriction in the injured hemithorax of patients with TBPI results from their adopted antalgic posture from the moment of the trauma. The pain in the affected upper limb limits performance of suitable movements.

Submaximal functional capacity

A relevant decrease in the submaximal functional capacity represented by the distance covered in the 6MWT in the TBPI group when compared to the CG was observed in our study. It is suggested that the low functional performance occurred due to the decrease in diaphragmatic mobility, lower MIP and a tendency to the restrictive respiratory pattern presented by this population. If the diaphragm, the main muscle of breathing, was intact and strong enough, the patient would be able to maintain a minute volume for longer, and they would consequently be able to walk long distances in the T6min. However, this does not occur, and the physical deconditioning of the patient is visible, negatively impacting on their activities of daily living.

However, it is difficult to infer the results found with data from the literature, because as far as we know there are no studies analyzing the submaximal functional capacity in patients with TBPI.

Continuous pain in the upper limb affected by the injury was considered for these patients, as well as the postural limitation at the moment of walking, using a sling for greater comfort and positioning of the injured arm.

Variation in the distribution of pulmonary volumes and capacities

To date, we are aware that this is the first study to evaluate the distribution of lung volumes and capacities in patients with TBPI using optoelectronic plethysmography, which limits comparing our findings with other studies. However, inferences were made from our findings with studies evaluating restrictive diseases and clinical conditions of pulmonary restriction.

The different compartments of the thoracic cavity (VC_{RCp} , VC_{RCa} , and VC_{AB}) refer to certain respiratory muscles such as VC_{RCp} with inspiratory and expiratory muscles, V_{rca} with diaphragm muscle and VC_{AB} with the diaphragm and abdominal muscles (HOSTETTER et al., 2011).

During the resting breathing maneuver in the VC_{RCa} , the difference found between the right hemithorax (HTX_{right}) and the left hemithorax (HTX_{left}) for both the CG and the TBPI group possibly occurred due to greater activation of the diaphragm and abdominal muscles (ALIVERTI et al., 1997). This occurs because the diaphragm movement is equivalent to the movement of the anterior abdominal wall (KONNO, 1976; MEAD; LORING, 1982; HOSTETTLER et al 2011).

Another aspect observed in our study was that these differences become imperceptible in the face of respiratory effort (increase in inspiratory load) and with increasing pressures. It is believed that this may have occurred due to the increase in the thoracic cavity, laterolateral, cranio-caudal and anteroposterior diameters (ALIVERTI; PEDOTTI, 2003).

In the intergroup analysis, a difference occurred in comparing the HTX_{left} of the CG with the HTX_{left} of the TBPI group. Certainly, the reduction of pulmonary volume in the VC_{RCp} is related to the irregular activation of the inspiratory and expiratory muscles at the moment of the maneuver request. It is believed that this may have occurred because our TBPI patients have MIP and MEP below predicted values, as well as decreased diaphragmatic mobility; thus, functions which are intrinsically related to and acting on the performance of chest expandability (SAUNDERS et al. 1979; HERSHENSEN et al., 1988; MCCOLL et al., 1992).

A study evaluating patients with ankylosing spondylitis through optoelectronic plethysmography, as well as in our study, also identified a decrease in the pulmonary volume distribution in the upper chest cavity, while an increase in the mobility of the diaphragm was presented in the other compartments in the results as a form of compensating for this muscle to maintain expandability of the thoracic cavity (ROMAGNOLI et al., 2004).

This behavior was also observed during the maneuver with an increased inspiratory load. According to Aliverti et al. (1997), the rib cage muscles and the abdominal muscles have the function of developing the necessary pressure to move the rib cage and abdomen at the moment of the effort, inferring that compensatory mechanisms probably occurred in the presence of exertion respiratory.

In IC and VC maneuvers, the lesion side (TBPI_{left} and TBPI_{right}) influenced in order to decrease the volume variation distribution in the VC_{RCp} and VC_{RCa} compartments compared to the CG. The maneuverability was probably difficult due to the weakness of the respiratory muscles, concomitant with the decrease in the diaphragmatic mobility found in these patients.

In evaluating post-stroke patients, Bellinger et al. (2012) observed that trunk posture dysfunctions were associated with limb paralysis, and consequently compromised respiratory mechanics, respiratory muscle pressure, asymmetry, chest wall dislocation, and ventilation.

Another study that evaluated the distribution of pulmonary volume variation by hemithorax in post-stroke patients observed decreased ventilation on the paretic side, reduced values of maximum respiratory pressures and changes in respiration control (LANINI et al., 2003). It is believed that such changes in the respiratory system of patients with TBPI may be related to the side of the lesion.

Clinical Implications

Knowing the impact that the lesion has on the respiratory system in volume distribution, diaphragmatic mobility, respiratory muscle strength and function, functional capacity, limb pain caused in affected limbs and also changes in body posture, it is possible to generate knowledge to adequately treat patients with TBPI, causing less repercussions of the disease in other systems, improving their quality of life and decreasing comorbidities in this population.

In addition, some patients must undergo surgical procedures such as the transfer of the phrenic nerve, so early intervention of physiotherapy, mainly respiratory, will be mandatory for these patients. These alterations may have been due to the antalgic posture adopted by the patients from the moment of the trauma, causing compromise to the respiratory system;

however, due to the lack of studies correlating TBPI with such alterations, the development of randomized clinical trials is encouraged.

It is suggested that this study may serve as a basis for future studies using, for example, inspiratory muscle training (IMT) together with proprioceptive neuromuscular facilitation (FNP) in the rehabilitation of this population from the preoperative stage.

Study limitations

The low number of patients in the TBPI_{right} group can be pointed out as a study limitation; however, we believe that the prevalence found in this service, which is a reference in trauma in northeastern Brazil for this type of injury, is for left lesions, since this fact was observed for a period of two consecutive years, and that represented the duration of the collection for the next cohort study.

Another study limitation is related to evaluating diaphragmatic mobility, since it was only performed in the right hemidiaphragmatic side; a protocol consolidated for some time in the scientific community and that presents easy visualization of the structures close to the diaphragm. However, this unilateral evaluation of the diaphragm may have underestimated the results in our study, since patients had left and right lesions. It is known that the negative pressure generated by the contralateral hemidiaphragm during inspiration may cause the paralyzed portion to move cranially, masking the diaphragm action (DE TROYER; BORIEK, 2011; MATAMIS et al., 2013).

Conclusion

The findings of the present study suggest that patients with TBPI present a decrease in the variation distribution of volumes and capacities in the thoracic cavity, especially on the side of the injured hemithorax, reduced diaphragmatic mobility and tend to a restrictive pattern. Some hypotheses may be raised as causes of these alterations such as neuropathic pain, antalgic posture, and disharmony between the stabilizing muscles of the chest cavity since the time of the automobile trauma; however, further studies should be developed to solidify the results found in this study.

Conflict of interests

None

Acknowledgment

The study was supported by the CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

References

- GIUFFRÉ, J. L.; KAKAR, S.; BISHOP, A. T.; SPINNER, R. J.; SHIN, A. Y. Current concepts of the treatment of adult brachial plexus injuries. **Journal of Hand Surgery**, v. 35, p. 678–68, 2010.
- PRICE, A.; TIDWELL, M.; GROSSMAN, J. A. Improving shoulder and elbow function in children with Erb's palsy. **Seminars in Pediatric Neurologic**, v. 7, n. 1, p. 44-51, 2000.
- TAVARES, A. P. S.; WATANABE, B. M. N.; OLIVEIRA, T. C.; ANTONELI, R. T. A terapia ocupacional favorecendo o desenvolvimento neuropsicomotor ao intervir precocemente, em crianças com paralisia braquial obstétrica. **Caderno de Terapia Ocupacional da Universidade Federal de São Carlos**, v. 10, n. 1, p. 51-59, 2002.
- CARDOSO, M. M.; GEPP, R.; CORREA, F. G. Outcome following phrenic nerve transfer to musculocutaneous nerve in patients with traumatic brachial palsy: a qualitative systematic review. **Acta Neurocirurgica**, v. 158, n. 9, 1793-800, 2016.
- PIZZOL, R.; YU, F.; BOTT, G.; TARUMOTO, M. Avaliação espirométrica e das pressões respiratórias máximas de indivíduos com hemiplegia. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 85, p. 34-39, 2004.
- ROMAGNOLI, L.; GIGLIOTTI, F.; GALARDUCCI, A. et al. Chest wall kinematics and respiratory muscle action ankylosing spondylitis patients. **European Respiratory Society Journal**, v. 24, p. 453-460, 2004.
- FERNANDES, F. E.; MARTINS, S. R. G.; BONVENT, J. J. Efeito do treinamento muscular respiratório por meio do manovacuômetro e do *threshold pep* em pacientes hemiparéticos hospitalizados. **IFMBE Proceedings**, v. 18, p. 1199-202, 2007.
- GUDBJORNSSON, B. Rib cage motion in ankylosing spondylitis patients: a pilot study. **Spine Journal**, v. 3, p. 505-509, 2008.
- GIBSON, G. J. et al. American Thoracic Society/European Respiratory Society ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 166, p. 518-624, 2002.
- NEDER, J. A.; ANDREONI, S.; LERARIO, M. C.; NERY, L. E. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. **Brazilian Journal Medical of Biological Research**, v. 32, n. 6, p. 719-27, 1999.
- AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 166, n. 4, p. 518–624, 2002.
- PEREIRA, C.A.C.; SATO, T.; RODRIGUES, S.C. Novos valores de referência para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. **Journal Brasileiro de Pneumologia**, v. 33, n. 4, p. 397-406, 2007.
- TESTA, A.; SOLDATI, G.; GIANNUZZI, R.; BERARDI, S.; PORTALE, A.; GENTILONI, S. N. Ultrasound m-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects. **Ultrasound Medicine Biology**, v. 37, n. 1, p. 44-52, 2011.

NEINDRE, A. L.; MONGODI, S.; PHILIPPART, F.; BOUHEMAD, B. Thoracic ultrasound: Potential new tool for physiotherapists in respiratory management. A narrative review. **Journal of Critical Care**, v. 31, p. 101–109, 2016.

VASCONCELOS, G. A. R.; FERNANDES, P. R.B.; OLIVEIRA, D. A.; CABRAL, E. D.; SILVA, L. V. C. Postural evaluation of vertebral column in deaf school kids from 7 to 21 years old. **Fisioterapia em Movimento**, v. 3, n. 23, p. 371-80, 2010.

FERREIRA, D. M. A.; SUGUIKAWA, T. R.; PACHIONI, C. A, S.; FREGONESI C. E. P. T.; CAMARGO, T. R. School screening for scoliosis: action for early diagnosis. **Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano**. v. 19, n. 3, p. 357-368, 2009.

ENRIGHT, PL.; SHERRILL, DL. References equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med*. v. 158, n. 5, p. 1384-7.

BOUHASSIRAA, D.; ATTALA, N.; ALCHAARB, H.; BOUREAUC F.; BROCHETD, B.; BRUXELLEE J.; CUNINF, G.; FERMANIANG, J.; GINIESH P.; GRUN-OVERDYKINGI A.; JAFARI-SCHLUEPI H.; LANTE'RI-MINETB M.; LAURENTJ, B.; MICKK, G.; SERRIEF, A.; VALADEF, D.; VICAUTL, E. Comparison of pain syndromes associated with nervous or somatic lesions and development of a new neuropathic pain diagnostic questionnaire (DN4). **Pain**, v. 114, p. 29–36, 2005.

BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion, **Medicine and Science in Sport and Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377-381, 1982.

BTS GWALK MANUAL. English version 6.1.0. Document Number: ERGSN-01134-12 Published: September 2015 Copyright © 2015 BTS SpA.

FERRIGNO, G. et al. Three-dimensional optical analysis of chest wall motion. **Journal of Applied Physiology**, v. 77, p. 1224-1231, 1994.

PARREIRA, V. F.; VIEIRA, D. S. R.; MYRRHA, M. A. C.; PESSOA, I. M. B. S.; LAGE, S. M.; BRITTO, R. R. Optoelectronic plethysmography: a Review of the literature. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 16, n. 6, p. 439-453, 2012.

ALIVERTI, A.; PEDOTTI, A. Opto-Electronica Plethysmography. **Monaldi Archives for Chest Disease**, v. 59, p. 12-16, 2003.

SAUNDERS, N.A.; KREITZER, S.M.; INGRAM, JR, R.H. Rib cage deformation during static inspiratory efforts. **Journal of Applied Physiology**, v. 46, p.1071–1075, 1979.

HERSHENSON, M.B.; KIKUCHI, Y.; TZELEPIS, G.E.; MCCOOL, F.D. Preferential fatigue of the rib cage muscles during inspiratory resistive loaded ventilation. **Journal of Applied Physiology**, v. 66, p.750–754, 1989.

MCCOOL, F.D.; HERSHENSON, M.B.; TZELEPIS, G.E.; KIKUCHI, Y.; LEITH, D.E. Effect of fatigue on maximal inspiratory pressure-flow capacity. **Journal of Applied Physiology**, v; 73, p.36–43, 1992.

KAGAYA, H.; TAKAHASHI, H.; SUGAWARA, K.; KASAI, C.; KYOIKAWA, N.; SIYOYA, T. Effective home-based pulmonary rehabilitation in Patients with restrictive lung disease. **Tohoku Journal of Experimental Medicine**, v. 218, p. 215-219, 2009.

ALIVERTI, A. et al. Respiratory muscle dynamics and control during exercise with externally

imposed expiratory flow limitation. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, p. 1953-1963, 2002.

BLACK, L. F.; HYATT, R. E. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. **American Review Respiratory Disease**, v. 99, n. 5, p. 696-702, 1969.

XU, W. D.; GU, Y. D.; LIU, J. B.; YU, C.; ZHANG, C. G.; XU, J. G. Pulmonary function after complete unilateral phrenic nerve transection. **Journal of Neurosurgery**, v. 103, p. 464-467, 2005.

CHUANG, M. L.; CHUANG, D. C. C.; LIN, I. F.; VINTCH, J. R. E.; KER, J. J. W.,; TSAO, T. C. Y. Ventilation and exercise performance after phrenic nerve and multiple intercostal nerve transfers for avulsed brachial plexus injury. **Chest**, v. 128, n. 5, p. 3434-39, 2005.

CAMPBELL, S. A comparison of the maximum voluntary ventilation with the forced expiratory volume in one second: an assessment of subject cooperation. **Journal of Occupational Medicine**, v. 24, p. 531-533, 1982.

ROBERTS, H. C. Imaging the diaphragm. **Thoracic Surgery Clinics**, v. 19, p. 431-50, 2009.
DE TROYER, A.; BORIEK, A. M. Mechanics of the respiratory muscles **Comprehensive Physiology**, n. 1, p. 1273-1300, 2011.

MATAMIS, D.; SOILEMEZI, E.; TSAGOURIAS, M.; AKOUMIANAKI, E.; DIMASSI, S.; BOROLI, F.; RICHARD, J. M.; BROCHARD, L. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications, **Intensive Care Medicine**, v. 39, p. 801-810, 2013.

SOUZA, L.; LEMOS, T.; SILVA, D. C.; OLIVEIRA, J. M.; CORREA, J. F. G.; TAVARES, P. L.; OLIVEIRA, L.; RODRIGUES, E. C.; VARGAS, C. D. Balance impairments after brachial plexus injury as assessed through clinical and posturographic evaluation. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 9, p. 715-21, 2016.

RODRIGUES, D.; VIEGAS, M. L. C.; ROGERIO, J. C.; PEREIRA, E. L. R. et al. Tratamento cirúrgico das lesões traumáticas do plexo braquial. **Arquivos Brasileiros de Neurocirurgia**, v. 33, n.2, p. 125-131, 2014.

ENRIGHT, P. L.; MCBURNIE, M. A.; BITTNER, V.; TRACY, R. P.; MCNAMARA, R.; ARNOLD, A. et al. The 6-min walk test: a quick measure of functional status in elderly adults. **Chest**. v. 123, n. 2, p. 387-398, 2003.

CASANOVA, C.; COTE, C.; DE TORRES, J. P.; AGUIRRE-JAIME, A.; MARIN, J. M.; PINTO-PLATA, V. et al. Inspiratory-to-total lung capacity ratio predicts mortality in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**. v. 171. n. 6, p. 591-597, 2005.

POH, H.; EASTWOOD, P. R.; CECINS, N. M.; HO, K. T.; JENKINS, S. C. Six-minute walk distance in healthy Singaporean adults cannot be predicted using reference equations derived from Caucasian populations. **Respirology**, v.11, n. 2, p. 211-216, 2006.

ENRIGHT, P. L.; SHERRILL, D. L. Reference equation for the six-minute walk in healthy adults. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**. v. 158, n. 5, p. 1384-1387, 1998.

IWAMA, A. M.; ANDRADE, G. N.; SHIMA, P.; TANNI, S. E.; GODOY, I.; DOURADO, V. Z. The six-minute walk test and body weight-walk distance product in healthy Brazilian subjects. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 42, n. 11, p. 1080-108, 2009.

CHETTA, A.; ZANINI, A.; PISI, G.; AIELLO, M.; TZANI, P.; NERI, M.; et al. Reference values for the 6-min walk test in healthy subjects 20±50 years old. **Respiratory Medicine**. v. 100, n. 9, p. 1573-1578, 2006.

HOSTETTLER, S.; ILLI, SK.; MOHLER, E.; SPENGLER, C. M. Chest wall volume changes during inspiratory loaded breathing. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, 175:130-9, 2011.

ALIVERTI, A.; CALA, S. J.; DURANTI, R.; FERRIGNO, G.; KENYON, C. M.; PEDOTTI, A.; SCANO, G.; SLIWINSKI, P.; MACKLEM, P.T.; YAN, S.; Human respiratory muscle actions and control during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 83, p. 1256–1269, 1997.

KONNO, K.; MEAD, J. Measurement of the separate volume changes of rib Cage and abdomen during breathing. **Journal of Applied Physiology**, v. 22, p. 407-22, 1976.

MEAD, J.; LORING, S. H. Analysis of volume displacement and length changes of the diaphragm during breathing. **Journal of Applied Physiology**, v. 53, p. 750-755, 1982.

BELLINGER, S. A.; COUGHENOUR, E.; MACKAY-LYONS, M. J.; IVEY, F. M. Reduced cardiorespiratory fitness after stroke: biological consequence and exercise-induced adaptations. **Stroke Research and Treatment**, v. 21, p. 1-12, 2012.

LANINI, B.; BIANCHI, R.; ROMAGNOLI, I.; COLI, C.; BINAZZI, B.; GIGLIOTI, F.; et al. Chest wall kinematics in patients with hemiplegia. **American Journal of Respiratory Critical Care Medicine**, v. 168, n. 1, p. 109-113, 2003.

MEYER, F.J.; BORST, M.M., ZUGCK, C., KIRSCHKE, D., KUBLER, W., HAASS, M. Respiratory muscle dysfunction in congestive heart failure: clinical correlation and prognostic significance. **Circulation** v. 103, p. 2153–2158, 2001.

LOPES. E.I.; CHACKKOUR, I.; GOMES, M.D.; CAUCHIOLLI, C. A.; AMIEZ, J.F.G.; FILHO, J.D.L. Osteotomia de rotação externa do úmero no tratamento de deformidades em rotação interna do ombro nas sequelas de paralisia obstétrica. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 31, n. 4, p. 322-326, 1996.

ECKELI, F.D.; TEIXEIRA, R.A.; GOUVÊA, A.L. Instrumentos de avaliação da dor neuropática. **Rev. dor** v.17 supl.1, 2016.

GERSCOVICH, E.O.; CRONAN, M.; MCGAHAN, J.P.; JAIN, K.; JONES, C.D.; MCDONALD, C. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. **J Ultrasound Med** v. 20, p. 597–604, 2001.

CANELLA, C.; DEMONDION, X.; DELEBARRE, A.; MORAUX, A.; COTTON, H.; COTTON, A. Anatomical study of phrenic nerve using ultrasound. **Eur Radiol** v. 20, p. 659-665, 2010.

KESSLER, J.; SCHAFHALTER-ZOPPOTH I, GRAY, A.T. An ultrasound study of the phrenic nerve in the posterior cervical triangle: implications for the interscalene brachial plexus block. **Reg Anesth Pain Med** v. 33, p. 545-550, 2008.

GOTTESMAN, E.; MCCOOL FD. Ultrasound evaluation of the paralyzed diaphragm. **Am J Respir Crit Care Med.** v.155, n. 5, p. 1570-4, 1997.

MEYER, F.J.; BORST, M.M., ZUGCK, C., KIRSCHKE, D., KUBLER, W., HAASS, M. Respiratory muscle dysfunction in congestive heart failure: clinical correlation and prognostic significance. **Circulation** v. 103, p. 2153–2158, 2001.

LOPES. E.I.; CHACKKOUR, I.; GOMES, M.D.; CAUCHIOLLI, C. A.; AMIEZ, J.F.G.; FILHO, J.D.L. Osteotomia de rotação externa do úmero no tratamento de deformidades em rotação interna do ombro nas sequelas de paralisia obstétrica. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 31, n. 4, p. 322-326, 1996.

ECKELI, F.D.; TEIXEIRA, R.A.; GOUVÊA, A.L. Instrumentos de avaliação da dor neuropática. **Rev. dor** v.17 supl.1, 2016.

GERSCOVICH, E.O.; CRONAN, M.; MCGAHAN, J.P.; JAIN, K.; JONES, C.D.; MCDONALD, C. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. **J Ultrasound Med** v. 20, p. 597–604, 2001.

CANELLA, C.; DEMONDION, X.; DELEBARRE, A.; MORAUX, A.; COTTON, H.; COTTON, A. Anatomical study of phrenic nerve using ultrasound. **Eur Radiol** v. 20, p. 659-665, 2010.

KESSLER, J.; SCHAFHALTER-ZOPPOTH I, GRAY, A.T. An ultrasound study of the phrenic nerve in the posterior cervical triangle: implications for the interscalene brachial plexus block. **Reg Anesth Pain Med** v. 33, p. 545-550, 2008.

GOTTESMAN, E.; MCCOOL FD. Ultrasound evaluation of the paralyzed diaphragm. **Am J Respir Crit Care Med.** v.155, n. 5, p. 1570-4, 1997.

Figure legends

Figure 1 - Tidal thoracic wall volume (V_{tidal}) and subdivided into 3 compartments: pulmonary rib cage (V_{rcp}), abdominal compartment (V_{rca}) and abdomen (V_{ab})

Figure 2 - Flowchart of the study sample

Figure 3 - Distribution of volume and capacity pulmonary by compartment between the control group (CG) and the group with total traumatic brachial plexus injury (TBPI) in respiratory breathing (RB), inspiratory capacity (IC), vital capacity (VC) and inspiratory load increase (ILI) maneuvers

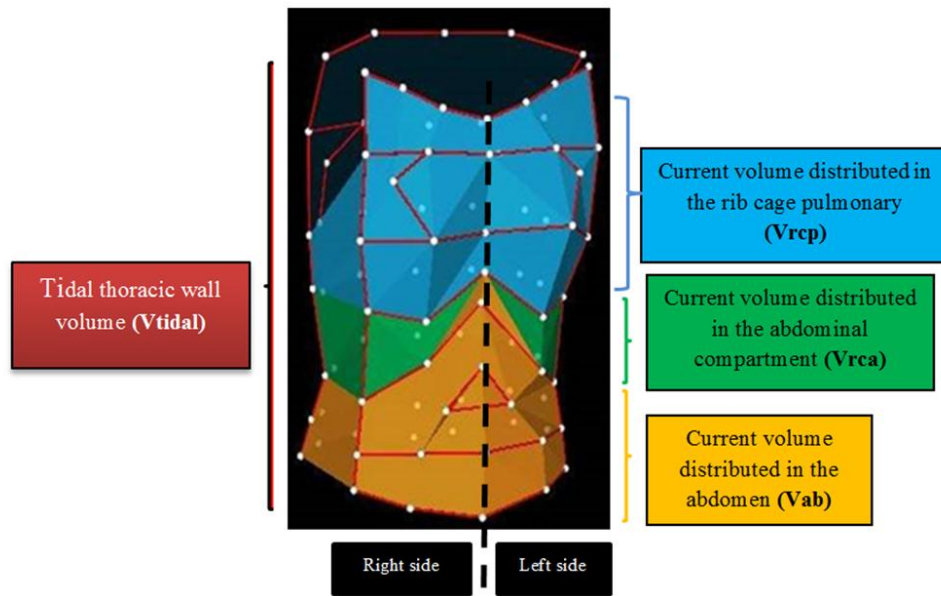


Figure 1 -

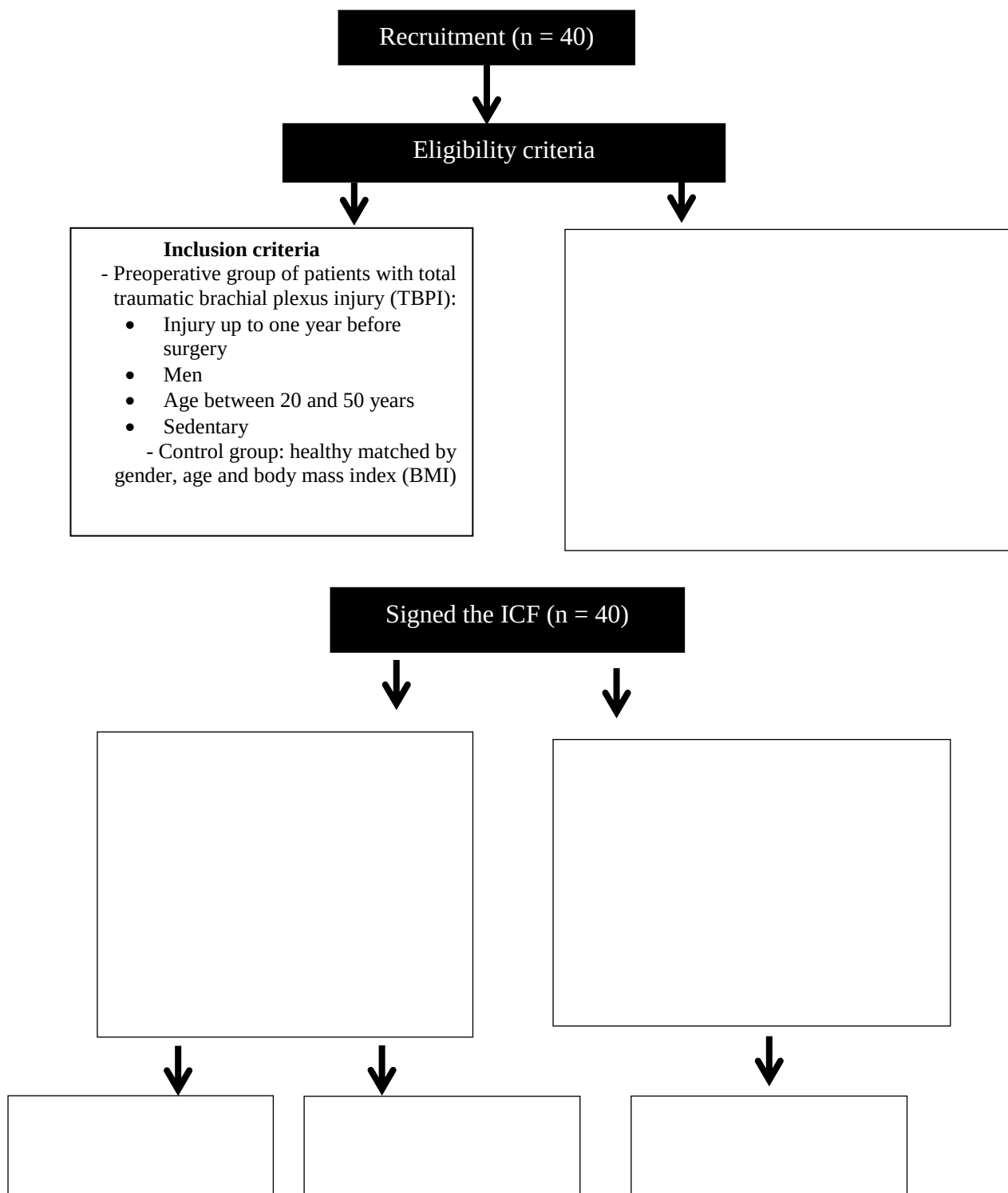


Figure 2 -

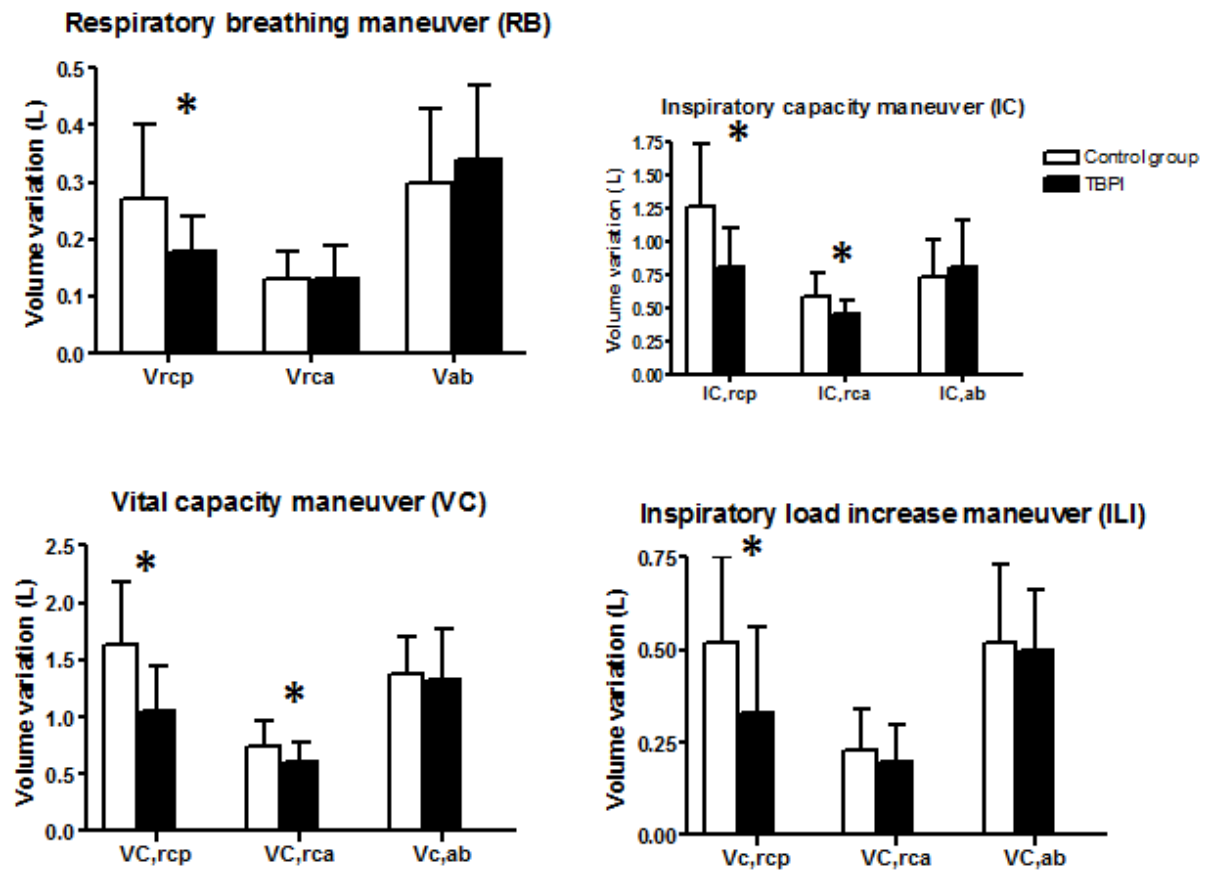


Figure 3 -

Table 1 - Sociodemographic and variable characteristics of the control group (CG) and the traumatic brachial plexus injury (TBPI).

Variável	CG n=20 (%)	TBPI n= 20 (%)	p value	CI
Age (years)	28.25 ± 4.6	30.10 ± 5.27	0.246	(-5.02 a 1.32)
Weight (Kg)	74.95 ±8.97	69.40 ± 13.02	0.125	(-1.61 to 12.71)
Height(cm)	1.75 ± 0.05	1.69 ± 0.05	0.001	(0.03 to 0.10)
BMI (Kg/m ²)	24.48	24.30	0.993	(-1.89 a 1.90)
Medications				
Pain	-----	11 (55)		
Pain and depression	-----	3 (15)		
None	20 (100)	6 (30)		
MIP (cmH ₂ O)	120±22.42	86.50±22.60	<0.001	(19.31 to 48.76)
MIP (%pred)	61 ± 11	44 ± 11	<0.001	(-24.18 to -9.8)
MEP (cmH ₂ O)	135.45±26.46	99.80±26.31	<0.001	(18.45 to 52.24)
MEP (%pred)	0.9 ± 0.18	68 ± 17.2	<0.001	(59.27 to 75.41)
FEV₁ (L)	3.82±0.47	2.99±0.45	<0.001	(0.52 to 1.12)
FEV₁ (%pred)	83.40±9.52	75.25±14.51	0.042	(0.29 to 16.00)
FVC (L)	4.67±0.66	3.61±0.47	<0.001	(0.69 to 1.43)
FVC (%pred)	89.00±8.29	75.65±12.13	<0.001	(6.66 to 20.08)
PEF (L)	8.33±0.92	5.94±1.61	<0.001	(1.53 to 3.23)
PEF (%pred)	72.75±8.34	53.10±14.13	<0.001	(12.22 to 27.07)
FEV₁/FVC	80.80±7.77	84.15±9.40	0.227	(-8,17 to 2,17)
FEV₁/FVC (%pred)	94.95±9.96	98.75±10.27	0.243	(-10.28 to 2.68)
Diaphragm Mobility (mm)	66.76±9,44	57.19±13.74	0.014	(2.01 to 17.11)
Distance walked (m)	583.95±64.38	390.40±154.95	<0.001	(116.53 to 270.57)
Distance (pred)	751.54±52.88	662.12±154.89	<0.001	(4.29 to 174.54)
Distance (%pred)	0.77±0.12	5.87±19.6	0.348	(-6.2 to 16.42)
Side of injury				
-Left	----	14(70)		
-Right	----	6(30)		
Physical Activity				
Sedentary	12 (60)	20 (100)		
Irregular active	8 (40)	-----		
Addictions				
Ex-smoker	-----	4 (20)		
Deny	20 (100)	16 (80)		

Data shown as mean ± SD. CG: control group, TBPI: brachial plexus trauma group, MD: mean, SD: standard deviation, n: number of individuals, CI: confidence interval, MIP: Maximum inspiratory pressure, MEP: Maximum expiratory pressure, FEV₁: forced expiratory volume in the first second, FVC: forced vital capacity, PEF: expiratory flow peak, FEV₁ / FVC: relationship between forced expiratory volume in the first second and forced vital capacity (Tiffenau Index).

Table 2 - Distribution of volumes of the thoracoabdominal system in absolute values (L), during resting breathing (RB) maneuvers, with inspiratory load (ILI), inspiratory capacity (IC) and vital capacity (VC) between groups: control group (CG), traumatic lesion of the brachial plexus (TBPI), traumatic lesion of the brachial plexus on the left (TBPI_{left}) and the group of traumatic lesion of the right brachial plexus (TBPI_{right}).

	CG (n=20)			TBPI (n=20)			TBPI _{left} (n=14)			TBPI _{right} (n=6)			CG (n=20) vs TBPI _{left} (n=14)		
	Left	Right		Left	Right		Affected left	Right		Left	Affected right		Left	Affected left	
	<i>p</i>			<i>p</i>			<i>p</i>			<i>p</i>			<i>p</i>		
Quiet breathing															
ΔV _{cw} (L)	0.36±0.13	0.35±0.13	0.13	0.32±0.10	0.34±0.12	0.15	0.29±0.07	0.32±0.10	0.23	0.36±0.16	0.38±0.15	0.47	0.36±0.13	0.29±0.07	0.12
ΔV _{RCp} (L)	0.13±0.06	0.13±0.06	0.85	0.08±0.03	0.10±0.03	0.05	0.08±0.03	0.10±0.03	0.12	0.09±0.03	0.10±0.04	0.26	0.13±0.06	0.08±0.03	0.01*
ΔV _{RCa} (L)	0.07±0.03	0.06±0.02	0.00*	0.06±0.02	0.07±0.03	0.03*	0.06±0.02	0.07±0.03	0.09	0.06±0.03	0.07±0.04	0.21	0.06±0.03	0.06±0.02	0.38
ΔV _{AB} (L)	0.15±0.06	0.14±0.06	0.30	0.16±0.07	0.17±0.07	0.93	0.15±0.05	0.15±0.05	0.78	0.20±0.10	0.20±0.08	0.82	0.15±0.06	0.15±0.05	0.90
Inspiratory load increase															
ΔV _{cw} (L)	0.64±0.22	0.64±0.23	0.61	0.50±0.20	0.54±0.23	0.13	0.48±0.23	0.53±0.25	0.15	0.54±0.12	0.56±0.16	0.69	0.64±0.22	0.48±0.23	0.06
ΔV _{RCp} (L)	0.25±0.11	0.26±0.12	0.14	0.15±0.11	0.17±0.12	0.05	0.14±0.13	0.18±0.14	0.02*	0.17±0.04	0.17±0.08	0.81	0.25±0.11	0.14±0.13	0.01*
ΔV _{RCa} (L)	0.11±0.05	0.12±0.06	0.48	0.09±0.04	0.10±0.06	0.10	0.09±0.05	0.11±0.07	0.08	0.09±0.02	0.09±0.04	0.75	0.11±0.05	0.09±0.05	0.34
ΔV _{AB} (L)	0.27±0.10	0.25±0.11	0.27	0.25±0.08	0.25±0.09	0.75	0.24±0.06	0.24±0.09	0.98	0.27±0.08	0.28±0.07	0.75	0.27±0.10	0.24±0.08	0.41
Inspiratory capacity															
ΔV _{cw} (L)	1.28±0.31	1.31±0.26	0.32	1.01±0.23	1.06±0.23	0.25	1.03±0.21	1.14±0.21	0.04	0.95±0.27	0.90±0.19	0.04*	1.28±0.31	1.03±0.87	0.01*
ΔV _{RCp} (L)	0.62±0.24	0.64±0.23	0.07	0.39±0.14	0.42±0.15	0.11	0.40±0.15	0.45±0.16	0.03*	0.35±0.13	0.34±0.10	0.62	0.62±0.24	0.40±0.15	0.00*
ΔV _{RCa} (L)	0.29±0.09	0.30±0.08	0.33	0.22±0.07	0.23±0.06	0.45	0.22±0.07	0.25±0.05	0.03	0.21±0.09	0.17±0.04	0.39	0.29±0.09	0.22±0.07	0.02*
ΔV _{AB} (L)	0.37±0.16	0.37±0.12	0.88	0.40±0.15	0.41±0.20	0.62	0.41±0.17	0.42±0.24	0.58	0.38±0.10	0.38±0.09	0.98	0.37±0.16	0.41±0.17	0.54
Vital capacity															
V _{cw} (L)	1.87±0.38	1.92±0.38	0.05	1.50±0.38	1.55±0.41	0.15	1.59±0.34	1.68±0.38	0.09	1.28±0.42	1.26±0.36	0.62	1.87±0.38	1.59±0.84	0.12
V _{RCp} (L)	0.79±0.27	0.83±0.28	0.00*	0.50±0.19	0.55±0.21	0.02*	0.53±0.21	0.59±0.23	0.02*	0.43±0.13	0.43±0.12	0.72	0.79±0.27	0.53±0.21	0.00*
V _{RCa} (L)	0.36±0.11	0.38±0.10	0.02*	0.29±0.08	0.31±0.09	0.12	0.30±0.08	0.34±0.08	0.02*	0.26±0.10	0.24±0.09	0.11	0.36±0.11	0.30±0.08	0.12
V _{AB} (L)	0.70±0.17	0.68±0.16	0.45	0.67±0.21	0.66±0.24	0.86	0.70±0.21	0.70±0.26	0.89	0.58±0.19	0.58±0.17	0.86	0.70±0.17	0.70±0.21	0.90

Test t for independent samples between two groups and Test t of dependent samples in the same group, CG: control group, TBPI: traumatic brachial plexus injury group, TBPI_{left}: traumatic lesion group in left brachial plexus, TBPI_{right}: right brachial plexus traumatic injury group, n = number of individuals, MD: mean, SD: standard deviation, (L): liters, V_{cw}: tidal volume; V_{RCp}: current volume in the chest compartment, V_{RCa}: current volume in the abdominal compartment, V_{AB}: current volume in the abdomen, V_{RCp}: Vital capacity in the chest compartment of the lung.

Table 3 - Comparison of thoracoabdominal system volume changes in relative values (%) during resting breathing (RB) and inspiratory load (ILI) maneuvers between control groups (CG), traumatic lesion of the brachial plexus (TBPI), traumatic lesion of the left brachial plexus (TBPI_{left}), traumatic lesion of the right brachial plexus (TBPI_{right}).

	TBPI (n=20)		CG (n=20) vs TBPI _{left} (n=14)				CG(n=20) vs TBPI _{right} (n=6)		
	Left	Right	Left	Affected left			Right	Affected right	p
Respiratory breathing									
V _{cw} (%)	50.64±2.52	49.35±2.52	48.30±5.19	51.69±5.19	50.64±2.52	48.31±5.82	49.35±2.52	51.70±3.80	0.08
V _{RCp} (%)	49.28±4.22	50.71±4.22	45.67±9.75	54.32±9.75	49.29±4.22	45.18±11.08	50.71±4.22	53.17±6.28	0.27
V _{RCa} (%)	52.62±4.75	47.37±4.75	49.86±13.40	50.13±13.40	52.62±4.75	51.01±15.63	47.37±4.75	52.81±5.94	0.02*
V _{AB} (%)	51.19±3.90	48.80±3.90	49.97±5.24	50.02±5.24	51.19±3.90	50.27±5.50	48.80±3.90	50.74±4.99	0.32
Inspiratory load increase									
V _{cw} (%)	49.79±2.53	50.20±2.53	48.39±5.90	51.60±5.90	49.79±2.53	47.87±6.74	50.20±2.53	50.38±3.38	0.90
V _{RCp} (%)	48.97±4.52	51.02±4.52	45.00±13.08	54.99±13.08	48.97±4.52	41.68±13.80	51.02±4.52	47.23±7.17	0.13
V _{RCa} (%)	49.27±5.18	50.72±5.18	50.67±14.19	49.32±14.19	51.28±15.60	49.27±5.18	50.72±5.18	50.73±11.33	0.99
V _{AB} (%)	51.22±4.27	48.77±4.27	50.04±5.76	49.95±5.76	50.76±6.48	51.11±4.27	48.77±4.27	51.63±3.45	0.14

Test t for independent samples between two groups and Test t of dependent samples in the same group. CG: control group, TBPI: traumatic lesion group, TBPI_{left}: traumatic lesion group of the left brachial plexus, TBPI_{right}: traumatic lesion group of the right brachial plexus, n = number of individuals, V_{cw}: tidal volume; V_{RCp}: volume in the chest wall compartment, V_{RCa}: volume in the abdominal compartment, V_{AB}: volume in the abdomen.

Normas do periódico em que o artigo está submetido:

<https://www.atsjournals.org/journal/annalsats>

★ White-201811-759OC to Corresponding Author

Enviado em: 06/11/2018 | 16:46

De: "Annals of the American Thoracic Society" <onbehalf@manuscriptcentral.com>

Para: helen.fsio@uol.com.br

Annals of the American Thoracic Society

RE: Distribution of pulmonary volumes and capacities and diaphragmatic mobility in men with total traumatic brachial plexus injury

Dear Dr. Fuzari:

Your manuscript has been submitted to Annals of the American Thoracic Society. As corresponding author, you will receive future communications by e-mail.

Your new manuscript ID is: White-201811-759OC. Please make note of your manuscript ID number and refer to it whenever you contact the journal office. You can keep track of your manuscript by logging on periodically to Manuscript Central at <https://mc.manuscriptcentral.com/annalsats> where the status will be displayed in your Author Center.

Please note, it is the policy of the Journal to correspond exclusively with one designated corresponding author. As the corresponding author, it is your responsibility to communicate with your co-authors.

Thank you for your submission to the Annals of the American Thoracic Society.

APÊNDICE B - ARTIGO ORIGINAL 2:
REPERCUSSÕES DA NEUROTIZAÇÃO COM O NERVO FRÊNICO SOBRE O
SISTEMA RESPIRATÓRIO, POSTURA CORPORAL, CAPACIDADE FUNCIONAL
E QUALIDADE DE VIDA DE HOMENS COM LESÃO DE PLEXO BRAQUIAL
TRAUMÁTICO TOTAL: UM ESTUDO DE COORTE

Introdução: A lesão do plexo braquial (LPB) traumática ocasionada por acidentes automobilísticos vem aumentando a prevalência, por conseguinte, tornou-se um problema de saúde pública. A neurotização com o nervo frênico, dentre as técnicas cirúrgicas utilizadas nesses pacientes, tem como objetivo principal reestabelecer a flexão de cotovelo do membro superior homolateral à lesão. Entretanto, não se sabe quais as repercussões dessa técnica sobre o sistema respiratório, uma vez que o nervo utilizado, o frênico, inerva o principal músculo da inspiração, o diafragma. **Objetivo:** Avaliar as repercussões da neurotização com o nervo frênico sobre o sistema respiratório de homens com LPB traumática. **Materiais e métodos:** Estudo de coorte prospectivo realizado a partir do pré-operatório, primeiro, terceiro e sexto mês de pós-operatório da neurotização com o nervo frênico de 23 homens com LPB traumática, cuja etiologia exclusiva foi acidente com motocicleta. Vinte indivíduos saudáveis pareados por sexo, idade e índice de massa corpórea (IMC) que foram recrutados para o grupo controle e avaliados no momento inicial e após seis meses. Foram avaliadas força e função respiratórias, mobilidade e espessura diafragmática, postura corporal, algia e função de membro superior acometido, capacidade funcional submáxima e qualidade de vida. **Resultados:** Na manobra de respiração de repouso houve diminuição significativa do volume pulmonar tanto para a distribuição de variação de V_{total} ($p = 0,004$) quanto $VRCa$ ($p = 0,011$) do pré-operatório para seis meses de pós-operatório. Na manobra de capacidade inspiratória foi encontrada diminuição significativa dos volumes pulmonares em V_{cw} ($p = 0,002$) e V_{ab} ($p = 0,003$), entre os tempos pré-operatórios e um mês de pós-operatório, bem como, entre o pré-operatório e três meses de pós-operatório. Para as manobras de capacidade vital e com carga incremental inspiratória não houve interação no tempo. A própria lesão pode ter ocasionado valores pulmonares diminuídos nesses pacientes. AS demais variáveis funcionais apresentaram ganhos importantes - diminuição da dor ($p = 0,001$) melhora de função de membro superior homolateral à lesão ($p = 0,001$), capacidade funcional ($p=0,003$) e qualidade de vida ($p = 0,001$), que já seriam suficientes para indicação da técnica. **Conclusão:** A neurotização com o nervo frênico é uma técnica benéfica, segura e não traz nenhuma morbidade adicional sobre o sistema respiratório de homens com LPB traumática. Diante dos

achados, ensaios clínicos randomizados utilizando fisioterapia respiratória e motora desde o pré-operatório é sugerido para aperfeiçoar os ganhos e minimizar tempo de internação e gastos públicos adicionais.

Palavras-chave: Transferência com nervo frênico; Pletismografia Optoeletrônica; Mobilidade diafragmática, Espirometria, Força respiratória.

Introdução

A lesão de plexo braquial (LPB) traumática, considerada um problema de saúde pública, é descrita como uma injúria característica de motociclistas, prevalentemente do sexo masculino, que se acidentam por mecanismo de ação e que reflete na grande exposição do condutor no momento da colisão (KOIZUMI, 1992). Esse tipo de lesão causa impacto negativo na vida de adultos jovens e que na sua maioria “estariam” em plena atividade laborativa (REICHENHEIM et al, 2011).

Segundo o Ministério da Saúde (2016) os índices de acidentes com motocicletas resultaram em 12.000 mortos aproximadamente, em 2013 e, nos últimos seis anos, tanto as internações hospitalares quanto os custos com estes pacientes têm crescido consideravelmente (115% e 170%, respectivamente) (CARVALHO, 2016).

O tratamento cirúrgico da LPB traumática envolve desde técnicas de neurólises, sutura direta das extremidades e enxertos de nervos, até procedimentos de neurotizações com utilização de nervos doadores. O nervo frênico, doador extra-plexual, uma vez que todas as raízes do plexo braquial foram avulsionadas, é um dos nervos escolhidos para ser transferido ao nervo musculocutâneo objetivando recuperar força de bíceps braquial, logo, reestabelecer a flexão de cotovelo desses pacientes (FERRANTE, 2004).

A escolha do nervo frênico como doador se justifica pelo fato desse nervo ter predominância de fibras nervosas motoras (mais de 800 neurônios motores), ter uma localização anatômica que facilita a sua transferência, logo é um procedimento cirúrgico de fácil execução em contraste com outros procedimentos de transferência de nervo, além de poder ser utilizado em combinação com outros nervos doadores (SOCOLOVSKY et al 2015; LIU et al. 2015).

Entretanto, tal nervo é responsável pela inervação do principal músculo da respiração, o diafragma, e que apesar de estudos terem mostrado a existência de outro nervo, o nervo frênico acessório, e que talvez por esta razão o diafragma permaneça funcionando mesmo após a transferência do nervo frênico principal (SIQUEIRA & MARTINS, 2009) é extremamente importante monitorar o sistema respiratório desde o pós-operatório a fim de evitar morbidades

adicionais ao paciente, identificar os primeiros sinais de alterações importantes e planejar a intervenção adequada para essa população (CARDOSO et al. 2016).

Diante disso, a pletismografia optoeletrônica (POE) que é um aparelho que realiza movimentos ópticos tridimensionais para avaliar a distribuição de volumes pulmonares de forma indireta, além de apresentar valores de padrão ventilatório e assincronias respiratórias, vem sendo utilizada em situações clínicas diversas como pneumopatias, cardiopatias e doenças neuromusculares, seja como avaliação fisiológica ou comparando a eficácia de tratamentos (PAREIRA et al., 2012). Contudo, não existem estudos que tenham explorado a questão de pacientes com LPB traumática e que se preocuparam em mostrar as repercussões da técnica de neurotização com o nervo frênico em relação ao sistema respiratório utilizando equipamentos inovadores, acurados e não-invasivos, o que propicia para esse estudo um caráter de originalidade e que norteará outros estudos futuros para essa população.

Hipotetizamos que a utilização da técnica de neurotização com o nervo frênico beneficie o sistema respiratório de homens em pré-operatório de LPB traumática, otimizando ganhos na distribuição dos volumes pulmonares, mobilidade e espessura diafragmática, força e função da musculatura respiratória, bem como melhorias na postura corporal, função e dor em membro superior homolateral à lesão, resvalando em melhor qualidade de vida para esses indivíduos.

Com isso, o objetivo do estudo foi investigar as repercussões da neurotização com o nervo frênico sobre o sistema respiratório de homens com LPB traumática.

Materiais e Métodos

População do estudo

Estudo de coorte prospectivo realizado a partir do pré-operatório, primeiro, terceiro e sexto mês de pós-operatório da neurotização com o nervo frênico de homens com LPB traumática, cuja etiologia exclusiva foi acidente com motocicleta e cujo período para realização da cirurgia seria de até 12 meses (período onde a recuperação por meio dessa técnica cirúrgica é mais eficaz), contabilizados a partir da data do trauma. O sexo masculino foi escolhido por ser uma lesão que acomete prevalentemente os homens. O diagnóstico dos pacientes foi confirmado pela neurografia por ressonância magnética (NRM) ou eletroneuromiografia (ENMG) ou ambas.

Indivíduos saudáveis pareados por sexo, idade e índice de massa corpórea (IMC) que foram recrutados para o grupo controle e avaliados em dois momentos: inicial e após seis

meses. Esse grupo foi composto por irmãos saudáveis dos pacientes, parentes dos pacientes e alunos da UFPE que se voluntariaram para participar do estudo.

O cálculo amostral do estudo foi admitido com base em um estudo prévio que confirmou quantas cirurgias de neurotização com o nervo frênico são realizadas durante um ano, ou seja, sete (7) cirurgias de plexo total, no Hospital da Restauração de Recife/PE. Logo, admitiu-se uma amostra de quatorze (14) paciente, considerando dois anos de acompanhamento no ambulatório de nervos periféricos (FUZARI et al., submetido).

Os critérios de elegibilidade eram idade dos participantes entre 20 e 50 anos, que não realizassem atividade física regular avaliada pelo *International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)* e estimulados a abster-se do uso do tabaco, sem histórico de cirurgia prévia de plexo braquial, fraturas múltiplas de costelas, contusões pulmonares, pneumopatias graves, acidente vascular encefálico (AVC), com insuficiência cardíaca congestiva, diabetes *mellitus*, doença arterial coronariana, instabilidade hemodinâmica, fraturas múltiplas no tórax, amputação de um dos membros superiores, alterações cognitivas que dificulte a realização das avaliações. Todos os participantes foram triados do principal centro de referência do Recife/PE/Brasil, o Hospital da Restauração, no período de outubro de 2016 a julho de 2018.

Os pacientes foram avaliados em quatro momentos distintos a partir do pré-operatório, primeiro, terceiro e sexto mês de pós-operatório, totalizando 92 dias distintos para avaliações e reavaliações. Os indivíduos saudáveis foram avaliados em dois momentos: inicial e após seis meses, logo 40 visitas aos laboratórios entre as avaliações e reavaliações. Todas as coletas foram realizadas no Laboratório Cardiopulmonar (LACAP) e Laboratório de Controle Motor (LACOM) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), por um único examinador devidamente treinado. A cada visita aos laboratórios eram acompanhados os seguintes desfechos: dados antropométricos, função e força de músculos respiratórios, mobilidade e espessura diafragmática, distribuição dos volumes pulmonares, capacidade funcional submáxima, dor e função em membro superior lesionado e qualidade de vida. Os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) sob o parecer número 1.798.996 e baseados nos princípios da Declaração de Helsinque e na Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

Os critérios para descontinuar do estudo seria qualquer intercorrência, como desconforto na realização das avaliações durante o desenvolvimento da pesquisa, o descumprimento das orientações necessárias e caso não comparecessem as avaliações nas datas marcadas. O estudo seguiu o *check list do Strengthening the Reporting of Observational*

Studies in Epidemiolog (STROBE), ferramenta para estudos observacionais.

Procedimentos e instrumentos de avaliação

Teste de função pulmonar

Em cada visita e com o uso de um espirômetro portátil (*Micro Medical, Microloop MK8*, Inglaterra), foram avaliadas a capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1), pico de fluxo expiratório (PFE) e a relação VEF1/CVF através de manobras realizadas de acordo com as recomendações da ATS (AMERICAN THORACIC SOCIETY, 2002) e os valores previstos foram analisados de acordo com o protocolo de Pereira e colaboradores (PEREIRA et al., 2007).

Força dos músculos respiratórios

A avaliação foi realizada na posição sentada, solicitando três manobras de pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) e três de pressão expiratória máxima (PE_{máx}) partindo do volume residual (VR) até a capacidade funcional total (CPT) e da CPT até o VR para aquisição, respectivamente e utilizando um manovacuômetro digital (MVD-300, *Globalmed*, Brasil). A maior manobra das três era eleita, com variação < 10% entre elas (NEDER et al, 1999). As manobras foram realizadas de acordo com recomendações da (ATS/ERS) (AMERICAN THORACIC SOCIETY & EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY, 2002).

Mobilidade e espessura diafragmática

O paciente foi posicionado em supino com o tórax apoiado na inclinação de 45°, coxim sob a fossa poplíteia. Em seguida, foi utilizado um aparelho de ultrassom (*Sonoace R3, Samsung Medison*, Coréia do Sul) para verificar a mobilidade diafragmática, por meio de um transdutor convexo (3.5MHz) no Modo “M” posicionado na linha axilar média direita abaixo da margem costal da caixa torácica, direcionado cranial e diagonalmente. Eram solicitadas cinco incursões, com estímulo verbal vigoroso, até a CPT do paciente. Uma média entre três medidas, cuja diferença seria de até 10%, foi obtidas Para avaliação da espessura diafragmática, também por meio do ultrassom, o paciente foi posicionado em decúbito lateral esquerdo e com coxim sob a cabeça e entre os joelhos. Em seguida, foi utilizado o transdutor linear (7.5MHz) no Modo “B” entre o 9° e o 10° espaço intercostal para visualização da hemicúpula diafragmática direita. Estímulos verbais vigorosos foram aplicados durante cinco manobras na CRF e cinco manobras na CPT, resultando em três melhores manobras, com no máximo 10% de diferença entre elas, e finalmente, uma média dos três valores era realizada (TESTA et al., 2011).

Distribuição de volumes pulmonares nas manobras de respiração tranquila, incremento de carga inspiratória, capacidade inspiratória e vital

Todas as manobras foram realizadas com o paciente na posição sentada sem encosto, joelhos e pés apoiados a 90°, membros superiores em abdução de 45° descansando sobre coxins e o tórax do paciente (região anterior, posterior e lateral) recoberto por 89 marcadores adesivados, cercado por oito câmeras infravermelhas que captam as imagens (movimentos opto-eletrônicos tridimensionais) e enviam a um computador que contem o *software* da pletismografia optoeletrônica (*BTS-Bioengineering*, Milão, Itália) ferramenta que mensura as variáveis de volume e capacidades pulmonares através desses movimentos (ALIVERTTI: PEDOTTI, 2003).

Após a calibração do aparelho e demais orientações ao paciente eram realizadas quatro manobras: primeiro a gravação de três minutos com respiração tranquila, seguido de trinta segundos de descanso, em seguida, três gravações de um minuto cada, partindo da CRF até a CPT, onde eram obtidas as manobras de capacidade inspiratória e vital, com trinta segundo de descanso entre elas (PARREIRA et al., 2012). E por fim, a última manobra, com incremento de carga inspiratória, onde foi utilizado um *power breath* ® *classic LR* verde com 30% da P_{Imáx} do paciente, cuja gravação se dava por três minutos consecutivos (KAGAYA et al., 2009).

Os dados de volumes pulmonares foram expressos tanto em litros (L) quanto em porcentagem (%). A caixa torácica foi dividida em três compartimentos: parede torácica pulmonar (VRC_p), abdominal (VRC_a) e abdome (Vab), e ainda, em subcompartimentos, representando tanto lado direito quanto o lado esquerdo (ALIVERTTI et al., 2002).

Dor em membro superior homolateral à lesão

A dor no membro superior homolateral à lesão foi avaliada por três instrumentos diferentes: o questionário *Douleur Neuropathique 4 Questions* (DN4), a Escala Visual Analógica (EVA) e o questionário de McGill.

A primeira é uma ferramenta padrão e validada para o diagnóstico de dor neuropática, sendo de fácil e rápida aplicação. Inclui quatro perguntas que consistem em descritores sensoriais e sinais relacionados ao exame sensorial à beira do leito que avaliam as características da dor, presença de outros sintomas dentro da área dolorosa, localização e etiologia da dor. Segundo Bouhassira et al., o ponto de corte para o diagnóstico de dor

neuropática é um escore total a partir de 4 pontos no DN4 que pode chegar até 10 pontos (BOUHASSIRA et al., 2005).

A EVA é uma escala simples, rápida de aplicar e de fácil compreensão para os pacientes, que precisam estimar a intensidade da dor que sofrem. Classifica-se com valores padrão entre “0” e “10”, sendo “0” a ausência total de dor e “10” a pior dor já experimentada, além de uma linha de 10 cm que se apresentam nos extremos as frases "ausência de dor" a “dor insuportável” (GIFT, 1989; JENSEN, 1994).

O questionário McGill, traduzido e validado para o Brasil, é um questionário aplicado verbalmente com o paciente e que descreve até 20 características para dor que o paciente pode vir relatar. Utiliza-se de dimensões bem definidas, como sensível-discriminativa, afetivo-motivacional e cognitivo-avaliativa (PIMENTA; TEIXEIRA, 1996). O escore final é dado por uma pontuação geral e que se correlaciona com as dimensões citadas acima.

A utilização dos questionários para avaliar o quadro algico ocorreu em dois momentos no pré-operatório e no pós-operatório de seis meses.

Função de membro superior lesionado

Foi utilizada a escala *Disabilities of the arm, shoulder and hand* (DASH) para avaliar as possíveis atividades funcionais realizadas pelo o paciente com os membros superiores. Nessa situação, as questões eram voltadas para impossibilitando do paciente em executar tarefas simples do cotidiano como comer, levar um copo à boca, vestir uma blusa e/ou tomar banho (RASULIC et al., 2017). A escala *DASH* variava de “1” a “5” scores , onde “1- significava “não houve dificuldade para realização da tarefa”, “2- houve pouca dificuldade para realização da tarefa”, “3- houve dificuldade média para realização da tarefa”, “4- houve muita dificuldade para realização da tarefa” e “5- não conseguia fazer a tarefa”. Quanto maior a pontuação na escala *DASH*, pior a função desempenhada por esse paciente. A aplicação dessa escala de função foi realizada em dois momentos no pré-operatório e no pós-operatório de seis meses, evitando o efeito de aprendizagem com o uso constante de escalas.

Avaliação postural estática

O simetrógrafo portátil (Sanny®, São Paulo, Brasil) foi utilizado para avaliar as alterações posturais do paciente com LPB traumático no pré-operatório e no pós-operatório de seis meses. O paciente era posicionado em ortostatismo, imediatamente em frente ao simetrógrafo e as imagens eram captadas por uma câmera fotográfica a uma distância de 2 m (nas vistas anterior, posterior, lateral direita e esquerda). Além das fotografias era feita uma

gravação de vídeo onde o paciente realizava o Teste de *Adams* para avaliar presença ou ausência de gibosidades na coluna vertebral (FERREIRA et al., 2009).

Capacidade funcional submáxima

O teste de caminhada de seis minutos (TC6min) foi utilizado para avaliar a capacidade funcional submáxima por meio da distância percorrida (em metros), de acordo com o protocolo estabelecido pela American Thoracic Society (ATS, 2002). Os sujeitos foram solicitados a caminhar o mais longe possível ao longo de um corredor em 30 metros. A cada minuto, frases padrão de encorajamento eram usadas. Os seguintes sinais vitais foram avaliados antes e após o TC6min frequência respiratória (FR), pressão arterial (PA) utilizando esfigmomanômetro manual e estetoscópio (Premium®, São Paulo, Brasil), saturação periférica de oxigênio (SpO₂) e frequência cardíaca (FC) utilizando um oxímetro de pulso (Onyx 9500®, Nonim Medical Inc, EUA) e percepção de esforço utilizando a Escala de Borg (BORG, 1982). Os valores previstos foram calculados usando a equação de Enright e Sherrill (1998).

Qualidade de vida

A avaliação da qualidade de vida foi realizada com auxílio do questionário *Quality of Life Instrument/spirituality, religion and personal beliefs (WHOQOL bref)* que além de avaliar a qualidade de vida, avalia saúde e outras áreas da vida do paciente. A pontuação para cada questão variou de “1” a “5” pontos, onde “1-significava nada”, “2-muito pouco”, “3-médio”, “4-muito” e “5-completamente”. Logo, quanto maior a pontuação, melhor seria a qualidade de vida desse paciente. A aplicação do questionário de qualidade de vida foi realizada apenas em dois momentos no pré-operatório e no pós-operatório de seis meses, evitando o efeito de aprendizagem de questionários.

Análise Estatística

Para a caracterização da amostra foram realizadas estatísticas descritivas como média, desvio padrão e intervalo de confiança para as variáveis quantitativas, e frequência para as variáveis categóricas. Inicialmente foi aplicado o teste de *Kolmogorov Smirnov* para verificar o tipo de distribuição das variáveis quantitativas e qualitativas. Para comparação dos saudáveis em dois momentos (inicial e após seis meses) e dos pacientes com LPB traumático a partir do pré-operatório, primeiro, terceiro e sexto meses de pós-operatório foram utilizados os testes ANOVA TWO WAY e ONE WAY, respectivamente com *post hoc de Bonferroni* uma

vez que a distribuição encontrada para todas as variáveis foi normal. O intervalo de confiança adotado foi de 95% e $p \leq 0,05$. Para gerenciar a estatística foi manuseado o software *Statistical Package for Social Sciences (SPSS)* versão 22.0

Resultados

Características gerais da população

A amostra foi formada por 43 indivíduos distribuídos em dois grupos: pacientes com lesão de plexo braquial traumático (LPBT) ($n = 23$) e o grupo de indivíduos saudáveis ($n = 20$), pareados por sexo, idade e IMC. A média de idade do grupo de pacientes com LPBT foi de 30 ± 7 anos e o grupo de saudáveis foi de 28 ± 5 anos ($p = 0,170$).

No decorrer do estudo, três pacientes que assinaram o TCLE e não puderam ser reavaliados foram considerados como perdas (um foi assassinado, outro preso e o último desistiram de continuar o estudo porque os horários de avaliações não se encaixavam com a sua rotina). Foi realizada imputação de dados para as perdas, considerando o pior desfecho.

A **figura 1** mostra o fluxograma de captação da amostra.

No grupo de pacientes com LPBT houve maior frequência de pacientes solteiros (65%), moradores do interior do estado (95%), com atividade laboral na agricultura (26%) e cujo meio de transporte era a motocicleta (100%). Apenas (26%) dos ex-fumante parou há $\pm$ um ano de fumar e esses, fumavam aproximadamente uma carteira por dia, segundo relato dos próprios pacientes.

As demais características da população estudada estão descritos na **tabela 1**.

Avaliações do sistema respiratório

Teste de função pulmonar

Desde o momento pré-operatório os pacientes com LPBT apresentavam tendência ao padrão restritivo quando comparados com indivíduos saudáveis observados pelos valores analisados dos dados espirométricos (**Tabela 2**).

Comparando os valores espirométricos entre o pré-operatório, primeiro, terceiro e sexto mês de pós-operatório do grupo de pacientes com LPBT e levando em conta a relação tempo, foi observada significância imediatamente no primeiro mês de pós-cirúrgico, para VEF₁ %pred ($p = 0,008$) e CVF %pred ($p = 0,015$), ou seja, uma redução de 8% em ambos os valores. Embora, tais valores retornem aos parâmetros existentes do pré-operatório, depois de

seis meses da cirurgia, ainda estão aquém do esperado em relação aos valores preditos. Demais dados espirométricos apresentados na **tabela 3**.

Força dos músculos respiratórios

Seguindo o mesmo tipo de análise, na força muscular respiratória do grupo de pacientes com LPBT entre o pré-operatório, primeiro, terceiro e sexto mês de pós-cirúrgico foi identificada significância no tempo em relação a PEmáx ($p = 0,014$), com ganho de aproximadamente 10% do período de pré-operatório para os seis meses de pós-cirúrgico, sendo o tamanho do efeito ($d \text{ Cohen} = 0,171$). Apesar desse ganho a PEmáx continuava 30% menor no grupo cirúrgico em relação aos valores previstos para essa população. Demais valores relacionados à força dos músculos respiratórios estão descritos nas **tabelas 2 e 3**.

Mobilidade e espessura diafragmática

Em relação à mobilidade diafragmática entre os indivíduos saudáveis não houve mudança significativa após seis meses da avaliação inicial. O grupo de pacientes com LPBT apresentou ganho de 9% na mobilidade diafragmática em seis meses de pós-operatório comparado ao pré-operatório ($p = 0,042$; $d \text{ Cohen} = 0,116$). Entretanto, apesar do ganho é possível observar que a mobilidade permanece 13% menor em relação ao grupo de saudáveis ($p = 0,017$) (**tabelas 2 e 3**).

A espessura diafragmática avaliada durante a manobra de CRF e de CPT, não apresentou diferença intragrupos para o grupo cirúrgico no pré-operatório, primeiro, terceiro e sexto mês de pós-operatório ($p = 0,132$; $d \text{ Cohen} = 0,240$) e ($p = 0,578$; $d \text{ Cohen} = 0,029$), respectivamente e nem, intergrupos, quando comparados aos grupos de indivíduos saudáveis avaliados após seis meses da avaliação inicial ($p = 0,067$; $d \text{ Cohen} = 0,079$) e ($p = 0,585$; $d \text{ Cohen} = 0,007$). Demais valores de mobilidade e espessura diafragmática descritos nas **tabelas 2 e 3**.

Distribuição da variação de volumes e capacidades pulmonares

Na manobra de respiração de repouso houve diminuição significativa do volume pulmonar tanto para a distribuição de variação de Vcw ($p = 0,004$) quanto VRCa ($p = 0,011$) do pré-operatório para seis meses de pós-operatório, logo, redução de 20% e 30% dos volumes pulmonares, respectivamente. Em relação ao grupo de saudáveis e o pós-operatório de seis meses do grupo com LPB traumático foi observada também uma diminuição da variação de distribuição do Vcw e VRCa de 12% e 28%, respectivamente. As interações

foram confirmadas com a análise de *post hoc de Bonferroni*, e encontrados os tamanhos de efeitos Vcw ($d \text{ Cohen} = 0,135$) e VRCa ($d \text{ Cohen} = 0,146$) (**Tabelas 4 e 5**).

Na manobra de capacidade inspiratória foi encontrada diminuição significativa dos volumes pulmonares em Vcw ($p = 0,002$) e Vab ($p = 0,003$), entre os tempos pré-operatório e um mês de pós-operatório, bem como, entre o pré-operatório e três meses de pós-operatório. Em relação aos saudáveis não foi encontrada significância.

Para as manobras de capacidade vital e com carga incremental inspiratória não houve interação no tempo. Os demais valores de variação da distribuição de volumes pulmonares em litros (L e %) encontram-se nas **tabelas 4 e 5**, e os volumes em porcentagem também se encontram na **figura 2**.

Avaliação das demais variáveis funcionais

Dor em membro superior homolateral à lesão

No grupo de pacientes com LPBT a intensidade da dor apresentou redução de 28% nos seis meses de pós-operatório quando comparada ao pré-operatório ($p = 0,001$), em relação à escala EVA. O tipo de dor, neuropática, foi reduzido em 16% nos seis meses de pós-operatório em proporção ao pré-operatório ($p = 0,001$), segundo DN4. De acordo com o questionário de McGill, foram observadas melhora nas características da dor no grupo de pacientes com LPBT reavaliada no período de seis meses pós-cirurgia com referência ao pré-operatório ($p = 0,001$). Demais dados relacionados ao quadro algico do grupo de pacientes com LPBT estão descritos na **figura 3**.

Função de membro superior acometido

Houve 10% de ganho da função do membro superior acometido, no grupo de pacientes com LPBT, avaliado por meio da escala *DASH*, na fase de seis meses de pós-operatório em relação ao pré-operatório ($p = 0,001$). Demais dados da função de membros superiores estão descritos na **figura 4**.

Postura corporal estática

Na comparação do pré-operatório com o pós-operatório de seis meses foi observada melhora no ajuste da inclinação da cabeça no grupo de pacientes com LPBT. Considerando que 82% dos pacientes apresentavam inclinação de cabeça para o mesmo lado da lesão no

pré-operatório, após os seis meses da cirurgia, restaram 60% desses com postura inadequada, ou seja, houve uma melhora na reorganização para inclinação de cabeça em 20%.

Nas demais posturas não foram observadas quaisquer alterações relevantes após os seis meses de cirurgia no grupo de pacientes com LPBT. Os demais dados da avaliação postural estão descritos na **tabela 6**.

Capacidade funcional submáxima

Ao analisar o grupo de pacientes com LPBT em relação a capacidade funcional submáxima foi observada significância da distância percorrida nos seis meses do pós-operatório em relação ao pré-operatório ($p = 0,004$; $d\text{ Cohen} = 0,200$), logo, ganho de 9% na distância percorrida, o que foi confirmado com análise de *post-hoc de Bonferroni*. Entretanto, o grupo cirúrgico permanecia com a distância percorrida aquém do predito, ou seja, 13% menor (**Tabela 2**).

Qualidade de vida

Na avaliação da qualidade de vida, por meio do *WHOQOL*, foi observado ganho significativo nos seis meses de pós-operatório em relação ao pré-operatório ($p = 0,001$) no grupo de pacientes com LPBT. Os demais dados de qualidade de vida encontram-se no **figura 5**.

Discussão

O estudo mostrou que no sistema respiratório, a neurotização com o nervo frênico utilizada na cirurgia de pacientes com LPB traumático trouxe repercussões positivas e que a técnica cirúrgica não causou morbidade adicional. Foi encontrada melhora na mobilidade e espessura diafragmática, na distribuição de variação dos volumes pulmonares, diminuição de dor e ganho de função em membro superior acometido, desempenho funcional e qualidade de vida.

Nossos pacientes apresentavam como perfil o padrão espirométrico restritivo antes da cirurgia, provavelmente por conta da lesão de plexo que repercute na caixa torácica, entretanto, acredita-se que com mais tempo de acompanhamento a função pulmonar possa melhorar com ganhos próximos dos valores normais. Entretanto, Chuang et al., também avaliou e acompanhou por 36 meses a função pulmonar de pacientes com LPB traumático

após cirurgia com o nervo frênico, constatando que os valores continuavam abaixo do normal (CHUANG et al., 2005).

Embora a literatura identifique que alterações na função pulmonar podem estar relacionadas com as mais diversas etiologias e dentre elas, a paralisia diafragmática, que é uma das principais causas, existem outras como: o tempo e o ato cirúrgico, o tipo de anestésicos, os analgésicos e a manipulação das vísceras (AULER JUNIOR et al., 2007). Porém, até mesmo a dor intensa no braço acometido pode ter refletido no medo por parte do paciente em se movimentar, fato esse relatado pelos pacientes no decorrer do estudo.

Foi observado que mesmo antes do processo cirúrgico os pacientes apresentaram receio em executar manobras de alto fluxo e inspirações e expirações profundas que são necessárias para avaliar a função muscular (ALIVERTTI et al, 1997). Isso pode ter ocasionado alteração de alguns resultados, e na tentativa de minimizar esse possível viés foi utilizado também outro tipo de manobra que não utilizava esforço máximo e sim, uma carga incremental inspiratória realizada com o dispositivo *power breath*® (KAGAYA et al., 2009).

Em relação, as forças musculares inspiratórias e expiratórias foram observadas ganho importante no grupo de pacientes com LPBT, apesar de esses valores estarem abaixo do previsto para essa população. Xu et al., em estudo que avaliou a força muscular respiratória de pacientes com LPB traumático por quatro anos encontrou também que os valores se mantiveram abaixo do normal (XU et al., 2005).

O ganho de mobilidade diafragmática encontrado após seis meses de cirurgia no grupo cirúrgico ocorreu provavelmente em consequência do aumento nas pressões inspiratórias, considerando que a mobilidade diafragmática depende diretamente da força dos músculos inspiratórios, impactando na mecânica respiratória (GOTTESTMAN; MCCOOL, 1990).

A plegia do membro homolateral associada à algia intensa (dor neuropática) ocasionando postura antálgica no grupo cirúrgico pode ter repercutido na biomecânica da caixa torácica. Essa diferença do padrão dos voluntários sadios em relação aos pacientes com LPB foi observada através da diferença na variação da distribuição dos volumes pulmonares, principalmente, no compartimento abdominal.

Nesse compartimento a ação do diafragma está presente, o que possibilita distribuição de maior quantidade de volume, uma vez que durante a inspiração, o seu centro tendíneo abaixa e consequentemente recebe pressão das vísceras abdominais. Diante disso, ele se torna um ponto fixo, as costelas inferiores se elevam a caixa torácica se expande, podendo aumentar consideravelmente seu volume (ALIVERTI, PEDOTTI, 2003).

Diante da cirurgia e com o passar dos meses, o processo algico reduz e pode

desaparecer em alguns casos. Após seis meses da cirurgia, a maioria dos pacientes adota postura corporal mais simétrica, como por exemplo, correção da inclinação da cabeça que outrora era para o mesmo lado da lesão. Apesar das alterações posturais estarem quase sempre presentes e trazerem repercussões importantes nos pacientes com LPB, esse tema é pouco explorado e apresenta baixa evidência científica na literatura.

Em relação à capacidade funcional submáxima, após seis meses de pós-operatório, houve incremento da distância percorrida e em relação à função de membro superior homolateral à lesão, houve maior comprometimento na realização das atividades de vida diária, além do melhor nível de confiança em si e nos outros, repercutindo positivamente na qualidade de vida desses pacientes. Esses resultados foram obtidos por meio do TC6min e dos questionários *DASH* e *WHOQOL*, respectivamente. Vale ressaltar que a não existência de estudos com esses desfechos nessa população impossibilitou um paralelo de nossas descobertas.

A limitação do estudo está relacionada com a avaliação da mobilidade do diafragma em hemicúpula direita, de acordo com o protocolo preconizado na literatura, nos respaldamos no estudo de MATAMIS et al., onde, nos afirma que apenas na paralisia completa do diafragma não são encontradas excursões e nem espessamento do músculo. No nosso estudo, não descartamos a possibilidade de paralisia unilateral, entretanto a pressão gerada pela hemicúpula contralateral fez com que a porção paralisada pudesse se mover (MATAMIS et al., 2013).

Apesar de alguns resultados terem sido influenciados pelo tempo de seis meses, outros desfechos podem requerer mais tempo de acompanhamento, entretanto, o que o estudo se propôs a fazer, ele conseguiu, por isso, é preciso considerar seus vários pontos fortes. Este é o maior conjunto de dados, até o momento, que inclui força e função pulmonar, mobilidade e espessura diafragmática, distribuição de volumes pulmonares por compartimentos e hemitórax, avaliação postural, algia e função de membro superior acometido, capacidade funcional e qualidade de vida, desde o pré-operatório até o sexto mês de pós-operatório de pacientes que receberam a neurotização com o nervo frênico.

Em conclusão, as repercussões benéficas da neurotização com o nervo frênico sobre o sistema respiratório e demais variáveis funcionais de pacientes com LPB traumática são consideradas demasiadamente relevantes, além de não causarem morbidades adicionais ao paciente. Sugere-se, portanto que ensaios clínicos controlados e randomizados, utilizando precocemente a fisioterapia, tanto respiratória quanto motora, possam ser desenvolvidos na

expectativa de otimizar os ganhos e proporcionar menor tempo de internação e menos gastos públicos com essa população.

Implicações clínicas

O estudo sinalizou que a própria lesão pode ocasionar diminuição dos valores pulmonares de pacientes com LPB. Outro ponto importante é que a técnica cirúrgica e si, não é fator agravante para diminuição dos parâmetros respiratórios que possa adicionar morbidades. E que, além de parâmetros funcionais retornarem a valores próximos do normal, com seis meses da cirurgia, benefícios como diminuição da dor, melhora de função e qualidade de vida já serão suficientes para indicação da técnica. E por fim, o estudo justifica a necessidade de propor condutas fisioterapêuticas para minimizar e tratar disfunções desde o pré-operatório e que pode acarretar em menor tempo de internação e menores gastos com a saúde em pacientes submetidas a este tipo de procedimento.

Conflito de interesse - Nenhum.

Agradecimentos - O estudo foi apoiado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

Referências

1. KOIZUMI, M. S. Padrão das lesões nas vítimas de acidentes de motocicleta. **Rev Saúde Publ.** v. 26, n. 5, 1992.
2. REICHENHEIM, M.E. et al. Violência e Lesões no Brasil: efeitos, avanços alcançados e desafios futuros. **Saúde no Brasil.** v. 5, p. 75-89, 2011.
3. CARVALHO, C. H. R. **Estatística IPEA** – Mortes por Acidentes com Transporte no Brasil: análise dos sistemas de informação do Ministério da Saúde. Rio de Janeiro, julho 2016.
4. SOCOLOVSKY, M. 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, 2015.
5. LIU, Y.; LAO, J.; GAO, K.; GU, Y.; & ZHAO, X. 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, 2014.
6. SIQUEIRA, M. G.; MARTINS, R. S. Phrenic nerve transfer in the restoration of elbow flexion in brachial plexus avulsion injuries: how effective and safe is it? **Neurosurgery**, v. 65, n. 4, p. 125-131, 2009.
7. CARDOSO, M. M.; GEPP, R.; CORREA, F. G. Outcome following phrenic nerve transfer to musculocutaneous nerve in patients with traumatic brachial palsy: a qualitative systematic review. **Acta Neurocirurgica**, v. 158, n. 9, 1793-800, 2016.
8. FUZARI, H.K.B.; DORNELAS DE ANDRADE, A.; Renata Janaina Pereira de SOUZA, R. J. P.; BERNARDINO, S. N.; SOUZA, F. H. M.; SARMENTO, A.; OLIVEIRA, D. A. Epidemiological profile of patients with peripheral nerve injury in the public hospital of Pernambuco/Brazil. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*. 2019 (no prelo).
9. AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 166, n. 4, p. 518–624, 2002.
10. PEREIRA, C.A.C.; SATO, T.; RODRIGUES, S.C. Novos valores de referência para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. **Journal Brasileiro de Pneumologia**, v. 33, n. 4, p. 397-406, 2007.
11. TESTA, A.; SOLDATI, G.; GIANNUZZI, R.; BERARDI, S.; PORTALE, A.; GENTILONI, S. N. Ultrasound m-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects. **Ultrasound Medicine Biology**, v. 37, n. 1, p. 44-52, 2011.
12. TESTA, A.; SOLDATI, G.; GIANNUZZI, R.; BERARDI, S.; PORTALE, A.; GENTILONI, S. N. Ultrasound m-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects. **Ultrasound Medicine Biology**, v. 37, n. 1, p. 44-52, 2011.

13. ALIVERTI, A.; PEDOTTI, A. Opto-Electronica Plethysmography. **Monaldi Archives for Chest Disease**, v. 59, p. 12-16, 2003.
14. PARREIRA, V. F.; VIEIRA, D. S. R.; MYRRHA, M. A. C.; PESSOA, I. M. B. S.; LAGE, S. M.; BRITTO, R. R. Optoelectronic plethysmography: a Review of the literature. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 16, n. 6, p. 439-453, 2012.
15. KAGAYA, H.; TAKAHASHI, H.; SUGAWARA, K.; KASAI, C.; KYOIKAWA, N.; SIYOYA, T. Effective home-based pulmonary rehabilitation in Patients with restrictive lung disease. **Tohoku Journal of Experimental Medicine**, v. 218, p. 215-219, 2009.
16. ALIVERTI, A. et al. Respiratory muscle dynamics and control during exercise with externally imposed expiratory flow limitation. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, p. 1953-1963, 2002.
17. BOUHASSIRA, D.; ATTALA, N.; ALCHAARB, H.; BOUREAUC F.; BROCHETD, B.; BRUXELLEE J.; CUNINF, G.; FERMANIANG, J.; GINIESH P.; GRUN-OVERDYKINGI A.; JAFARI-SCHLUEPI H.; LANTE'RI-MINETB M.; LAURENTJ, B.; MICKK, G.; SERRIEF, A.; VALADEF, D.; VICAUTL, E. Comparison of pain syndromes associated with nervous or somatic lesions and development of a new neuropathic pain diagnostic questionnaire (DN4). **Pain**, v. 114, p. 29-36, 2005.
18. GIFT AG. Visual analogue scales: measurement of subjective phenomena. **Nurs Res** v. 38, p. 286-8, 1989.
19. JENSEN MP, TURNER JA, ROMANO JM. What is the maximum number of levels needed in pain intensity measurement. **Pain** v. 58, p. 387-92, 1994.
20. PIMENTA, C. A. M.; TEIXEIRA, M. J. Questionário de dor McGill: proposta de adaptação para a língua portuguesa. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 30, n. 3, p. 473-483, 1996.
- 2.1 RASULIĆ, L.; SAVIĆ, R.; ŽIVKOVIĆ, B.; VITOŠEVIĆ, F.; MIĆOVIĆ, M.; BAŠČAREVIĆ, V.; PUZOVIĆ, V.; NOVAKOVIĆ, N.; LEPIĆ, M.;SAMARDŽIĆ, M.; MANDIĆ-RAJČEVIĆ, S. Outcome after brachial plexus injury surgery and impact on quality of life Acta **Neurochirurgica**, n. 159, p. 1257-1264, 2017.
22. FERREIRA, D. M. A.; SUGUIKAWA, T. R.; PACHIONI, C. A, S.; FREGONESI C. E. P. T.; CAMARGO, T. R. School screening for scoliosis: action for early diagnosis. **Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano**. v. 19, n. 3, p. 357-368, 2009.
23. BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion, **Medicine and Science in Sport and Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377-381, 1982.
24. ENRIGHT, P. L.; SHERRILL, D. L. Reference equation for the six-minute walk in healthy adults. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**. v. 158, n. 5, p. 1384-1387, 1998.
25. CHUANG, M. L.; CHUANG, D. C. C.; LIN, I. F.; VINTCH, J. R. E.; KER, J. J. W.,; TSAO, T. C. Y. Ventilation and exercise performance after phrenic nerve and multiple

intercostal nerve transfers for avulsed brachial plexus injury. **Chest**, v. 128, n. 5, p. 3434-39, 2005.

26. AULER JUNIOR, José Otávio Costa et al . Ventilação mecânica no intra-operatório. **J. bras. pneumol.** v. 33, supl. 2, p. 137-141, 2007.

27. ALIVERTI, A.; CALA, S. J.; DURANTI, R.; FERRIGNO, G.; KENYON, C. M.; PEDOTTI, A.; SCANO, G.; SLIWINSKI, P.; MACKLEM, P.T.; YAN, S.; Human respiratory muscle actions and control during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 83, p. 1256–1269, 1997.

28. XU, W. D.; GU, Y. D.; LIU, J. B.; YU, C.; ZHANG, C. G.; XU, J. G. Pulmonary function after complete unilateral phrenic nerve transection. **Journal of Neurosurgery**, v. 103, p. 464–467, 2005.

29. GOTTESMAN, E.; MCCOOL F. D. Ultrasound evaluation of the paralyzed diaphragm. **Am J Respir Crit Care Med.** v.155, n. 5, p. 1570-4, 1997.

30. RODRIGUES, D.; VIEGAS, M. L. C.; ROGERIO, J. C.; PEREIRA, E. L. R. et al. Tratamento cirúrgico das lesões traumáticas do plexo braquial. **Arquivos Brasileiros de Neurocirurgia**, v. 33, n.2, p. 125-131, 2014.

31. MATAMIS, D.; SOILEMEZI, E.; TSAGOURIAS, M.; AKOUMIANAKI, E.; DIMASSI, S.; BOROLI, F.; RICHARD, J. M.; BROCHARD, L. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications, **Intensive Care Medicine**, v. 39, p. 801–810, 2013.

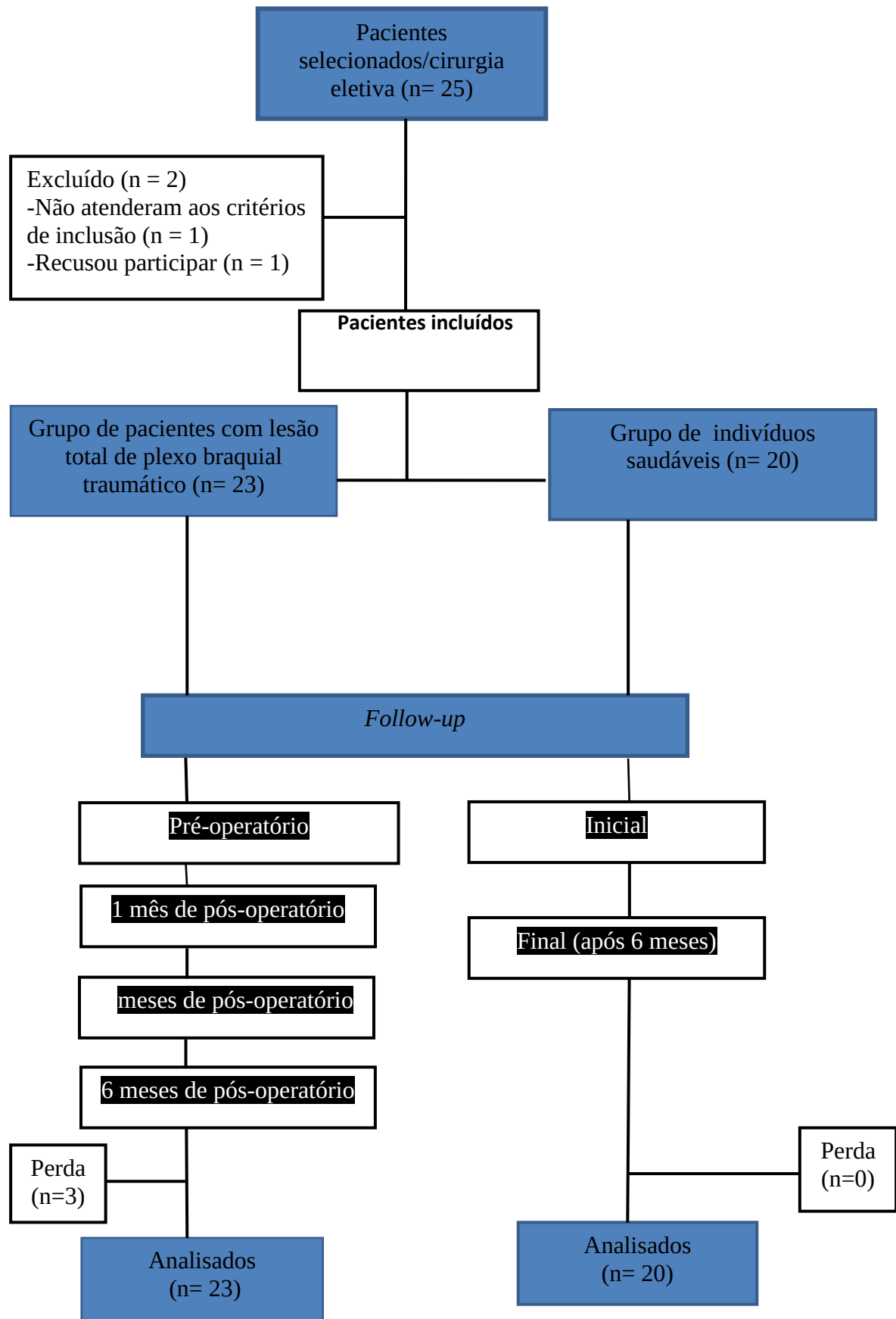
Legenda de Figuras

Figura 1 - Fluxograma de captação e acompanhamento dos participantes do estudo.

Figura 2 – Acompanhamento da distribuição dos volumes pulmonares (valores relativos) entre o grupo de pacientes com lesão traumática de plexo braquial (pré-operatório, um, três e seis meses de pós-operatório) e o grupo de indivíduos saudáveis (inicial e final com 6 meses).

Figura 3 – Quantificação da dor nos pacientes com lesão de plexo braquial traumático nos períodos de pré-operatório e seis meses de pós-cirurgia avaliados por meio das escalas EVA e dos questionários *DN4* e *McGILL*.

Figura 4 – Quantificação da função de membro superior homolateral à lesão e da qualidade de vida nos pacientes com lesão de plexo braquial traumático nos períodos de pré-operatório e seis meses de pós-cirurgia avaliados por meio dos questionários *DASH* e *WHOQOL-bref*, respectivamente.

**Figura 1:**

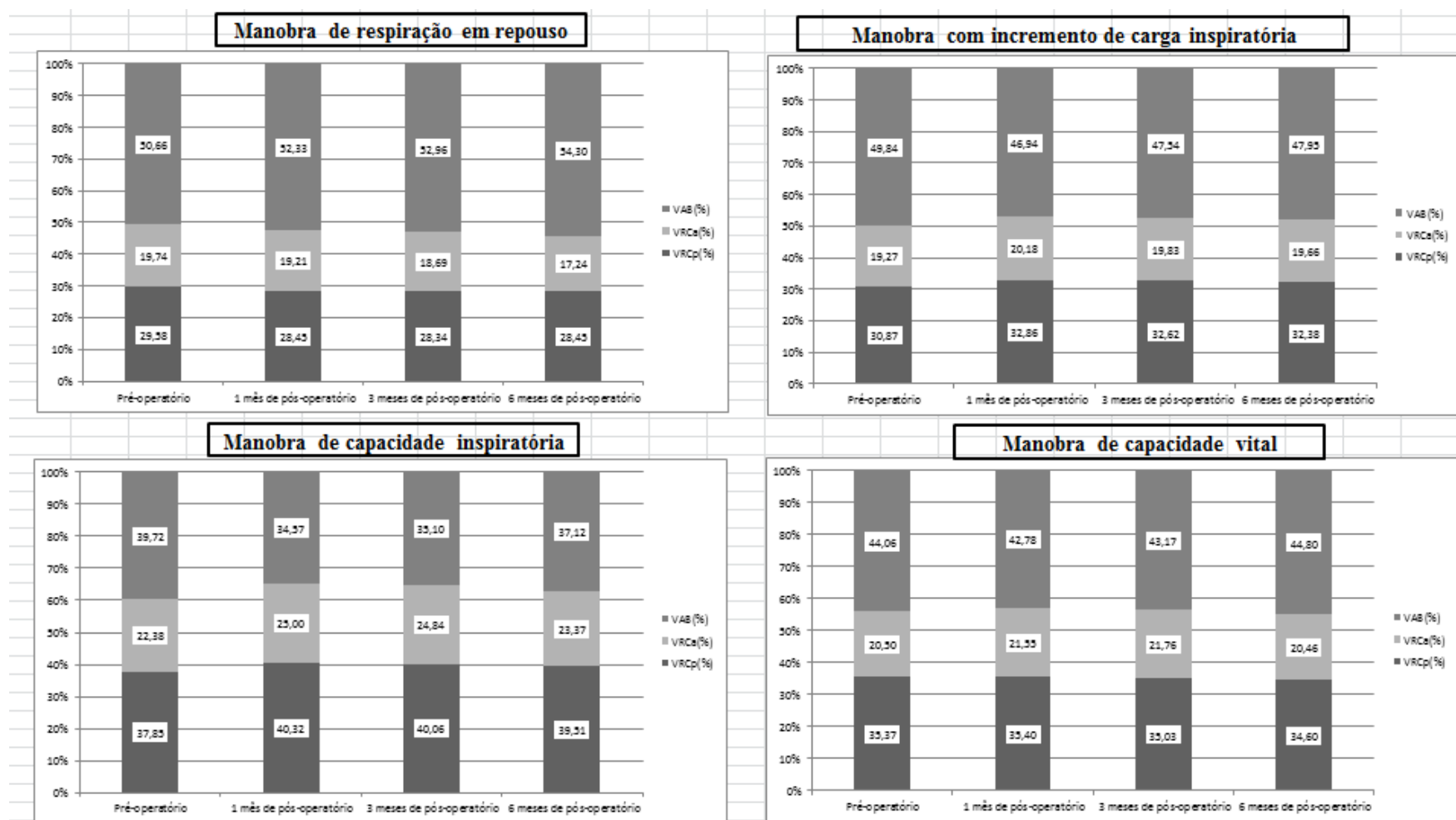
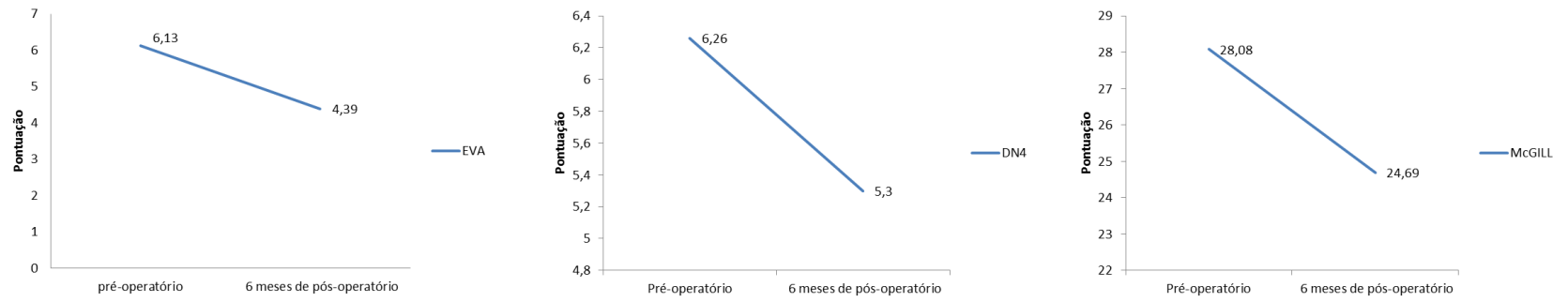


Figura 2

**Figura 3**

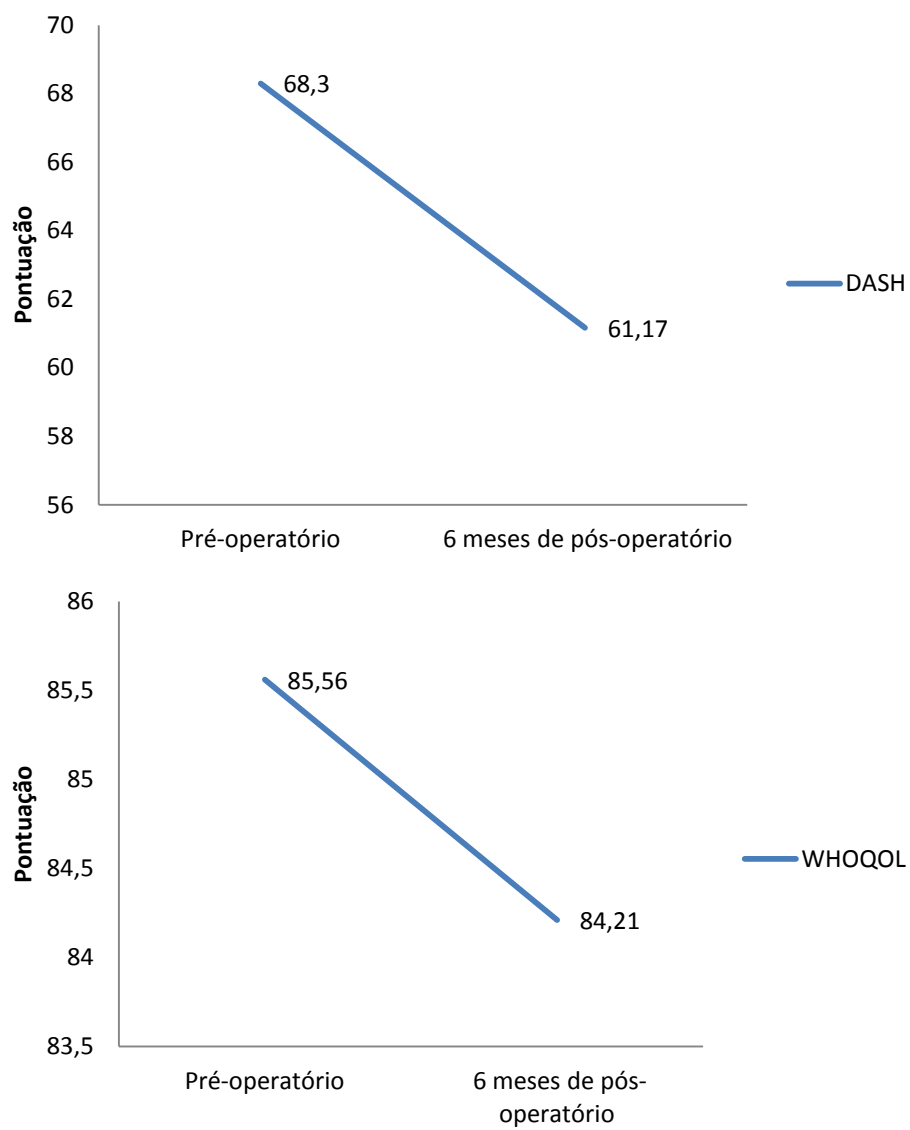
**Figura 4**

Tabela 1 - Características básicas dos indivíduos participantes do estudo

	Grupo LPBT(n=23) média±DP frequência (%)	Grupo saúdáveis(n=20) média±DP frequência (%)	IC 95%		p valor
Sexo					
Idade (anos)	30±7	28±5	-1,16	6,14	0,17
Peso (Kg)	68±12	75±9	-13,47	0,3	0,063
Altura(m)	1,69±0,06	1,75±0,05	-0,09	-0,02	<0,001
IMC(Kg/m ²)	23,79±3,49	24,19±2,51	-2,34	1,42	0,615
Tempo de lesão (meses)	6±2	N.A.	4,89	6,8	0,067
Sexo					
Masculino	23 (100)	20 (100)			
Lado dominante					
Esquerdo	1 (4)	1 (5)			
Direito	22 (96)	19 (95)			
Estado civil					
Solteiro	15 (65)	17 (85)			
Casado	8 (35)	3 (15)			
Nível cognitivo					
Analfabeto	1 (4)	x			
1 a 8 anos de estudo	4 (18)	x			
> 9 anos de estudo	18 (78)	20 (100)			
Escolaridade					
Primário ao médio	21 (91)	2 (10)			
Superior (incomp/compl)	2 (9)	18 (90)			
Profissão					
Agricultor	6 (26)	x			
Estudante	1 (4)	18 (90)			
Outros	16 (70)	2 (10)			
Nível de atividade física					
Sedentário	22 (96)	12 (60)			
Irregular Ativo	1 (4)	8 (40)			
Comorbidades					
Ex-fumante	6 (26)	x			
Fumante passivo	1 (4)	x			
Nega	16 (70)	20 (100)			
Medicações					
Para dor	13 (56)	x			
Para dor e depressão	2 (9)	x			
Nega	8 (35)	20 (100)			
Causa da lesão					
moto	23 (100)	N.A.			
Lado da lesão					
Esquerdo	16 (70)	N.A.			
Direito	7 (30)	N.A.			

Tabela 2 - Desfechos de função pulmonar, força dos músculos respiratórios, mobilidade e espessura diafragmática e capacidade funcional dos pacientes com lesão de plexo braquial traumático (LPBT) no pré-operatório e seis meses de pós-operatório e dos indivíduos saudáveis no início e ao final dos seis meses da avaliação.

Desfecho	Grupos				Diferenças nos grupos		Diferenças entre os grupos final menos final				Tamanho do efeito	p valor
	Inicial		Final		LPBT final menos inicial	saudável final menos inicial	LPBT menos saudável		IC			
	LPBT (n=23)	saudável (n=20)	LPBT(n=23)	saudável (n=20)			média					
	média=DP	média=DP	média=DP	média=DP								
Função pulmonar												
VEF ₁ (L)	3,09 ± 0,48	3,82 ± 0,47	3,00 ± 0,68	3,88 ± 0,44	-0,09	0,06	-0,88	-1,11	a	-0,49	0,041	0,19
VEF ₁ (%pred)	77,47 ± 14,15	83,40 ± 9,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,297
CVF (L)	3,69 ± 0,59	4,68 ± 0,66	3,59 ± 0,70	4,68 ± 0,62	-0,10	0,00	-1,09	-1,43	a	-0,66	0,019	0,373
CVF (%pred)	78,21 ± 11,82	89,00 ± 8,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,225
PFE (L)	5,81 ± 1,59	8,33 ± 0,92	5,68 ± 1,88	8,35 ± 0,90	-0,13	0,02	-2,67	-3,38	a	-1,79	0,66	0,005*
PFE (%pred)	55,43 ± 17,20	72,75 ± 8,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,004*
VEF ₁ /CVF	85,00 ± 8,91	80,80 ± 7,77	84,00 ± 7,81	81,15 ± 7,67	-1,00	0,35	2,85	-1,57	a	7,84	0,597	0,007*
VEF ₁ /CVF (%pred)	98,82 ± 9,91	94,95 ± 9,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,004*
Força dos músculos da respiração												
PIMAX(cmH ₂ O)	83,78 ± 23,90	120,85 ± 22,42	92,21 ± 27,51	120,95 ± 21,64	8,43	0,10	-28,74	78,25	a	97,74	0,090	0,051
PIMAX(%pred)	42,86 ± 12,45	61,10 ± 11,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,055
PEMAX(cmH ₂ O)	97,73 ± 25,37	135,15 ± 26,47	107,78 ± 18,98	134,95 ± 24,73	10,05	-0,20	-27,17	-46,43	a	-18,15	0,122	0,022*
PEMAX(%pred)	63,21 ± 21,73	90,30 ± 18,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,025*
Ultrassonografia diafragmática												
Mobilidade (mm)	52,60 ± 8,61	66,76 ± 9,45	57,01 ± 12,38	66,30 ± 9,38	4,41	-0,46	-9,29	-17,64	a	-5,80	0,131	0,017*
Espessura_CRF (mm)	2,58 ± 0,66	2,75 ± 0,66	2,29 ± 0,50	2,74 ± 0,60	-0,29	-0,01	-0,45	-0,65	a	0,03	0,079	0,067
Espessura_CPT (mm)	4,14 ± 1,25	4,11 ± 0,87	4,18 ± 1,00	3,99 ± 0,86	0,04	-0,12	0,19	-0,44	a	0,66	0,007	0,585
Capacidade funcional submáxima												
DP predita (m)	458,44 ± 68,33	583,96 ± 64,38	505,00 ± 40,63	585,70 ± 63,57	46,56	1,75	-80,70	-138,76	a	-67,50	0,200	0,004*
DP (%pred)	65,55 ± 10,37	78,10 ± 12,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,003*

* p ≤ 0,05, Anova two way; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF: capacidade vital final; PFE: pico de fluxo expiratório; VEF₁/CVF índice de Tiffenau; PIMAX: pressão inspiratória máxima; PEMAX: pressão expiratória máxima; CRF: capacidade residual funcional; CPT: capacidade pulmonar total; %pred:

Tabela 3 - Desfechos de função pulmonar, força dos músculos respiratórios, mobilidade e espessura diafragmática dos pacientes com lesão de plexo braquial traumático no pré-operatório, um, três e seis meses de pós-operatório.

Variável	Pré-operatório (n=23)			1 mês de pós- operatório (n=23)			3 meses de pós- operatório (n=23)			6 meses de pós- operatório (n=23)			Tamanho do efeito	p valor
Desfecho	Média	±	DP	Média	±	DP	Média	±	DP	Média	±	DP		
Função pulmonar														
VEF ₁ (L)	3,09	±	0,47	2,83	±	0,65	2,92	±	0,72	3,00	±	0,68	0,152	0,029*
VEF ₁ (%)	77,47	±	14,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,008*
CVF(L)	3,68	±	0,58	3,41	±	0,8	3,41	±	0,78	3,58	±	0,69	0,03	0,063
CVF(%)	78,21	±	11,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,015*
PFE(L)	5,81	±	1,59	5,43	±	1,63	5,85	±	1,83	5,68	±	1,88	0,034	0,508
PFE(%)	55,43	±	17,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,475
VEF ₁ /CVF	84,34	±	8,93	83,52	±	9,8	85,39	±	7,66	83,86	±	7,64	0,035	0,496
VEF ₁ /CVF(%)	98,82	±	9,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,320
Força respiratória														
PIMÁX(cmH ₂ O)	102,31	±	27,03	103,16	±	26,87	104,05	±	28,3	106,53	±	29,03	0,191	0,228
PIMÁX(%PRED)	42,66	±	12,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,233
PEMÁX(cmH ₂ O)	97,73	±	25,37	100,26	±	23,26	104,73	±	21,07	107,78	±	18,98	0,171	0,014**
PEMÁX(%PRED)	63,21	±	21,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,193
Diafragma														
Mobilidade (mm)	52,42	±	8,78	53,94	±	11,52	54,84	±	12,99	57,02	±	12,67	0,116	0,042**
Espessura na CRF (mm)	2,58	±	0,66	2,26	±	0,6	2,23	±	0,6	2,29	±	0,5	0,240	0,132
Espessura na CPT (mm)	4,14	±	1,25	3,26	±	1,18	4,15	±	1,39	4,18	±	1	0,029	0,578

One way de medidas repetidas; LPB1: lesão de plexo braquial traumático; PO: pós-operatório; *significância entre o pré-operatório com 1 mês de pós-operatório;

**significância entre o pré-operatório e os 6 meses de pós-operatório; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF: capacidade vital final; PFE: pico de fluxo expiratório; VEF₁/CVF: índice de tiffenau; PIMÁX: pressão inspiratória máxima; PEMÁX: pressão expiratória máxima; CRF: capacidade residual funcional; CPT: capacidade pulmonar total; %pred: porcentagem do predito; MD: média; DP: desvio padrão.

Tabela 4 - Acompanhamento da distribuição de volumes pulmonares de pacientes com lesão de plexo braquial traumático no pré-operatório e 6 meses de pós-operatório comparado com os indivíduos saudáveis no início e após 6 meses da avaliação inicial.

Defeito	Grupos				Diferenças nos grupos		Diferenças entre os grupos		Tamanho do efeito	p valor	
	Inicial		Final		LPBT	saudável	final menos final				
	LPBT (n=23)	saudável (n=20)	LPBT(n=23)	saudável (n=20)			LPBT menos	saudável			
mediana±DP	mediana±DP	mediana±DP	mediana±DP	final menos inicial	final menos inicial	mediana	IC				
Respiração repouso											
ΔV _{cw} (L)	0,732 ± 0,201	0,710 ± 0,267	0,584 ± 0,182	0,665 ± 0,262	-0,148	-0,045	-0,081	-0,167 a	0,101	0,135	0,034*
ΔV _{RCp} (L)	0,210 ± 0,061	0,279 ± 0,134	0,163 ± 0,063	0,262 ± 0,125	-0,047	-0,017	-0,099	-0,142 a	-0,025	0,060	0,112
ΔV _{RCa} (L)	0,142 ± 0,050	0,133 ± 0,059	0,090 ± 0,037	0,126 ± 0,063	-0,052	-0,007	-0,036	-0,039 a	0,020	0,146	0,012*
ΔV _{ab} (L)	0,379 ± 0,15	0,304 ± 0,130	0,322 ± 0,137	0,277 ± 0,127	-0,057	-0,027	0,045	-0,021 a	0,142	0,039	0,203
RC _p (%)	29,58 ± 7,92	38,10 ± 9,43	28,48 ± 9,07	39,38 ± 11,08	-1,10	1,28	-10,90	-15,16 a	-4,28	0,037	0,217
RC _a (%)	19,74 ± 5,15	18,77 ± 5,36	17,24 ± 4,37	18,79 ± 5,49	-2,50	0,02	-1,55	-3,16 a	2,59	0,090	0,05*
AB(%)	50,66 ± 11,28	43,11 ± 11,70	54,30 ± 11,06	41,82 ± 12,47	3,64	-1,29	12,48	3,29 a	16,73	0,089	0,052
Carga incremental											
ΔV _{cw} (L)	1,310 ± 0,520	1,289 ± 0,448	1,410 ± 0,700	1,290 ± 0,430	0,100	0,001	0,120	-0,230 a	0,370	0,013	0,475
ΔV _{RCp} (L)	0,410 ± 0,230	0,520 ± 0,230	0,470 ± 0,310	0,520 ± 0,220	0,060	0,000	-0,050	-0,233 a	0,069	0,022	0,339
ΔV _{RCa} (L)	0,250 ± 0,110	0,230 ± 0,110	0,280 ± 0,180	0,240 ± 0,110	0,030	0,010	0,040	-0,049 a	0,101	0,009	0,542
ΔV _{ab} (L)	0,640 ± 0,260	0,520 ± 0,210	0,660 ± 0,280	0,520 ± 0,200	0,020	0,000	0,140	-0,013 a	0,261	0,002	0,754
RC _p (%)	30,87 ± 9,12	39,26 ± 11,18	32,38 ± 9,55	39,34 ± 10,23	1,51	0,08	-6,96	-13,65 a	-1,69	0,021	0,356
RC _a (%)	19,27 ± 4,53	18,16 ± 5,20	19,66 ± 5,32	18,45 ± 5,27	0,39	0,29	1,21	-1,69 a	4,00	0,001	0,941
AB(%)	49,84 ± 9,98	42,56 ± 13,71	47,95 ± 10,78	42,19 ± 13,24	-1,89	-0,37	5,76	-0,57 a	13,61	0,015	0,439
Capacidade inspiratória											
ΔV _{cw} (L)	2,080 ± 0,450	2,600 ± 0,560	1,960 ± 0,400	2,520 ± 0,510	-0,120	-0,080	-0,560	-0,826 a	-0,246	0,008	0,570
ΔV _{RCp} (L)	0,790 ± 0,260	1,260 ± 0,470	0,770 ± 0,260	1,220 ± 0,440	-0,020	-0,040	-0,450	-0,68 a	-0,23	0,009	0,556
ΔV _{RCa} (L)	0,460 ± 0,130	0,590 ± 0,170	0,450 ± 0,120	0,560 ± 0,160	-0,010	-0,030	-0,110	-0,200 a	-0,020	0,008	0,569
ΔV _{ab} (L)	0,820 ± 0,230	0,740 ± 0,280	0,720 ± 0,310	0,730 ± 0,290	-0,100	-0,010	-0,010	-0,120 a	0,198	0,036	0,223
RC _p (%)	37,90 ± 10,10	48,60 ± 14,20	39,29 ± 11,10	39,50 ± 11,20	1,39	-9,10	-0,21	-2,13 a	0,122	0,333	0,531
RC _a (%)	22,40 ± 4,90	22,70 ± 5,10	22,96 ± 6,10	23,40 ± 6,20	0,56	0,70	-0,44	-1,44 a	1,64	0,425	0,663
AB(%)	39,70 ± 11,00	28,80 ± 8,40	36,73 ± 10,30	37,10 ± 10,70	-2,97	8,30	-0,37	-1,74 a	-1,84	0,611	0,801
Capacidade vital											
ΔV _{cw} (L)	3,000 ± 0,800	3,770 ± 0,780	2,840 ± 0,620	3,690 ± 0,760	-0,160	-0,080	-0,850	-1,240 a	-0,370	0,006	0,612
ΔV _{RCp} (L)	1,060 ± 0,370	1,630 ± 0,550	0,980 ± 0,310	1,600 ± 0,560	-0,080	-0,030	-0,620	-0,860 a	-0,320	0,008	0,566
ΔV _{RCa} (L)	0,610 ± 0,170	0,750 ± 0,220	0,580 ± 0,190	0,730 ± 0,210	-0,030	-0,020	-0,150	-0,250 a	-0,028	0,001	0,839
ΔV _{ab} (L)	1,320 ± 0,410	1,380 ± 0,320	1,270 ± 0,340	1,350 ± 0,320	-0,050	-0,030	-0,080	-0,260 a	0,120	0,001	0,809
RC _p (%)	35,40 ± 8,40	43,30 ± 11,00	34,51 ± 7,90	34,60 ± 8,00	-0,89	-8,70	-0,09	-1,13 a	1,13	0,022	0,721
RC _a (%)	20,50 ± 3,60	20,00 ± 3,40	20,42 ± 3,60	20,50 ± 3,70	-0,08	0,50	-0,08	-1,36 a	1,12	0,342	0,654
AB(%)	44,10 ± 11,20	36,60 ± 8,60	44,72 ± 12,30	44,80 ± 12,50	0,62	8,20	-0,08	-1,22 a	1,31	0,523	0,578

Anova two way de medidas repetidas; *pré-operatório e 6 meses de pós-operatório; Vcu: volume total da caixa torácica; VRCP: volume da caixa torácica pulmonar; VRCa: volume do compartimento abdominal; Vab: volume do abdome; MD: média; DP: desvio padrão

Tabela 5 - Acompanhamento da distribuição de volumes pulmonares de pacientes com lesão de plexo braquial traumático desde o pré-operatório, um, três e seis meses de pós-operatório.

	Pré-operatório (n=23)		1 mês de PO (n=23)		3 meses de PO (n=23)		6 meses de PO (n=23)		Tamanho do efeito	P valor
Respiração repouso	MD	DP	MD	DP	MD	DP	MD	DP		
ΔVcw(L)	0,732 ±	0,201	0,684 ±	0,274	0,692 ±	0,298	0,584 ±	0,182	0,316	0,004*
ΔVRCp(L)	0,210 ±	0,061	0,190 ±	0,080	0,193 ±	0,008	0,163 ±	0,063	0,099	0,075
ΔVRCa(L)	0,142 ±	0,050	0,130 ±	0,062	0,127 ±	0,065	0,098 ±	0,037	0,154	0,011*
ΔVab(L)	0,379 ±	0,130	0,364 ±	0,173	0,370 ±	0,190	0,322 ±	0,137	0,860	0,114
RCp(%)	29,58 ±	7,92	28,45 ±	8,79	28,34 ±	7,90	28,45 ±	9,07	0,016	0,786
RCa(%)	19,74 ±	5,15	19,21 ±	5,17	18,69 ±	5,22	17,24 ±	4,37	0,116	0,080
AB(%)	50,66 ±	11,28	52,33 ±	11,05	52,96 ±	10,22	54,30 ±	11,06	0,061	0,241
Carga incremental										
ΔVcw(L)	1,310 ±	0,526	1,266 ±	0,446	1,314 ±	0,578	1,419 ±	0,700	0,016	0,534
ΔVRCp(L)	0,414 ±	0,233	0,431 ±	0,244	0,437 ±	0,252	0,474 ±	0,315	0,013	0,570
ΔVRCa(L)	0,253 ±	0,114	0,261 ±	0,128	0,257 ±	0,122	0,282 ±	0,183	0,008	0,759
ΔVab(L)	0,642 ±	0,268	0,573 ±	0,190	0,620 ±	0,275	0,662 ±	0,282	0,008	0,316
RCp(%)	30,87 ±	9,26	32,86 ±	10,39	32,62 ±	8,80	32,38 ±	9,55	0,019	0,348
RCa(%)	19,27 ±	4,53	20,18 ±	5,20	19,83 ±	5,17	19,66 ±	5,32	0,007	0,764
AB(%)	49,84 ±	9,98	46,94 ±	12,10	47,54 ±	9,09	47,95 ±	10,78	0,026	0,350
Capacidade inspiratória										
ΔVcw(L)	2,087 ±	0,458	1,912 ±	0,496	1,872 ±	0,462	1,964 ±	0,406	0,205	0,002**
ΔVRCp(L)	0,790 ±	0,260	0,771 ±	0,261	0,750 ±	0,263	0,776 ±	0,262	0,024	0,656
ΔVRCa(L)	0,467 ±	0,136	0,478 ±	0,161	0,465 ±	0,142	0,459 ±	0,120	0,012	0,841
ΔVab(L)	0,829 ±	0,230	0,661 ±	0,285	0,657 ±	0,263	0,729 ±	0,311	0,185	0,003#
RCp(%)	37,85 ±	10,10	40,32 ±	9,70	40,06 ±	12,30	39,51 ±	11,10	0,022	0,063
RCa(%)	22,38 ±	4,90	25,00 ±	7,70	24,84 ±	6,70	23,37 ±	6,10	0,033	0,732
AB(%)	39,72 ±	11,00	34,57 ±	8,20	35,10 ±	8,20	37,12 ±	10,30	0,032	0,661
Capacidade vital										
ΔVcw(L)	3,005 ±	0,809	2,789 ±	0,649	2,789 ±	0,739	2,844 ±	0,624	0,070	0,185
ΔVRCp(L)	1,063 ±	0,379	0,987 ±	0,310	0,977 ±	0,3431	0,984 ±	0,318	0,025	0,321
ΔVRCa(L)	0,616 ±	0,172	0,601 ±	0,201	0,607 ±	0,207	0,582 ±	0,193	0,013	0,778
ΔVab(L)	1,324 ±	0,414	1,193 ±	0,335	1,204 ±	0,344	1,274 ±	0,342	0,063	0,228
RCp(%)	35,37 ±	8,40	35,40 ±	8,40	35,03 ±	8,00	34,60 ±	7,90	0,031	0,711
RCa(%)	20,50 ±	3,60	21,55 ±	3,90	21,76 ±	4,10	20,46 ±	3,60	0,042	0,340
AB(%)	44,06 ±	11,20	42,78 ±	10,40	43,17 ±	11,00	44,80 ±	12,30	0,013	0,655

One way de medidas repetidas; *pré-operatório e 1 mês de pós-operatório; **1 mês com 3 meses de pós-operatório; #pré-operatório e 3 meses de pós-operatório; PO: pós-operatório; Vcw: volume total da caixa torácica; VRCp: volume da caixa torácica pulmonar; VRCa: volume do compartimento abdominal; Vab: volume do abdome; MD: média; DP: desvio padrão

Tabela 6 - Desfechos da avaliação postural

Desfecho	Grupos							
	Inicial				Final			
	LPBT (n=23)		saudável (n=20)		LPBT (n=23)		saudável (n=20)	
	frequência (%)		frequência (%)		frequência (%)		frequência (%)	
Inclinação da cabeça								
a direita	7	30	3	15	6	26	3	15
a esquerda	12	52	x	x	8	35	x	x
sem inclinação	4	17	17	85	9	39	17	85
Hipermobilidade escapular								
a direita	7	30	x	x	7	30	x	x
a esquerda	14	61	x	x	12	52	x	x
sem hipermobilidade	2	9	20	100	4	18	20	100
Posição das mãos								
neutras	6	26	20	100	4	17	20	100
uma mão rodada	17	74	x	x	19	83	x	x
Teste de Adams								
gibosidade a direita	4	17	3	15	4	17	3	15
gibosidade a esquerda	9	39	x	x	6	26	x	x
sem gibosidade	10	43	17	85	13	57	17	85

LPBT: lesão de plexo braquial traumático

APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE NEUROPSIQUIATRIA E CIÊNCIAS DO COMPORTAMENTO
NÍVEL DOUTORADO**



**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS - Resolução 466/12)**

Convidamos o(a) sr.(a) para participar como voluntário(a) da pesquisa “REPERCUSSÕES DA LESÃO TRAUMÁTICA TOTAL DO PLEXO BRAQUIAL E DA NEUROTIZAÇÃO DO NERVO FRÊNICO NO SISTEMA RESPIRATÓRIO, POSTURA CORPORAL, CAPACIDADE FUNCIONAL E QUALIDADE DE VIDA EM HOMENS” que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador (a) Helen Kerlen Bastos Fuzari, residente na Rua Desembargador João Paes, 60 Apto 2703 – Bairro: Boa Viagem - Recife/PE– Telefone do pesquisador (81) 98128.4448, e-mail: helen.fisio@uol.com.br e está sob a orientação de: Prof. Dr^a Daniella Araújo de Oliveira, Telefone para contato: (81) 2126-8490, e-mail: sabinodaniellaufpe@gmail.com Também participa desta pesquisa como co-orientadora: Prof. Dr^a Armêle de Fátima Dornelas de Andrade Telefones para contato: (81) 2126-8496, e-mail: armeledornelas@yahoo.com.br e Dr. Fernando Henrique Moraes de Souza, email: fhneuro@gmail.com

Este Termo de Consentimento pode conter alguns tópicos que o/a senhor/a não entenda. Caso haja alguma dúvida, pergunte à pessoa a quem está lhe entrevistando, para que o/a senhor/a esteja bem esclarecido (a) sobre tudo que está respondendo. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, caso aceite em fazer parte do estudo, rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa o (a) sr (a) não será penalizado (a) de forma alguma. Também garantimos que o (a) senhor (a) tem o direito de retirar o consentimento da sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

O objetivo desse estudo é avaliar as alterações que a lesão e a cirurgia podem causar nos pacientes com lesão traumática de plexo braquial no pré-operatório, um, três e seis meses. Serão avaliados: a respiração, os movimentos do corpo, as atividades do dia-a-dia e a qualidade de vida. Tais avaliações em que o sr (a) será submetido são consideradas perfeitamente seguras.

Vale ressaltar que depois de confirmados os achados nesta população, será possível construir um protocolo fisioterapêutico norteando um tratamento destes pacientes, uma vez que pouco se tem na literatura para ajudá-los. Esta pesquisa tem como justificativa, a necessidade de documentar os achados neste tipo de procedimento, bem como direcionar um tratamento fisioterapêutico adequado para esta população.

Riscos e Desconfortos: Durante a pesquisa o paciente poderá sofrer riscos mínimos como, por exemplo, cansaço, porém os mesmos estarão sob monitorização específica de equipamentos e profissionais capacitados para o socorro de prontidão. Caso qualquer problema seja observado, o treinamento será interrompido. Se ainda assim o problema não for sanado, o paciente será imediatamente encaminhado para um pronto atendimento de urgência mais próximo.

Benefícios: Como benefícios diretos desta pesquisa o acompanhamento de perto destes pacientes, com a construção final de um protocolo de fisioterapêutico para que dignamente esses pacientes possam ser atendidos. Os benefícios indiretos desse estudo poderão contribuir para aprimorar o conhecimento sobre os procedimentos cirúrgicos, podendo ser um importante instrumento para reduzir as limitações causadas pela técnica. Vale salientar que este termo de consentimento respeita a privacidade do participante e os seus direitos estão acima da ciência e da sociedade de acordo com a Declaração de Helsinque.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo

assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (gravações, entrevistas e fotos), ficarão armazenados em computador pessoal, sob a responsabilidade da pesquisadora Helen Fuzari, no endereço: Av. Jorn. Aníbal Fernandes, s/n, Cidade Universitária CEP: 50740-560, Recife – PE, pelo período de 6 anos. A coleta de dados só poderá ser iniciada após a aprovação do projeto de pesquisa pelo CEP e o cronograma será devidamente cumprido.

O (a) senhor (a) não pagará nada para participar desta pesquisa.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).**

(Assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo “REPERCUSSÕES DA LESÃO TRAUMÁTICA TOTAL DO PLEXO BRAQUIAL E DA NEUROTIZAÇÃO DO NERVO FRÊNICO NO SISTEMA RESPIRATÓRIO, POSTURA CORPORAL, CAPACIDADE FUNCIONAL E QUALIDADE DE VIDA EM HOMENS” como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu acompanhamento/ assistência/tratamento).

Local e data

Assinatura do participante:

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:
Nome:

APÊNDICE D – FICHA DE AVALIAÇÃO DA PESQUISA

Nome:
Endereço:
Telefone/ Celular:
Profissão:
Condição atual de trabalho: () inss () afastado () desempregado () ativo
Estado civil:
Escolaridade:
Membro dominante:
Mecanismo do Trauma:
Tempo desde o trauma:
Comorbidades:
Medicações em uso:

1. Dados Antropométricos

Sexo	Idade (D.N.)	Altura (m)	Peso (Kg)	IMC (Kg/m ²)

2. Tipo de lesão de plexo

Espirometria		
Melhor manobra		
CI		
VEF ₁		%
CVF		%
PFE		%
VEF ₁ /CVF		%

Manovacuometria		
	Pimáx	Pemáx
1 ^a		
2 ^a		
3 ^a		
4 ^a		
5 ^a		
6 ^a		
7 ^a		
8 ^a		

Mobilidade e Espessura Diafragmática			
a. Pré			
	CV	Vc	CPT
1 ^a			
2 ^a			
3 ^a			
4 ^a			
5 ^a			

Obs.: _____

Teste de Caminhada de 6 minutos com GWalk e OEP			
a. Pré		Pós	
SPO2	_____	SPO2	_____
FC	_____	FC	_____
PA	_____	PA	_____
BORG	_____	BORG	_____
Nº de voltas:			
b. Teste de Adams (Filmar), Questionários e Assinar TCLE			
Observações:			
Filmagem frente ()		Mini-mental ()	
Filmagem lateral ()		WHOQOL ()	

DEMAIS ARTIGOS QUE SÃO PRODUTOS DO DOUTORADO

Abaixo, os argumentos que justificam a relação dos demais artigos produzidos, com a tese, bem como o título de cada pesquisa para facilitar o entendimento dos mesmos que se encontram nos APÊNDICE “E” e “F” e no ANEXO “I”.

- ✓ **ARTIGO** - *Diaphragmatic mobility dysfunction and right-left hemithoracic expansion asymmetry and asynchrony after traumatic brachial plexus injury: Case report* (**APÊNDICE E**) - Submetido no **British Journal of Neurosurgery**.

Ao passo que os pacientes eram triados para o estudo principal, um deles não possuía o nervo frênico funcionante no momento da cirurgia, logo não foi possível que o mesmo entrasse no estudo, mas possibilitou a construção de um relato de caso para descrever as possíveis causas que levaram a essa paralisia e que posteriormente, observou-se transitória.

- ✓ **ARTIGO** - *Epidemiological profile of patients with peripheral nerve injury in the public hospital of Pernambuco/Brazil* (**APÊNDICE F**). Submetido em **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**.

Diante da necessidade de um cálculo amostral para o estudo principal, foi realizado um levantamento epidemiológico do número de cirurgias realizadas no ambulatório de nervos periféricos do Hospital da Restauração de Recife/PE/Brasil no período de 2008 a 2016.

- ✓ **ARTIGO** - *Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging in post-traumatic brachial plexus injuries: a systematic review* (**ANEXO I**) - Publicado em **Clinical Neurology and Neurosurgery**.

Um dos exames de imagem utilizados para complementar o diagnóstico da lesão traumática de plexo braquial no Hospital da Restauração de Recife/PE é a ressonância magnética. Nesse contexto, surgiu o questionamento para se conhecer sobre a acurácia desse exame de imagem em relação ao padrão ouro, mielografia por tomografia computadorizada, uma vez que não existia nenhum estudo de revisão sistemática.

APÊNDICE E – ARTIGO ORIGINAL:
DIAPHRAGMATIC MOBILITY DYSFUNCTION AND RIGHT-LEFT
HEMITHORACIC EXPANSION ASYMMETRY AND ASYNCHRONY AFTER
TRAUMATIC BRACHIAL PLEXUS INJURY: CASE REPORT

Background: The phrenic nerve is one of the nerves used as a donor for extraplexual transfers of patients with whole traumatic brachial plexus injury. As it is located outside the plexus, it should hypothetically not be affected. **Purpose:** The aim of this study was to report the follow-up of a patient with a whole traumatic injury of the brachial plexus to diaphragmatic dysfunction, consequently phrenic nerve palsy, whose transfer with this nerve would no longer be feasible. **Case Description:** The information was collected from a secondary database and patient evaluations were performed preoperatively, and at one, three and six months after surgery. **Outcomes:** The values of diaphragmatic mobility oscillated from 41.70mm in the preoperative period to 5.8mm, immediately after surgery. The left hemithorax was the main contributor to chest wall volume with the left abdominal compartment accounting for the highest volume displacement (346ml) as well as expansion asymmetry (-19.503%). Thoracoabdominal asynchrony was obtained between right-left RCp, RCa and AB during the preoperative moment were 7.237°, 11.155° and 5.981°, respectively. **Conclusion:** The patient with BPI who recovered diaphragmatic mobility and thickness as well as hemithoracic asynchrony and expansion asymmetry to levels better than the preoperative status within 6 months after nerve transfer. We also demonstrate the importance of examination including ultrasound and optoelectronic plethysmography in the daily clinical routine before and after brachial plexus surgery.

Keywords: Asynchrony; Asymmetry; brachial plexus injury; diaphragmatic mobility; optoelectronic plethysmography.

Introduction

Traumatic brachial plexus injury (BPI) is described as a characteristic injury of motorcyclists who crash and their mechanism reflects the driver's great exposure at the moment of impact (Koizumi, 1992). This type of injury has been constituted as a public health problem, due to the negative impact on the life of young adults, or for the most part, "would be" in full working activity (Reichenheim et al, 2011).

In case of BPI with involvement of all roots (C5-T1), a nerve transfer surgery should be performed with the use of an extraplexed nerve (Lurje 1948). For this, the phrenic nerve transfer is among the implemented extra-plexus techniques in plexus injuries (Gu Y-D and Ma M-K, 1996). In contrast to other nerve transfer procedures, the advantages of the phrenic nerve use are: motor predominance of nerve fibers in the nervous fascicles, anatomical location that facilitates its transference, presence of 800 motor neurons, surgical procedure of easy execution, apart from being able to be used in combination with other nerve donors (Socolovsky et al 2015, Liu et al., 2015). However, the diaphragm itself may suffer from dysfunctions arising from the trauma, surgery or previous infections and, consequently, the phrenic nerve will not be active for this situation (Nason et al., 2012).

A simple and effective way of diagnosing diaphragmatic changes and consequently identifying phrenic nerve activity is through an imaging examination known as diaphragmatic ultrasonography (Summerhill et al., 2008). This examination can assess both the mobility and thickness of this muscle, as well as indirectly evaluate the phrenic nerve (Lloyd et al., 2006). Moreover, as this kind of injury generally affects one side of the body and diaphragmatic action is reflected on abdominal ribcage (RCa) and abdominal (AB) compartments (Aliverti et al., 2003), the use of the optoelectronic plethysmography (OEP) system as a tool that provides breath-by-breath changes of the chest wall and its compartmental volumes may also give valuable information about the asynchrony and asymmetry expansion between the two sides of the chest wall (Lanini et al., 2003; Priori et al., 2013). Thus the objective of this case study was to report the follow-up of a patient with total traumatic BPI with diaphragmatic paralysis, consequently, phrenic nerve paralysis, whose transfer would not be viable and therefore another surgical technique was used.

Case Description

Past history of disease

A 28-years-old (53Kg, 167cm e 19Kg/m²), Brazilian, male, smoker (half a pack of cigarettes a day over ten years) motorcycle courier, attended in the peripheral nerve outpatient clinic of a public hospital of Pernambuco/Brazil. In November 2016, he was involved in an automobile accident (motorcycle) with polytrauma, leading to a right BPI. His complaints rapidly progressed from pain in the upper right limb to paraesthesia and movement loss. He reported difficulty in performing activities of daily living (such as eating and bringing a glass to the mouth) with progressive worsening of his personal relationships and consequently quality of life.

Diagnosis

The radiological examination of the chest showed an abnormal elevation of the right hemidiaphragm. Upper limb electromyography showed a marked impairment of the upper, middle and lower trunks of the right brachial plexus with signs of active denervation and without reinnervation.

Pre-intervention assessments

To measure pulmonary function, spirometry was performed using a portable spirometer (Micro Medical, Microloop MK8, England) according to ATS/ERS (2002) recommendations. In the preoperative moment, spirometry showed a restrictive pattern, whose values were FEV₁: 74%; FVC: 66%; PFE: 41%; FEV₁/FVC: 111% (Pereira et al., 2007). To evaluate respiratory muscle strength a digital manometer (MVD-300, Globalmed, Brazil) was used. The maneuvers were performed according to previous recommendations (ATS/ERS, 2002). The initial assessment (preoperative moment) identified a maximal inspiratory pressure (MIP) of 56 cmH₂O and maximum expiratory pressure (MEP) of 65 cmH₂O, both below predicted values (Costa et al., 2010).

In order to verify submaximal functional capacity, the distance walked on the 6-minute walking test (6MWT) was used. The test was performed according to previous recommendations (ATS/ERS, 2002). In the initial assessment the patient walked 450m, lower value of predicted (Enright and Sherrill, 1998) (Table 1). Quality of life was assessed using the instrument/spirituality, religion and personal beliefs questionnaire (WHOQOL). The initial assessment identified 89 scores, which means a quality of life between "more or less" to "good." (Pedroso et al., 2010).

To verify diaphragmatic mobility an M-mode ultrasound device (Sonoace R3, Samsung Medison, South Korea) was used. The values of diaphragmatic mobility oscillated

from 41.70mm in the preoperative period (Figure 1) to 5.8mm, immediately after surgery (24 April 2017). According to Gayan-ramirez et al., 2008 lower values are expected for those patients who suffered trauma in the anterior chest region.

Right and left hemi-thoracic compartmental volumes were assessed through OEP (BTS® Bioengineering, Italy) with the patient seated on standard chair using 89 retro-reflexive markers (Aliverti et al., 2003). Volumes were obtained following an algorithm based on Gauss Theorem (Cala et al., 1996). The volume displaced by each hemithorax and the percentage of contribution of the left and right parts to the respective compartments were calculated (Figure 2). In addition, the percentage of expansion asymmetry of each hemithorax was calculated according to Lima et al., (2014), with negative values representing a higher displacement of the left hemithorax, while positive values representing the displacement of the right hemithorax (Figure 2). During the preoperative moment, the left hemithorax was the main contributor to chest wall volume with the left abdominal compartment accounting for the highest volume displacement (346ml) as well as expansion asymmetry (-19.503%).

Thoracoabdominal asynchrony was obtained after constructing Lissajous figures and the degree of asynchrony between right and left compartmental hemithoraces during 150 seconds of quiet spontaneous breathing was calculated by means of phase angle (θ) between two volumetric signals plotted against each other (Allen et al., 1990). $\theta = \sin^{-1}(m/s)$ was used to define θ , where m was the ratio of the distance delimited by the intercepts of the dynamic loop on a line parallel to the X-axis at 50% of the signal volume on the Y-axis, and s as the signal volume on the X-axis (Figure 3). The absolute θ were calculated and interpreted as follows: a θ of zero (0°) representing a completely synchronous movement between the compartments, while 180° representing total asynchrony (Agostoni and Mognoni, 1966; Priori et al., 2013). The θ values between right-left RCp, RCa and AB during the preoperative moment were 7.237° , 11.155° and 5.981° , respectively.

Intervention

The surgery was performed under general anesthesia. An absence of phrenic nerve response was observed with the use of the neurostimulator (stimuplex® HNS12, RJ, Brazil), which made it impossible to implement the phrenic nerve transfer. Thus, the brachial plexus was examined with a respective microneurolysis, and an accessory transfer was performed with the patient in dorsal decubitus. An incision through the posterior border of the sternocleidomastoid muscle and over the clavicle (an inverted "L") allowed a supraclavicular access to the posterior trigone neck structures. Going deeper and respecting the anatomy, the

interscalenic region was reached and an important fibrosis in the brachial plexus phrenic nerve was identified. Microdissection of the root structures of C5, C6 and C7 was performed with upper and middle trunk microneurolysis. In addition, a neurotransference of the spinal accessory nerve to the suprascapular nerve (via same surgical access route) was also carried out. The above-mentioned nerves were sutured using the end-to-end anastomosis technique and the procedure was concluded after hemostasis revision and suture by anatomical planes.

Clinical evolution and follow-up

In the immediate postoperative period, the patient was transferred to the intensive care unit, and remained for one day in which received the necessary care from the team of the sector. Although it was observed an absence of diaphragmatic mobility after surgery no important intercurrents were observed during this period. For the next 15 days after surgery, the patient was advised to temporarily immobilize the right upper limb using a sling.

One month after surgery, the patient stopped using the sling and assessments showed increases in pulmonary function, but diaphragmatic mobility was still absent (Figure 1B) with no increases in thickness at FRC and TLC as well as respiratory muscle strength (Table 1). Also during this period, there was an increase in expansion asymmetry of all compartments (Figure 3) and θ of the upper ribcage compartments increased (Figure 3).

Despite the lack of diaphragmatic mobility assessment in the third month, improvements in expansion asymmetry, respiratory muscle strength, pulmonary function and asynchrony were observed. For the former, only the AB asymmetry still remained increased, while the RCa asymmetry decreased considerably 'reaching' positive values (i.e. higher expansion of the right RCa hemithorax). For the latter, right-left RCp and RCa θ decreased substantially to values close to those observed during the preoperative period (7.437° and 8.745° , respectively). Lastly, in the sixth month follow-up period, diaphragmatic mobility increased up to 61mm, VEF₁ and CVF values were above 80% of predicted, and diaphragmatic thickness were within normal range values (Wait et al., 1989) and above diaphragm atrophy cut-off point (McCool and Tzelepis 2012; Gottesman and McCool 1997). Moreover, expansion asymmetry of the RCp and AB hemithoraces decreased to values below 8% and right-left θ to values lower than 2.5° degrees.

Until the sixth month, the patient maintained the follow-up routine in the outpatient clinic with normal vital signs and no pain in the injured limb ("zero" according to the analogue visual scale) (Martinez et al., 2011). He reported performing motor physical therapy

(nothing for the diaphragm) twice a week, as well as active-assisted exercise of upper limbs at home, in order to avoid joint stiffness and gain range of movement.

Discussion

The diaphragm is innervated by the right and left phrenic nerves that originate from the cervical nerves (C3, C4 and C5 roots) and acts on the motor and sensory functions. These nerves, located laterally in the lateral compartment of the neck, go anteriorly through the thorax (Maish, 2010) and are not protected by any bone making it vulnerable during a collision, especially in a motorcycle accident.

About half of the traumatic injuries in humans affect the cervical region and, as this is a region where an important group of neurons that innervate the diaphragm are located, respiratory deficits are often present (Lane et al. 2008; Shanmuganathan et al., 2008). Findings that demonstrate respiratory compromise are phrenic motor neuron loss, phrenic nerve axon degeneration, diaphragm atrophy, denervation and subsequent partial reinnervation at the neuromuscular junction of the diaphragm as well as reduced amplitude in the potential phrenic nerve action (Lane et al., 2008). In most cases the traumatic injuries affect the afferent connections of the bulb-spinal neurons of the medullary ventricular respiratory group causing direct damage to the phrenic motor neurons or interruption of the efferent phrenic motor nerve path up to the diaphragm (Strakowski et al., 2007).

Unilateral diaphragmatic dysfunction may also be temporary or permanent and often asymptomatic (Qureshi, 2009). Among the many causes of diaphragmatic dysfunction, the involvement of the neuromuscular axis and changes in the central nervous system, including cervical trauma, must be highlighted. As shown in this case report, cervical root injury leads to development of respiratory muscle weakness (both MIP and MEP), impaired inspiratory capacity and altered pulmonary function (Carter, 1980).

Post-traumatic unilateral diaphragmatic paralysis has a favorable prognosis; however, it may occur years after the onset of the paralysis (Gayan-ramirez et al., 2008). According to Verin et al., (2006), the mechanisms underlying diaphragmatic function recovery are muscle adaptation, spontaneous reinnervation or muscular modification of the diaphragm. The treatment options for diaphragmatic dysfunction depends on the severity and cause of the dysfunction. As the patient under study was asymptomatic, a conservative management was indicated and diaphragmatic mobility was restored 6 months after surgery probably due to the above cited phenomena.

To our knowledge, this case study is the first to report the follow-up changes of diaphragmatic mobility and thickness as well as hemithoracic asynchrony and expansion asymmetry in a patient with traumatic BPI after accessory nerve transfer. In the preoperative moment, the lower diaphragmatic mobility was accompanied by higher right-left RCa asynchrony and AB expansion asymmetry. The former was due to the lower insertional and appositional forces of the injured diaphragm on RCa, while the latter to the reduced descent (and consequent lower force production) of the affected side of the diaphragm (Aliverti et al., 1997; De Troyer and Wilson, 2016). Interestingly, one month after surgery no diaphragmatic mobility was followed by increased right-left asymmetry as well as RCa and RCp asynchronies. According to De Troyer and Wilson (2016), the diaphragm acts on the upper ribcage through changes in pleural pressure and displacement of the upper ribs (i.e. transmitting the force produced on lower ribs to the upper ribs via ribcage tissues and sternum), thus is possible that the increased right-left RCp and RCa asynchronies were due to the diaphragmatic dysfunction and its low force and pressure transmission.

Finally, during the follow-up period of 6 months, the patient gradually recovered diaphragmatic mobility with progressive increases in thickness, MIP and decreases in right-left asynchronies and expansion asymmetries.

The lack of right-left AB asynchrony in this case study is puzzle. Albeit displacements of the RCa (where the diaphragm is apposed to its inner surface) along with AB displacements, are important determinants of diaphragm fiber length (Aliverti et al., 2003), we believe that BPI may have affected pleural pressure rather than abdominal pressure generation (data not acquired). Despite no important asynchrony was found, the non affected AB side expanded more than the right one.

Implications for clinical practice

Patients with total traumatic BPI, whose surgery will be phrenic nerve transfer, the assessment of diaphragmatic mobility, by means of ultrasound, should be mandatory. Changes in diaphragmatic mobility are directly related to inspiratory muscle strength and pulmonary function, suggesting that future clinical trials should use inspiratory muscle training as the main treatment in this population.

We must also highlight the potential clinical use of the OEP in identifying the behavior of the right and left sides of the three chest wall compartments. In addition, as right-

left expansion asymmetry may be present in the absence of asynchrony, both types of measurement are complementary providing useful information about the degree of hemithorax expansion and kinematics, respectively, in this kind of situation.

Conclusion

This case study demonstrated a 28-year old patient with BPI who recovered diaphragmatic mobility and thickness as well as hemithoracic asynchrony and expansion asymmetry to levels better than the preoperative status within 6 months after nerve transfer. We also demonstrate the importance of a detailed examination including ultrasound and OEP in the daily clinical routine before and after brachial plexus surgery.

Future studies with larger sample sizes are necessary in order to understand the behavior of the above assessed variables and its implications in a clinical setting.

Funding

This study was supported by grants from *CNPq* (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

Declaration of interest

None.

References

- Agostoni E, Mognoni P. 1966. Deformation of the chest wall during breathing efforts. *J Appl Physiol* 21, 1827-1832.
- Alilain WJ, Horn KP, Hu H, Dick TE, Silver J. 2011 Functional regeneration of respiratory pathways after spinal cord injury. *Nature*. 475:196–200.
- Aliverti A, Cala SJ, Duranti R, Ferrigno G, Kenyon CM, Pedotti A, Scano G, Sliwinski P, Macklem PT, Yan S. 1997 Human respiratory muscle actions and control during exercise. *J Appl Physiol* (1985).83(4):1256-69.
- Aliverti A, Ghidoli G, Dellaca` RL, Pedotti A, Macklem PT. 2003 Chest wall kinematic determinants of diaphragm length by optoelectronic plethysmography and ultrasonography. *J Appl Physiol* 94: 621–630.
- Allen JL, Wolfson MR, McDowell K. Shaffer TH. 1990 Thoracoabdominal asynchrony in infants with airflow obstruction. *Am. Rev. Respir. Dis.* 141, 337–342.
- American Thoracic Society/European Respiratory Society. 2002 ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 166;(4):518–624.
- Cala SJ, Kenyon CM, Ferrigno G, Carnevali P, Aliverti A, Pedotti A, Macklem PT, Rochester DF. 1996 Chest wall and lung volume estimation by optical reflectance motion analysis. *J Appl Physiol* 81:2680-2689.
- Carter RE. 1980 Unilateral diaphragmatic paralysis in spinal cord injury patients. *Paraplegia*. 18;(4):267-274.
- Costa D, Gonçalves HA, Lima LP, Ike D, Cancelliero KM, Montebelo MIL. 2010 New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. *J Bras Pneumol*. 36;(3):306-312.
- Troyer AD, Wilson TA. 2016 Action of the diaphragm on the rib cage. *J Appl Physiol* (1985). 1;121(2):391-400.
- Dunham KA, Siriphorn A, Chompoonong S, Floyd CL. 2010 Characterization of a graded cervical hemicontusion spinal cord injury model in adult male rats. *J. Neurotrauma*. 27: 2091–2106.
- Enright PL, Sherrill DL. 1998 Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med*. 158 (5):1384-7.
- Fuller DD, Sandhu MS, Doperalski NJ, Lane MA, White TE, Bishop MD, Reier PJ. 2009 Graded unilateral cervical spinal cord injury and respiratory motor recovery. *Respir. Physiol. Neurobiol*. 165:245–253.
- Gayan-Ramirez G, Gosselin N, Troosters T, Bruyninckx F, Gosselink R, & Decramer M. 2008 Functional recovery of diaphragm paralysis: a long-term follow-up study. *Respiratory Medicine*. 102 (5) 690-698.

- Gensel JC, Tovar CA, Hamers FP, Deibert RJ, Beattie MS, Bresnahan JC. 2006 Behavioral and histological characterization of unilateral cervical spinal cord contusion injury in rats. *J. Neurotrauma* 23:36–54.
- Gottesman E, McCool FD. 1997 Ultrasound evaluation of the paralyzed diaphragm. *Am J Respir Crit Care Med.* 155(5):1570–1574.
- Gu Y-D, Ma M-K (1996) Use of the phrenic nerve for brachial plexus reconstruction. *Clin Orthop* 323:119–121
- Khaing ZZ, Geissler SA, Jiang S, Milman BD, Aguilar SV, Schmidt C, Schallert T. 2012 Assessing forelimb function after unilateral cervical spinal cord injury: novel forelimb tasks predict lesion severity and recovery. *J. Neurotrauma.* 29:488–498.
- Koizumi MS. 1992 Padrão das lesões nas vítimas de acidentes de motocicleta. *Rev Saúde Publ.* 26(5).
- Lane MA, Fuller DD, White TE, Reier PJ, 2008 Respiratory neuroplasticity and cervical spinal cord injury: translational perspectives. *Trends Neurosci.* 31:538–547.
- Lanini B, Bianchi R, Romagnoli I, Coli C, Binazzi B, Gigliotti F, Pizzi A, Grippo A, Scano G. 2003 Chest Wall Kinematics in Patients with Hemiplegia. *Am J Respir Crit Care Med.* 168(1):109-13.
- Lima IN, Fregonezi GA, Melo R, Cabral EE, Aliverti A, Campos TF, Ferreira GM. 2014 Acute effects of volume-oriented incentive spirometry on chest wall volumes in patients after a stroke. *Respir Care.* 59(7):1101-7.
- Liu Y, Lao J, Zhao X. 2014 Comparative study of phrenic and intercostal nerve transfers for elbow flexion after global brachial plexus injury. *Injury, Int. J. Care Injured.*
- Lloyd T, Tang YM, Benson MD King S. 2006 Diaphragmatic paralysis: the use of M mode ultrasound for diagnosis in adults. *Spinal Cord.* 44(8):505-508.
- Lurje A (1948) Concerning surgical treatment of traumatic injury of the upper division of the brachial plexus (Erb's-type). *Ann Surg* 127:317–326
- Maish MS. 2010 The diaphragm. *Surg Clin North Am.* 90(5):955-968.
- Martinez JE, Grassi DC, Marques LG 2011 Análise da aplicabilidade de três instrumentos de avaliação de dor em distintas unidades de atendimento: ambulatório, enfermagem e urgência *Rev Bras Reumatol* 51(4):299-308.
- McCool FD, Tzelepis GE. 2012 Dysfunction of the diaphragm. *N Engl J Med.* 366(10): 932–942.
- Nason LK, Walker CM, McNeeley MF, Burivong W, Fligner CL, Godwin JD. 2012 Imaging of the Diaphragm: Anatomy and Function Radiographics. 32(2): 512-521.

Pearse DD, Lo Jr TP, Cho KS, Lynch MP, Garg MS, Marcillo AE, Sanchez AR, Cruz Y, Dietrich WD. 2005 Histopathological and behavioral characterization of a novel cervical spinal cord displacement contusion injury in the rat. *J. Neurotrauma*. 22:680–702.

Pedroso B, Pilatti LA, Gutierrez GL, Picini CT. 2010 Cálculo dos escores e estatística descritiva do WHOQOL-bref através do Microsoft Excel. *Revista Brasileira de Qualidade de Vida*, 2(1):31-36.

Pereira CAC, Sato T, Rodrigues SC. 2007 Novos valores de referência para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. *Journal Brasileiro de Pneumologia*. 33(4):397-406.

Priori R, Aliverti A, Albuquerque AL, Quaranta M, Albert P, Calverley PM. 2013 The effect of posture on asynchronous chest wall movement in COPD. *J. Appl. Physiol*. 114, 1066–1075.

Qureshi A. 2009 Diaphragm paralysis. *Semin Respir Crit Care Med*. 30(3):315-320.

Reichenheim ME, Souza ER, Moraes CL, Mello Jorge MHP, Silva CMFP, Minayo MCS. 2011 Violência e lesões no Brasil: efeitos, avanços alcançados e desafios futuros.

Shanmuganathan K, Gullapalli RP, Zhuo J, Mirvis SE. 2008 Diffusion tensor MR imaging in cervical spine trauma. *AJNR Am. J. Neuroradiol*. 29: 655–659.

Socolovsky M, Masi G, Bonilla G, Paez MD, Robla J, Cabrera CC. 2015 The phrenic nerve as a donor for brachial plexus injuries: is it safe and effective? Case series and literature analysis. *Acta Neurochir*.

Strakowski JA, Pease WS, Johnson EW. 2007 Phrenic nerve stimulation in the evaluation of ventilator-dependent individuals with C4- and C5-level spinal cord injury *Am. J. Phys. Med. Rehabil*. 86: 153–157.

Summerhill EM, El-Sameed YA, Glidden TH, McCool FD. 2008 Monitoring Recovery From Diaphragm Paralysis with Ultrasound. *Chest*. 133: 737-743.

Verin E, PaulMarie J, Tardif C, Denis P. 2006 Spontaneous recovery of diaphragmatic strength in unilateral diaphragmatic paralysis. *Respir Med*. 100(11):1944-51.

Vinit S, Gauthier P, Stamegna JC, Kastner A. 2006 High cervical lateral spinal cord injury results in long-term ipsilateral hemidiaphragm paralysis. *J. Neurotrauma*. 23:1137–1146.

Wait JL, Nahormek PA, Yost WT, Rochester DP. 1989 Diaphragmatic thickness-lung volume relationship in vivo. *J Appl Physiol*. 67(4):1560–1568.

Legends Figures

Figure 1. Diaphragmatic mobility during preoperative (left), 1 month (middle) and 6 months (right) after nerve transfer surgery.

Figure 2. Upper panels: Volume displacement and percentage of expansion asymmetry between right (white) and left (gray) pulmonary ribcage, abdominal ribcage and abdominal hemithoraces. Lower panels: Percentage of contribution of each compartmental hemithorax to total volume compartment. Data acquired before (preoperative), 1, 3 and 6 months after nerve transfer surgery. L: Liters; %: Percentage.

Figure 3. Lissajous loops showing right-left pulmonary ribcage (RCp), abdominal ribcage (RCa) and abdominal (AB) asynchronies during 150 seconds of quiet spontaneous breathing. Data acquired before (preoperative), 1, 3 and 6 months after nerve transfer surgery. L: Liters; °: Degrees; θ : Phase angle

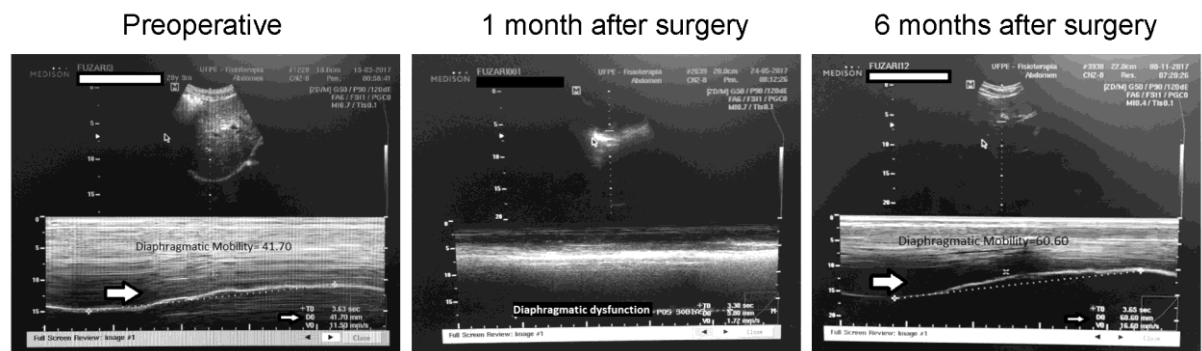


Figure 1.

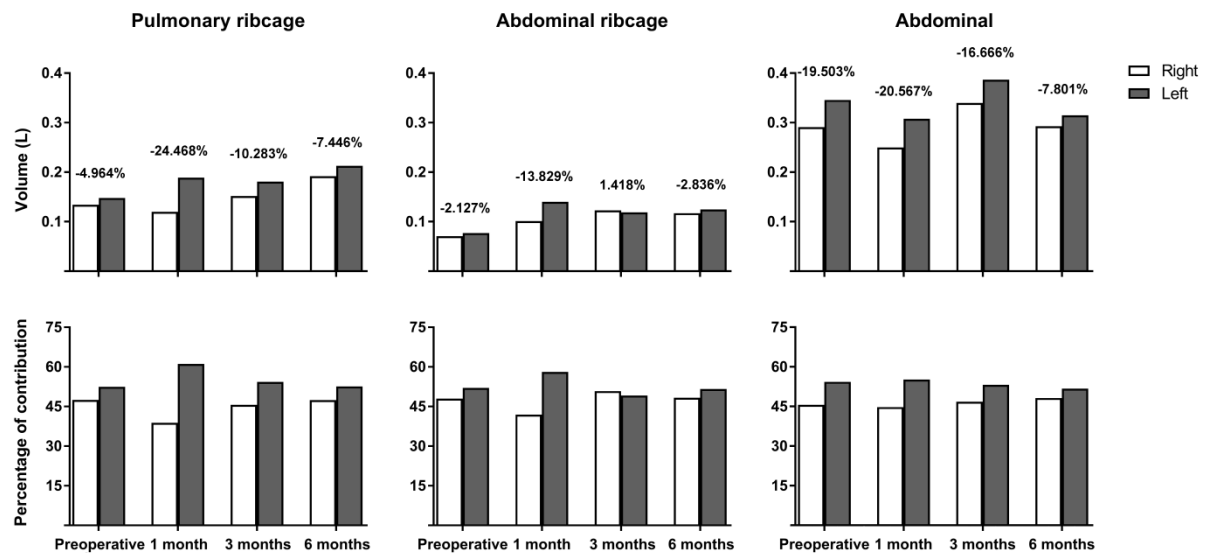


Figure 2.

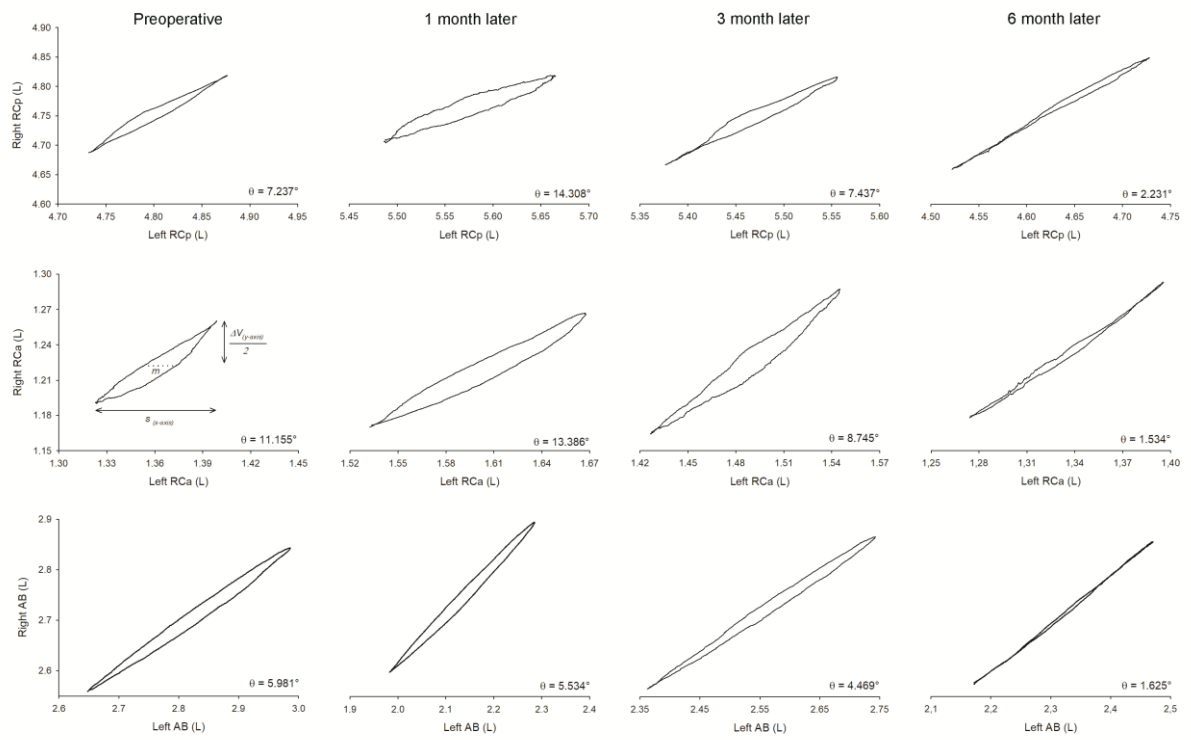


Figure 3.

Table 1 – Outcomes: preoperative, 1, 3 and 6 months after surgery.

	Preoperative	1 month	3 month	6 month
Diaphragmatic:				
-Mobility (mm)	42	5.8	5.8	61
-Thickness CRF (mm)	1.2	1.2	1.2	1.6
-Thickness CPT (mm)	1,3	1.3	1.3	4.0
MIP (cmH ₂ O)	56	56	60	68
MEP (cmH ₂ O)	65	62	77	75
MIP(%pred)	28	28	30	34
MEP(%pred)	43	41	52	50
FEV ₁ (L)	3.1	3.3	3.6	3.8
FEV ₁ (%pred)	74	80	87	93
FVC (L)	3.2	3.4	3.9	4.0
FVC(%pred)	66	70	80	83
PEF (L)	4.6	6.5	8.4	7.7
PEF(%pred)	41	57	74	68
FEV ₁ /FVC	95	96	92	96
FEV ₁ /FVC (%pred)	111	113	108	112
QoL(total sum)	89	na	na	94
WD (m)	450	na	na	498
WD(%pred)	61	na	na	69

mm: millimeters; FRC: functional residual capacity; TLC: total lung capacity; MIP: maximum inspiratory pressure; MEP: maximum expiratory pressure; IC: inspiratory capacity; FEV₁: volume expired in the first second; FVC: forced vital capacity; PEF: peak expiratory flow; FEV₁/FVC (Tiffenau index); QoL: quality of life; WD:walked distance; na: not acquired.

Normas do periódico em que o artigo está submetido:

<https://www.tandfonline.com/action/authorSubmission?journalCode=ibjn20&page=instructions>



British Journal of Neurosurgery

Publish open access in this journal

Enter keywords, authors, DOI etc

This Journal

Advanced search

2017 Impact Factor 1.238

Submit an article

New content alerts

RSS

Citation search

Current issue

Browse list of issues

E-mail de confirmação da submissão:

★ Manuscript has been submitted - CBJN-2019-0029

Enviado em: 15/01/2019 | 17:18

De: "British Journal of Neurosurgery" <onbehalf@manuscriptcentral.com>

Para: helen.fisio@uol.com.br armeledornelas@yahoo.com jacqueline_barcelar@hotmail.com s-nerly@hotmail.com fneuro@gmail.com
antonio_sarmiento_@hotmail.com sabino_daniella@ig.com.br

15-Jan-2019

Dear Fuzari, Helen; Dornelas de Andrade, Armele; Barcelar, Jacqueline; Bernardino, Silvy; Souza, Fernando; Sarmiento, Antônio; Oliveira, Daniella

You have been listed as a co-author on a manuscript submitted to British Journal of Neurosurgery. The manuscript title is "Diaphragmatic mobility dysfunction and right-left hemithoracic expansion asymmetry and asynchrony after traumatic brachial plexus injury: Case report". If you were not involved in the production of this manuscript, please contact the editorial office on Michaila.Patterson@ncl.ac.uk. If you are a co-author for this paper then no further action is needed.

Thank you for your attention to this matter.

Sincerely,

Michaila Patterson
British Journal of Neurosurgery Editorial Office

APÊNDICE F – ARTIGO ORIGINAL:
EPIDEMIOLOGICAL PROFILE OF PATIENTS WITH PERIPHERAL NERVE
INJURY IN THE PUBLIC HOSPITAL OF PERNAMBUCO/BRAZIL

ABSTRACT

Objective: The present study sought to outline the epidemiological profile of surgical patients treated at the peripheral nerve outpatient clinic of the public hospital of Pernambuco/Brazil, from 2008 to 2016, that is, since the period of implementation of this service in the hospital.

Material and methods: Cross-sectional study with data collection in medical records. A descriptive analysis was performed with qualitative variables presented as relative and absolute frequencies, and the numerical quantitative variables as mean and standard deviation.

The studied variables were sex, age, diagnosis and surgical techniques. **Results:** Five hundred and seven (507) medical records were analyzed, of these, 269 were men (53%) and 238 were women (46%). The age range ranged from 5 to 84 years (41 ± 14 years). The most prevalent diagnoses were: carpal tunnel syndrome (38%), followed by traumatic brachial plexus injury (33%). The first diagnosis was more frequent among women and the second among men, respectively. This collaborates with the predominant findings of upper limb lesions in (91%), in which men accounted for 48% and women for 43%. **Conclusion:** The present study provided relevant information on the reality of peripheral nerve surgeries performed at a public hospital in Pernambuco/Brazil. As such public health issues increasingly require the continuity of public policies and government incentive.

Keywords: Epidemiology, brachial plexus, carpal tunnel syndrome.

RESUMO

Objetivo: O presente estudo buscou delinear o perfil epidemiológico dos pacientes cirúrgicos atendidos no ambulatório de nervos periféricos de um hospital público de Pernambuco / Brasil, no período de 2008 a 2016, ou seja, desde o período de implantação deste serviço no hospital. **Material e métodos:** Estudo transversal com coleta de dados em prontuário. Foi realizada análise descritiva com as variáveis qualitativas apresentadas como frequências relativas e absolutas, e as variáveis quantitativas numéricas como média e desvio padrão. As variáveis estudadas foram sexo, idade, diagnóstico e técnicas cirúrgicas. **Resultados:** Quinhentos e sete (507) prontuários foram analisados, sendo 269 homens (53%) e 238 mulheres (46%). A faixa etária variou de 5 a 84 anos (41 ± 14 anos). Os diagnósticos mais prevalentes foram: síndrome do túnel do carpo (38%), seguida por lesão traumática do plexo braquial (33%). O primeiro diagnóstico foi mais frequente entre as mulheres e o segundo entre os homens, respectivamente. Isto colabora com os achados predominantes das lesões dos membros superiores em (91%), em que os homens representaram 48% e as mulheres, 43%. **Conclusão:** O presente estudo forneceu informações relevantes sobre a realidade das cirurgias de nervos periféricos realizadas em um hospital público em Pernambuco / Brasil. Uma vez que tais problemas, considerados de saúde pública, precisam cada vez mais da continuidade das políticas públicas e incentivo do governo.

Palavras-chave: Epidemiologia, plexo braquial, síndrome do túnel do carpo.

INTRODUCTION

Peripheral nerve lesions have been extensively studied in recent years (1); however, the diagnosis and treatment is still a difficult problem which requires an appropriate approach by a trained and specific multidisciplinary team, adequate electrodiagnostic and imaging studies, as well as satisfactory time for early diagnosis (2).

Peripheral diseases can range from traumatic lesions (i.e. stretching, avulsion, crushing or compression) to degenerative-infectious conditions. The peripheral nerves, once damaged, may suffer interruption in nerve transmission, directly affecting limb function through sensory, motor deficits or both. In some cases, compression may lead to a better prognosis such as radial nerve compression, and in more severe cases surgical interventions may be necessary, such as in compartmental syndromes in which the nerve is considerably compressed (3). In addition to this, since the 80s the incidence of individuals with brachial plexus injury after automobile accident has increased considerably, being considered a public health problem, since it aggravates the costs with hospitalizations and treatments, as well as the labor licenses for those individuals who were in full working activity (4).

The rehabilitation after nerve decompression takes time, since it depends on axon regeneration (rate of approximately 1-5 mm/day in adults) (5). It should also be noted that many factors are determinants in rehabilitation, such as age, cause of the injury, the compression degree, and the onset time of the problem, and the most appropriate surgery for each case. Notwithstanding, in most cases, referral to a specialist is time-consuming, making some types of procedures impossible (6). In this sense, outpatient clinics must present sufficient subsidies for accurate semiology and establish the best course of action for each patient. Nevertheless, there is still a lack of complementary tests and continuous rehabilitation in order to guarantee greater success of the adopted procedures in hospital and clinical services.

It is important to point out that peripheral nerve outpatient clinics in Brazil are still in development and expansion, thus a lot must be improved (7). However, although Pernambuco (located in Brazil) has one of the main northeastern reference centers for peripheral nerve surgery, there is no literature describing the reality of this center. Thus, this study aimed to trace an epidemiological profile of patients undergoing peripheral nerve surgeries conducted between 2008 and 2016 in a public hospital of Pernambuco/Brazil.

MATERIALS AND METHODS

This was a retrospective study conducted within the confines of the World Medical Association Declaration of Helsinki and approved by the Ethics and Research Committee of the Federal University of Pernambuco under number CAAE 59986616.9.0000.5208.

The study was conducted from a secondary database and data collection was carried out in the second half of 2017 at the Medical and Statistical Archive Service, directly from medical patient records attended at the peripheral nerve outpatient clinic of a public hospital located in Recife (state of Pernambuco/Brazil) from 2008 to 2016. Inclusion criteria were: medical records from patients at any age who were submitted to any type of peripheral nerve surgery containing a description of the clinical, magnetic resonance imaging and the electromyography assessments that confirmed the diagnosis and guided the chosen surgical technique. Other medical records that presented other types of neurosurgery were excluded from the study.

Sociodemographic and clinical data were obtained such as age, sex, diagnosis, surgical technique and the prevalence of the affected limbs (upper or lower) from each year. For didactic purposes, carpal tunnel syndrome was considered as a unique separate group despite being considered as compressive neuropathy. In addition, the following surgeries were grouped into microsurgery for compressive upper limb neuropathy because they represented a very small percentage of the sample: interdigital nerve, ulnar in the Guyon canal and median nerve of the proximal 1/3 of the forearm.

For age, normality was conducted using the Kolmogorov-Smirnov test and Mann-Whitney test was applied using the SPSS software, version 22. For qualitative variables, descriptive statistics were conducted and expressed as relative (percentages) and absolute frequencies (n), while for quantitative variables, mean and standard deviation were used.

RESULTS

The sample consisted of 507 records, of which 269 (53%) were from male and 238 (46%) from female patients. The age ranged from 5 to 84 years (41 ± 14 years). A significant difference in age was observed between sexes [males (35 ± 14 years) vs. females (48 ± 12 years), $p < 0.01$]. Patients who sought the most care in the peripheral nerve outpatient clinic were men aging between 20-29 years (17%) and without health insurance. On the other hand, the age with the highest number of patients was between 50-59 years (13.4%) (**Figure 1**).

Carpal tunnel syndrome was the most diagnosed lesion (38.8%) and affected more female (34.3%) than male (4.5%) patients. On the other hand, male patients were more affected by traumatic brachial plexus injury (31%) followed by compression of the ulnar nerve (5.5%) and sural nerve tumor (2.6%) (**Table 1**).

An important point of this study is regarding to the large diversity of surgical techniques performed (**Table 2**). Microsurgery for compressive upper limb neuropathy (38.8% of all surgeries; 34.3% performed in female patients) followed by brachial plexus microsurgery (33.6%; 31.4% performed in male patients), were the most used surgical techniques probably because the only specialized and reference hospital in the state of Pernambuco for these types of surgery is located in Recife. It is also very important to note that some of the microneurolysis and nerve biopsies were carried out due to chronic infectious leprosy disease, with the following main affected radial, median and ulnar and facial nerves. While analyzing each year from 2008 to 2012, there was an increase in the number of surgeries for carpal tunnel syndrome followed by a gradual decrease in the subsequent years to numbers around those observed in 2008. On the other hand, the number of traumatic brachial plexus surgeries increased almost 5-fold from 2008 to 2016 (**Table 3**). It is suggested that these surgeries were also being absorbed by other hospitals in the state.

Given the data, it was possible to calculate a number of approximate totals and partial brachial plexus surgeries performed per year. Approximately 18 (47%), of these 11 (59 %) were for partial plexus lesion and 7 (41 %) for whole plexus lesion. It is worth mentioning that these are medium-sized surgeries which require general anaesthesia and are performed according to the demand of the service (**Table 3**).

As shown in **Table 4**, the majority of surgeries were performed between the ages of 20 and 69 with the age range of 30-39 presenting the higher number of surgeries. However, the age range of 20-29 presented the highest number of traumatic brachial plexus injuries (61 subjects - 12%); and 50-59 age range, the higher number of carpal tunnel syndrome (65 subjects – 12.8%). Regarding the limbs affected, a predominance of upper limb lesions (91%) was also observed with males accounting for 48% and females 43% of them.

DISCUSSION

According to the epidemiological profile of patients submitted to peripheral nerve surgeries in the public hospital of Pernambuco/Brazil between 2008 and 2016, there was a predominance of men with traumatic brachial plexus injury and women with carpal tunnel

syndrome. In addition, the former affects more subjects between the ages of 20-39 while the latter between the ages of 30-59.

According to our study, the largest age group seeking the peripheral nerve service is between 20-29 years with 86 (17%), corroborating with the study performed by Flores (8), which evidences a predominance of this age group as it is a period when individuals are in full labor activity. This entails high costs for the health system and a significant socioeconomic impact (9,10).

In this context, our study showed that 157 (31%) men had brachial plexus injury throughout the nine years of follow-up (2008 to 2016), and that 174 (34%) were women diagnosed with carpal tunnel syndrome. In the study by Faglioni et al. (7) developed in the Department of Neurosurgery of the University of São Paulo, a higher prevalence of male patients was observed, with 384 (94.6%) patients with brachial plexus lesion having a mean age of 28 years. Regarding women, a high prevalence of carpal tunnel syndrome was also recorded in the studies by Chammas et al. (11) and Kouyoumdjian et al. (3).

In the study by Narakas (12), neurolysis was used 43 times in 36 patients, mainly to relieve pain, and an autologous nerve graft was used in 100 patients. Our study showed that the highest prevalence was brachial plexus microsurgery among men (159 - 31%). Among the techniques used in men, we can cite the Oberlain technique, Sonsak technique, and phrenic nerve transfer. Among women, microsurgery for compressive neuropathy in carpal tunnel syndrome (CTS) occurred 174 times (34%).

This study also collaborated in proving the annual increase of patients with traumatic brachial plexus lesions due to the increasing rates of traffic accidents in the country (3,7), as well as a decrease in patients with CTS seen at the public hospital of Pernambuco/Brazil, which we believe is due to the services provided at other specialized centers in the state.

CONCLUSION

According to the epidemiological profile outlined in this study for surgical patients attended at the public hospital of Pernambuco/Brazil between 2008 and 2016, there was a predominance of young men at active working age with a diagnosis of traumatic brachial plexus injury, and of adult women diagnosed with carpal tunnel syndrome, emphasizing the predominance of upper limb lesions.

Acknowledgements: This study was supported by grants from the *CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico)*.

REFERENCES

- 1- Patei NP, KA, JH, M.D., FAANS, FACS 2018 An update—tissue engineered nerve grafts for the repair of peripheral nerve injuries. *Neural Regen Res.* 13(5): 764–774.
- 2-Siqueira MG, Martins RS. 2011 Surgical treatment of adult traumatic brachial plexus injuries: an overview. *Arq Neuro-Psiquiatr* 69:528–535.
- 3-Kouyoumdjian JA, Graça CR, Ferreira VFM. 2017 Peripheral nerve injuries: A retrospective survey of 1124 cases. *Neurol India* 65 (3), 551-555.
- 4-Reichenheim, M.E. et al. 2011 Violência e Lesões no Brasil: efeitos, avanços alcançados e desafios futuros. *Saúde no Brasil.* 5; 75-89.
- 5-Jacobsen S, Guth L. 1965. An electrophysiological study of the early stages of peripheral nerve regeneration. *Exp. Neurol.* 11:48–60.
- 6-Robinson LR. 2015 How electrodiagnosis predicts clinical outcome of focal peripheral nerve lesions. *Muscle & Nerve.* 52(3):321-33.
- 7-Faglioni Jr. W, Siqueira MG, Martins RS, Heise CO, Foroni L. 2013 The epidemiology of adult traumatic brachial plexus lesions in a large metropolis *Acta Neurochir.* 156(5):1025-28.
- 8-Flores, L. P. 2006 Estudo epidemiológico das lesões traumáticas de plexo braquial em adultos. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 64(1): 88-94.
- 9-Midha R 1997 Epidemiology of brachial plexus injuries in a multitrauma population. *Neurosurgery* 40:1182–1189.
- 10-Dubuisson AS, Kline DG. 2002 Brachial plexus injury: a survey of 100 consecutive cases from a single service. *Neurosurgery* 51(3):673-82.
- 11-Chammas M, Boretto J, Burmann LM, Ramos RM, Santos Neto FC, Silva JB. 2014 Síndrome do túnel do carpo – Parte I (anatomia, fisiologia, etiologia e diagnóstico) *Rev Bras Ortop.* 49 (5):429–436.
- 12-Narakas 1980 The surgical treatment of traumatic brachial plexus lesions. *IntSurg* 65:521–527.

Figure Legend

Figure 1. Distribution by age group and sex of surgical patients attended at the peripheral nerve outpatient clinic from 2008 to 2016.

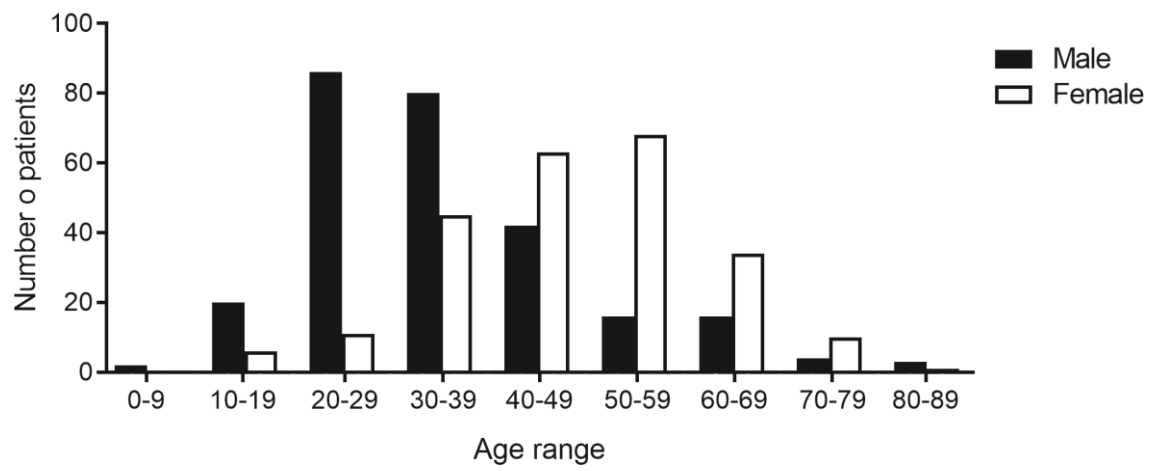


Figure 1.

Table 1 – Diagnoses according to sex of the surgical patients of the peripheral nerve outpatient clinic from public hospital of Pernambuco/Brazil from 2008 to 2016.

DIAGNOSIS	ALL	SEX	
	n (%)	MALE n (%)	FEMALE n (%)
Carpal tunnel syndrome	197 (8.8)	23 (4.5)	174 (34.3)
Traumatic brachial plexus injury	168 (33.2)	157 (31)	11 (2.2)
Compression injury of the ulnar nerve	47 (9.2)	28 (5.5)	19 (3.7)
Sural nerve tumor	23 (4.6)	13 (2.6)	10 (2)
Traumatic injury of the tibial nerve	11 (2.2)	6 (1.2)	5 (1)
Compression of the radial nerve	9 (1.8)	7 (1.4)	2 (0.4)
Facial nerve injury	8 (1.6)	7 (1.4)	1 (0.2)
Fibular nerve injury	8 (1.6)	6 (1.2)	2 (0.4)
Traumatic injury of median nerve	7 (1.4)	5 (1)	2 (0.4)
Traumatic radial nerve injury	6 (1.2)	5 (1)	1 (0.2)
Median nerve tumor forearm	4 (0.8)	1 (0.2)	3 (0.6)
Traumatic axillary nerve injury	4 (0.8)	2 (0.4)	2 (0.4)
Tumor of the vagus nerve	-	-	3 (0.6)
Compressive neuropathy of the median nerve	2 (0.4)	1 (0.2)	1 (0.2)
Accessory nerve tumor	2 (0.4)	2 (0.4)	-
Arm median nerve tumor	-	-	2 (0.4)
Traumatic sciatic nerve injury	2 (0.4)	2 (0.4)	-
Cervical spinal cord trauma	2 (0.4)	1 (0.2)	-
Supraclavicular lipoma	2 (0.4)	1 (0.2)	-
Traumatic injury by electrical shock of the median nerve	2 (0.4)	1 (0.2)	-
Traumatic ulnar neuroma	2 (0.4)	1 (0.2)	-
TOTAL	507	269 (53)	238 (47)

Table 2 –Types of surgeries performed in the public hospital of Recife according to sex between the years 2008 and 2016.

TYPE OF SURGERY	ALL	SEX	
	n (%)	MALE	FEMALE
		n (%)	n (%)
Microsurgery for compressive upper limb neuropathy	197 (38.8)	23 (4.5)	174 (34.3)
Brachial plexus microsurgery	170 (33.6)	159 (31.4)	11 (2.2)
Sural nerve biopsy for diagnosis	29 (5.7)	19 (3.7)	10 (2)
Ulnar dorsal cutaneous nerve biopsy for diagnosis	25 (19.4)	8 (16)	17 (3.4)
Microsurgery of the fibular nerve	15 (3)	13 (2.6)	2 (0.4)
Microneurolysis of the radial nerve	15 (3)	15 (3)	-
Microneurolysis of median and ulnar nerve	9 (1.8)	8 (1.6)	1 (0.2)
Microneurolysis of the facial nerve	7 (1.4)	6 (1.2)	1 (0.2)
Microsurgery for compressive neuropathy of upper limbs	5 (1)	4 (0.8)	1 (0.2)
Microsurgery for median nerve tumor	5 (1)	2 (0.4)	3 (0.6)
Motor neurotransfer for lower limbs	4 (0.8)	-	4 (0.8)
Reconstruction of the axillary nerve with sural graft	4 (0.8)	2 (0.4)	2 (0.4)
Neurotransference from brachial branch to anterior interosseous	2 (0.4)	2 (0.4)	-
Microsurgery for accessory nerve tumor	2 (0.4)	2 (0.4)	-
Microsurgery for vagus nerve tumor	2 (0.4)	-	2 (0.4)
Femoral nerve microneurolysis	2 (0.4)	-	2 (0.4)
Microsurgery for sural nerve tumor by schwannoma	2 (0.4)	1 (0.2)	1 (0.2)
Microsurgery for nerve tumor - malignant lesion	2 (0.4)	-	2 (0.4)
Reconstruction of radial nerve with sural graft	2 (0.4)	1 (0.2)	1 (0.2)
Submuscular transposition of the ulnar nerve lipoma resection	1 (0.2)	1 (0.2)	-
Lipoma resection	1 (0.2)	1 (0.2)	-
Microsurgery for brachial plexus tumor	1 (0.2)	1 (0.2)	-
Brachial plexus microneurolysis	1 (0.2)	1 (0.2)	-
TOTAL	503	269 (53.4)	234 (46.6)

CTS: Carpal Tunnel Syndrome; UL: Upper Limbs; LL: Lower limbs

Table 3 – Distribution of diagnoses per year (2008-2016) of the patients seen at the peripheral nerves outpatient clinic in the public hospital of Pernambuco/Brazil.

DIAGNOSIS	YEAR OF DIAGNOSIS								
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
Carpal tunnel syndrome	12 (2.4)	23 (4.5)	31 (6.1)	29 (5.7)	32 (6.3)	29 (5.7)	11 (2.2)	13 (2.6)	17 (3.4)
Traumatic brachial plexus injury	5 (1.0)	17 (3.4)	17 (3.4)	19 (3.7)	14 (2.8)	22 (4.3)	25 (4.9)	25 (4.9)	24 (4.7)
Whole plexus lesion	1(0.2)	7(1.4)	7(1.4)	7(1.4)	5(1.0)	7(1.4)	7(1.4)	7(1.3)	7(1.4)
Partial plexus lesion	4(0.8)	10(2.0)	10(2.0)	12(2.3)	9(1.8)	15(2.9)	18(3.5)	18(3.6)	17(3.3)
Compression injury of the ulnar nerve	1 (0.2)	4 (0.8)	7 (1.4)	9 (1.8)	4 (0.8)	7 (1.4)	6 (1.2)	1 (0.2)	8 (1.6)
Sural nerve tumor	-	-	2 (0.4)	4 (0.8)	2 (0.4)	4 (0.8)	8 (1.6)	1 (0.2)	2 (0.4)
Traumatic injury of the tibial nerve	-	-	-	-	2 (0.4)	2 (0.4)	1 (0.2)	3 (0.6)	3 (0.6)
Compression of the radial nerve	2 (0.4)	-	-	1 (0.2)	2 (0.4)	-	1 (0.2)	2 (0.4)	1 (0.2)
Facial nerve injury	-	-	-	-	-	-	6 (1.2)	2 (0.4)	-
Fibular nerve injury	1 (0.2)	1 (0.2)	2 (0.4)	-	-	-	-	2 (0.4)	2 (0.4)
Traumatic injury of median nerve	1 (0.2)	-	-	2 (0.4)	1 (0.2)	1 (0.2)	1 (0.2)	1 (0.2)	-
Traumatic radial nerve injury	1 (0.2)	1 (0.2)	-	1 (0.2)	-	1 (0.2)	2 (0.4)	-	-
Median nerve tumor forearm	-	-	-	1 (0.2)	1 (0.2)	1 (0.2)	-	-	1 (0.2)
Traumatic axillary nerve injury	-	-	-	-	-	2 (0.4)	1 (0.2)	-	1 (0.2)
Tumor of the vagus nerve	-	-	-	-	1 (0.2)	1 (0.2)	-	-	1 (0.2)
Compressive neuropathy of the median nerve	-	-	-	-	1 (0.2)	-	1 (0.2)	-	-
Accessory nerve tumor	-	-	-	-	-	-	-	2 (0.4)	-
Median nerve tumor	-	-	1 (0.2)	1 (0.2)	-	-	-	-	-
Traumatic sciatic nerve injury	-	-	-	-	-	-	-	1 (0.2)	1 (0.2)
Cervical spinal cord trauma	-	-	-	-	-	-	1 (0.2)	-	-
Supraclavicular lipoma	-	-	-	-	-	-	-	-	1 (0.2)
Traumatic injury by electrical shock of the median nerve	-	-	1 (0.2)	-	-	-	-	-	-
Traumatic ulnar nerve neuroma	-	-	-	-	-	-	1 (0.2)	-	-
TOTAL	23 (4.5)	46 (9.1)	61 (12)	67 (13.2)	60 (11.8)	70 (13.8)	65 (12.8)	53 (10.6)	62 (12.2)

Table 4 - Main types of surgeries performed in the peripheral nerves outpatient clinic from 2008 to 2016 according to the age group of patients.

SURGERIES	AGE RANGE								
	0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
Carpal tunnel syndrome	-	-	-	28 (5.5)	55 (10.8)	65 (12.8)	32 (6.3)	13 (2.6)	4 (0.8)
Traumatic Brachial Plexus Injury	1 (0.2)	20 (3.9)	61 (12)	55 (10.8)	24 (4.7)	3 (0.6)	4 (0.8)	-	-
Compression injury of the ulnar nerve	1 (0.2)	-	7 (1.4)	17 (3.4)	7 (1.4)	7 (1.4)	7 (1.4)	1 (0.2)	-
Sural nerve tumor	-	-	3 (0.6)	7 (1.4)	7 (1.4)	4 (0.8)	2 (0.4)	-	-
Traumatic injury of the tibial nerve	-	1 (0.2)	2 (0.4)	4 (0.8)	1 (0.2)	2 (0.4)	2 (0.4)	-	-
Compression of the radial nerve	-	-	4 (0.8)	2 (0.4)	3 (0.6)	-	-	-	-
Facial nerve injury	-	-	5 (1.0)	1 (0.2)	-	1 (0.2)	1 (0.2)	-	-
Fibular nerve injury	-	1 (0.2)	2 (0.4)	3 (0.6)	1 (0.2)	-	1 (0.2)	-	-
Traumatic injury of median nerve	-	2 (0.4)	3 (0.6)	1 (0.2)	-	-	1 (0.2)	-	-
Traumatic radial nerve injury	-	1 (0.2)	4 (0.8)	1 (0.2)	-	-	-	-	-
Median nerve tumor forearm	-	-	1 (0.2)	1 (0.2)	2 (0.4)	-	-	-	-
Traumatic axillary nerve injury	-	-	1 (0.2)	2 (0.4)	1 (0.2)	-	-	-	-
Tumor of the vagus nerve	-	-	1 (0.2)	1 (0.2)	1 (0.2)	-	-	-	-
Compressive neuropathy of the median nerve	-	-	1 (0.2)	-	-	1 (0.2)	-	-	-
Accessory nerve tumor	-	-	1 (0.2)	1 (0.2)	-	-	-	-	-
Arm median nerve tumor	-	-	1 (0.2)	-	1 (0.2)	-	-	-	-
Traumatic sciatic nerve injury	-	1 (0.2)	-	-	1 (0.2)	-	-	-	-
Reinnervation of hand cervical spinal cord trauma	-	-	1 (0.2)	-	-	-	-	-	-
Supraclavicular Lipoma	-	-	-	-	-	1 (0.2)	-	-	-
Traumatic injury by electrical shock of the median nerve	-	-	-	-	1 (0.2)	-	-	-	-
TOTAL	2 (0.4)	26 (5.2)	98 (19.4)	124(24.4)	105 (20.7)	84(16.6)	50(9.8)	14(2.7)	4 (0.8)

Normas do periódico em que o artigo está submetido:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=0004-282X&lng=en&nrm=iso



Updated on
January 22, 2019

Português
Español

submissão
online

▶ about the journal
▶ editorial board
▶ instructions to authors
▶ subscription
▶ metrics

▶ SciELO
▶ Scimago

Arquivos de
Neuro-Psiquiatria

issues | articles search

all previous current next author subject form alpha

**ARQUIVOS DE
NEURO-PSIQUIATRIA**

Search

Enter one or more words | All indexes | This Journal | Search

Publication of
Academia Brasileira de Neurologia - ABNEURO
Print version ISSN 0004-282X/On-line version ISSN 1678-4227

Mission
Arquivos de Neuro-Psiquiatria will provide clinical neurologists and other neuroscientists with significant peer-reviewed articles, editorials, reviews and clinical reports to improve neurological practice, education, clinical research, professional expertise and to promote the international visibility of the Brazilian neurology.

E-mail de confirmação da submissão:

15-Jan-2019

Dear Fuzari, Helen; Dornelas de Andrade, Armele; Barcelar, Jacqueline; Bernardino, Silvy; Souza, Fernando; Sarmiento, Antônio; Oliveira, Daniella

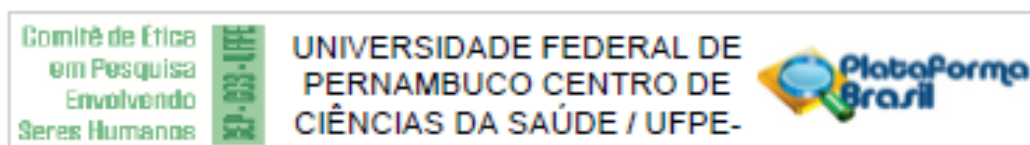
You have been listed as a co-author on a manuscript submitted to British Journal of Neurosurgery. The manuscript title is "Diaphragmatic mobility dysfunction and right-left hemithoracic expansion asymmetry and asynchrony after traumatic brachial plexus injury: Case report". If you were not involved in the production of this manuscript, please contact the editorial office on Michaila.Patterson@ncl.ac.uk. If you are a co-author for this paper then no further action is needed.

Thank you for your attention to this matter.

Sincerely,

Michaila Patterson
British Journal of Neurosurgery Editorial Office

ANEXO A - CARTA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA (CEP) EM PESQUISA COM SERES HUMANOS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: REPERCUSSÕES CIRÚRGICAS EM PACIENTES COM LESÃO TRAUMÁTICA DE PLEXO BRAQUIAL NO SISTEMA RESPIRATÓRIO E MOTOR, BIOMECÂNICA DE TRONCO, CAPACIDADE FUNCIONAL E QUALIDADE DE VIDA: UM ESTUDO DE COORTE PROSPECTIVO

Pesquisador: Helen Kerlen Bastos Fuzari

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 59986616.9.0000.5208

Instituição Proponente: Departamento de Fisioterapia - DEFISIO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.798.996

Apresentação do Projeto:

Trata-se de pesquisa de Helen Kerlen Bastos Fuzari, sob a orientação da Profas. Daniella Araújo de Oliveira e Armêle Dornelas de Andrade, apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da UFPE. Pacientes com lesão traumática de plexo braquial submetido à cirurgia apresentam efeitos deletérios no sistema respiratório e motor, na biomecânica de tronco, na capacidade funcional e na qualidade de vida.

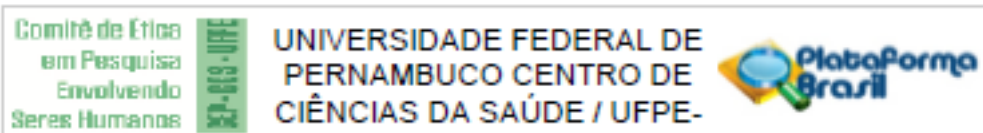
Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar as repercussões cirúrgicas nos pacientes com lesão traumática de plexo braquial no pré-operatório, um, três e seis meses.

Objetivo Secundário:

Estimar o nível de atividade física. Identificar o nível de cognição. Avaliar a distribuição de volumes e capacidade da caixa torácica. Aferir força dos músculos respiratórios. Analisar a função muscular de membro superior. Dimensionar espessura e mobilidade diafragmática. Analisar a atividade eletromiográfica dos músculos acessórios da respiração. Mensurar força muscular de membros



Continuação do Parecer: 1.777.046

Analisar a biomecânica de tronco. Mensurar a capacidade funcional. Acompanhar os resultados da qualidade de vida

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Durante a pesquisa o paciente poderá sofrer riscos mínimos como por exemplo, cansaço, porém os mesmos estarão sob monitorização específica de equipamentos e profissionais capacitados para o socorro de prontidão. Caso qualquer intercorrência seja observada, a intervenção será interrompida. Se ainda assim o problema não for sanado, o paciente será imediatamente encaminhado para um pronto atendimento de urgência mais próximo.

Benefícios:

Os benefícios desse estudo poderão contribuir para aprimorar o conhecimento sobre os efeitos dessa técnica cirúrgica, podendo ser um importante instrumento para reduzir consequências pós-cirúrgicas indesejáveis e nortear a intervenção fisioterapêutica nesta população. Após finalizada a pesquisa e comprovado os benefícios da técnica cirúrgica, bem como a necessidade de reabilitação fisioterapêutica, os pacientes receberão o encaminhamento para darem continuidade ao seu tratamento no Departamento de Fisioterapia da UFPE, especificamente no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar (LACAP) e/ou no Laboratório de Fisioterapia de Controle Motor (LACOM).

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

As lesões por avulsão ou estiramento do plexo braquial ocorrida durante os acidentes automobilísticos são altamente incapacitantes, levando à deficiências funcionais importantes e têm ocorrido principalmente, em jovens do sexo masculino e economicamente ativos. É considerado atualmente um problema de saúde pública, em particular nas grandes cidades.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresenta a documentação apropriada.

Recomendações:

Retirar a expressão "mínimo" no item Riscos uma vez que é um termo muito individual, podendo não ser considerado dessa forma pelo paciente.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Acrescentar o risco de constrangimento para o paciente durante a entrevista.

No corpo do projeto há a informação de que os dados serão coletados entre Janeiro de 2016 a dezembro de 2018. Adequar o cronograma, quanto ao início da coleta de dados, tendo em vista

Continuação do Parecer: 1.720.290

saúde

pública, em particular nas grandes cidades.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

As pendências apresentadas foram adequadamente atendidas.

Recomendações:

Nenhuma.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Nenhuma.

Considerações Finais a critério do CEP:

As exigências foram atendidas e o protocolo está APROVADO, sendo liberado para o início da coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio do Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar Relatório Final", disponível no site do CEP/CCS/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (Item V.3., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Para projetos com mais de um ano de execução, é obrigatório que o pesquisador responsável pelo Protocolo de Pesquisa apresente a este Comitê de Ética relatórios parciais das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação (Item X.1.3.b., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

O CEP/CCS/UFPE deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Item V.5., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). É papel do/a pesquisador/a assegurar todas as medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e ainda, enviar notificação à ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, junto com seu posicionamento.

Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Serres Humanos		UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-
--	---	--

Continuação do Parecer: 1.756.996

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_791274.pdf	29/10/2016 11:22:33		Aceito
Outros	Carta_anuenda_LACAP.pdf	29/10/2016 11:21:38	Helen Kerlen Bastos Fuzari	Aceito
Outros	Carta_anuenda_LACOM.pdf	29/10/2016 11:21:11	Helen Kerlen Bastos Fuzari	Aceito
Outros	Carta_Respostas.docx	29/10/2016 11:20:34	Helen Kerlen Bastos Fuzari	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.docx	29/10/2016 11:17:28	Helen Kerlen Bastos Fuzari	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	29/10/2016 11:16:49	Helen Kerlen Bastos Fuzari	Aceito
Outros	usodedados.pdf	16/09/2016 10:21:08	Helen Kerlen Bastos Fuzari	Aceito
Outros	cartaanuenda.pdf	16/09/2016 10:20:21	Helen Kerlen Bastos Fuzari	Aceito
Folha de Rosto	Folharosto.pdf	15/09/2016 21:13:09	Helen Kerlen Bastos Fuzari	Aceito
Outros	Termo_confidencialidade.pdf	14/09/2016 21:06:17	Helen Kerlen Bastos Fuzari	Aceito
Outros	Curriculo3.docx	14/09/2016 20:56:39	Helen Kerlen Bastos Fuzari	Aceito
Outros	Curriculo2.docx	14/09/2016 20:56:00	Helen Kerlen Bastos Fuzari	Aceito
Outros	Curriculo1.docx	14/09/2016 20:55:24	Helen Kerlen Bastos Fuzari	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 31 de Outubro de 2016

Assinado por:
LUCIANO TAVARES MONTENEGRO
(Coordenador)

ANEXO B - MINIMENTAL

MINI EXAME DO ESTADO MENTAL

Orientação Temporal Espacial – questão 2.a até 2.j pontuando 1 para cada resposta correta, máximo de 10 pontos.

Registros – questão 3.1 até 3.d pontuação máxima de 3 pontos.

Atenção e cálculo – questão 4.1 até 4.f pontuação máxima 5 pontos.

Lembrança ou memória de evocação – 5.a até 5.d pontuação máxima 3 pontos.

Linguagem – questão 5 até questão 10, pontuação máxima 9 pontos.

Identificação do cliente

Nome: _____

Data de nascimento/idade: _____ Sexo: _____

Escolaridade: Analfabeto () 0 à 3 anos () 4 à 8 anos () mais de 8 anos ()

Avaliação em: ____/____/____ Avaliador: _____

Pontuações máximas	Pontuações máximas
Orientação Temporal Espacial 1. Qual é o (a) Dia da semana? ____ 1 Dia do mês? ____ 1 Mês? ____ 1 Ano? ____ 1 Hora aproximada? ____ 1 2. Onde estamos? Local? ____ 1 Instituição (casa, rua)? ____ 1 Bairro? ____ 1 Cidade? ____ 1 Estado? ____ 1	Linguagem 5. Aponte para um lápis e um relógio. Faça o paciente dizer o nome desses objetos conforme você os aponta ____ 2 6. Faça o paciente. Repetir "nem aqui, nem ali, nem lá". ____ 1 7. Faça o paciente seguir o comando de 3 estágios. "Pegue o papel com a mão direita. Dobre o papel ao meio. Coloque o papel na mesa". ____ 3 8. Faça o paciente ler e obedecer ao seguinte: FECHE OS OLHOS. ____ 1 09. Faça o paciente escrever uma frase de sua própria autoria. (A frase deve conter um sujeito e um objeto e fazer sentido). (Ignore erros de ortografia ao marcar o ponto) ____ 1 10. Copie o desenho abaixo. Estabeleça um ponto se todos os lados e ângulos forem preservados e se os lados da interseção formarem um quadrilátero. ____ 1
Registros 1. Mencione 3 palavras levando 1 segundo para cada uma. Peça ao paciente para repetir as 3 palavras que você mencion. Estabeleça um ponto para cada resposta correta. -Vaso, carro, tijolo ____ 3	
3. Atenção e cálculo Sete seriado (100-7=93-7=86-7=79-7=72-7=65). Estabeleça um ponto para cada resposta correta. Interrompa a cada cinco respostas. Ou soletrar palavra MUNDO de trás para frente. ____ 5	
4. Lembranças (memória de evocação) Pergunte o nome das 3 palavras aprendidas na questão 2. Estabeleça um ponto para cada resposta correta. ____ 3	

ANEXO C - IPAQ



CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA IPAQ

1. MUITO ATIVO: aquele que cumpriu as recomendações de:

- a) VIGOROSA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão ou
- b) VIGOROSA: ≥ 3 dias/sem e ≥ 20 minutos por sessão + MODERADA ou CAMINHADA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão.

2. ATIVO: aquele que cumpriu as recomendações de:

- a) VIGOROSA: ≥ 3 dias/sem e ≥ 20 minutos por sessão; ou
- b) MODERADA ou CAMINHADA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão; ou
- c) Qualquer atividade somada: ≥ 5 dias/sem e ≥ 150 minutos/sem (caminhada + moderada + vigorosa).

3. IRREGULARMENTE ATIVO: aquele que realiza atividade física, porém, de forma insuficiente para ser classificado como ativo pois não cumpre as recomendações quanto à frequência ou duração. Para realizar essa classificação soma-se a frequência e a duração dos diferentes tipos de atividades (caminhada + moderada + vigorosa).

4. SEDENTÁRIO: aquele que não realizou nenhuma atividade física por pelo menos 10 minutos contínuos durante a semana.

Exemplos:

Indivíduos	Caminhada		Moderada		Vigorosa		Classificação
	F	D	F	D	F	D	
1	-	-	-	-	-	-	Sedentário
2	4	20	1	30	-	-	Irregularmente Ativo
3	3	30	-	-	-	-	Irregularmente Ativo
4	3	20	3	20	1	30	Ativo
5	5	45	-	-	-	-	Ativo
6	3	30	3	30	3	20	Muito Ativo
7	-	-	-	-	5	30	Muito Ativo

F = Frequência – D = Duração

ANEXO D – DN4

Questionário Para diagnóstico De Dor Neuropática – DN4

QUESTIONÁRIO PARA DIAGNÓSTICO DE DOR NEUROPÁTICA – DN4

Por favor, nas quatro perguntas abaixo, complete o questionário marcando uma resposta para cada número:

ENTREVISTA DO PACIENTE

Questão 1: A sua dor tem uma ou mais das seguintes características?

	Sim	Não
1- Queimação	☐	☐
2- Sensação de frio dolorosa	☐	☐
3- Choque elétrico	☐	☐

Questão 2: Há presença de um ou mais dos seguintes sintomas na mesma área da sua dor?

	Sim	Não
4- Formigamento	☐	☐
5- Alfinetada e agulhada	☐	☐
6- Adormecimento	☐	☐
7- Coceira	☐	☐

EXAME DO PACIENTE

Questão 3: A dor está localizada numa área onde o exame físico pode revelar uma ou mais das seguintes características?

	Sim	Não
8- Hipoestesia ao toque	☐	☐
9- Hipoestesia a picada de agulha	☐	☐

Questão 4: Na área dolorosa a dor pode ser causada ou aumentada por:

	Sim	Não
10- Escovação	☐	☐

ESCORE

0 – Para cada item negativo 1 – Para cada item positivo

Dor Neuropática: Escore total a partir de 4/10.

() Dor Nociceptiva

() Dor Neuropática

ANEXO E – MCGILL

Questionário de McGill – Avaliação do Padrão da Dor

Assinale, no máximo, uma expressão de cada grupo. Não assinale palavras que não se aplicam.

Escolha dentre estas, as expressões que melhor descrevam sua dor atual

1. ☐ 1-Vibração ☐ 2-Tremor ☐ 3-Pulsante ☐ 4-Latejante ☐ 5-Como Batida ☐ 6-Como Pancada	6. ☐ 1-Figada ☐ 2-Puxão ☐ 3-Torção 7. ☐ 1-Calor ☐ 2-Queimação ☐ 3-Fervente ☐ 4-Em Brasa 8. ☐ 1-Formigamento ☐ 2-Coceira ☐ 3-Ardor ☐ 4-Ferroada 9. ☐ 1-Mal localizada ☐ 2-Dolorida ☐ 3-Machucada ☐ 4-Doida ☐ 5-Pesada 10. ☐ 1-Sensível ☐ 2-Esticada ☐ 3-Esfolante ☐ 4-Rachando 11. ☐ 1-Cansativa ☐ 2-Exaustiva	12. ☐ 1-Enjoada ☐ 2-Sufocante 13. ☐ 1-Castigante ☐ 2-Atormenta ☐ 3-Cruel 14. ☐ 1-Amedrontadora ☐ 2-Apavorante ☐ 3-Aterrorizante ☐ 4-Maldita ☐ 5-Mortal 15. ☐ 1-Miserável ☐ 2-Enloquecedora 16. ☐ 1-Chata ☐ 2-Que incomoda ☐ 3-Desgastante ☐ 4-Forte ☐ 5-Insuportável 17. ☐ 1-Espalha ☐ 2-Irradia ☐ 3-Penetra ☐ 4-Atravessa	18. ☐ 1-Aperta ☐ 2-Adormece ☐ 3-Repuxa ☐ 4-Espreme ☐ 5-Rasga 19. ☐ 1-Fria ☐ 2-Gelada ☐ 3-Congelante 20. ☐ 1-Aborrecida ☐ 2-Dá náuseas ☐ 3-Agontzante ☐ 4-Pavorosa ☐ 5-Torturante Nº de Descritores ☐ 1-Sensoriais ☐ 2-Afetivos ☐ 3-Avaliativos ☐ 4-Miscelânea ☐ 5-Total Índice de Dor ☐ 1-Sensoriais ☐ 2-Afetivos ☐ 3-Avaliativos ☐ 4-Miscelânea ☐ 5-Total
---	--	---	---

ANEXO F - DASH

	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 de 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 mala.	1	2	3	4	5
11. Carregar.	1	2	3	4	5
12. Carregar um objeto pesado (mais de 5 kg).	1	2	3	4	5
13. Trocar uma lâmpada acima da cabeça.	1	2	3	4	5
14. Lavar ou secar o cabelo.	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

Fonte: ORFALE, 2003

	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 afetaram suas atividades normais com família, amigos, vizinhos ou colegas?	1	2	3	4	5
	Não Limitou	Limitou pouco	Limitou medianamente	Limitou pouco	Não conseguiu fazer
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 quando você fazia atividades específicas	1	2	3	4	5
25. Desconforto na pele (alfinetadas) no braço, ombro ou mão.	1	2	3	4	5
26. Fraqueza no braço, ombro ou mão.	1	2	3	4	5
27. 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 pode dormir
28. Durante a semana passada, qual a dificuldade 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
29. 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

Fonte: ORFALE, 2003

ANEXO G – ESCALA DE BORG



ANEXO H – QUESTIONÁRIO WHOQOL

Por favor, leia cada questão, veja o que você acha e circule no número e lhe parece a melhor resposta.

		muito ruim	ruim	nem ruim nem boa	boa	muito boa
1	Como você avaliaria sua qualidade de vida?	1	2	3	4	5

		muito insatisfeito	insatisfeito	nem satisfeito nem insatisfeito	satisfeito	muito satisfeit o
2	Quão satisfeito(a) você está com a sua saúde?	1	2	3	4	5

As questões seguintes são sobre **o quanto** você tem sentido algumas coisas nas últimas duas semanas.

		nada	muito pouco	mais ou menos	bastant e	extremamente
3	Em que medida você acha que sua dor (física) impede você de fazer o que você precisa?	1	2	3	4	5
4	O quanto você precisa de algum tratamento médico para levar sua vida diária?	1	2	3	4	5
5	O quanto você aproveita a vida?	1	2	3	4	5
6	Em que medida você acha que a sua vida tem sentido?	1	2	3	4	5
7	O quanto você consegue se concentrar?	1	2	3	4	5
8	Quão seguro(a) você se sente em sua vida diária?	1	2	3	4	5
9	Quão saudável é o seu ambiente físico (clima, barulho, poluição, atrativos)?	1	2	3	4	5

As questões seguintes perguntam sobre **quão completamente** você tem sentido ou é capaz de fazer certas coisas nestas últimas duas semanas.

		nada	muito pouco	médio	muito	completamente
10	Você tem energia suficiente para seu dia-a-dia?	1	2	3	4	5
11	Você é capaz de aceitar sua aparência física?	1	2	3	4	5
12	Você tem dinheiro suficiente para satisfazer suas necessidades?	1	2	3	4	5
13	Quão disponíveis para você estão as informações que precisa no seu dia-a-dia?	1	2	3	4	5
14	Em que medida você tem oportunidades de atividade de lazer?	1	2	3	4	5

As questões seguintes perguntam sobre **quão bem ou satisfeito** você se sentiu a respeito de vários aspectos de sua vida nas últimas duas semanas.

		muito ruim	ruim	nem ruim nem bom	bom	muito bom
15	Quão bem você é capaz de se locomover?	1	2	3	4	5

		muito insatisfeito	insatisfeito	nem satisfeito nem insatisfeito	satisfeito	muito satisfeito
16	Quão satisfeito(a) você está com o seu sono?	1	2	3	4	5
17	Quão satisfeito(a) você está com sua capacidade de desempenhar as atividades do seu dia-a-dia?	1	2	3	4	5
18	Quão satisfeito(a) você está com sua capacidade para o trabalho?	1	2	3	4	5
19	Quão satisfeito(a) você está consigo mesmo?	1	2	3	4	5
20	Quão satisfeito(a) você está com suas relações pessoais (amigos, parentes, conhecidos, colegas)?	1	2	3	4	5
21	Quão satisfeito(a) você está com sua vida sexual?	1	2	3	4	5
22	Quão satisfeito(a) você está com o apoio que você recebe de seus amigos?	1	2	3	4	5
23	Quão satisfeito(a) você está com as condições do local onde mora?	1	2	3	4	5
24	Quão satisfeito(a) você está com o seu acesso aos serviços de saúde?	1	2	3	4	5
25	Quão satisfeito(a) você está com o seu meio de transporte?	1	2	3	4	5

As questões seguintes referem-se a **com que frequência** você sentiu ou experimentou certas coisas nas últimas duas semanas.

		nunca	algumas vezes	frequentemente	muito frequentemente	sempre
26	Com que frequência você tem sentimentos negativos tais como mau humor, desespero, ansiedade, depressão?	1	2	3	4	5

Alguém lhe ajudou a preencher este questionário?.....

Quanto tempo você levou para preencher este questionário?.....

Você tem algum comentário sobre o questionário?

OBRIGADO PELA SUA COLABORAÇÃO

ANEXO I – ARTIGO ORIGINAL:

DIAGNOSTIC ACCURACY OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN POST-TRAUMATIC INJURIES OF BRACHIAL PLEXUS: A SYSTEMATIC REVIEW



Review Article

Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging in post-traumatic brachial plexus injuries: A systematic review



Helen K.B. Fuzari^{a,*}, Arnêde Dornelas de Andrade^b, Clarice F. Vilar^b, Larissa B. Sayão^b, Paula R.B. Diniz^c, Fernando H. Souza^d, Daniella A. de Oliveira^{a,b}

^a Neuropsychiatry and Behavioral Sciences Program, Federal University of Pernambuco, Recife, Brazil

^b Department of Physical Therapy, Federal University of Pernambuco, Recife, Brazil

^c Department of Clinical Medicine, Federal University of Pernambuco, Recife, Brazil

^d Department of Neurosurgery of the Hospital de Referência, Recife, Pernambuco, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:
Brachial plexus
Computed tomography myelography
Magnetic resonance imaging

ABSTRACT

Computed Tomographic Myelography (CTM) is a gold-standard imaging test for evaluating the brachial plexus and has been used for a long time. Another imaging test more recently used is Magnetic Resonance Imaging (MRI), which is also part of the plexus evaluation. The purpose of this study was to determine the accuracy of MRI in diagnosing post-traumatic injuries of the brachial plexus. We conducted a Systematic Review with cross-sectional studies of diagnostic accuracy. Studies with populations presenting post-traumatic brachial plexus injury, over 16 years old, both genders, and examined by CT Myelography and MRI were evaluated. The trial resulted in three studies that covered the inclusion criteria. The sample consisted of 46 participants. The tool Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies (QUADAS-2) was used to evaluate the quality of the studies, and the software RevMan was used to identify the homogeneity of the studies that entered the analysis. The study was registered in PROSPERO under the number CRD42016041720. Studies showed moderate to high risk of bias, with low or very low quality of evidence due to the limitations of studies and differences in comparing the assessment groups. The heterogeneity of the studies made it impossible to create meta-analysis. MRI has been an excellent test for assessing traumatic brachial plexus injuries in clinical practice; however, the quantitative analysis of studies identified a lack in methodological rigor. Future studies should focus on methodological rigor, providing more accurate assessments of modalities and their benefits.

1. Introduction

The brachial plexus is composed of the C5, C6, C7, C8 and T1 spinal nerves, being responsible for sensitive and motor innervation of the upper limbs [1]. Because of its anatomical relations with mobile structures such as the neck and upper limbs, it has a great propensity to be affected during high impact accidents [2,3]. Brachial plexus injuries related to car accidents are a major public health problem, such as in Brazil where the costs come to be the equivalent of 1.2% of gross domestic product (GDP) [4], and they mainly affect economically productive people as they particularly involve motorcyclists [5–9].

The occurrence of avulsion injuries or stretching of the brachial plexus is frequent in car accidents [2,6]. Such injuries can be preganglionic located closely to the dorsal root ganglion or postganglionic located distal to the dorsal root ganglion. They can lead to motor and/or sensitivity, temporary or permanent dysfunction, which can be either recovered spontaneously or by means of various microsurgical

procedures [10].

The brachial plexus presents great anatomical complexity. Thus, in addition to clinical evaluation, imaging methods are of utmost importance to complement the diagnosis, both in location and in characterizing the injury type that affects this region [11]. The distinction between proximal injuries or preganglionic and distal or postganglionic is one of the most important prognostic factors, directly determining the best treatment to be indicated [12].

Computed tomographic myelography (CTM) is an imaging test which has been used for a long time in diagnosing post-traumatic injuries, and has many advantages such as greater ease in evaluating adjacent fractures and detecting postganglionic injuries. Its limitations include its invasive nature, the use of ionic contrast agents, and the use of ionizing radiation [13].

Another more recent imaging test is Magnetic Resonance Imaging (MRI). It is a non-invasive test without ionizing radiation and provides good assessment of postganglionic injuries [13]. A detailed evaluation

* Corresponding author.

E-mail address: helen.fk@ufpe.br (H.K.B. Fuzari).

ANEXO J - ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS DURANTE O DOUTORADO

Durante o período no doutorado, desde abril de 2016, além dos artigos da tese a pesquisadora principal esteve envolvida com outros artigos científicos publicados:

- ✓ **Artigo Original - FUZARI, HELEN KB; LEITE, JÉSSICA; SOUZA, HELGA ; ROCHA, TACIANO ; DE ANDRADE, ARMÈLE DORNELAS ; MARINHO, PATRICIA .** Exercise effectiveness of arteriovenous fistula maturation in chronic renal patients: A systematic review with meta-analysis. INTERNATIONAL JOURNAL OF THERAPY AND REHABILITATION, v. 24, p. 98-104, 2017.
- ✓ **Artigo Original - CARDIM, A. B. ; MARINHO, P. E. ; NASCIMENTO, J. F. ; FUZARI, H. K. ; DORNELAS DE ANDRADE, A. .** Does Whole-Body Vibration Improve the Functional Exercise Capacity of Subjects With COPD? A Meta-Analysis. Respiratory Care **JCR**, v. 61, p. 1552-1559, 2016.
- ✓ **Artigo Original - DE MEDEIROS, ANA IRENE CARLOS ; FUZARI, HELEN KERLEN BASTOS ; RATTESA, CATARINA ; BRANDÃO, DANIELLA CUNHA ; DE MELO MARINHO, PATRÍCIA ÉRIKA .** Inspiratory muscle training improves respiratory muscle strength, functional capacity and quality of life in patients with chronic kidney disease: a systematic review. Journal of Physiotherapy **JCR**, v. 63, p. 76-83, 2017.
- ✓ **Artigo Original- PESSOA, M. F. ; BRANDAO, D. C. ; SA, R. B. ; SOUZA, H. C. M. ; Fuzari, H.K.B. ; DORNELAS DE ANDRADE, A. .** Effects of Whole Body Vibration on Muscle Strength and Quality of Life in Health Elderly: A Meta-Analysis. FISIOTERAPIA EM MOVIMENTO (PUCPR. IMPRESSO), v. 31, p. 171-182, 2017.
- ✓ **Artigo Original - BARBOSA, J. B. N. ; MEDEIROS, A. I. C. ; Fuzari, H.K.B. ; ROCHA, T. D. S. ; CERQUEIRA, M. S. ; MARINHO, P. E. M. .** Increasing forearm

vessel diameter before arteriovenous fistula creation for patients with chronic kidney disease. INTERNATIONAL JOURNAL OF THERAPY AND REHABILITATION, v. 24, p. 483-487, 2017.

- ✓ **Artigo Original - FUZARI, HELEN KB;** DORNELAS DE ANDRADE, A ; RODRIGUES, M. A. B. ; MEDEIROS, A. I. C. ; PESSOA, M. F. ; LIMA, A. M. S. ; CERQUEIRA, M. S. ; MARINHO, P. E. M. . Whole Body Vibration Improves Maximum Voluntary Isometric Contraction Knee Extensors in Patients with Chronic Kidney Disease: a Randomized Contolled Trial. PHYSIOTHERAPY THEORY AND PRACTICE **JCR**, 2018. doi.org/10.1080/09593985.2018.1443537.
- ✓ BARBOSA, J. B. N. ; MAIA, T. ; ALVES, P. ; BEZERRA, S. ; CRUZ, E. C. ; MEDEIROS, A. I. C. ; **Fuzari, H.K.B.** ; ROCHA, L. G. ; MARINHO, P. E. M. . Does blood flow restriction training increases the diameter of forearm vessels in CKD patients? A randomized clinical trial. Journal of Vascular Access **JCR**, 2018. Aceito para publicação.
- ✓ **FUZARI, HELEN K.B.;** DORNELAS DE ANDRADE, ARMÈLE ; VILAR, CLARICE F. ; SAYÃO, LARISSA B. ; DINIZ, PAULA R.B. ; SOUZA, FERNANDO H. ; DE OLIVEIRA, DANIELLA A. . Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging in post-traumatic brachial plexus injuries: A systematic review. CLINICAL NEUROLOGY AND NEUROSURGERY **JCR**, v. 164, p. 5-10, 2018.
- ✓ **FUZARI, HELEN KB;** DORNELAS DE ANDRADE, A; RODRIGUES, M. A. B. ; MEDEIROS, A. I. C.; PESSOA, M. F.; LIMA, A. M. S. ; CERQUEIRA, M. S. ; MARINHO, P. E. M. Whole Body Vibration Improves Maximum Voluntary Isometric Contraction Knee Extensors in Patients Maximum Voluntary Isometric Contraction Knee Extensors in Patients with Chronic Kidney Disease:a Randomized Contolled Trial. PHYSIOTHERAPY THEORY AND PRACTICE **JCR**, v. xx, p. xx-xx, 2018.

- ✓ MEDEIROS, ANA IRENE CARLOS DE; BRANDÃO, DANIELLA CUNHA ; SOUZA, RENATA JANAÍNA PEREIRA DE ; **FUZARI, HELEN KERLEN BASTOS** ; BARROS, CARLOS EDUARDO SANTOS RÊGO ; BARBOSA, JEFFERSON BELARMINO NUNES; LEITE, JÉSSICA COSTA ; CAVALCANTI, FREDERICO CASTELO BRANCO ; DORNELAS DE ANDRADE, ARMÉLE ; DE MELO MARINHO, PATRÍCIA ÉRIKA . Effects of daily inspiratory muscle training on respiratory muscle strength and chest wall regional volumes in haemodialysis patients: a randomised clinical trial. *DISABILITY AND REHABILITATION JCR*, v. xx, p. 1-8, 2018.
- ✓ BRUNA ARAÚJO, ARMÈLE DORNELAS DE ANDRADE, JÉSSICA LEITE, **HELEN FUZARI**, RENATA SOUZA, DANIELLA CUNHA BRANDÃO. Influence of High-intensity interval training and continuous training in the functional capacity of individuals with heart failure: a systematic review. Aceito para publicação em *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*. 2019.