



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA - PPGFIS

Roberto Vinicius Antonino da Costa

**EFEITOS DA PRESSÃO POSITIVA EXPIRATÓRIA E INSPIRATÓRIA NA
CONFIGURAÇÃO DO DIAFRAGMA DE INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS EM
RESPIRAÇÃO ESPONTÂNEA**

JOÃO PESSOA/PB
2024

ROBERTO VINICIUS ANTONINO DA COSTA

**EFEITOS DA PRESSÃO POSITIVA EXPIRATÓRIA E INSPIRATÓRIA NA
CONFIGURAÇÃO DO DIAFRAGMA DE INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS EM
RESPIRAÇÃO ESPONTÂNEA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Fisioterapia, Área de concentração: Avaliação e Intervenção em Fisioterapia na Funcionalidade Humana

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Eriko Tenório de França

João Pessoa/PB
2024

ROBERTO VINICIUS ANTONINO DA COSTA

**EFEITOS DA PRESSÃO POSITIVA EXPIRATÓRIA E INSPIRATÓRIA NA
CONFIGURAÇÃO DO DIAFRAGMA DE INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS EM
RESPIRAÇÃO ESPONTÂNEA**

Banca examinadora

Professor Dr. Eduardo Eriko Tenório de França
Orientador

Professora Dra. Rafaela Pedrosa
Examinador – UFPB

Professor Dr. Caio César Araújo Morais
Examinador – Instituição

| | | |
|---|--|---|
|  | UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA |  |
|---|--|---|

ATA DE SESSÃO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

| | |
|---|----------------------------|
| Curso de Pós-Graduação PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA | Instituição UFPB |
| Ata da Sessão de Defesa de Dissertação do (a) Mestrando(a) ROBERTO VINICIUS ANTONINO DA COSTA | |
| Realizada no Dia 23/09/2024 | |

Às 10:05 horas do dia 23 do mês de setembro do ano de 2024 realizou-se a sessão de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso de Mestrado, do (a) discente **ROBERTO VINICIUS ANTONINO DA COSTA** intitulado: EFEITOS DA PRESSÃO POSITIVA EXPIRATÓRIA E INSPIRATÓRIA NA CONFIGURAÇÃO DO DIAFRAGMA DE INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS EM RESPIRAÇÃO ESPONTÂNEA. A banca examinadora foi composta pelos professores doutores **Eduardo Ériko Tenório de França** (orientador/UFPB), **Rafaela Pedrosa** (membro interno/UFPB) e **Caio César Araújo Morais** (membro externo/HC/UFPE).

A sessão foi aberta pelo Presidente da banca professor **Eduardo Ériko Tenório de França** do Curso de Pós-Graduação em Fisioterapia, que assumiu a coordenação dos trabalhos e apresentou a banca examinadora. Em seguida, o candidato procedeu com a apresentação do trabalho. Após a exposição, seguiu-se o processo de arguição do mestrando. O primeiro examinador foi a professor doutor **Caio César Araújo Morais**, e logo após procederam a arguição os (as) professores doutores **Rafaela Pedrosa** e **Eduardo Ériko Tenório de França**. Em seguida a banca examinadora se reuniu reservadamente a fim de avaliar o desempenho do mestrando.

Diante do exposto e considerando que o mestrando, dentro do prazo regimental, cumpriu todas as exigências do Regimento Geral da UFPB, do Regulamento Geral dos Cursos de Pós-Graduação "Stricto Sensu" da UFPB e do Regulamento do programa, está apto a obter o **grau de Mestre em Fisioterapia**, a ser conferido pela Universidade Federal da Paraíba. A banca examinadora considerou **APROVADO** com as sugestões a serem efetivadas pelo discente no prazo regimental. Nada mais havendo a relatar a sessão foi encerrada às 11:50 horas. Eu, **Eduardo Ériko Tenório de França**, orientador do programa de Pós-Graduação em Fisioterapia/UFPB, lavrei a presente ata, que depois de lida e aprovada será assinada por mim e pelos membros da banca examinadora.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**



João Pessoa, 23 de setembro de 2024

Prof. Dr. Eduardo Ériko Tenório de França
Orientador (UFPB)

Profa. Dra. Rafaela Pedrosa
Membro interno (UFPB)

Prof. Dr. Caio César Araújo Moraes
Membro externo (HC-UFPE)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA



FICHA DE AVALIAÇÃO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

MESTRANDO (A): **ROBERTO VINICIUS ANTONINO DA COSTA**

MATRÍCULA: 20221022796

TÍTULO DO TRABALHO: **EFEITOS DA PRESSÃO POSITIVA EXPIRATÓRIA E INSPIRATÓRIA NA CONFIGURAÇÃO DO DIAFRAGMA DE INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS EM RESPIRAÇÃO ESPONTÂNEA**

DATA DO EXAME: 23/09/2024 HORA: 10:00 LOCAL: Sala 24 - PPGFis

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA:

| MEMBROS – BANCA EXAMINADORA | INSTITUIÇÃO | ASSINATURA |
|-------------------------------------|-------------|------------|
| Dr. Eduardo Ériko Tenório de França | UFPB | |
| Dra. Rafaela Pedrosa | UFPB | |
| Dr. Caio César Araújo Morais | HC/UFPE | |

A banca Examinadora, em análise dos seguintes aspectos atinentes a apresentação do Trabalho Final da pesquisa de mestrado e procedida a arguição pertinente ao trabalho, teve como PARECER O SEGUINTE: O mestrando, **ROBERTO VINICIUS ANTONINO DA COSTA**, foi APROVADO em seu trabalho final, no entanto, terá 30 dias para realizar as correções sugeridas pela banca examinadora, descritas no corpo da dissertação que foi encaminhada a mesma.

Sendo assim, considerou o Trabalho do Mestrando.

(X) Aprovado () Reprovado () Insuficiente

Eduardo Ériko Tenório de França (orientador)

DATA: 23 de Setembro de 2024



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**



RELATÓRIO FINAL DO ORIENTADOR

Eu, Prof. Dr. Eduardo Ériko Tenório de França, orientador do trabalho final **ROBERTO VINICIUS ANTONINO DA COSTA**, do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia na Linha de Pesquisa "AVALIAÇÃO E INTERVENÇÃO EM FISIOTERAPIA NA FUNCIONALIDADE HUMANA", da Universidade Federal da Paraíba, após exame da vida acadêmica da mencionada aluna, tenho a relatar: a integralização do Curso foi feita dentro do prazo estabelecido pela Legislação vigente na UFPB.

Quanto ao desempenho acadêmico, constata-se que o mestrando cursou todos os créditos exigidos da Estrutura Curricular a que está submetido e foi aprovado no Exame de verificação da capacidade de leitura em língua inglesa.

Na apresentação da dissertação, intitulada **EFEITOS DA PRESSÃO POSITIVA EXPIRATÓRIA E INSPIRATÓRIA NA CONFIGURAÇÃO DO DIAFRAGMA DE INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS EM RESPIRAÇÃO ESPONTÂNEA**, realizada no dia 23/09/2024, às 10:05 horas, no Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, o mestrando **ROBERTO VINICIUS ANTONINO DA COSTA**, obteve conceito de APROVADO, tendo a Banca Examinadora sido formada pelos especialistas:

| MEMBROS – BANCA EXAMINADORA | INSTITUIÇÃO |
|---------------------------------|-------------|
| Eduardo Ériko Tenório de França | UFPB |
| Rafaela Pedrosa | UFPB |
| Caio César Araújo Morais | HC/UFPE |

Diante do exposto, considerando que o mestrando, dentro do prazo regimental, cumpriu todas as exigências do Regimento Geral da UFPB, do Regulamento Geral dos Cursos de Pós-Graduação "Stricto Sensu" da UFPB e do Regulamento do programa, está apto a obter o **grau de Mestre em Fisioterapia**, a ser conferido pela Universidade Federal da Paraíba.

Prof. Eduardo Ériko Tenório de França

DATA: 23/09/2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C838e Costa, Roberto Vinicius Antonino da.

Efeitos da pressão positiva expiratória e inspiratória na configuração do diafragma de indivíduos saudáveis em respiração espontânea / Roberto Vinicius Antonino da Costa. - João Pessoa, 2024.

53 f. : il.

Orientação: Eduardo Eriko Tenório de França.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCS.

1. Avaliação respiratória. 2. Atrofia longitudinal.
3. Pressão positiva. 4. Ultrassonografia diafragmática.
I. França, Eduardo Eriko Tenório de. II. Título.

UFPB/BC

CDU 612.2(043)

RESUMO

Introdução: O diafragma é o principal músculo respiratório e a ventilação com pressão positiva pode afetá-lo, levando à dependência do ventilador mecânico e a desfechos clínicos ruins. No entanto, o impacto específico da pressão positiva sobre o diafragma ainda não está bem compreendido. A ultrassonografia se destaca como uma ferramenta capaz de identificar alterações no diafragma. **Objetivo:** Identificar os efeitos agudos da utilização da pressão positiva inspiratória e expiratória aplicada por meio do CPAP e *Bi-level* sob o espessamento diafragmático de indivíduos saudáveis em respiração espontânea. Além de correlacionar a força, resistência e características corporais com o espessamento do diafragma. **Metodologia:** Trata-se de um ensaio clínico randomizado, cruzado e duplo cego realizado com indivíduos de idade entre 18-50 anos, sendo excluídos os voluntários com história de tabagismo ou alguma outra doença prévia. Foi feita a ultrassonografia para avaliar o espessamento do diafragma em respiração espontânea e com seis níveis de pressão positiva, com o participante em posição supina. Os dados foram analisados por meio de Modelo Linear Misto e pelo Pós teste de Dunn-Sidak, as correlações foram feitas pelo teste Spearman. **Resultados:** Foram coletados dados de 94 participantes em respiração espontânea e nos modos: CPAP (5, 10 e 15 cmH₂O) e *Bi-level* (5, 7 e 10 cmH₂O). Os dados obtidos mostram que a utilização do CPAP aumentou o espessamento do diafragma em comparação com a respiração espontânea, especialmente nas pressões de 10 e 15 cmH₂O, enquanto no modo *Bi-level* o espessamento aumentou nos níveis de pressões inspiratórias de 12 e 15 cmH₂O e PEEP de 5 cmH₂O. O espessamento diafragmático durante a inspiração se correlacionou de forma positiva com a força muscular respiratória, da mesma forma, as características corporais foram correlacionadas de forma positiva com o espessamento inspiratório e expiratório, entretanto, os dados de resistência muscular respiratória não apresentaram correlação com o espessamento diafragmático. **Conclusão:** O uso do CPAP acima de 5 cmH₂O e do *Bi-level* com pressão inspiratória a partir de 12cmH₂O e PEEP de 5cmH₂O aumentaram a espessura do diafragma. Como também se correlacionaram de forma positiva com o espessamento diafragmático os dados de força muscular respiratória e características corporais.

Palavras-chave: Avaliação respiratória. Atrofia longitudinal. Pressão positiva. Ultrassonografia diafragmática.

ABSTRACT

Introduction: The diaphragm is the main respiratory muscle, and positive pressure ventilation can affect it, leading to mechanical ventilator dependence and poor clinical outcomes. However, the specific impact of positive pressure on the diaphragm is not yet well understood. Ultrasound stands out as a tool capable of identifying changes in the diaphragm. **Objective:** To identify the acute effects of positive inspiratory and expiratory pressure applied through CPAP and Bi-level on diaphragmatic thickening in healthy individuals during spontaneous breathing. Additionally, to correlate strength, endurance, and body characteristics with diaphragmatic thickening. **Methodology:** This is a randomized, cross-over, double-blind clinical trial conducted with individuals aged 18-50 years, excluding volunteers with a history of smoking or any other prior disease. Ultrasound was performed to assess diaphragmatic thickening during spontaneous breathing and with six levels of positive pressure, with the participant in the supine position. Data were analyzed using a Mixed Linear Model and Dunn-Sidak post-test, with correlations performed using the Spearman test. **Results:** Data were collected from 94 participants during spontaneous breathing and in modes: CPAP (5, 10, and 15 cmH₂O) and Bi-level (5, 7, and 10 cmH₂O). The obtained data show that the use of CPAP increased diaphragmatic thickening compared to spontaneous breathing, especially at pressures of 10 and 15 cmH₂O, while in the Bi-level mode, thickening increased at inspiratory pressure levels of 12 and 15 cmH₂O and PEEP of 5 cmH₂O. Diaphragmatic thickening during inspiration correlated positively with respiratory muscle strength; similarly, body characteristics were positively correlated with inspiratory and expiratory thickening. However, data on respiratory muscle endurance did not show a correlation with diaphragmatic thickening. **Conclusion:** The use of CPAP above 5 cmH₂O and Bi-level with inspiratory pressure starting at 12 cmH₂O and PEEP of 5 cmH₂O increased diaphragm thickness. Additionally, respiratory muscle strength and body characteristics positively correlated with diaphragmatic thickening.

Keywords: Respiratory assessment. Longitudinal atrophy. Positive pressure. Diaphragmatic ultrasound.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1. | Modelo hipotético em que a PEEP desencadeia sobreposição das fibras musculares..... | 14 |
| Figura 2. | Fluxograma do protocolo de intervenção..... | 20 |
| Figura 3. | Avaliação da espessura diafragmática..... | 22 |
| Figura 4. | Medida do espessamento diafragmático..... | 22 |
| Figura 5. | Fluxograma dos participantes do estudo..... | 26 |
| Figura 6. | Gráficos de correlação entre a PIM e espessamento inspiratório e IMC com os dados de espessamento inspiratório e expiratório..... | 30 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabela 1. | Descrição da amostra quanto a idade, IMC, sexo, prática de atividade física, uso de medicação, força de preensão palmar, PIM, Resistência muscular respiratória e outros relatos..... | 27 |
| Tabela 2. | Valores de tdi-insp, tdi-exp e FE em respiração espontânea e nos diversos níveis de pressão positiva..... | 29 |
| Tabela 3. | Comparações do Tdi-insp e Tdi-exp em respiração espontânea com os variados níveis de pressão positiva..... | 30 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------------------|---|
| CEP | Comitê de ética em pesquisa |
| cmH ₂ O | Centímetros de água |
| CONSORT | Consolidated standards of reporting trials |
| CPAP | Continue positive airway pressure |
| CRF | Capacidade residual funcional |
| DPOC | Doença pulmonar obstrutiva crônica |
| FE | Fração de espessamento |
| IMC | Índice de massa corporal |
| IPAP | Inspiratory positive airway pressure |
| LAFIPCARE | Laboratório de fisioterapia em pesquisa cardiorrespiratória |
| PEEP | Positive expiratory end pressure |
| PIM | Pressão inspiratória máxima |
| PPGFis | Programa de pós-graduação em fisioterapia |
| PTP | Pressão transpulmonar |
| TCLE | Termo de consentimento livre esclarecido |
| TDI | Espessura do diafragma |
| Tdi-exp | Espessura do diafragma na expiração |
| Tdi-insp | Espessura do diafragma na inspiração |
| UFPB | Universidade federal da Paraíba |
| USG | Ultrassonografia |
| VNI | Ventilação não invasiva |
| VO ₂ máx | Consumo máximo de oxigênio |
| ZA | Zona de aposição |

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 10 |
| 2 | OBJETIVOS..... | 12 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL..... | 12 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 12 |
| 3 | HIPÓTESES..... | 12 |
| 4 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 12 |
| 4.1 | VENTILAÇÃO NÃO INVASIVA..... | 12 |
| 4.2 | EFEITOS FISIOLÓGICOS DA VNI DURANTE O USO DO CPAP..... | 13 |
| 4.3 | EFEITOS FISIOLÓGICOS DA VNI DURANTE O USO DO <i>BI-LEVEL</i> | 15 |
| 4.4 | ULTRASSONOGRRAFIA NA AVALIAÇÃO DIAFRAGMÁTICA..... | 16 |
| 4.5 | ESPESSAMENTO DIAFRAGMÁTICO NO CONTEXTO CLÍNICO..... | 17 |
| 5 | METODOLOGIA..... | 18 |
| 5.1 | CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO..... | 18 |
| 5.2 | RECRUTAMENTO E ASPECTOS ÉTICOS..... | 19 |
| 5.3 | CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE..... | 19 |
| 5.4 | RANDOMIZAÇÃO E MÉTODO DE CEGAMENTO..... | 19 |
| 5.5 | PROTOCOLO DE INTERVENÇÃO..... | 20 |
| 5.6 | DESFECHOS CLÍNICOS E INSTRUMENTOS..... | 21 |
| 5.6.1 | Espessamento e fração de espessamento diafragmático..... | 21 |
| 5.6.2 | Força e <i>endurance</i> muscular respiratória..... | 22 |
| 5.6.3 | Índice de massa corporal..... | 23 |
| 5.6.4 | Dinamometria de preensão palmar..... | 24 |
| 6 | ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 24 |
| 6.1 | CÁLCULO AMOSTRAL..... | 25 |
| 7 | RESULTADOS..... | 25 |
| 8 | DISCUSSÃO..... | 32 |
| 9 | CONCLUSÃO..... | 35 |
| 10 | POTENCIAIS PRODUTOS E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O PERÍODO DO MESTRADO E IMPACTO SOCIAL, INOVAÇÃO E TECNOLOGIA DA PESQUISA..... | 36 |
| | REFERÊNCIAS..... | 38 |
| | ANEXO I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO..... | 46 |
| | ANEXO II - FICHA DE AVALIAÇÃO..... | 48 |

1 INTRODUÇÃO

O diafragma consiste no principal músculo respiratório, e por isso, os efeitos da assistência ventilatória sob o músculo devem ser cada vez mais estudados, já que existe um potencial de lesão diafragmática induzida pela ventilação, gerando crescimento na compreensão de tais mecanismos nos últimos anos (Santana et al., 2020). A hiper ou hipo-assistência ventilatória inspiratória está relacionada à atrofia do diafragma e à lesão por carga, respectivamente (Reid et al. 1994; Heunks e Ottenheijm, 2018), enquanto a assistência expiratória remete-se a alterações na geometria e função do diafragma (Loring; Mead e Griscom, 1985; Gauthier et al. 1985; Grassino et al. 1978; Similowski et al. 1991).

Os efeitos da pressão positiva expiratória final (*positive expiratory end pressure* – PEEP) são descritos por Lindqvist et al., (2018) ao citar movimento caudal do diafragma, com potencial perda de sarcômeros em série e redução do comprimento muscular. Vivier et al. (2012) em um estudo fisiológico demonstraram que o uso da ventilação com pressão positiva inspiratória nas vias aéreas (*inspiratory positive airway pressure* - IPAP), bem como, incrementos nos níveis desta pressão estão associados à redução do espessamento diafragmático. Pelo fato da ventilação com dois níveis de pressão (*Bi-level*) necessitar de uma IPAP+PEEP, os potenciais efeitos lesivos descritos por Lindqvist et al. (2018) também podem ocorrer, entretanto não se sabe se esse tipo de assistência pode repercutir da mesma forma, assim tais alterações se tornam clinicamente relevantes durante o desmame ventilatório.

Nesse sentido, a ultrassonografia (USG) se apresenta como um método simples, não invasivo e seguro para avaliar o espessamento do diafragma, possibilitando uma avaliação em tempo real, que demonstre as repercussões que o músculo venha a apresentar (Cardenas et al., 2018).

Em condições normais, ao se empregar uma pressão positiva no sistema respiratório observamos um incremento na ventilação pulmonar, porém, os efeitos dessa pressão sob o diafragma podem repercutir de forma disfuncional, uma vez que o músculo acaba por ser constantemente “rebaixado”, dada pressão e maior aeração pulmonar, o que interfere diretamente na geometria (Loring; Mead e Griscom, 1985) e na função diafragmática (Gauthier et al., 1994). Essa alteração mecânica quando prolongada pode levar a condição que ficou conhecida como atrofia longitudinal do

diafragma, que se caracteriza pela adaptação das fibras musculares para geração de força (Levine et al., 2008; Hoojiman et al., 2014; Van den Berg et al., 2017), fato comum em ambientes de terapia intensiva nos casos de longos períodos de ventilação mecânica invasiva.

Jansen et al., (2021) avaliaram as alterações na geometria e função diafragmática em indivíduos saudáveis com ventilação não invasiva (VNI), por meio de ressonância nuclear magnética, e concluíram que a elevação a curto prazo da PEEP é suficiente para gerar efeitos na forma e na eficiência mecânica do diafragma, porém, os autores utilizaram apenas a pressão positiva contínua nas vias aéreas (*Continue positive airway pressure* – CPAP), o que limita as análises do comportamento do músculo diafragma frente as alterações pressóricas dentro do tórax, pois cada vez mais são adotadas terapêuticas com dois níveis de pressão, exceto em casos específicos.

Um outro fator que devemos considerar são as características corporais, pois já existem relações das características antropométricas com a geometria do diafragma e com a força muscular respiratória, ou seja, mudanças nas características corporais podem afetar diretamente a mecânica respiratória e a função muscular respiratória (Enright et al., 2007).

Antes de investigar as adaptações a longo prazo ao suporte ventilatório e sua implicação em pacientes de terapia intensiva, é necessário abordar os efeitos agudos no diafragma humano *in vivo* e como mudanças agudas no nível de pressão positiva imposta repercutem no encurtamento e espessamento do diafragma.

Nesse sentido, a força e resistência muscular respiratória são variáveis importantes pela alteração da mecânica contrátil do músculo, entretanto, não há consenso sobre a correlação de tais dados com a espessura do diafragma em saudáveis. No entanto, considerando que a força depende da área de secção transversa, acredita-se que essas variáveis estejam relacionadas (Brown et al., 2013; Summerhill et al., 2007).

Assim, nossa hipótese é que, ocorram alterações fisiológicas agudas com a utilização das pressões positivas inspiratória e expiratória sob a configuração do diafragma, acreditando que estas pressões possam causar o deslocamento caudal do diafragma, proporcionando mudanças na sua configuração (Jansen et al., 2021).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar os efeitos agudos da utilização da pressão positiva inspiratório e expiratória aplicada por meio do CPAP e *Bi-level* sob o espessamento diafragmático de indivíduos saudáveis em respiração espontânea.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar os efeitos da pressão positiva sob o espessamento inspiratório, expiratório e fração de espessamento diafragmático;
- Correlacionar a força e resistência muscular respiratória com o espessamento diafragmático;
- Correlacionar o índice de massa corporal com o espessamento diafragmático;

3. HIPÓTESES

H0: A utilização da pressão positiva durante a ventilação não invasiva (VNI) não afeta o espessamento diafragmático em indivíduos saudáveis e não repercute de forma diferente de acordo com o modo utilizado.

H1: A utilização da pressão positiva durante a VNI é capaz de alterar o espessamento diafragmático em indivíduos saudáveis e repercute de forma diferente de acordo com o modo utilizado.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 VENTILAÇÃO NÃO INVASIVA

A VNI diz respeito ao suporte ventilatório pulmonar sem um dispositivo endotraqueal invasivo, ao qual é substituído geralmente por uma máscara. Por ser não invasivo, é um recurso que pode ser utilizado em diferentes momentos da assistência, desde o ambiente hospitalar intensivo ou ambulatorial, até o cuidado domiciliar (Piraino, 2017; MacIntyre, 2019). Em ambientes hospitalares se tornou comum o uso da VNI com ventiladores mais robustos, utilizados para ventilação invasiva, sendo alterada para uma configuração de interface e modo ventilatório

adequados para tal, porém, existem aparelhos próprios para terapêutica da VNI (Moraes et al., 2017).

Além da praticidade para aplicação, a VNI se destaca dos métodos invasivos por prevenir complicações da intubação orotraqueal, reduzir o desconforto respiratório, preservar a fala e deglutição, além de manter os mecanismos fisiológicos de proteção das vias aéreas (Bello; De Pascale e Antonelli, 2016; Pontes et al., 2017).

No que se refere às formas de aplicação, a VNI é comumente subdividida em CPAP e *Bi-level*, diferenciando-se entre si pela forma com a qual a pressão é imposta na via aérea. O CPAP é um modo que direciona o ar ambiente para a via aérea do paciente com um incremento de pressão constante e que permanece inalterado durante todo o ciclo respiratório (Pavwoski e Shelgikar, 2017). Já o *Bi-level* caracteriza-se por utilizar dois níveis de pressão, sendo a IPAP e a PEEP, podendo ser utilizado de modo espontâneo, o paciente realiza o esforço, modo espontâneo temporizado, o paciente faz o esforço, mas se em determinado período de tempo ele não o fizer, o aparelho oferta a ventilação e o modo temporizado, onde o aparelho realiza todo os ciclos ventilatórios (Piper; BaHamam e Javaheri, 2017; Berry et al., 2010).

A VNI de forma geral possibilita uma variedade de configurações de uso com base na interface utilizada, sendo as mais comuns: máscara nasal, pequena máscara que se encaixa sobre o nariz, e máscara facial, colocada sobre o nariz e a boca com boa vedação (Pinto e Sharma, 2022).

4.2 EFEITOS FISIOLÓGICOS DA VNI DURANTE O USO DO CPAP

Os efeitos fisiológicos do uso do CPAP já foram amplamente estudados e são documentados na literatura desde o século 20, com aumento da capacidade vital (Lindner; Lotz e Ahnefeld, 1987; Putensen et al., 2012), redução do trabalho respiratório (Putensen et al., 1993; Guldner et al., 2014), aumento na capacidade residual funcional (CRF) e redução da ventilação minuto sendo as principais repercussões relatadas (Stock et al., 1985; Putensen et al., 2012). O aumento da CRF é determinado pelo incremento da PEEP, o que proporciona um aumento do volume

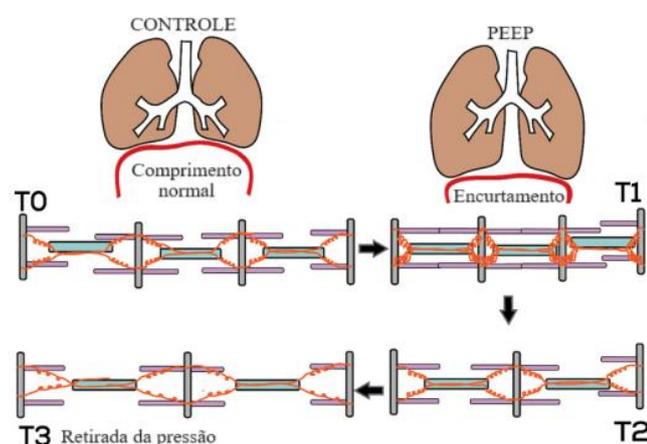
pulmonar (Katz et al., 1981), no gradiente de pressão transpulmonar no final da expiração, beneficiando o recrutamento alveolar (Lum; Huang e Mitzner, 1990).

Pelas vantagens de aplicação e os efeitos demonstrados, a VNI se tornou um tratamento padrão para diversas condições de saúde, como a apneia obstrutiva do sono, cardiopatias e doenças neuromusculares (Rochweg et al., 2017). Falando do modo CPAP, a terapêutica apresenta resultados significativos em condições pulmonares e cardíacas. (Walterspache et al., 2013).

Lopes et al., (2011) sugeriram que valores de 5 a 10 cmH₂O de CPAP podem reduzir a resistência das vias aéreas, favorecendo o esvaziamento pulmonar, porém valores acima de 10 cmH₂O podem favorecer a hiperinsuflação comum de pacientes com desordens obstrutivas e deteriorar a mecânica respiratória, atividade muscular e hemodinâmica.

Lindqvist et al., (2018) e Jansen et al., (2021) propuseram um modelo teórico, o qual a utilização da PEEP afeta diretamente a disposição de fibras musculares do diafragma, de forma que a aplicação de níveis cada vez mais elevados desencadeia uma sobreposição dos filamentos de actina e miosina, alterando o comprimento ideal e afetando a capacidade do músculo de gerar tensão, tal efeito é exemplificado por Jansen et al., (2021) na Figura 1.

Figura 1: Modelo hipotético em que a PEEP desencadeia sobreposição das fibras musculares.



Fonte: Adaptado de Jansen et al., 2021.

Legenda: T0. Comprimento muscular normal em repouso no final da expiração. T1. Efeito agudo da aplicação de PEEP no comprimento do sarcômero. T2.

Remodelamento do sarcômero por aplicação prolongada de PEEP. T3. A retirada da pressão após o remodelamento gera distensão excessiva do sarcômero, levando a lesão.

4.3 EFEITOS FISIOLÓGICOS DA VNI DURANTE O USO DO *BI-LEVEL*

O *Bilevel* atua de forma a reduzir o trabalho respiratório, associando os efeitos do IPAP no aumento do volume corrente (Gong, 2022), melhorando as trocas gasosas e o padrão ventilatório, além de reduzir a sensação de dispneia, aumentar a oxigenação arterial e a tolerância ao exercício (Borghi-Silva et al., 2010) com os efeitos da PEEP de aumentar a capacidade residual funcional (CRF) e a complacência pulmonar, efeitos característicos do CPAP (Kallet e Diaz, 2009).

A pressão transpulmonar (PTP) é entendida como a força que impede o pulmão de colapsar sobre si mesmo, sendo a força de oposição à retração elástica ou à pressão de distensão, de forma que mudanças na PTP afetam diretamente a complacência pulmonar (Neupane e Jamil, 2022). Nas doenças pulmonares, ocorre o aumento ou a diminuição da complacência pulmonar, o que altera diretamente a PTP, sendo o principal mecanismo de atuação do *Bi-level* (Gong, 2022), uma vez que em portadores de doenças respiratórias crônicas obstrutivas e restritivas, independente do estágio da doença, a redução do trabalho respiratório alivia a carga imposta a musculatura respiratória e repercute em benefícios clínicos significativos, sobretudo a tolerância ao exercício (Ambrosino e Cigni, 2015).

Em indivíduos com limitação funcional considerável, o uso da VNI apresenta boa aceitação, melhora a mecânica respiratória e reduz a sensação de dispneia, o que é repercutido como maior tolerância ao esforço, conforto e baixo riscos de complicações (Toledo et al., 2007).

Vivier et al., (2012) em um estudo fisiológico com pacientes gravemente enfermos que utilizaram VNI, demonstraram que a utilização da IPAP, bem como, incrementos nos níveis desta pressão estão associados a redução da fração de espessamento, determinando que esta é uma boa forma de avaliar a contribuição do diafragma na carga de trabalho respiratório de pacientes submetidos a VNI do tipo *Bi-level*. Já que o modo *Bi-level* lança mão de uma PEEP, acredita-se que o efeito de

sobreposição de fibras musculares do diafragma, descrito por Jansen et al., (2021) também possa vir a ocorrer nesta modalidade de VNI.

4.4 ULTRASSONOGRAFIA NA AVALIAÇÃO MUSCULAR DIAFRAGMÁTICA

O uso do ultrassom (US) para avaliação diafragmática tem sido bastante explorado na literatura na última década, sendo empregado em diversos contextos, desde populações saudáveis e atletas até indivíduos com doenças como fibrose cística (Boccatonda et al., 2019), doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), apneia obstrutiva do sono (Dufresne et al., 2009) e COVID-19 (Buonsenso et al., 2020). A US se mostrou útil em diversos contextos clínicos, com destaque para o ambiente de terapia intensiva, utilizada como recurso para diagnosticar disfunção diafragmática (Valette et al., 2015), para avaliar o trabalho respiratório (Vivier et al., 2012), identificar atrofia diafragmática (Schepens et al. 2015; Zambon et al., 2016; Goligher et al., 2018) e prever desfecho de desmame da ventilação mecânica (Spadaro et al., 2016).

A USG diafragmática é uma forma avaliativa de destaque que permite visualizar a anatomia e função do diafragma de forma estática e dinâmica em tempo real, especificamente a excursão e o espessamento diafragmático, isso se torna possível por meio da mensuração de parâmetros, como amplitude, movimento, força e velocidade de contração no decorrer da inspiração e expiração (Dias e Pacheco, 2019).

Para avaliar o diafragma existem duas janelas acústicas que são frequentemente utilizadas, são as janelas acústicas sobre a região subcostal e sobre a zona de aposição (ZA). Na primeira, o diafragma se apresenta como uma estrutura profunda e curva que delimita o espaço torácico e abdominal (Boussuges; Gole e Blanc, 2009; Testa et al., 2011; Cardenas et al., 2018), já na segunda janela se apresenta em uma estrutura em três camadas, sendo uma camada muscular hipoecoica circundada por duas membranas hiperecoicas (peritônio e pleura) (Cardenas et al., 2018; Ueki; De Bruin e Pride, 1995).

Durante a avaliação da contração normal é possível identificar o diafragma descendo na direção craniocaudal, na janela subcostal, o encurtamento e o espessamento do músculo na janela da ZA (Ueki; De Bruin e Pride, 1995; Cohn et al.,

1997), essas medidas avaliativas são amplamente utilizadas, sendo a avaliação da espessura expiratória sugerida como indicador de atrofia do diafragma (Goligher et al., 2018; Sklar et al., 2020), além disso, a fração de espessamento se correlaciona com o esforço inspiratório em indivíduos saudáveis e ventilados mecanicamente (Vivier et al., 2012; Cardenas et al., 2018).

É importante ressaltar, que a USG diafragmática possui vantagens consideráveis sobre outras estratégias, por ser realizada de forma rápida (Testa et al., 2011) e não invasiva, não utilizar radiação ionizante, ser viável, reprodutível e acessível, além de que já existe uma robusta literatura que a consolida em diversos contextos clínicos (Santana et al., 2020). No entanto, mesmo sendo um método comprovadamente confiável e fidedigno, possui limitações, sendo a resolução alcançada pelos aparelhos limitada, correspondendo a apenas uma porção do diafragma, além da avaliação do hemidiafragma esquerdo limitada, entretanto, ajustes de posição do paciente e do transdutor auxiliam a superar essas limitações (Baldwin; Paratz e Bersten, 2011; Boussuges et al., 2019).

Uma outra limitação é ser um exame avaliador dependente, porém, já é bem estabelecido que o exame possui uma curva de aprendizagem positiva, em especial quando realizado em indivíduos saudáveis (Testa et al., 2011). Garofalo et al., (2019) observaram que um treinamento teórico-prático é a abordagem mais eficaz, necessitando em média, de 25 exames supervisionados para realizar a USG adequadamente.

4.5 ESPESSAMENTO DIAFRAGMÁTICO NO CONTEXTO CLÍNICO

A avaliação do espessamento e da fração de espessamento diafragmático é fortemente associada a uma medida de trofismo, sendo útil na identificação de paralisia diafragmática, uma vez que paralisado o músculo se apresenta fino, atrófico e não apresenta aumento da espessura durante a inspiração (Santana et al., 2020).

Schepens et al., (2015) avaliaram em um coorte prospectivo, pacientes que foram ventilados mecanicamente, e observaram que nas primeiras 72 horas de ventilação ocorre a maior perda da espessura diafragmática, já pesquisas realizadas em indivíduos saudáveis e atletas sugerem que maiores valores de espessamento

diafragmático podem ser entendidos como hipertrofia diafragmática, o que acaba por elevar a área de secção transversa do músculo, repercutindo com maiores índices de força muscular respiratória, maior eficiência ventilatória e melhor mecânica pulmonar (Adamopoulos et al., 2014; Anraku e Shargall, 2009).

Nesse sentido, se espera que o metabolismo oxidativo seja mais eficiente em diafragmas mais espessos, pela maior densidade capilar, melhor fluxo sanguíneo e maior quantitativo mitocondrial, assim, a espessura pode estar relacionada com maior captação de oxigênio, melhor consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), menor fadiga e melhor desempenho aeróbico (Adamopoulos et al., 2014; Anraku e Shargall, 2009).

A relação entre força e desempenho muscular com a espessura do diafragma tem sido investigados frequentemente, entretanto, fatores como idade, índice de massa corporal (IMC) alto, internações hospitalares recentes, presença de doenças respiratórias, influenciam negativamente na espessura diafragmática (Santana et al., 2020). Por outro lado, maiores índices de força muscular respiratória em pessoas que realizam treinamento muscular inspiratório estão associados a maiores valores de espessura, o que repercute com melhor tolerância ao exercício e redução da sensação de dispneia (Santana et al., 2019; Santana et al., 2016; McConnell e Lomax, 2006).

5 METODOLOGIA

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Trata-se de um estudo quantitativo, do tipo ensaio clínico randomizado, cruzado e duplo cego que avaliou os efeitos da pressão positiva expiratória e inspiratória na configuração do diafragma de indivíduos saudáveis. O protocolo foi realizado em uma única sessão, de forma que os participantes passaram por uma avaliação em respiração espontânea (controle) e sob a utilização da VNI (intervenção) nos modos CPAP e *Bi-level*, com diferentes níveis de pressão positiva expiratória e inspiratória. O estudo foi realizado em conformidade com as diretrizes CONSORT (*Consolidated Standards of Reporting Trials*) e foi registrado no *Clinical trials* sob o número: NCT06384027.

5.2 RECRUTAMENTO E ASPECTOS ÉTICOS

Os participantes foram recrutados por demanda espontânea, a partir de cartazes convidativos veiculados nas redes sociais vinculadas ao Laboratório de Fisioterapia em Pesquisa Cardiorrespiratória (LAFIPCARE) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) em João Pessoa, Paraíba. A participação de todos se deu de forma voluntária por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A), devidamente elaborado de acordo com a Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, que trata das diretrizes e normas de pesquisas envolvendo seres humanos. O estudo foi conduzido de acordo com os princípios da declaração de *Helsinki*, recebendo apreciação pelo comitê de ética e pesquisa (CEP) do Centro de Ciências da Saúde da UFPB, sendo aprovado sob o número do parecer: 6.597.858.

5.3 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Os critérios de inclusão adotados para o estudo foram: idade igual ou superior a 18 anos e inferior a 50 anos, não apresentarem doenças respiratórias, cardiovasculares ou neuromusculares agudas ou crônicas, não possuírem histórico de tabagismo. Foram excluídos os participantes que apresentaram efeitos adversos intensos durante a aplicação do recurso.

5.4 RANDOMIZAÇÃO E MÉTODO DE CEGAMENTO

Por se tratar de um estudo cruzado, todos os participantes receberam a pressão positiva expiratória e inspiratória por meio de um dispositivo de VNI, nos modos CPAP e *Bi-level* em vários níveis de pressão. A randomização ocorreu sob a ordem de administração das pressões, sendo realizada por um pesquisador independente, que gerou sequências de aplicação dos variados níveis de pressão individuais para os participantes por meio da ferramenta online (www.random.org).

Foram atribuídos códigos de 1 – 6 para cada nível de pressão, em seguida foram randomizados a fim de gerar a sequência que seria administrada. O

pesquisador responsável pela randomização não participou da avaliação do desfecho principal e o pesquisador responsável pela avaliação da USG não teve acesso a sequência de aplicação, sendo de responsabilidade de outro pesquisador que realizou apenas a aplicação da VNI. Desta forma, o avaliador do desfecho principal e o participante não tinham conhecimento da sequência de administração da intervenção.

5.5 PROTOCOLO DE INTERVENÇÃO

Os voluntários passaram por uma sessão de VNI (BiPAP A 40 Pro Ventilator, Philips Respironics) na qual receberam pressões expiratórias e inspiratórias nos variados níveis. Inicialmente, foi feita a avaliação do espessamento diafragmático em respiração espontânea durante uma ventilação basal na CRF, com a medida realizada ao final da inspiração e da expiração, a qual serviu como controle, em seguida, foram administradas pressões que variaram em: CPAP (5, 10 e 15 cmH₂O) e *Bi-level* (IPAP de 10, 12 e 15 cmH₂O e uma PEEP fixada em 5 cmH₂O). Para cada nível de pressão foi respeitado um período de 5 minutos, o qual serviu como *washout*, sendo definido o período de acordo com o protocolo de aplicação de Jansen et al., (2021).

Os participantes permaneceram em posição supina, com o membro superior direito posicionado ao lado do corpo durante todo o protocolo e todas as medidas foram coletadas nas fases inspiratórias e expiratórias com volumes correntes basais.

Figura 2: Fluxograma do protocolo de intervenção



Fonte: Dados da pesquisa do autor.

5.6 DESFECHOS CLÍNICOS E INSTRUMENTOS

Foram considerados como desfechos principais: o espessamento e a fração de espessamento diafragmático. Os desfechos secundários foram: Força e resistência muscular respiratória e índice de massa corporal.

Os participantes foram submetidos a uma avaliação por meio de uma ficha com questionário semiestruturado (APÊNDICE B), para coleta de informações sociodemográficas e clínicas (histórico clínico, presença de comorbidades, uso de medicações, entre outros).

5.6.1 Espessamento e fração de espessamento diafragmático

A avaliação do espessamento foi realizada por um aparelho de USG (ClearVue 650; Philips) equipado com um transdutor linear de 7,5-10,0 MHz, utilizando a janela da ZA direita, entre o oitavo e novo espaço intercostal, com o paciente em posição supina a avaliação foi realizada geralmente 0,5-2,0cm abaixo do ângulo costofrênico, entre a linha axilar anterior e a linha axilar média, a uma profundidade de 1,5 a 3 cm, buscando identificar o diafragma como uma estrutura de três camadas: uma camada muscular interna hipocóica circundada por duas membranas externas hipercóicas (o peritônio e a pleura).

As medições ocorreram em respiração espontânea e, posteriormente com os diversos níveis pressóricos, avaliando a espessura do diafragma no final da inspiração e da expiração (T_{di}) e, posteriormente realizando o cálculo da fração de espessamento (FE).

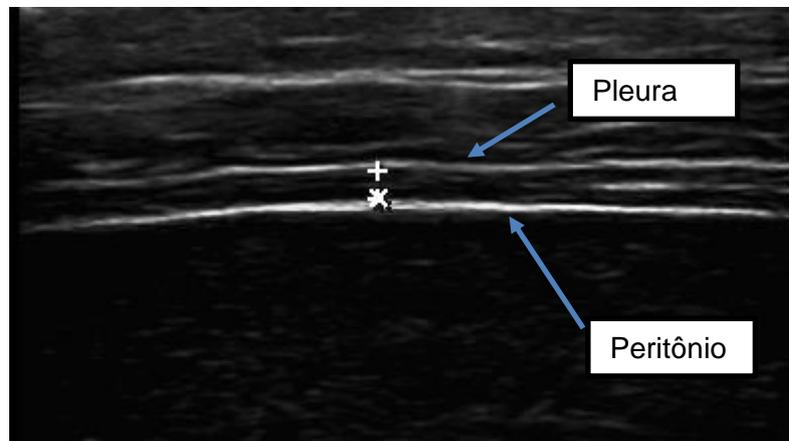
A T_{di} foi medida desde o centro da linha pleural até o centro da linha peritoneal, utilizando o modo B, utilizando os valores de t_{di} foi calculada a fração de espessamento com a seguinte fórmula: $\frac{T_{di-insp}-T_{di-exp}}{T_{di-exp}} \times 100$ (Carvalho et al., 2020).

Figura 3: Avaliação da espessura diafragmática



Fonte: Dados da pesquisa do autor (2024).

Figura 4: Medida do espessamento diafragmático



Fonte: Dados da pesquisa do autor (2024).

5.6.2 Força e *endurance* muscular respiratória

A função muscular respiratória foi avaliada por um dispositivo eletrônico computadorizado (KH2; PowerBreathe International Ltd. UK) junto com o software Breathelink de *feedback*. Foi feita a avaliação da pressão inspiratória máxima (PIM) e da resistência da musculatura respiratória. Durante os testes, os participantes permaneceram sentados com os braços apoiados e clipe nasal para evitar vazamento de ar para fora do dispositivo.

Durante a avaliação da PIM, o participante foi instruído a expirar até o volume residual e, em seguida, realizar uma inspiração máxima mantida pelo maior tempo possível, negligenciada quando menor que 1,5 segundos. Esta avaliação foi feita no mínimo três e no máximo oito vezes, buscando variações menores que 10% nos valores, e considerando a medida de maior valor. Para as análises, a fórmula de Pessoa et al. (2014) foi utilizada para calcular os valores preditos de PIM, buscando descrever o nível de força muscular respiratória dos participantes: $PIM: 63,27 - 0,55 (\text{idade}) + 17,96 (\text{sexo}) + 0,58 (\text{peso})$.

Para avaliar a resistência muscular respiratória foi aplicado um teste de carga incremental (Dias et al. 2013). Os participantes foram instruídos a realizar o maior número de respirações. Uma carga inicial de 10cmH₂O foi padronizada para um período de dois minutos. Posteriormente, o participante teve um período de um minuto de descanso, em seguida, um novo ciclo de dois minutos foi iniciado, adicionando mais 10 cmH₂O à carga do equipamento.

A maior carga sustentada por pelo menos um minuto foi considerada o valor da PIM sustentada. Como sinal para fim do teste foi considerado a falha do participante, quando ele não conseguia mais gerar pressão suficiente para que o dispositivo reconheça, ou quando a sensação de dispneia fosse muito desconfortável para tolerar (correspondente a 7 pontos na escala de Borg).

Durante todos os testes, os participantes foram monitorados quanto aos sinais vitais: pressão arterial, frequência cardíaca, frequência respiratória e saturação periférica de oxigênio. A sensação de dispneia e fadiga também foi monitorada pela escala de Borg modificada antes, durante e após o término de cada teste.

5.6.3 Índice de massa corporal

A avaliação do IMC foi realizada por meio da medição da altura e do peso dos participantes. Primeiramente, os indivíduos foram pesados em uma balança calibrada, garantindo que estejam descalços e usando roupas leves para obter uma medida precisa. Em seguida, a altura foi medida utilizando um estadiômetro, com os participantes em pé, descalços e com os calcanhares, as costas e a cabeça encostados na parede, para assegurar uma postura correta. O IMC foi calculado

utilizando a fórmula $IMC = \text{peso (kg)} / \text{altura (m}^2\text{)}$. Os resultados serão interpretados de acordo com as classificações padrão da Organização Mundial da Saúde, que categoriza o IMC em diferentes faixas, permitindo uma avaliação do estado nutricional dos participantes.

5.6.4 Dinamometria de preensão palmar

Os voluntários foram mantidos na posição ortostática, com o ombro em posição neutra, flexão de cotovelo a 90° e com antebraço em posição neutra, foi solicitado então que realizasse com a mão dominante três contrações isométricas máximas de preensão palmar com o dinamômetro de preensão palmar (Lafayette Hand Dynamometer, EUA), sendo então avaliado a força de contração em kg e sendo considerado o maior valor para as análises.

6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram transportados da ficha de avaliação para planilha do Excel e, em seguida, exportados para o pacote estatístico. O Software SPSS versão 21.0 (IBM SPSS Corp., Armonk, NY) foi utilizado para análise estatística. Inicialmente foram realizadas análises descritivas e inspeções de histogramas para determinar a normalidade dos dados ou falta dela.

As estatísticas descritivas são expressas como média e desvio padrão, mediana e intervalo interquartil quando apropriado, sendo definido o nível de significância de 5%.

Para a análise de correlações foi utilizado o teste de correlação de Spearman.

A análise comparativa dos dados foi conduzida utilizando um modelo linear misto de efeitos mistos para avaliar as diferenças entre as condições de avaliação. Neste modelo, os participantes foram tratados como efeitos aleatórios para capturar a variabilidade interindividual, enquanto as condições de avaliação (respiração espontânea, CPAP nas pressões 5, 10 e 15 cmH₂O e *Bi-level* (IPAP de 10, 12 e 15 cmH₂O e uma PEEP fixa em 5 cmH₂O) foram tratadas como efeitos fixos.

A estrutura de covariância foi especificada como simetria composta (compound symmetry) para modelar a correlação entre as medições repetidas dentro de cada participante. A análise por modelos lineares mistos foi realizada garantindo que as variáveis fossem corretamente especificadas para evitar redundâncias e multicolinearidades. Para múltiplas comparações, foi escolhido o pós teste de Dunn-Sidak para ajustar os níveis de significância e controlar o erro tipo I. A validade das suposições do modelo foi verificada por meio de inspeção visual dos resíduos e gráficos QQ, que indicaram uma distribuição aproximadamente normal dos resíduos.

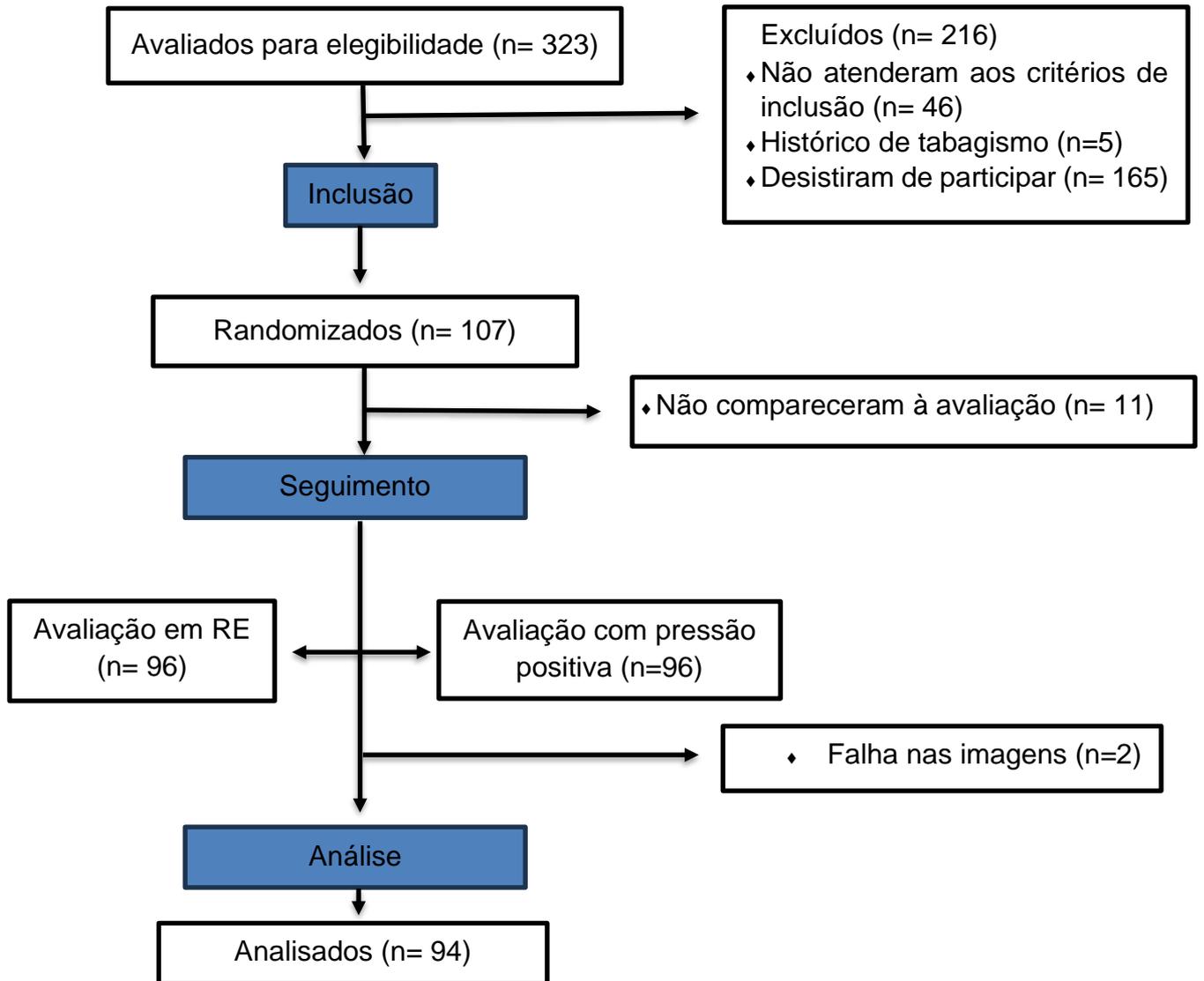
6.1 CÁLCULO AMOSTRAL

Para o cálculo amostral foi utilizado o *software WinPEPI*. Foi realizada uma análise a priori, tomando por base os achados de Calvo-Lobo et al., (2019), tamanho de efeito de 1,12, perda amostral de 20%, um nível de significância de 5% e um poder estatístico de 80%, obtendo um tamanho amostral de 80 participantes.

7 RESULTADOS

Foram avaliados para elegibilidade 323 participantes, porém 216 não foram incluídos, por não atenderem os critérios de inclusão ou por desistirem de participar, outros 5 participantes foram excluídos por possuírem histórico de tabagismo. Restaram 107 participantes que tiveram a ordem da intervenção randomizada, entretanto, 11 não compareceram a avaliação. Após a coleta foram identificados erros nas imagens de ultrassom de dois participantes e eles foram excluídos da análise. Desta forma, a amostra foi composta por 94 participantes. A figura 5 demonstra o fluxograma do estudo.

Figura 5: Fluxograma dos participantes do estudo



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A tabela 1 descreve as características da amostra na forma de média e desvio padrão ou mediana e intervalo interquartil e frequência absoluta e relativa, em relação à idade, IMC, sexo, prática de atividade física, uso de medicação, força de preensão palmar, PIM, resistência muscular respiratória e outros relatos relevantes.

Tabela 1 – Descrição da amostra quanto a idade, IMC, sexo, prática de atividade física, uso de medicação, força de preensão palmar, PIM, Resistência muscular respiratória e outros relatos.

| Variável | Média (DP) / Mediana (IIQ) | Frequência absoluta (Frequência relativa) |
|--------------------------------------|--|--|
| Idade | 23,29 anos ($\pm 4,26$ anos) | |
| IMC | 23,98 kg/m ² ($\pm 4,26$ kg/m ²) | |
| Sexo | | Masculino: 32 (34%) Feminino: 62 (66%) |
| Prática de atividade física | | Sim: 66 (70,2%) Não: 28 (29,8%) |
| Uso de medicação | | Sim: 26 (27,7%) |
| Força de preensão palmar | Masculino: 44,49 kgf ($\pm 6,78$ kgf) Feminino: 33,36 kgf ($\pm 4,93$ kgf) | |
| Força muscular respiratória (PIM) | 89,14 cmH ₂ O ($\pm 24,16$ cmH ₂ O) | |
| Resistência muscular respiratória | 60,00 cmH ₂ O (IIQ: 30,00 cmH ₂ O) Mediana de 14 minutos no teste | |
| Outros | Nenhum relato de internações recentes, gestação, diabetes, hipertensão ou outras doenças | |

Na análise do IMC, a média apresentada pelos participantes é considerada dentro do intervalo de normalidade de acordo com o proposto pela Organização Mundial da Saúde (1986), que vai de 18,5 a 24,9 kg/m².

Quanto a força de preensão palmar, considerando a faixa etária média dos participantes, o valor de normalidade para mão dominante é de 42,8 kgf para os homens e 30,0 kgf para as mulheres, desta forma, os participantes apresentaram força de preensão palmar dentro da faixa de normalidade (Caporrino, et al., 1998)

Na análise da PIM, os valores preditos calculados para cada participante tiveram mediana de 90,63 cmH₂O, com intervalo interquartil de 23,85 cmH₂O,

demonstrando que com base no gênero, idade e peso os participantes estavam dentro da normalidade da força muscular respiratória. Em uma análise por gênero, os homens apresentaram uma média de 98,58 cmH₂O, enquanto as mulheres tiveram média de 84,27 cmH₂O, para ambos os gêneros os valores se enquadram dentro do limite inferior de normalidade para população brasileira, descrito por Neder et al. (1999) como 80 cmH₂O para homens e 70 cmH₂O para as mulheres.

Os medicamentos mais utilizados foram anticoncepcionais orais (46,15%), ansiolíticos (26,92%), tratamentos hormonais e suplementação (26,93%).

A tabela 2, descreve os valores de média e desvio padrão do tdi-insp, tdi-exp e fração de espessamento em respiração espontânea e nos níveis de pressão positiva:

Tabela 2 – Valores de tdi-insp, tdi-exp e FE em respiração espontânea e nos diversos níveis de pressão positiva.

| Variável | RE | CPAP 5 | CPAP 10 | CPAP 15 | <i>Bi-level</i> (IPAP 10 + PEEP 5) | <i>Bi-level</i> (IPAP 12 + PEEP 5) | <i>Bi-level</i> (IPAP 15 + PEEP 5) |
|------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Tdi-insp. | 1,94mm (0,47) | 1,99mm (0,50) | 2,24mm (0,71) | 2,20mm (0,67) | 2,12mm (0,56) | 2,14 mm (0,63) | 2,21mm (0,66) |
| Tdi-exp | 1,59mm (0,40) | 1,62mm (0,41) | 1,80 mm (0,57) | 1,80mm (0,55) | 1,69mm (0,45) | 1,70mm (0,50) | 1,76mm (0,53) |
| FE | 23,28% (15,64) | 22,85% (14,47) | 25,50 % (17,42) | 22,86% (14,44) | 26,04 % (16,82) | 26,50% (17,83) | 26,82% (15,93) |

Legenda: Os dados são apresentados como média (desvio padrão). RE: Respiração espontânea; Tdi-insp: Espessamento inspiratório; Tdi-exp: Espessamento expiratório; FE: Fração de espessamento; CPAP: pressão positiva contínua nas vias aéreas; *Bi-level*: Dois de pressão nas vias aéreas; IPAP: Inspiratory positive airway pressure; PEEP: Positive expiratory end pressure.

A tabela 3, demonstra os comparativos do tdi-insp, tdi-exp e FE em respiração espontânea com os variados níveis pressóricos, bem como os comparativos entre os níveis pressóricos. De acordo com os dados apresentados é possível observar um aumento no Tdi-insp e Tdi-exp ao se utilizar níveis de pressão acima de 5cmH₂O.

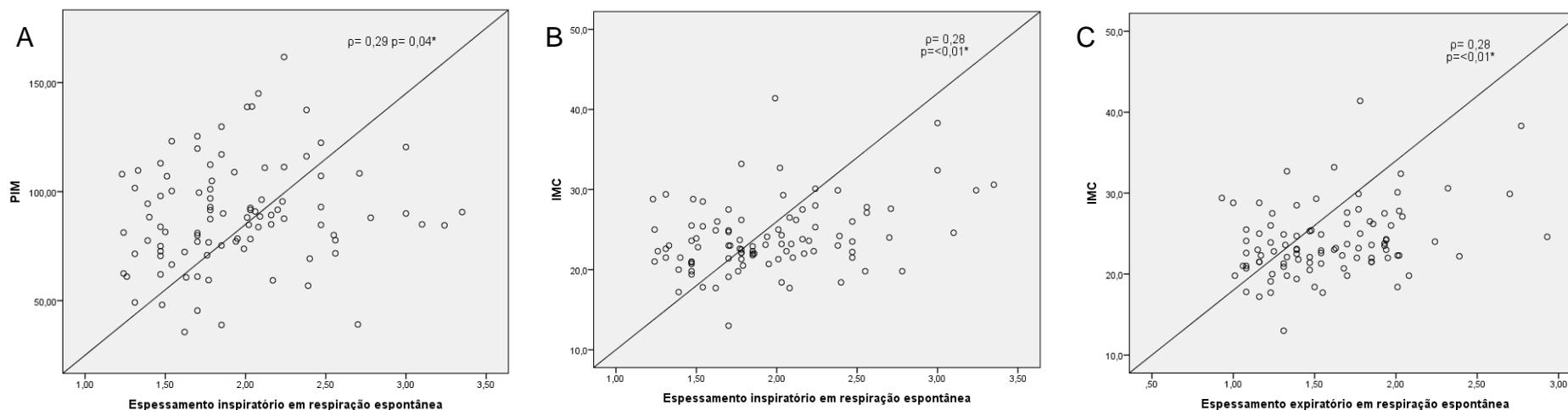
Tabela 3 – Comparações do Tdi-insp e Tdi-exp em respiração espontânea com os variados níveis de pressão positiva (CPAP e *Bi-level*).

| Comparação | Variável | Diferença média | IC para a diferença | Valor p |
|--|----------|-----------------|---------------------|------------------|
| RE vs CPAP 5 | Tdi-Ins. | -0,05 mm | -0,24 / 0,14 | 1,0 |
| RE vs CPAP 10 | Tdi-Ins. | -0,30 mm | -0,50 / -0,11 | <0,01* |
| RE vs CPAP 15 | Tdi-Ins. | -0,26 mm | -0,46 / -0,07 | <0,01* |
| RE vs <i>Bi-level</i> (IPAP 10 + PEEP 5) | Tdi-Ins. | -0,17 mm | -0,37 / 0,01 | 0,10 |
| RE vs <i>Bi-level</i> (IPAP 12 + PEEP 5) | Tdi-Ins. | -0,20 mm | -0,39 / -0,00 | 0,03* |
| RE vs <i>Bi-level</i> (IPAP 15 + PEEP 5) | Tdi-Ins. | -0,27 mm | -0,46 / -0,08 | <0,01* |
| RE vs CPAP 5 | Tdi-Exp. | -0,03 mm | -0,19 / 0,11 | 1,0 |
| RE vs CPAP 10 | Tdi-Exp. | -0,21 mm | -0,37 / -0,05 | <0,01* |
| RE vs CPAP 15 | Tdi-Exp. | -0,21 mm | -0,36 / -0,05 | <0,01* |
| RE vs <i>Bi-level</i> (IPAP 10 + PEEP 5) | Tdi-Exp. | -0,10 mm | -0,26 / 0,05 | 0,6 |
| RE vs <i>Bi-level</i> (IPAP 12 + PEEP 5) | Tdi-Exp. | -0,11 mm | -0,27 / 0,04 | 0,3 |
| RE vs <i>Bi-level</i> (IPAP 15 + PEEP 5) | Tdi-Exp. | -0,17 mm | -0,32 / -0,01 | 0,02* |

Legenda: RE: Respiração espontânea; IC: Intervalo de confiança; Tdi-insp: Espessamento inspiratório; Tdi-exp: Espessamento expiratório; FE: Fração de espessamento; mm: milímetro; CPAP: pressão positiva contínua nas vias aéreas; *Bi-level*: Dois de pressão nas vias aéreas; IPAP: Inspiratory positive airway pressure; PEEP: Positive expiratory end pressure; *: Estatisticamente significativo.

A figura 6 traz os gráficos de correlação entre a PIM e espessamento inspiratório e IMC com o espessamento inspiratório e expiratório em respiração espontânea. É possível observar fraca correlação positiva entre a PIM e o espessamento inspiratório ($\rho = 0,29$; $p = 0,04$, figura 6A), além de outras correlações fracas e positivas entre o IMC e o espessamento inspiratório ($\rho = 0,28$; $p < 0,01$, figura 6B) e expiratório ($\rho = 0,28$; $p < 0,01$, figura 6C). Não houve correlação nas análises da PIM sustentada.

Figura 6: Gráficos de correlação entre a PIM e espessamento inspiratório e IMC com os dados de espessamento inspiratório e expiratório.



Legenda: PIM: Pressão inspiratória máxima; IMC: Índice de massa corporal.

8 DISCUSSÃO

O uso do CPAP aumentou o espessamento do diafragma em comparação com a respiração espontânea, principalmente em pressões de 10 e 15 cmH₂O. Por outro lado, na ventilação *Bi-level*, o espessamento aumentou em comparação com a respiração espontânea nos níveis de IPAP de 12 e 15 cmH₂O e PEEP de 5 cmH₂O. Esses resultados mostram que a configuração do diafragma em indivíduos saudáveis pode ser alterada por níveis de pressões positivas inspiratórias e expiratórias acima de 5cmH₂O.

A literatura mostra valores de normalidade do espessamento inspiratório em indivíduos saudáveis que variam em 1,5 mm (Carrillo-Esper et al., 2016) a 2,3 mm (Boon, et al., 2013; Carrillo-Esper et al., 2016). No entanto, no presente estudo o valor médio de 1,94mm em respiração espontânea, indicando que o espessamento inspiratório da população estudada estava dentro da normalidade. O mesmo acontece com os valores de espessamento expiratório, com um valor médio para população estudada de 1,59mm, sendo 1,4mm o limite inferior de normalidade descrito em estudo anterior (Boon et al., 2013).

Em relação à fração de espessamento, encontramos um valor médio de 23,28%, que é abaixo do valor descritor por Boussouges et al. (2021) como normal. Goligher et al. (2015) relatam que uma fração de espessamento entre 25 e 40% é associada à espessura diafragmática estável.

A variação nos dados da fração de espessamento pode ser parcialmente explicada por Harper et al. (2013), de forma que os autores discorrem que há uma grande variabilidade na contratilidade do diafragma dos indivíduos saudáveis durante a respiração basal, existindo ainda um subgrupo que não usa ou usa minimamente o diafragma durante a respiração basal. Desta forma, a medida da fração de espessamento em indivíduos saudáveis pode ser sub ou superestimada. No mais, a posição do indivíduo influencia diretamente na realização das medidas, de forma que a espessura do diafragma pode reduzir cerca de 30% na posição supina, quando comparado a posição sentada e de pé (Hellyer et al., 2016), pela maior carga gravitacional e a alteração no comprimento das fibras musculares em repouso.

Outra possível justificativa está na utilização da musculatura abdominal, uma vez que o aumento no volume pulmonar irá desencadear a alteração na pressão e

distensão abdominal, sendo então ativada tal musculatura a medida que o volume se altera, tal justificativa não foi possível de ser comprovada pela falta de avaliação da atividade muscular durante a avaliação.

Outro fator que pode influenciar nos dados é o recrutamento da musculatura abdominal, uma vez que ocorre o deslocamento caudal do diafragma, descrito por Jansen et al. (2021), para equilibrar a pressão intra-abdominal é necessária a contração da musculatura abdominal, o que pode repercutir nos efeitos demonstrados, justificando a estabilização dos valores de tdi-insp e tdi-exp ao utilizar maiores pressões, e a redução da fração de espessamento (Hellyer et al., 2016; Goligher et al., 2015).

A comparação dos valores médios do espessamento inspiratório e expiratório com vários níveis de pressão positiva mostra que pressões relativamente baixas não foram suficientes para mudar o espessamento diafragmático. Em contraparte, o aumento nos níveis de pressão resultou em aumento na espessura do músculo. Esse efeito já foi demonstrado em modelos animais, como coelhos, nos quais o espessamento aumentou de forma aguda devido à PEEP (Sassoon, et al., 2014). Vivier et al. (2012) e Jansen et al (2021) justificam que o aumento da pressão intratorácica gera movimento caudal do diafragma, o que encurta o músculo e aumenta a ZA em níveis de PEEP de até 15 cmH₂O. Os autores também associam o encurtamento ao aumento do volume pulmonar.

Durante a utilização do *Bi-level*, nos níveis de IPAP (12 e 15 cmH₂O) e PEEP (5 cmH₂O) foi observado um aumento no espessamento inspiratório do diafragma, semelhante ao descrito por Vivier et al. (2012) ao avaliar o espessamento durante o uso de pressões de suporte de 5, 10 e 15cmH₂O com PEEP de 5 cmH₂O. O uso da ventilação com dois níveis de pressão levanta discussão dentro da literatura, Hermans et al. (2010) associaram esta modalidade ao aumento da disfunção do diafragma, enquanto Goligher et al. (2015) descreveram que o uso dos dois níveis previne alterações na configuração do diafragma. Nesse sentido, a discrepância de alguns relatos pode ser explicada pelo papel do aumento do volume pulmonar, de forma que a adaptação do diafragma pode não depender unicamente da pressão, mas do volume substancialmente diferente da respiração espontânea. Em princípio, sempre que o volume expiratório final associado à ventilação for diferente da respiração espontânea,

o diafragma pode ser estimulado a adaptar seu comprimento, com remoção ou adição de sarcômeros, dependendo da direção da mudança do volume (Farkas e Roussos, 1983; Shrager et al., 2002; Sassooun et al., 2014; Soilemezi, et al., 2016).

Os resultados da análise de correlação revelaram correlação positiva entre a PIM e o espessamento inspiratório diafragmático, bem como do IMC com o espessamento inspiratório e expiratório diafragmático. A correlação entre PIM e espessamento diafragmático já foi documentado por Oguri et al., (2022), ao estudar em homens saudáveis, identificando uma correlação positiva ($r=0,56$; $p=0,05$) entre as variáveis, enquanto os dados de mulheres saudáveis não obtiveram correlação. Os autores justificaram tais resultados pela menor PIM para o gênero feminino. Os resultados deste estudo apresentam uma correlação superior ao que encontramos em nosso estudo, porém, a análise por sexo pode limitar as comparações.

McCool et al. (1997) e Cohn et al. (1997) correlacionaram de forma positiva a PIM e o espessamento do diafragma, o que pode ser explicado pelo fato do volume muscular permanecer relativamente constante durante a contração. Assim, à medida que o diafragma se contrai e encurta, tende a aumentar a sua espessura. Conseqüentemente, uma maior força de contração durante a inspiração está associada a um maior espessamento do diafragma, sugerindo melhoria na eficiência respiratória. Um outro fator que pode reduzir o coeficiente de correlação é o fato de que ao realizar a manobra de PIM, vários músculos respiratórios são recrutados, não apenas o diafragma como na avaliação do espessamento.

A correlação positiva entre o IMC e o espessamento inspiratório e expiratório também já foram demonstrados na literatura (Van Doorn et al., 2022). A correlação entre as variáveis se mostrou fraca no presente estudo, algo que também foi descrito anteriormente, em indivíduos saudáveis com uma ampla faixa etária, o IMC tem pequenos efeitos na espessura do diafragma (Van Doorn et al., 2022). Um fator que limita as interpretações dos resultados é a faixa de normalidade do IMC, que quando analisa pessoas dentro da faixa de normalidade não encontra uma forte correlação, entretanto, fora dessa faixa, o IMC apresenta maiores efeitos na espessura do diafragma (Kooragayalu, Lim e Aldrich, 2015).

Mesmo sugerindo uma associação positiva nas análises de correlação, os dados devem ser interpretados com cuidado, visto que a correlação foi fraca em todas

as análises e a população estudada possui um nível normal de PIM e de IMC e não possuem doenças associadas.

Em resumo, nossos achados indicam que a IPAP e a PEEP durante a ventilação *Bi-level* podem aumentar o espessamento diafragmático, podendo ser um fator de risco no desenvolvimento da atrofia diafragmática. No entanto, o papel da alteração do volume pulmonar durante a utilização do *Bi-level* ainda permanece inconclusivo.

Apesar da relevância dos resultados, é importante reconhecer as limitações deste estudo. A avaliação foi realizada no final de cada fase do ciclo respiratório, o que pode influenciar os achados devido à variação no volume pulmonar. Além disso, a medição do volume pulmonar não foi realizada, o que pode impactar a interpretação dos dados, especialmente em relação à fração de espessamento e à utilização de dois níveis de pressão. Uma outra limitação é que não foi realizado o teste de função pulmonar para garantir que todos os participantes tinham a função pulmonar dentro da normalidade.

9 CONCLUSÃO

Os voluntários saudáveis apresentaram aumento da espessura do diafragma durante a utilização do CPAP acima de 5cmH₂O e da ventilação *Bi-level* com IPAP de 12 e 15 cmH₂O e PEEP de 5 cmH₂O comparado a respiração espontânea. Portanto, essa descoberta pode justificar o efeito adverso isolado da pressão positiva inspiratória e expiratória sobre a atrofia e a lesão diafragmática causada por sua aplicação nos desfechos clínicos.

Foi encontrada correlação positiva entre a relação do espessamento inspiratório e a força muscular respiratória em voluntários saudáveis, além da relação do IMC com o espessamento inspiratório e expiratório, o que pode ser um indicador útil para avaliação da força muscular do diafragma e do impacto das características antropométricas na função diafragmática. Entretanto, tais resultados devem ser interpretados com cuidado pela fraca correlação e pelas particularidades de uma amostra saudável. Já em relação a resistência muscular respiratória, não houve correlação com o espessamento do diafragma.

10 POTENCIAIS PRODUTOS E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O PERÍODO DO MESTRADO E IMPACTO SOCIAL, INOVAÇÃO E TECNOLOGIA DA PESQUISA.

A presente pesquisa é fruto de ideias e tecnologias utilizadas no LAFIPCARE, contando com a parceria do Programa associado de Pós-graduação em Educação Física (PAPGEF - UPE/UFPB). A articulação entre os docentes e discentes pôde proporcionar novos conhecimentos e a implementação de uma nova metodologia para avaliar as respostas fisiológicas do diafragma humano frente aos recursos da fisioterapia respiratória.

Foram utilizados recursos tecnológicos para as avaliações, auxiliando na inovação e tecnologia da pesquisa, tal como o aparelho de USG disponibilizado pelo PAPGEF, que possibilita a aquisição de uma imagem avançada da musculatura diafragmática. Além do *Powerbreathe* que permite avaliação em tempo real da função muscular respiratória utilizando um software de feedback que é o *Breathe-link*. No mais, a avaliação por meio da balança de bioimpedância permitiu um panorama geral das características corporais dos participantes, fornecendo dados para pesquisa e gerando um relatório completo que foi ofertado aos participantes como forma de recompensar pela participação.

Com isso, o presente projeto teve impacto social ao proporcionar aos participantes, uma avaliação da função respiratória e da composição corporal, gerando relatórios que foram oferecidos aos participantes, bem como *feedbacks* sobre os dados apresentados.

Como produtos científicos foram elaboradas duas dissertações de mestrado e uma pesquisa de iniciação científica, contribuindo para o desenvolvimento de alunos de mestrado e graduação da UFPB. Foi também fruto da pesquisa um artigo submetido a uma revista portuguesa chamada *Pulmonology Journal*, classificada no Qualis Capes da área 21 em A4. Estando ainda em fase final de desenvolvimento outro manuscrito que será submetido a uma revista da mesma área.

Como subprodutos da pesquisa foram desenvolvidos três resumos submetidos ao Congresso Internacional de Fisioterapia.

Como produtos do mestrado, que não estão diretamente ligados à presente pesquisa, foram publicados dois artigos, sendo duas séries de casos, uma para revista *Physiotherapy Research International*, Qualis capes A4, e outra para Revista de Neurociências, Qualis capes B2. No mais, um capítulo de livro também está em fase final de publicação no livro “Reflexões Teóricas em Fisioterapia: Da funcionalidade à coletividade em saúde” na editora UFPB.

Como atividades desenvolvidas estão a participação no projeto de extensão “Ambulatório de função pulmonar: Promovendo saúde respiratória para adultos e crianças com doenças respiratórias crônicas” e no Grupo de pesquisas em doenças respiratórias crônicas.

Comprovação de submissão de manuscrito em periódico

Submission Confirmation Inbox x 🖨️ 📧

 **Pulmonology** <em@editorialmanager.com> to me Aug 21, 2024, 11:47 AM (4 days ago) ☆ 😊 ↩️ ⋮

Dear Sr. Roberto Vinicius Antonino da Costa,

We have received your article "Effects of Positive Expiratory and Inspiratory Pressure on the Diaphragm Configuration in Healthy Individuals with Spontaneous Breathing." for consideration for publication in Pulmonology.

Your manuscript will be given a reference number once an editor has been assigned.

To track the status of your paper, please do the following:

1. Go to this URL: <https://www.editorialmanager.com/pulmoe/>
2. Enter these login details:
Your username is: viniciusantonino
<https://www.editorialmanager.com/pulmoe/l.asp?i=158243&l=P7VTQGFL>
3. Click [Author Login]
This takes you to the Author Main Menu.
4. Click [Submissions Being Processed]

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Editorial Manager
Pulmonology

REFERÊNCIAS

- ADAMOPOULOS, S.; et al., Combined Aerobic/Inspiratory Muscle Training Versus Aerobic Training in Patients With Chronic Heart Failure: The Vent-HeFT Study: A European Prospective Multicenter Randomized Study. **European Journal of Heart Failure**, v.16, n.5, p.574-582, 2014.
- AMBRIOSINO, N.; CIGNI, P. Noninvasive ventilation as an additional tool for exercise training. **Multidisciplinary respiratory medicine**. (s.l.), v.10, n. 1, p. 1-6, 2015.
- ANRAKU, M.; SHARGALL, Y. Surgical conditions of the diaphragm: Anatomy and Physiology. **Thoracic Surgery Clinics**, v. 19, n.4, p.419-429, 2009.
- BALDWIN, C. E.; PARATZ, J. D.; BERSTEN, A. D.. Diaphragm and peripheral muscle thickness on ultrasound: intra-rater reliability and variability of a methodology using non-standard recumbent positions. **Respirology**. (s.l.), v. 16, n. 7, p. 1136-1143, 2011.
- BELLO G, DE PASCALE G, ANTONELLI M. Noninvasive Ventilation. **Clinics in Chest Medicine**, (s.l.), v. 37, n. 4, p: 711-721, 2016.
- BERRY, R. et al. Best clinical practices for the sleep center adjustment of noninvasive positive pressure ventilation (NPPV) in stable chronic alveolar hypoventilation syndromes. **Journal of clinical sleep medicine**. (s.l.), v. 6, n. 5, p. 491- 509, 2010.
- BOCCATONDA, A. et al. Ultrasound evaluation of diaphragmatic mobility in patients with idiopathic lung fibrosis: a pilot study. **Multidisciplinary Respiratory Medicine**, (s.l.), v.14, n.1, 2019.
- BOON, A. et al. Two-dimensional ultrasound imaging of the diaphragm: Quantitative values in normal subjects. *Muscle Nerve*, (s.l.), v.47, p.884-889, 2013.
- BORGHI-SILVA, et al. Adjuncts to Physical Training of Patients With Severe COPD: Oxygen or Noninvasive Ventilation?. **Respiratory care**. (s.l.), v. 55, n. 7, p. 885- 894, 2010.
- BOUSSUGES, A.; GOLE, Y.; BLANC, P. Diaphragmatic motion studied by mmode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. **Chest**. (s.l.), v. 135, n. 2, p. 391-400, 2009.
- BOUSSUGES, A. et al. Characteristics of the paralysed diaphragm studied by Mmode ultrasonography. **Clinical Physiology and Function Imaging**. (s.l.), v. 39, n. 2, p. 143-149, 2019.

- BOUSSUGES, A. et al. Ultrasound Assessment of diaphragm thickness and thickening: Reference values and limits of normality when in a seated position. **Frontiers in Medicine**. (s.l.), v.8, 2021.
- BROWN, P.I. et al. Ventilatory muscle strength, diaphragm thickness and pulmonary function in world class powerlifters. **European Journal of Applied Physiology**, v, 113, p. 2849-2855, 2013.
- BUONSENSO, D. et al. COVID-19 outbreak: less stethoscope, more ultrasound. **Lancet Respiratory Medicine**, (s.l.), v. 8, n. 5, e. 27, 2020.
- CALVO-LOBO, C. et al., Ultrasonography comparison of diaphragm thickness and excursion between athletes with and without lumbopelvic pain. *Physical Therapy in Sport*, (s.l.), v. 37, p. 128-137, 2019.
- CAPORRINO, F. A. et al. Estudo populacional da força de preensão palmar com dinamômetro JAMAR. **Revista Brasileira de Ortopedia**. v. 33, n.2. 1998.
- CARDENAS, L. Z. et al. Diaphragmatic Ultrasound Correlates with Inspiratory Muscle Strength and Pulmonary Function in Healthy Subjects. **Ultrasound in Medicine and Biology**. (s.l.), v. 44, n. 4, p. 786-193, 2018.
- CARRILLO-ESPERE, R. et al. Standardization of sonographic diaphragm thickness evaluations in healthy volunteers. **Respiratory care**, (s.l.), v.61, p.920-924, 2016.
- CARVALHO, et al. Ultrassonografia diafragmática: uma revisão de seus aspectos metodológicos e usos clínicos. **Jornal Brasileiro de pneumologia**, (s.l.), v. 46, n. 6, 2020.
- COHN, D. et al. Diaphragm thickening during inspiration. **Journal of Applied Physiology**. (s.l.), v. 83, n. 1, p. 291-296, 1997.
- DIAS, A.; PACHECO, E. Ultrassonografia aplicada ao sistema respiratório: músculos e parênquima pulmonar. IN: Associação Brasileira de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva. Martins JA, Reis LFF, Andrade FMD, organizadores. PROFISIO. Programa de Atualização em Terapia Intensiva Adulto. Ciclo 10. Porto Alegre: Artmed Panamericanas, p.11-32, 2019.
- DIAS, et al. Home-based pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized clinical trial. **International journal of chronic obstructive pulmonary disease**, (s.l.), v. 8, p. 537, 2013.

DUFRESNE, V. et al. Effect of systemic inflammation on inspiratory and limb muscle strength and bulk in cystic fibrosis. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, (s.l.), v. 180, n. 2, p. 153-158, 2009.

ENRIGHT, S. et al. The influence of body composition on respiratory muscle, lung function and diaphragm thickness in adults with cystic fibrosis. **Journal of Cystic Fibrosis**. v. 6, n. 6, p. 384-390, 2007.

FARKAS, G; ROUSSOS, C. Diaphragm in emphysematous hamsters: sarcomere adaptability. **Journal of Applied Physiology**. (s.l.), v.54, p.1635-1640, 1983.

GAROFALO, E. et al. Comparisons of two diaphragm ultrasound-teaching programs: a multicenter randomized controlled educational study. **The Ultrasound Journal**. (s.l.), v. 11, n. 1, p. 21, 2019.

GAUTHIER, A. et al. Three-dimensional reconstruction of the in vivo human diaphragm shape at different lung volumes. **Journal of Applied Physiology**. (s.l.), v. 76, p. 495–506, 1985.

GRASSINO, A, et al. Mechanics of the human diaphragm during voluntary contraction: Statics. **Journal of Applied Physiology**. (s.l.), v.44, p.829-839, 1978.

GOLIGHER, E. et al. Evolution of diaphragm thickness during mechanical ventilation. Impact of inspiratory effort. **American Journal of Respiratory Critical Care**. (s.l.), v.192, n.9, p.1080, 2015.

GOLIGHER, E. et al. Mechanical Ventilation-Induced Diaphragm Atrophy Strongly Impacts Clinical Outcomes. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**. (s.l.), v. 197, p. 204-213, 2018.

GONG, Y. Noninvasive Ventilation. **Stat Pearls**; 2022.

GULDNER, A., et al. Higher levels of spontaneous breathing induce lung recruitment and reduce global stress/strain in experimental lung injury. **Anesthesiology**, (s.l.), v.120, p. 673-682, 2014.

HARPER, Caitlin J. et al. Variability in Diaphragm Motion During Normal Breathing, Assessed With B-Mode Ultrasound. **Journal Of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, (s.l.), v. 43, n. 12, p. 927-931, 2013.

HELLYER, Nathan J. *et al.* Comparison of Diaphragm Thickness Measurements Among Postures Via Ultrasound Imaging. **Pm&R**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 21-25, 2016.

HERMANS, G. et al. Increased duration of mechanical ventilation is associated with decreased diaphragmatic force: a prospective observational study. **Critical Care**, 2010.

HEUNKS L; OTTENHEIJM, C. Diaphrag-protective mechanical ventilation to improve outcomes in ICU patients? **American Journal of Critical Care Medicine**, (s.l.), v.197, p.150-152, 2018.

HOOJIMAN, P. et al. A resistência das fibras do diafragma é reduzida em pacientes gravemente enfermos e restaurada por um ativador de troponina. **American Journal of Respiratory Critical Care Medicine**, (s.l.), v. 189, p. 863–865, 2014.

JANSEN, D. et al. Positive end-expiratory pressure affects geometry and function of the human diaphragm. **Journal of Applied Physiology**, (s.l.), v. 131, n. 4, p. 1328-1339, 2021.

KALLET, R.; DIAZ, J. The physiologic effects of noninvasive ventilation. **Respiratory Care**. (s.l.), v. 51, n. 1, p. 102-115, 2009.

KATZ, J. et al. Time course and mechanisms of lung-volume increase with PEEP in acute pulmonary failure. **Anesthesiology**, (s.l.), v. 54, n. 1, p. 9-16, 1981.

KOORAGAYALU, S; LIM, L; ALDRICH, T. Diaphragm thickness and function in obese individuals. Respiratory muscle at work: is it all about that bass? **American Thoracic Society International Conference Abstracts**, 2015.

LEVINE, S. et al.. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. **New England Journal of Medicine**, (s.l.), v. 358, p. 1327– 1335, 2008.

LINDNER, K.; LOTZ, P.; AHNEFELD, F. Continuous positive airway pressure effect on functional residual capacity, vital capacity and its subdivisions. **Chest**, (s.l.), v. 92, n. 1, p. 66-70, 1987.

LINDQVIST, T. et al. Positive end-expiratory pressure ventilation induces longitudinal atrophy in diaphragm fibers. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, (s.l.), v. 198, p. 472–485, 2018.

LOPES, et al., CPAP Decreases Lung Hyperinflation in Patients With Stable COPD. **Respiratory Care**. (s.l.), v. 56, n. 8, p. 1164-1169, 2011.

LORING, S.; MEAD, J.; GRISCOM, N..Dependence of diafragmática lenght on lung volume and thoracoabdominal configuration. **Journal of Applied Physiology**. (s.l.), v. 59, p. 1961–1970, 1985.

- LUM, H.; HUANG, I.; MITZNER, W. Morphological evidence for alveolar recruitment during inflation at high transpulmonary pressure. **Journal of Applied Physiology**, (s.l.), v. 68, n. 6, p. 2280- 2286, 1990.
- MACINTYRE, N. Physiologic effects of noninvasive ventilation. **Respiratory care**. (s.l.), v. 64, n. 6, p. 617- 628, 2019.
- MCCONNEL, A.K; LOMAX, M. The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. **Journal of Physiology**, v.577, n.1, p.445-457, 2006.
- MCCOOL, F. et al. Maximal inspiratory pressures and dimensions of the diaphragm. **American Journal of Respiratory Critical Care Medicine**, v.155, n.4, p.1329-1334, 1997.
- MORAES, I. et al. Adjunctive Use of Noninvasive Ventilation During Exercise in Patients with Decompensated Heart Failure. **The American Journal Of Cardiology**, (s.l.), v. 119, n. 3, p. 423-427, 2017.
- NEDER, J.A. et al. Reference values for lung function tests: ii. maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. **Brazilian Journal Of Medical And Biological Research**, [S.L.], v. 32, n. 6, p. 719-727, 1999.
- NEUPANE, K; JAMIL, R. Physiology, Transpulmonary Pressure. StatPearls 2022.
- PAVWOSKI, P.; SHELGIKAR, A. Treatment options for obstructive sleep apnea. **Neurology Clinical Practice**. (s.l.), v. 7, n. 1, p. 77-85, 2017.
- OGURI, Masayoshi *et al.* Influence of gender on diaphragm thickness using a method for determining intima media thickness in healthy young adults. **Bmc Medical Imaging**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 1-7, 2022.
- PESSOA, I. M. et al. Predictive equations for respiratory muscle strength according to international and Brazilian guidelines. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, (s.l.), v. 18, n. 15. P.410-418, 2014.
- PINTO, V.; SHARMA, S. Continuous Positive Airway Pressure. **StatPearls**. 2022.
- PIPER, A.; BAHAMMAM, A.; JAVAHERI, S. Obesity Hypoventilation Syndrome: Choosing the Appropriate Treatment of a Heterogeneous Disorder. **Sleep medicine clinics**. (s.l.), v 12, n. 4, p. 587-596, 2017.
- PIRAINO, T. 2016 Year in Review: Noninvasive Ventilation. **Respiratory Care**. (s.l.), v. 62, n. 5, p. 623-628, 2017.

- PONTES, S. et al. Influence of the ventilatory mode on acute adverse effects and facial thermography after noninvasive ventilation. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, (s.l.), v. 43, n. 2, p: 87-94, 2017.
- PUTENSEN, C. et al. Comparison of mask and nasal continuous positive airway pressure after extubation and mechanical ventilation. **Critical Care Medicine**, (s.l.), v. 21, n. 3, p. 357-362, 1993.
- PUTENSEN, C. et al. Long-term effects of spontaneous breathing during ventilatory support in patients with acute lung injury. **American Journal of Respiratory Critical Care Medicine**, (s.l.), v. 164, p. 43-49, 2012.
- REID, W. et al. Diaphragm injury and myofibrillar structure induced by resistive loading. **Journal of Applied Physiology**, v. 76, p.176-184, 1985.
- ROCHWERG, B. et al. Official ERS/ATS clinical practice guidelines: noninvasive ventilation for acute respiratory failure. **European Respiratory Journal**, (s.l.), v.2, n. 50, 2017.
- SANTANA, P. et al. Identifying decreased diaphragmatic mobility and diaphragm thickening in interstitial lung disease: the utility of ultrasound imaging. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, (s.l.), v. 42, p. 88-94, 2016.
- SANTANA, P.; et al. Diaphragmatic ultrasound findings correlate with dyspnea, exercise tolerance, health related quality of life and lung function in patients with fibrotic interstitial lung disease. **BMC Pulmonary Medicine**, v.19, n.1, p.183, 2019.
- SANTANA, P. et al. Ultrassonografia diafragmática: uma revisão de seus aspectos metodológicos e usos clínicos. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, (s.l.), v.46, n.6, 2020.
- SASSOON, C. et al. Positive end expiratory airway pressure does not aggravate ventilator-induced diaphragm dysfunction in rabbits. **Critical Care**, v.18, p.494, 2014.
- SCHEPENS, T. et al. The course of diaphragm atrophy in ventilated patients assessed with ultrasound: a longitudinal cohort study. **Critical Care**. (s.l.), v. 19, p. 422, 2015.
- SHRAGER, J. et al. Sarcomeres are added in series to emphysematous rat diaphragm after lung volume reduction surgery. **Chest**, v.121, p.210-215, 2002.
- SIMILOWSKI, T. et al. Contractile properties of the human diaphragm during chronic hyperinflation. **New England Journal of Medicine**, v.325, p.917-923, 1991.

- SKLAR, M. et al. Association of Low Baseline Diaphragm Muscle Mass With Prolonged Mechanical Ventilation and Mortality Among Critically Ill Adults. **JAMA Network Open**. (s.l.), v. 3, 2020.
- SOILEMEZI, E. et al. Effects of continuous positive airway pressure on diaphragmatic kinetics and breathing pattern in healthy individuals. **Respirology**, v.21, p.1262-1269, 2016.
- SPADARO, S. et al. Can diaphragmatic ultrasonography performed during the Ttube trial predict weaning failure? The role of diaphragmatic rapid shallow breathing index. **Critical Care**. (s.l.), v. 20, n. 1, p. 305, 2016.
- STOCK, M. et al. Prevention of postoperative pulmonary complications with CPAP, incentive spirometry, and conservative therapy. **Chest**, (s.l.), v. 87, n. 2, p. 151-157, 1985.
- SUMMERHILL, E.M. et al. Respiratory muscle strength in the physically active elderly, **Lung**, v. 185, p. 315-320, 2007.
- TESTA, A. et al. Ultrasound M-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects. **Ultrasound in Medicine and Biology**. (s.l.), v. 37, n.1, p. 44-52, 2011.
- TOLEDO, et al., The impact of non-invasive ventilation during the physical training in patients with moderate-to-severe chronic obstructive pulmonary disease (COPD). **Clinics**. (s.l.), v. 62, n. 2, p. 113-120, 2007.
- UEKI, J.; DE BRUIN, B.; PRIDE, N.. In vivo assessment of diaphragm contraction by ultrasound in normal subjects. **Thorax**. (s.l.), v. 50, n. 11, p. 1157-1161 1995.
- VALETTE, X., et al. Diaphragmatic dysfunction at admission in intensive care unit: the value of diaphragmatic ultrasonography. **Intensive Care Medicine**. (s.l.), v. 41, n. 3, p. 557-559, 2015.
- VAN DEN BERG, M. et al. Diaphragm atrophy and weakness in the absence of mitochondrial dysfunction in the critically ill. **American Journal of Respiratory Critical Care Medicine**, (s.l.), v. 196, p. 1544–1558, 2017.
- VAN DOORN, Jeroen L. M. et al. Association of diaphragm thickness and echogenicity with age, sex, and body mass index in healthy subjects. **Muscle & Nerve**, [S.L.], v. 66, n. 2, p. 197-202, 2022.

- VIVIER, E. et al. Diaphragm ultrasonography to estimate the work of breathing during non-invasive ventilation. **Intensive Care Medicine**. (s.l.), v. 38, n. 5, p. 796-803, 2012.
- WALTERSPACHER, et al., The effect of continuous positive airway pressure on stair-climbing performance in severe COPD patients. **COPD**. v. 10, n 2, p. 193- 199, 2013.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION WORKING GROUP. Use and interpretation of anthropometric indicators of nutritional status. *Bulletin of the World Health Organization*, v. 64, p. 929-941, 1986.
- ZAMBON, N. et al. Mechanical Ventilation and Diaphragmatic Atrophy in Critically Ill Patients: An Ultrasound Study. **Critical Care Medicine**. (s.l.), v. 44, n. 7, p. 1347-1352, 2016.

ANEXOS

ANEXO I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Centro de Ciências da Saúde
Departamento de Fisioterapia
Programa de Graduação em Fisioterapia

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

APRESENTAÇÃO: Este texto pode eventualmente apresentar palavras ou frases não conhecidas por você. Caso isso aconteça, por favor, diga-nos para que possamos esclarecer melhor suas dúvidas. Esta pesquisa trata-se da avaliação dos efeitos agudos da ventilação não invasiva na função diafragmática e distensão da veia cava inferior em indivíduos adultos saudáveis e está sendo desenvolvido pelos professores Dr. Eduardo Eriko Tenório de França, Dr. José Heriston de Moraes Lima e Dra. Rafaela Pedrosa.

TÍTULO DA PESQUISA: Efeitos agudos da ventilação não invasiva na função muscular diafragmática e distensão da veia cava inferior em indivíduos adultos saudáveis.

OBJETIVOS: Essa pesquisa se propõe a avaliar os efeitos agudos do uso da ventilação não invasiva sobre a mobilidade e o espessamento do diafragma e na distensão da veia cava inferior.

PROCEDIMENTOS: Inicialmente, serão levantadas informações como a idade, sexo, grau de instrução e outros e dados clínicos, como, dano físico e psicológico, uso de medicação e outros. Se você concordar em fazer parte do estudo, nós iremos aplicar alguns testes para avaliar a condição muscular respiratória antes e durante o uso de ventilação não invasiva. Será realizada teste de força e de resistência muscular respiratória, dinamometria de preensão palmar, bioimpedância corporal e a ultrassonografia diafragmática.

RISCOS E BENEFÍCIOS: você poderá sentir dor de cabeça ou desconforto respiratório. Se você apresentar algum desses efeitos, a terapia será interrompida imediatamente e, se necessário será feito o tratamento por um médico ou um fisioterapeuta. Durante todo o procedimento de pesquisa você estará acompanhado de um profissional fisioterapeuta, e caso necessário, o protocolo pode ser adequado. Todos os participantes receberão um relatório contendo todas as informações coletadas na avaliação, demonstrando seu estado muscular diafragmático.

RESSARCIMENTO: Não será feito nenhum pagamento para participar da pesquisa. A participação será de livre e espontânea vontade e caso haja algum custo financeiro adicional referente à participação na pesquisa será feito o devido ressarcimento.

CONFIDENCIALIDADE DA PESQUISA: Os resultados da pesquisa serão divulgados sem a identificação dos participantes e os protocolos serão arquivados por cinco anos no PPGFis da UFPB, de acordo com as exigências da Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde que trata sobre a bioética.

Para tanto, solicitamos, além de sua participação voluntária durante a pesquisa, sua autorização para apresentar e publicar os resultados deste estudo em eventos e revistas científicas. Por ocasião da publicação dos resultados, bem como no processo de avaliação e intervenção, seu nome será mantido em sigilo.

A pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética em pesquisa do CCS/UFPB – Cidade Universitária/ Campus I. Bloco Amaldo Tavares, sala 812 – CAAE:

Em caso de dúvidas, favor entrar em contato com: Eduardo Eriko Tenório de França, Departamento de Fisioterapia, Centro de Ciências da Saúde, UFPB - Campus I, Cidade Universitária, João Pessoa, Paraíba, Brasil. Telefone: (83) 99622-0289. E-mail: roberto.vinicius@academico.ufpb.br

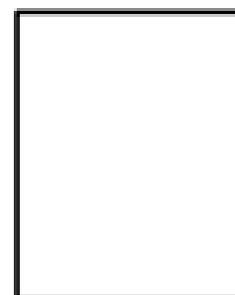
Ou

Comitê de Ética em Pesquisa do CCS/UFPB – Cidade Universitária / Campus I. Bloco Arnaldo Tavares, sala 812 – Fone: (83) 3216-7791.

Eu,____, declaro estar ciente e informado(a) sobre os procedimentos de realização da pesquisa, conforme explicitados acima, e aceito participar voluntariamente da mesma.

Assinatura do Participante da Pesquisa ou Responsável Legal
OBSERVAÇÃO: (em caso de analfabeto - acrescentar)

Assinatura da Testemunha



Polegar Direito

Assinatura do Pesquisador Responsável

Obs.: O participante da pesquisa ou seu representante e o pesquisador responsável deverão rubricar todas as folhas do TCLE apondo suas assinaturas na última página do referido Termo.

ANEXO II – FICHA DE AVALIAÇÃO



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA



FICHA DE AVALIAÇÃO

DATA DE AVALIAÇÃO: / /

| IDENTIFICAÇÃO | | | |
|--------------------|--|--------------------|-------------|
| NOME: | | | |
| IDADE | | DATA DE NASCIMENTO | |
| TELEFONE | | SEXO | M () F () |
| ESTADO CIVIL | | ESCOLARIDADE | |
| PROFISSÃO/OCUPAÇÃO | | ETNIA | |
| ENDEREÇO | | | |

| ANTECEDENTES PESSOAIS | | |
|--------------------------|---------|---------|
| TABAGISMO | SIM () | NAO () |
| ETILISMO | SIM () | NÃO () |
| INTERNAÇÕES RECENTES | SIM () | NÃO () |
| DIABETES | SIM () | NÃO () |
| HIPERTENSÃO | SIM () | NÃO () |
| GESTAÇÃO | SIM () | NÃO () |
| DOENÇA RESPIRATÓRIA | SIM () | NÃO () |
| OUTRAS DOENÇAS CARDÍACAS | SIM () | NÃO () |
| DOENÇAS NEUROMUSCULARES | SIM () | NÃO () |

| | | |
|---------------------------------------|---|-----------------|
| NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA | REALIZA () FREQUÊNCIA _____ MODALIDADE _____ | NÃO REALIZA () |
| MEDICAÇÕES EM USO | SIM () QUAIS _____ POSOLOGIA _____ | NÃO () |
| INGESTA DE LÍQUIDO (DIA DA AVALIAÇÃO) | SIM () QUANT. APROX. _____ | NÃO () |

| DINAMOMETRIA | | |
|--------------------------------|-------|-------|
| 1° | D () | E () |
| 2° | | |
| 3° | | |
| BIOIMPEDÂNCIA CORPORAL | | |
| PESO | | |
| ALTURA | | |
| IMC | | |
| MASSA MUSCULAR ESQUELÉTICA | | |
| MASSA DE GORDURA CORPORAL | | |
| PERCENTUAL DE GORDURA CORPORAL | | |
| TAXA METABÓLICA BASAL | | |
| RCQ | | |
| NÍVEL DE GORDURA VISCERAL | | |

| FORÇA MUSCULAR RESPIRATÓRIA (MIP) | |
|-----------------------------------|--|
| MIP 1 | |
| MIP 2 | |

| MIP 3 | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|--|----|--|----|--|------|---------------------------------------|--|--|
| MAIOR VALOR DE MIP | | | | | | | | | | |
| MIP PREDITA (FÓRMULA DE NEDER) | | | | | | | | MULHERES 110,4 – (0,49 X IDADE) | HOMENS 155,3 – (0,80 X IDADE) | |
| SINAIS INICIAIS | PAS X PAD | | FR | | FC | | SPO2 | | BORG | |
| SINAIS FINAIS | PAS X PAD | | FR | | FC | | SPO2 | | BORG | |

| ENDURANCE RESPIRATÓRIA – CARGA INCREMENTAL | | | | | |
|--|-------|----|--------------------|-------|------|
| | CARGA | FC | SP02 | TEMPO | BORG |
| 10 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| 30 | | | | | |
| 40 | | | | | |
| 50 | | | | | |
| 60 | | | | | |
| 70 | | | | | |
| 80 | | | | | |
| 90 | | | | | |
| 100 | | | | | |
| 110 | | | | | |
| 120 | | | | | |
| 130 | | | | | |
| 140 | | | | | |
| 150 | | | | | |
| 160 | | | | | |
| 170 | | | | | |
| 180 | | | | | |
| 190 | | | | | |
| 200 | | | | | |
| TEMPO FINAL | | | CARGA FINAL | | |

| AVALIAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA | | | | | | |
|-----------------------------|---------|-----|----------|-----|----------|-----|
| RESPIRAÇÃO ESPONTÂNEA | | | | | INSP | EXP |
| ESPESSAMENTO | | | | | | |
| MOBILIDADE | | | | | | |
| DIÂMETRO VEIA CAVA | | | | | | |
| PEEP | 5 CMH2O | | 10 CMH2O | | 15 CMH2O | |
| TEMPO | INSP | EXP | INSP | EXP | INSP | EXP |
| ESPESSAMENTO | | | | | | |
| MOBILIDADE | | | | | | |
| DIÂMETRO VEIA CAVA | | | | | | |
| PS | 5 CMH2O | | 7 CMH2O | | 10 CMH2O | |
| TEMPO | INSP | EXP | INSP | EXP | INSP | EXP |
| ESPESSAMENTO | | | | | | |
| MOBILIDADE | | | | | | |
| DIÂMETRO VEIA CAVA | | | | | | |