UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CURSO DE GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

DAIARA THATIANA XAVIER NUNES

EFEITOS DA REABILITAÇÃO CARDIOPULMONAR NA DISTRIBUIÇÃO COMPARTIMENTAL DOS VOLUMES PULMONARES, FORÇA MUSCULAR RESPIRATÓRIA, FUNÇÃO PULMONAR E TOLERÂNCIA AO EXERCÍCIO SUBMÁXIMO, EM PACIENTES PÓS- COVID-19.

RECIFE – PE

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO ACADÊMICO DE RECIFE - PE

FISIOTERAPIA

CENTRO DAS CIÊNCIAS DA SAÚDE

DAIARA THATIANA XAVIER NUNES

EFEITOS DA REABILITAÇÃO CARDIOPULMONAR NA DISTRIBUIÇÃO COMPARTIMENTAL DOS VOLUMES PULMONARES, FORÇA MUSCULAR RESPIRATÓRIA, FUNÇÃO PULMONAR E TOLERÂNCIA AO EXERCÍCIO SUBMÁXIMO, EM PACIENTES PÓS- COVID-19.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Recife, como requisito da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2.

Orientador: Armele de Fátima Dornelas de Andrade

Coorientadora: Bruna Thays Santana de Araújo

Coorientador: José Carlos Nogueira Nóbrega Júnior

RECIFE – PE

2023

EFEITOS DA REABILITAÇÃO CARDIOPULMONAR NA DISTRIBUIÇÃO COMPARTIMENTAL DOS VOLUMES PULMONARES, FORÇA MUSCULAR RESPIRATÓRIA, FUNÇÃO PULMONAR E TOLERÂNCIA AO EXERCÍCIO SUBMÁXIMO, EM PACIENTES PÓS- COVID-19.

Daiara Thatiana Xavier Nunes

Bruna Thays Santana de Araújo

José Carlos Nogueira Nóbrega Júnior

Armele de Fátima Dornelas de Andrade

Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco

Correspondência:

Armele Dornelas de Andrade, Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Pernambuco, Avenida Jornalista Aníbal Fernandes, s/n–Cidade Universitária, Recife CEP: 50740-560, Pernambuco, Brasil. E-mail: armele.andrade@ufpe.br

HIGHLIGHTS

- No nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo que avalia a distribuição compartimental dos volumes pulmonares antes e após um protocolo de reabilitação cardiopulmonar em pacientes sobreviventes da COVID-19.
- Após a reabilitação, houve aumento da distribuição compartimental dos volumes pulmonares da caixa torácica abdominal em respiração basal, indicando maior ação do músculo diafragma.
- Sessenta e três por cento dos pacientes não apresentaram nenhum distúrbio da função pulmonar após a conclusão da reabilitação pulmonar.
- Houve aumento significativo da tolerância aos esforços, redução da percepção do esforço e diminuição da frequência cardíaca, após a conclusão do protocolo de reabilitação

RESUMO

CONTEXTO: A reabilitação cardiopulmonar pode melhorar a função pulmonar, força muscular respiratória e tolerância aos exercícios em pacientes com sequelas após a COVID-19. Entretanto, ainda há uma lacuna na literatura sobre os efeitos da reabilitação na distribuição compartimental dos volumes pulmonares nesses pacientes. **OBJETIVO**: Avaliar os efeitos da reabilitação cardiopulmonar na distribuição compartimental dos volumes pulmonares, força muscular respiratória, função pulmonar e tolerância aos exercícios em pacientes pós COVID-19. **MÉTODOS:** Estudo quase-experimental, com

amostra não probabilística. Foi realizado um protocolo de 12 sessões, duas vezes por semana, com treinamento aeróbio e resistido. Foram incluídos 12 pacientes acima de 18 anos (52,92±12,56 anos) com diagnóstico de COVID-19 com até oito semanas de permanência dos sintomas antes da primeira avaliação. Foi avaliada a força muscular respiratória, função pulmonar, capacidade funcional submáxima e distribuição compartimental dos volumes da caixa torácica, utilizando a pletismografia optoeletrônica, antes e após o protocolo de reabilitação. **RESULTADOS:** Após a reabilitação, houve aumento de 24,58% p=0,219; delta de Glass=0,69 do volume da caixa torácica abdominal em respiração basal. Houve aumento da força muscular respiratória, do volume expiratório forçado no primeiro segundo predito (%VEF1) em 20,87% p=0,004, delta de Glass=1,79, e 50% dos pacientes não apresentaram distúrbio da função pulmonar. Observamos aumento da distância percorrida em 59,92 metros p=0,036; delta de Glass=0,56, redução da percepção do esforço e da frequência cardíaca. **CONCLUSÃO:** Sugere-se que a reabilitação cardiopulmonar pode melhorar a força muscular respiratória, função pulmonar, tolerância ao exercício e alterar a distribuição compartimental dos volumes pulmonares da caixa torácica.

Palavras-chaves: COVID-19; Força muscular respiratória; Função Pulmonar; Pletismografia optoeletrônica; Reabilitação Cardiopulmonar; Tolerância ao exercício.

INTRODUÇÃO

A COVID-19 é uma doença multissistêmica e grave, causada pelo coronavírus tipo 2 da síndrome respiratória aguda grave (SARS-Cov-2), e ocasionou mais de 700 mil mortes no Brasil até maio de 2023 [1,2]. O vírus afeta predominantemente o sistema respiratório e isso pode acontecer devido aos diferentes eventos fisiopatológicos que incluem destruição difusa do epitélio alveolar, formação de membrana hialina, dano capilar e consolidação pulmonar, podendo ocorrer remodelamento vascular alveolar crônico, causando fibrose pulmonar [3,4].

As sequelas observadas nos pacientes que tiveram a COVID-19 são muito variadas dependendo da lesão da infecção e da presença de comorbidades, podendo acometer mais idosos e homens [5]. Quando os sintomas e/ou complicações causados pela COVID-19 persistem além de quatro semanas, a partir do início dos sintomas, caracteriza-se como Síndrome pós COVID-19 e pode acometer mais de 10% dos infectados pela doença [6,7]. Dentre as consequências dessa infecção estão a fadiga, dispneia, danos na função e força da musculatura respiratória, redução das capacidades e volumes pulmonares e diminuição da força da musculatura periférica com consequente redução da capacidade funcional [8,9,10].

Devido às diversas sequelas que podem surgir após a COVID-19, a reabilitação cardiopulmonar tem se tornado fundamental para recuperação desses pacientes [11]. Ela pode ser composta tanto pelo treinamento resistido quanto pelo aeróbico, promovendo impactos importantes sobre a capacidade aeróbica e funcional dos pacientes acometidos por essa doença e tem como objetivo aumentar a força muscular, a capacidade funcional e pulmonar, flexibilidade e resistência para assim, melhorar o bem

estar físico e psicológico e possibilitar a reintegração social desses pacientes [12,13,14].

A pletismografia optoeletrônica (POE) é considerada um exame inovador que pode auxiliar no direcionamento do tratamento clínico e nas condutas na reabilitação cardiopulmonar, permitindo uma análise tricompartimental da variação dos volumes pulmonares da caixa torácica. Entretanto, até o presente momento, no nosso conhecimento, não há estudos que avaliem a distribuição compartimental dos volumes pulmonares da caixa torácica, após a reabilitação cardiorrespiratória, em pacientes com sequelas da COVID-19.

Sendo assim, esse estudo tem como propósito investigar os efeitos da reabilitação cardiopulmonar na distribuição compartimental dos volumes pulmonares da caixa torácica, força muscular respiratória, função pulmonar e capacidade funcional submáxima em pacientes que tiveram a COVID-19.

METODOLOGIA

Esse é um estudo do tipo quase-experimental, com uma amostra não probabilística e foi desenvolvido entre março e setembro de 2021. Os pacientes foram recrutados através das mídias sociais e as avaliações e reavaliações foram realizadas no Laboratório Cardiopulmonar (LACAP) no Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), enquanto o protocolo de intervenção foi realizado no Setor de Reabilitação Cardíaca e Pós-Covid-19, no Hospital das Clínicas de Pernambuco.

Foram incluídos indivíduos que apresentaram diagnóstico laboratorial de COVID-19, através do teste de reação em cadeia da polimerase com transcrição reversa (RT-PCR), de ambos os sexos e na faixa etária acima dos 18 anos. Os pacientes incluídos possuíam sequelas limitantes após 15 dias da alta hospitalar ou até oito semanas de permanência dos sintomas. Foram excluídos os pacientes que apresentaram doenças ortopédicas, neurológicas, respiratórias ou em tratamento dialítico que impossibilitasse a realização das avaliações.

A pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética e pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco, dado número do parecer 4.173.556, e registrado em Clinicaltrials.gov (ID: NCT04767477). Todos os indivíduos da população-alvo, depois de recrutados nos centros de referência hospitalares na cidade do Recife-PE, foram esclarecidos quanto ao estudo e os objetivos da presente proposta. Cada participante assinou, depois de lido em voz alta para si mesmo, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) de acordo com a resolução número 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. .

Instrumentos para coletas de dados:

Distribuição Compartimental dos Volumes da Caixa Torácica:

Foi realizada através da pletismografia optoeletrônica (POE) (BTS *Bioengenireeirng*, Itália), a partir de 89 marcadores reflexivos que foram fixados com fita hipoalergênica sobre as superfícies anteroposterior e lateral do tórax dos pacientes, em 07 linhas horizontais e 05 linhas verticais na região entre as clavículas e o púbis na região anterior e entre as escápulas e crista ilíaca na região posterior da parede torácica e do abdômen [15]. Para a aquisição dos dados, os indivíduos foram dispostos na

posição sentada, com os pés apoiados no chão ou em alguma escada que permitia a flexão dos joelhos e quadris em 90º, coluna ereta, com os braços apoiados em estrutura de suporte a 45 graus de abdução de ombro. A partir dessa disposição foi solicitado que o indivíduo respirasse tranquilamente, sem falar e sem alterar a postura. Antes de cada coleta, houve uma calibração de acordo com as normas do equipamento, a partir da aquisição de imagem controle de três eixos fixos com marcadores. As imagens geradas pelos marcadores foram captadas por seis câmeras (três na frente e três atrás do indivíduo) e através do teorema de Gauss, ocorreu a triangulação das imagens e visualização, através do *software BTS Bioengineering,* da caixa torácica em seus três compartimentos: caixa torácica pulmonar (CTp - porção da caixa torácica em contato com os pulmões), caixa torácica abdominal (CTab - porção da caixa torácica em contato com o diafragma) e abdômen (AB) [16]. Cada compartimento foi avaliado em termo da porcentagem da variação de seu volume ao longo do ciclo respiratório registrado, a partir do percentual de participação do volume de cada compartimento nesse ciclo, em relação ao volume do sistema tóraco-abdominal. Para isto, foram registrados três padrões respiratórios.

No primeiro momento foi avaliada a respiração basal do paciente (*quite breathe*), com duração de três minutos. Logo após, foi analisado a capacidade vital (CV), com duração de um minuto, no qual de 0-30 segundos o paciente mantinha-se em respiração basal, em 30 segundos, o avaliador pede para o paciente realizar a manobra de capacidade vital, partindo do volume corrente até o volume de reserva expiratório e em seguida, se manter em respiração basal até finalizar um minuto. Por fim, foi utilizado o *PowerBreathe Classic Medic* para avaliar o esforço inspiratório, no qual o paciente acopla o clipe nasal e o aparelho na boca e realiza respirações espontâneas com a carga de 50% da pressão inspiratória máxima obtida através da manovacuometria.

A análise de dados foi realizada pelo *software Smart Tracker* para unir os marcadores. A reconstrução dos marcadores foi realizada nas coletas em que alguns marcadores não foram captados pelas câmeras da pletismografia, sendo aceitos até cinco reconstruções pelo *software Smart Analyzer*. A avaliação dos volumes da caixa torácica foi realizada pelos *softwares Diamov e Microsoft Excel* e os resultados expostos em gráficos.

Força Muscular Respiratória:

Para a avaliação da força muscular respiratória inspiratória e expiratória, foi utilizada a manovacuometria. Foi utilizado um manovacuômetro da fabricante GlobalMed®, modelo MVD300. Os voluntários foram orientados a se posicionarem sentados, com os pés apoiados no chão, coluna ereta, sem apoios para os membros superiores. Com um clipe nasal, a manobra de PImax foi realizada a partir do volume residual (VR), realizando uma inspiração máxima e sustentada, e a manobra de PEmax a partir da capacidade pulmonar total (CPT), seguida de uma expiração máxima, dado estímulo do avaliador. Foram realizadas no mínimo cinco manobras, com intervalos de um minuto entre elas e registrada a maior, considerando satisfatório quando houver uma variação menor que 10% entre as manobras. Os valores obtidos foram comparados com os de referência para a população brasileira, sendo considerado fraqueza muscular respiratória valores menores do que 70% do predito para o paciente [17].

Função Pulmonar:

A avaliação da função pulmonar foi realizada através da espirometria digital (Koko Legend USB Spirometer, Ferraris Lousville, Estados Unidos). O teste foi realizado com o indivíduo na posição sentada, com os pés apoiados no chão, coluna ereta e utilização de uma boquilha e clipe nasal. Foram feitas pelo menos três manobras de capacidade vital forçada (CVF), obedecendo aos dois minutos de intervalo entre as manobras, como preconizado pela *American Thoracic Society* (ATS) e diretrizes de função pulmonar [18]. Em seguida, foi realizada a média das três medidas realizadas e os valores foram expressos em porcentagem do valor predito normal para a população brasileira [19]. Foram analisadas o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1), a capacidade vital forçada (CVF) e a relação entre o VEF1 e a capacidade vital forçada (VEF1 /CVF. Foi considerada uma espirometria normal como sendo a ausência de obstrução ou restrição do fluxo aéreo com VEF1/CVF ≥0,7 com CVF ≥80% dos valores preditos, distúrbio obstrutivo para VEF1/CVF < 0,7% com VEF1 < 80% e CVF≥80% dos valores preditos e distúrbio restritivo para VEF1/CVF ≥0,7 e CVF <80% do predito [20].

Capacidade Funcional Submáxima:

Foi avaliada pelo teste de caminhada de seis minutos (TC6M), de acordo com diretrizes propostas pela *American Thoracic Society* (ATS) [21], porém, não foram realizadas duas avaliações consecutivas. No teste, os pacientes percorreram um corredor de 30 metros, o mais rápido possível, mas sem correr, durante o período de 6 minutos. A cada minuto o avaliador encorajou os pacientes com frases pré-determinadas como “você está indo bem” e “continue assim”. Caso algum paciente precisasse de uma pausa para descanso durante o teste, a avaliação poderia ser interrompida, com o indivíduo retornando a caminhada logo que possível, porém, o tempo permaneceria contando até os seis minutos. Todo o teste foi monitorado, previamente e logo após o seu término e após dois minutos após o período de recuperação, observando-se a frequência cardíaca (FC), saturação periférica de oxigênio (SpO_2), índice de dispneia pela Escala de Borg Modificada e pressão arterial (PA). O teste poderia ser interrompido caso o paciente relatasse tonturas, câimbras, dor torácica ou apresentasse dispneia intensa, sudorese ou palidez. A distância percorrida foi expressa em metros e em valor predito [22].

Procedimentos para coleta de dados:

Após leitura e assinatura do Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) por parte dos pacientes incluídos no estudo, a coleta foi realizada no Departamento de Fisioterapia. De início, os indivíduos foram avaliados através da história clínica e após, foram submetidos à avaliação antropométrica: peso e altura, através da balança digital com antropômetro – Welmy modelo W300 (Brasil) com capacidade para 300 quilogramas (Kg), precisão de 50 gramas (g) e antropômetro com limite de 2 metros (m). Em seguida, foi medido o índice de massa corporal (IMC), calculado dividindo-se o peso corporal pela altura elevada ao quadrado (kg/m2). Foi avaliado a saturação periférica de oxigênio (SpO2) e a frequência respiratória (FR) por meio de um monitor multiparamétrico DIXTAL 2023 (Manaus, Brasil).

Foi realizada a avaliação para identificar a força da musculatura respiratória através da

manovacuometria para obtenção dos valores da pressão inspiratória máxima (PI máx) e da pressão expiratória máxima (PE máx). A partir disto, com a pletismografia optoeletrônica, foi analisada a distribuição compartimental dos volumes pulmonares da caixa torácica em três momentos: respiração padrão do paciente, capacidade vital e no esforço inspiratório utilizando o *power breath* a partir de 50% da carga obtida pela PI máx. Em seguida, foi realizado a espirometria e por fim, o teste de caminhada de seis minutos, de acordo com as recomendações da ATS [21].

Antes de iniciar a reabilitação também foi realizado o teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) limitado por sintomas pelo protocolo de rampa [23] em esteira (Centurium 300, Micromed, Brasil) associado a um eletrocardiograma de 12 canais (Micromed, Brasil) para avaliar o consumo máximo de oxigênio (VO2máx) para realizar a prescrição do exercício. Após a realização desses procedimentos, os participantes iniciaram o protocolo de intervenção na reabilitação cardiopulmonar, composta pelo treinamento aeróbico continuo e de intensidade moderada, resistido e alongamentos globais.

Protocolo de Reabilitação Pós Covid-19:

Antes de iniciar o treinamento, os pacientes eram orientados a realizar alongamentos globais para membros superiores, inferiores e musculatura do pescoço, bilateralmente, durante 20 segundos. A prescrição do treino aeróbico foi realizada com 60% a 80% do consumo máximo de oxigênio (VO2máx), avaliado através do Teste Cardiopulmonar de Exercício (TCPE), e com pontuação de 12 a 14 na escala de percepção de esforço de BORG. O exercício aeróbio foi realizado em esteira ergométrica, com um tempo total de 40 minutos, sendo 5 minutos de aquecimento, 30 minutos de condicionamento, 5 minutos de desaquecimento [24]. O treino resistido foi composto por exercícios para membros superiores (tríceps, bíceps e abdutores) e inferiores (quadríceps, abdutores do quadril e tríceps sural). A carga utilizada nos exercícios foi de 60% do teste de 1 repetição máxima (1 RM), com progressão de carga a cada 6 sessões. Os exercícios foram realizados em 3 séries de 12 repetições. O treinamento foi realizado duas vezes por semana e o paciente foi reavaliado após 12 sessões [24].

ANÁLISE ESTÁTISTICA

A análise foi realizada através do *software* SPSS versão 20. Os resultados são apresentados em média e desvio padrão. Foi utilizado o teste de *Shapiro-Wilk* para avaliar a normalidade dos resultados e o Teste *t* de amostras em pares para avaliar a significância estatística, sendo considerado $p<0,05$. O cálculo para tamanho do efeito da intervenção foi realizado a partir do delta de Glass, sendo considerado tamanho do efeito pequeno para delta de Glass = 0,2; tamanho do efeito moderado para delta de Glass = 0,5 e tamanho do efeito grande para delta de Glass = 0,8 [25].

RESULTADOS

O fluxograma de captação dos pacientes está demonstrado na Figura 1. Foram avaliados 23 indivíduos, entretanto, oito descontinuaram o programa da reabilitação cardiopulmonar devido ao receio de frequentar o hospital durante a pandemia e ao custo financeiro para realizar o deslocamento até o centro de reabilitação. Também, houve três análises excluídas da amostra pois foi necessário realizar

mais de cinco reconstruções dos marcadores das coletas e com isto, 12 pacientes foram analisados para esta pesquisa.

Os dados da caracterização da amostra estão descritos na Tabela 1, através da média e desvio padrão. As comorbidades descritas foram obtidas através do auto relato dos pacientes.

Na figura 2 está caracterizada o comparativo da distribuição compartimental dos volumes da caixa torácica na respiração basal (*quiet breathe*), capacidade vital e resistência da musculatura respiratória, antes e após a conclusão do protocolo de reabilitação cardiopulmonar. Nesse trabalho pode ser observado que não houve alterações significativas dos volumes dos compartimentos da caixa torácica. Porém, durante a respiração basal houve um aumento de 24,58% da contribuição do volume da caixa torácica abdominal, com tamanho do efeito da intervenção moderado (Delta de glass = 0,69), após a conclusão do protocolo, e redução do volume do compartimento do abdômen, apesar da diferença não ser estatisticamente significativa. Na manobra de capacidade vital, após a conclusão da reabilitação cardiopulmonar, houve aumento do volume do compartimento pulmonar, porém, tais resultados também não foram significativos. Quando aplicada uma resistência na musculatura respiratória, os resultados demonstram que após a conclusão do protocolo de reabilitação cardiopulmonar houve predominância da contribuição do volume do compartimento pulmonar, redução do volume da caixa torácica abdominal e não foi observada diferença no compartimento da caixa torácica do abdômen.

Na tabela 2 são apresentados os resultados da força da musculatura respiratória e da função pulmonar antes e após o protocolo de reabilitação cardiopulmonar. Após a infecção causada pela COVID-19, os pacientes não apresentaram fraqueza da musculatura respiratória. Entretanto, após a finalização do protocolo de reabilitação cardiopulmonar houve aumento da força da musculatura respiratória, porcentagem do predito da capacidade vital forçada (CVF) e da porcentagem do predito da relação VEF1/CVF (Delta de Glass = 0,70), apesar de não significativo. Houve um aumento significativo com alto tamanho do efeito da intervenção (Delta de Glass = 1,79) do percentual do predito do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) após a reabilitação.

Os resultados do teste de caminhada de 6 minutos (TC6M) antes e após a finalização da reabilitação cardiopulmonar está descrito na tabela 3. Após a conclusão do protocolo, houve aumento da distância percorrida em 59,92 metros, com tamanho do efeito moderado (Delta de Glass = 0,56). Foi observado uma redução significativa na escala de percepção de esforço (Borg) ao fim do teste, redução da FC em repouso e da FC no período de recuperação do teste e aumento significativo da %SPO2 basal após a conclusão da reabilitação cardiopulmonar.

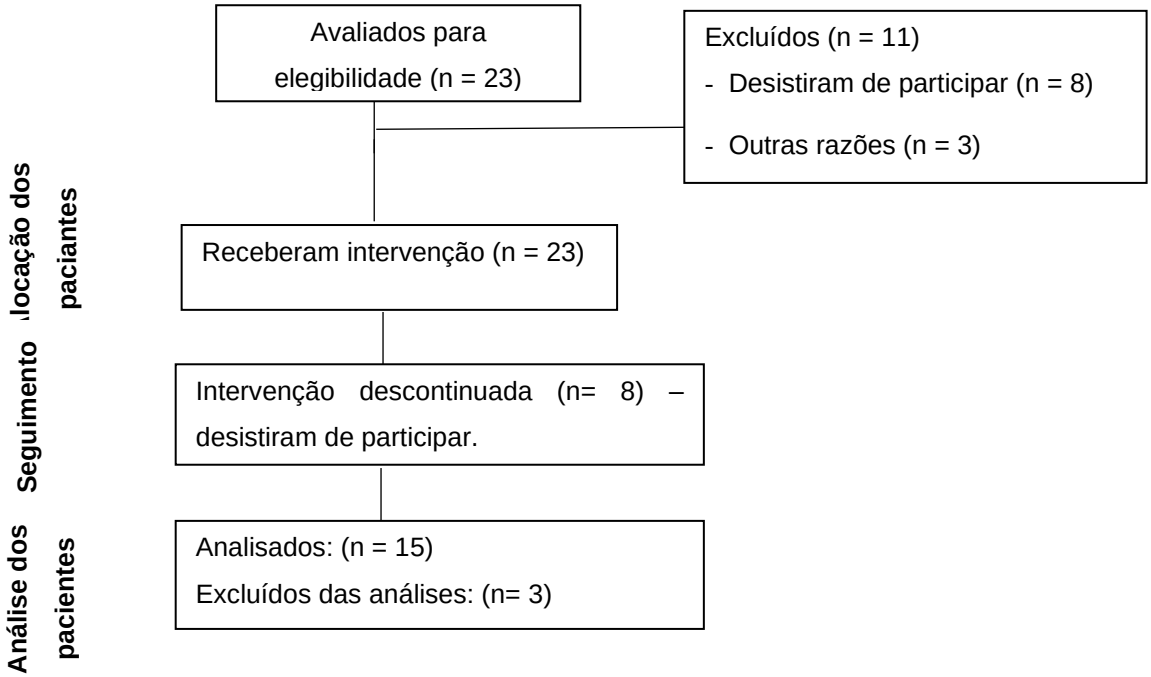

Figura 1. Fluxograma de captação dos pacientes

Tabela 1. Caracterização da amostra.

Parâmetros	$\bar{X} \pm$ **DP (N = 12)**
Gênero (%)	
Feminino	41,66
Masculino	58,33
Idade (anos)	52,92 ± 12,56
Idosos (%)	25,00
Peso (Kg)	87,21 ± 17,97
Altura (m)	1,65 ± 0,06
IMC (Kg/m²)	31,52 ± 7,19
Não hospitalizados (%)	41,66
UTI (%)	41,66
Enfermaria (%)	16,66
Comorbidades (%)	
HAS	58,30
Obesidade	50,00
DM 2	25,00
DPOC	16,70
Asma	16,70

$\bar{X}$ = média; DP = desvio padrão; IMC = índice de massa corporal; Idoso = maior ou igual a 60 anos; UTI = unidade de terapia intensiva; HAS = Hipertensão arterial sistêmica; DM 2 = Diabetes Mielites tipo 2; DPOC = Doença pulmonar obstrutiva crônica.

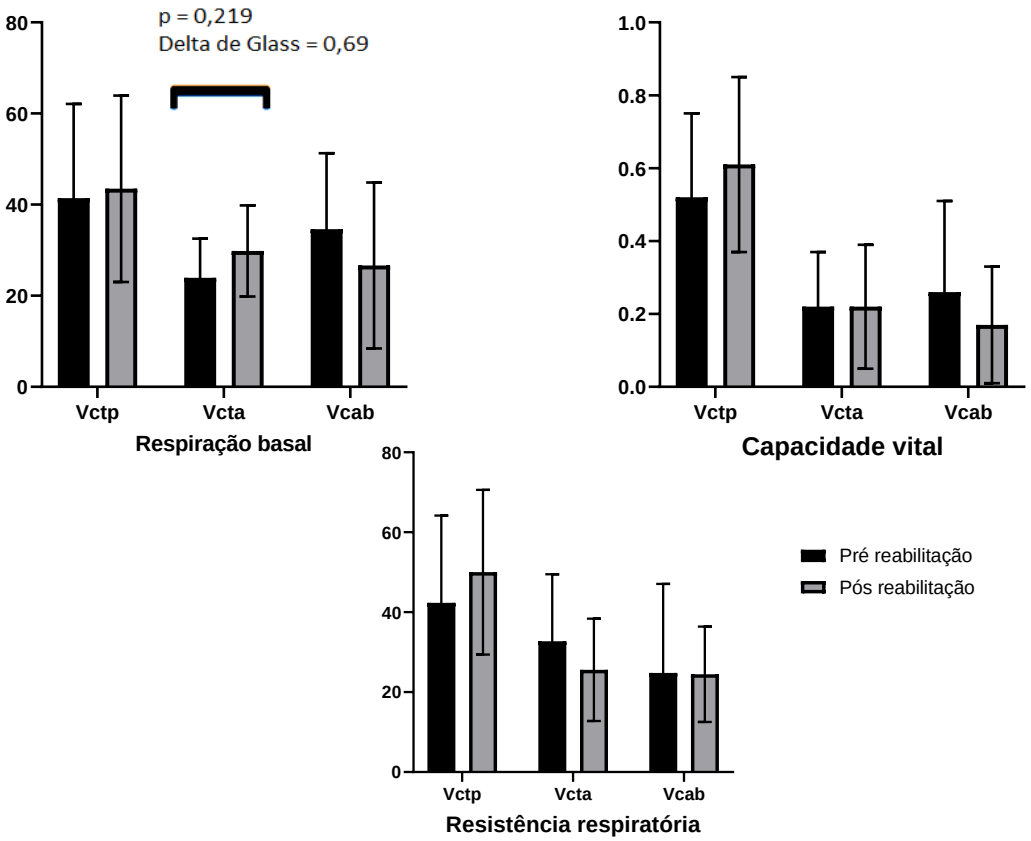

Figura 2. Porcentagem da distribuição compartimental dos volumes pulmonares da caixa torácica em respiração basal, capacidade vital e com resistência respiratória antes e após o protocolo de reabilitação cardiopulmonar.

Tabela 2. Resultados da força da musculatura respiratória e função pulmonar antes e depois da reabilitação cardiopulmonar.

	PRÉ REABILITAÇÃO (n = 12)	PÓS REABILITAÇÃO (n = 12)	P
PImáx (% do predito)	122,18 ± 51,68	128,47 ± 38,45	0,594
PEmáx (% do predito)	217,72 ± 133,26	255,29 ± 158,45	0,071
VEF1 (% do predito)	69,27 ± 8,06	83,73 ± 11,59	0,004*
CVF (% do predito)	78,45 ± 14,17	81,45 ± 9,55	0,375
VEF1/ CVF (% do predito)	91,00 ± 15,85	102,09 ± 6,76	0,043
Fraqueza muscular inspiratória (%)	16,7	0	
Fraqueza muscular expiratória (%)	0	0	
Distúrbio da função pulmonar (%)			
Normal	33,33	50,00	
Obstrutivo	16,16	0	
Restritivo	41,66	41,66	

PImáx = pressão inspiratória máxima em cmH2O; PEmáx = pressão expiratória máxima em CmH2O; VEF1 = volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF = capacidade vital forçada; VEF1/CVF = relação volume expiratório forçado no primeiro segundo sobre a capacidade vital forçada;

Tabela 3. Resultados do teste de caminhada de 6 minutos antes e depois da finalização do protocolo de reabilitação cardiopulmonar.

	PRÉ REABILITAÇÃO (n= 12)			PÓS REABILITAÇÃO (n = 12)			p		
	REPOUSO	FINAL	RECUPERAÇÃO	REPOUSO	FINAL	RECUPERAÇÃO	p1	p2	p3
FC (bpm)	86,36 ± 13,81	108,27 ± 24,92	97,55 ± 13,86	76,09 ± 7,03	102,00 ± 23,30	84,55 ± 15,43	0,011 *	0,416	0,017*
SpO2 (%)	96,73 ± 1,42	96,00 ± 2,28	97,18 ± 1,32	97,55 ± 1,03	95,91 ±2,25	96,82 ± 1,47	0,042 *	0,887	0,267
PAS (mmHg)	122,73 ± 7,86	134,55 ± 15,07	129,09 ± 18,68	120,00 ± 14,14	136,36 ± 23,77	129,09 ± 12,21	0,518	0,714	1,000
PAD (mmHg)	83,64 ± 9,24	86,36 ± 11,20	85,45 ± 11,28	82,73 ± 11,03	89,09 ± 12,21	85,45 ± 9,34	0,795	0,432	1,000
DISPNÉIA	1,54 ± 1,42	4,27 ± 2,14	2,50 ± 1,56	1,36 ± 1,20	3,45 ± 2,54	2,40 ± 2,20	0,610	0,031 *	0,839
DISTÂNCIA PERCORRIDA (m)		458,63 ± 107,69			518,55 ± 79,56			0,036 *	
DISTÂNCIA PERCORRIDA (% do predito)		156,28 ± 35,03			177,01 ± 27,04			0,038 *	

FC (bpm) = frequência cardíaca em batimentos por minuto; SpO2 (%) = saturação periférica de oxigênio; PAS (mmHg) = pressão arterial sistólica em milímetros de mercúrio; PAD = pressão arterial diastólica em milímetro de mercúrio.
p1 = comparação entre as variáveis do repouso antes e após a intervenção; p2 = comparação entre as variáveis finais do teste antes e após a intervenção; p3 = comparação entre as variáveis do período de recuperação antes e após a intervenção; *p = <0,05.

DISCUSSÃO

No nosso conhecimento e considerando as bases de dados consultadas, até o presente momento, ainda não foram encontrados estudos na literatura que avaliam os efeitos de um protocolo de reabilitação cardiorrespiratória na distribuição compartimental dos volumes pulmonares da caixa torácica na síndrome pós Covid-19. Nesse estudo foram observadas alterações na distribuição

compartimental dos volumes da caixa torácica pulmonar em respiração basal, capacidade vital e durante o esforço inspiratório melhora da função pulmonar, força da musculatura respiratória e tolerância ao exercício.

Não encontramos na literatura nenhum estudo que avaliasse a distribuição compartimental dos volumes pulmonares da caixa torácica antes e após um protocolo de reabilitação cardiopulmonar nos sobreviventes da COVID-19. No nosso estudo, observamos que em respiração basal, capacidade vital e ao adicionar uma resistência respiratória, houve predomínio do volume do compartimento da caixa torácica pulmonar. Após a reabilitação, houve um incremento da distribuição compartimental do volume da caixa pulmonar, indicando maior ativação da musculatura inspiratória em todas as manobras [16]. Em respiração basal, houve aumento do volume da caixa torácica abdominal, podendo indicar maior ação da musculatura diafragmática, após a conclusão do protocolo [16].

Diferente dos resultados encontrados após a reabilitação, em um estudo com 39 indivíduos saudáveis, houve predomínio dos volumes da caixa torácica pulmonar e abdômen em respiração basal [26]. Porém, os resultados que encontramos após a reabilitação estão de acordo com a hipótese de Aliverti et al. (2002) [16], que presume que em respiração basal, o compartimento do abdômen (%Vcab) tem pouca influência devido à atividade passiva da musculatura expiratória.

Encontramos resultados semelhantes ao estudo de LoMauro et al. (2021) [27] com 12 pacientes pós COVID-19, após um mês de alta da unidade de terapia intensiva, houve predomínio do volume do compartimento pulmonar da caixa torácica (Vcpt) na manobra de capacidade vital, podendo indicar um padrão respiratório restritivo e maior recrutamento da musculatura inspiratória acessória da respiração [16]. Esses resultados eram previstos devido ao padrão ventilatório restritivo que pode ser causado pelo processo inflamatório pulmonar do Sars-Cov-2 e ao esforço muscular inspiratório para realizar essa manobra, aumentando a contribuição do Vcpt.

Semelhante ao que foi observado em nossos resultados após a finalização do protocolo de reabilitação, no estudo de Manifield et al. (2021) [28] com 12 indivíduos saudáveis, ao realizar uma manobra de resistência respiratória com 50% da carga da PImáx, observou que houve predominantemente uma maior ativação do compartimento da caixa torácica pulmonar, podendo indicar maior ativação da musculatura inspiratória acessória da respiração devido ao esforço inspiratório imposto durante a manobra [16].

No nosso estudo não houve treinamento muscular específico para musculatura respiratória, porém, ao fim da reabilitação, houve aumento de 6,29% do valor predito da PImáx e 37,57% da PEmáx, apesar de não significativo, os pacientes não apresentaram fraqueza muscular inspiratória após o fim do protocolo. Isso pode ter acontecido devido aos efeitos indiretos da efetividade do treinamento aeróbico e resistido na musculatura respiratória [29].

Na função pulmonar houve um aumento do VEF1 e metade dos pacientes não apresentaram nenhum distúrbio da função pulmonar após a reabilitação. Embora na caracterização da amostra foi observado que houve pacientes com auto relato de doenças obstrutivas pulmonares, observamos que não houve a presença de distúrbio obstrutivo da função pulmonar após a reabilitação. Também não houve alteração na quantidade de pacientes com distúrbios restritivos e isso pode ser causada devido a permanência das alterações pulmonares estruturais nesses pacientes como a presença de fibrose

pulmonar ou lesão exsudativa residual não absorvida [30]. Porém, não encontramos outros estudos que avaliassem os distúrbios da função pulmonar com a espirometria, após a reabilitação cardiopulmonar em pacientes com sequelas da COVID-19. Diferente dos resultados encontrados em nossa pesquisa, em outro protocolo de dois meses com 29 pacientes com síndrome pós COVID-19, não houve alteração dos valores preditos do VEF1, CVF e VEF1/CVF, indicando que não houve melhora da função pulmonar [31]. Em outro estudo que realizou um protocolo de reabilitação cardiopulmonar durante seis semanas, três vezes por semana, com 51 pacientes com síndrome pós COVID-19, houve uma pequena mudança de 6,9% do predito da VEF1 após o protocolo de reabilitação [30].

Encontramos em nossos resultados que houve um aumento significativo com uma diferença mínima clinicamente importante e significativa de mais de 30 metros da distância percorrida [33] e também uma redução significativa da percepção do esforço (Borg) ao final do teste, FC em repouso, ao final e no período de recuperação do TC6M, após a finalização do protocolo de reabilitação cardiopulmonar, indicando melhora da capacidade funcional e tolerância aos esforços [33, 34].

No estudo de Daher (2020) [35] com 33 pacientes sobreviventes da COVID-19 demonstrou que a capacidade funcional pode permanecer prejudicada após seis meses da doença, em pacientes que não realizaram a reabilitação cardiopulmonar. Esse dado corrobora com a nossa hipótese de que a reabilitação cardiopulmonar é um tratamento eficaz para melhorar a capacidade funcional de pacientes que ficaram com sequelas cardiorrespiratórias da COVID-19. Também foi observado resultados semelhantes à nossa pesquisa, em um estudo de coorte que realizou um protocolo de reabilitação durante seis semanas, três vezes por semana com 51 pacientes com síndrome pós COVID-19 e observou um aumento de 62,9 metros da distância percorrida após a reabilitação [32]. Também encontramos no estudo de Gloeckl (2021) [36], com 24 pacientes com síndrome pós COVID-19, em que houve uma diferença de 48 metros após a realização de um protocolo de reabilitação cardiopulmonar de três semanas. Porém, diferente ao que encontramos em nossa pesquisa, não houve redução da percepção de esforço ao final do TC6M [36].

CONCLUSÃO

Sugere-se que o protocolo de reabilitação cardiopulmonar com treinamento de intensidade moderada pode ser eficaz para melhorar a função pulmonar e tolerância aos esforços em pacientes sobreviventes da COVID-19. Os resultados mostraram uma melhora significativa no volume expiratório forçado no primeiro segundo, força da musculatura respiratória, redução da percepção dos esforços e na distribuição compartimental do volume da caixa torácica abdominal, indicando maior atividade da musculatura diafragmática em respiração basal em pacientes pós Covid-19.

AGRADECIMENTO:

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNQP), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Universidade Federal de Pernambuco.

CONFLITO DE INTERESSE:

Os autores declaram que não há conflito de interesse.

FINCANCIAMENTO:

Este estudo foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNQP) 421756/2021-7, 40334/2020-5, 428841/2018-0), Universidade Federal de Pernambuco, Edital Observatório COVID PROPG/PROPESQI UFPE 2020 e pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) APQ 0801-4.08/21, BIC-0937-4.08/22, BIC-1174-4.08/21, BIC-0656-4.08/20.

DECLARAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA DO CRediT

Daiara Nunes: Conceituação e objetivos; Metodologia, Software; Validação; Condução da pesquisa; Gerenciamento de dados; Escrita; Visualização; Administração do projeto

Bruna Araújo: Conceituação e objetivos; Metodologia; Validação; Análise estatística; Condução da pesquisa; Gerenciamento de dados; Revisão da escrita; Visualização; Administração do projeto

Carlos Nóbrega: Conceituação e objetivos; Metodologia; Análise estatística; Gerenciamento de dados; Revisão da escrita; Visualização

Armele Dornelas: Conceituação e objetivos; Metodologia; Validação; Condução da pesquisa; Recursos; Revisão da escrita; Visualização; Supervisão; Administração do projeto; Aquisição de financiamento

REFERÊNCIAS

1. Ministério da Saúde. Coronavírus Brasil [Internet]. covid.saude.gov.br. Available from: https://covid.saude.gov.br/

2. Sheehy LM. Considerations for postacute rehabilitation for survivors of COVID-19. JMIR Public Health Surveill. 2020;6(2):e19462. DOI: 10.2196/19462.

3. Barker-Davies RM, O'Sullivan O, Senaratne KPP, Baker P, Cranley M, Dharm-Datta S, et al. The Stanford Hall consensus statement for post-COVID-19 rehabilitation. British Journal of Sports Medicine [Internet]. 2020 Aug 1;54(16):949–59. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32475821/

4. Torres-Castro R, Vasconcello-Castillo L, Alsina-Restoy X, Solis-Navarro L, Burgos F, Puppo H, et al. Respiratory function in patients post-infection by COVID-19: a systematic review and meta-analysis. Pulmonology. 2021;27(4):328-337. DOI: 10.1016/j.pulmoe.2020.07.011.

5. Hantal AO, Guven E, Algin O, Coskun AS, Gok O, Baykara N, et al. Efficacy of pulmonary rehabilitation in patients with post-acute COVID-19. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2023;27(5):2117-2126. DOI: 10.26355/eurrev_202303_31261.

6. Fugazzaro S, Orizio C, Montebovi M, Crisafulli E, Iaia M, Di Marco F, et al. Rehabilitation Interventions for Post-Acute COVID-19 Syndrome: A Systematic Review. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(9):5185. DOI: 10.3390/ijerph19095185.

7. The Lancet Respiratory Medicine. COVID-19 pathophysiology: looking beyond acute disease. Lancet Respir Med. 2021;9(6):545. DOI: 10.1016/S2213-2600(21)00162-6.

8. Fraser E. Long term respiratory complications of covid-19. BMJ. 2020;370:m3001. DOI: 10.1136/bmj.m3001.
9. Tozato C, Fernandes B, Ferreira C, Pereira Dalavina J, Molinari C, Lúcia V, et al. Reabilitação cardiopulmonar em pacientes pós- COVID-19: série de casos. Rev Bras Ter Intensiva [Internet]. 2021;33(1):167–71. DOI: 10.5935/0103-507X.20210022.

10. Halpin SJ, McIvor C, Whyatt G, Adams A, Harvey O, McLean L, et al. Postdischarge symptoms and rehabilitation needs in survivors of COVID-19 infection: A cross-sectional evaluation. Journal of Medical Virology. 2020 Aug 17;93(2). https://doi.org/10.1002/jmv.26463

11. Polastri M, Ciasca A, Nava S, Andreoli E. Two years of COVID-19: Trends in rehabilitation. Pulmonology. 2022 Feb;28(2):173-174. DOI: 10.1016/j.pulmoe.2021.11.008. PMID: 34888071.

12. Soril LJJ, Damant RW, Lam GY, Smith MP, Weatherald J, Bourbeau J, et al. The effectiveness of pulmonary rehabilitation for Post-COVID symptoms: A rapid review of the literature. Respiratory Medicine. 2022 Apr;195:106782. DOI: 10.1016/j.rmed.2022.106782.

13. Candan SA, Elibol N, Abdullahi A. Consideration of prevention and management of long-term consequences of post-acute respiratory distress syndrome in patients with COVID-19. Physiotherapy Theory and Practice. 2020 May 18;36(6):663–8. DOI: 10.1080/09593985.2020.1766181

14. De Biase S, Cook L, Skelton DA, Witham M, ten Hove R. The COVID-19 rehabilitation pandemic1. Age and Ageing. 2020 May 29;49(5):696–700. DOI: 10.1093/ageing/afaa118

15. Cala SJ, Kenyon C, Ferrigno G, Carnevali P, Aliverti A, Pedotti A, et al. Chest wall and lung volume estimation by optical reflectance motion analysis. Journal of Applied Physiology. 1996 Dec 1;81(6):2680–9

16. Alessandro Aliverti, Pedotti A. Opto-electronic Plethysmography. Springer eBooks. 2002 Jan 1;47–59. https://doi.org/10.1016/j.resp.2021.103617

17. Pessoa IMBS, Houri Neto M, Montemezzo D, Silva LAM, Andrade ADD, Parreira VF. Predictive equations for respiratory muscle strength according to international and Brazilian guidelines. Brazilian Journal of Physical Therapy. 2014 Oct;18(5):410–8. DOI: 10.1590/bjpt-rbf.2014.0044

18. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2019 Oct 15;200(8):e70–88. DOI: 10.1164/rccm.201908-1590ST

19. Duarte AA de O, Pereira CA de C, Rodrigues SCS. Validação de novos valores previstos brasileiros para a espirometria forçada na raça branca e comparação com os valores previstos obtidos por outras equações de referência. Jornal Brasileiro de Pneumologia. 2007 Oct;33(5):527–35

20. Pereira, C. A. de C. (2002). Espirometria. Jornal Brasileiro de Pneumologia, 28(3), 1–82. https://doi.org/10.1016/j.arbres.2013.04.001

21. American Thoracic Society. ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine [Internet]. 2002 Jul;166(1):111–7. Available from: https://www.atsjournals.org/doi/10.1164/ajrccm.166.1.at1102

22. Britto RR, Probst VS, Andrade AFD de, Samora GAR, Hernandes NA, Marinho PEM, et al. Reference equations for the six-minute walk distance based on a Brazilian multicenter study. Brazilian Journal of Physical Therapy [Internet]. 2013 Dec;17(6):556–63. Available from: https://www.scielo.br/j/rbfis/a/C7qfqvyzgFLjkV3cHxcrMDP/?format=pdf&lang=en

23. Weisman, I. M., Marciniuk, D., Martinez, F. J., Sciurba, F., Sue, D., Myers, J., Casaburi, R., Marciniuk, D., Beck, K., Zeballos, J., Swanson, G., Myers,J., Sciurba, F., Johnson, B., Whipp, B., Zeballos, J., Beck, K., Mahler, D.,Cotes, J., & Sietsema, K. (2003). ATS/ACCP Statement on cardiopulmonar exercise testing. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 167(2), 211–277. https://doi.org/10.1164/ajrccm.167.10.950

24. Araújo BTS, Brandão DC, Barros AEVR, Silva MP dos S, Lopes S de M, Nunes DTX, et al. Telerehabilitation and face-to-face rehabilitation on tolerance to exercise and quality of life of COVID-19 survivors: a study protocol. Research, Society and Development [Internet]. 2022 Jan 17 [cited 2023 Mar 7];11(2):e3411225356–6. Available from: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/25356

25. Lakens D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. Frontiers in Psychology. 2013;4(863). DOI: 10.3389/fpsyg.2013.00863

26. Elza A, Larissa, Andrade L, do F, Monte, César Ferreira Amorim, et al. Acute effects of incremental inspiratory loads on compartmental chest wall volume and predominant activity frequency of inspiratory muscle. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2013 Dec 1;23(6):1269–77.

27. LoMauro A, Gervasoni F, Andreoli A, Aliverti A. Respiratory function assessment at the time of a new respiratory virus pandemic. Respiratory Medicine. 2021 Oct;187:106570. https://doi.org/10.1016/j.rmed.2021.106570

28. Manifield J, Chynkiamis N, Alexiou C, Megaritis D, Hume E, Barry G, et al. Acute thoracoabdominal and hemodynamic responses to tapered flow resistive loading in healthy adults. Respiratory Physiology & Neurobiology. 2021 Apr;286:103617. https://doi.org/10.1016/j.resp.2021.103617

29. Hockele LF, Sachet Affonso JV, Rossi D, Eibel B. Pulmonary and Functional Rehabilitation Improves Functional Capacity, Pulmonary Function and Respiratory Muscle Strength in Post COVID-19 Patients: Pilot Clinical Trial. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022 Nov 12;19(22):14899. DOI: 10.3390/ijerph192214899

30. Zhu P, Wang Z, Guo X, Feng Z, Chen C, Zheng A, et al. Pulmonary Rehabilitation Accelerates the Recovery of Pulmonary Function in Patients With COVID-19. Frontiers in Cardiovascular Medicine. 2021 Jul 20;8. DOI: 10.3389/fcvm.2021.691609

31. Nopp S, Moik F, Klok FA, Gattinger D, Petrovic M, Vonbank K, et al. Outpatient Pulmonary Rehabilitation in Patients with Long COVID Improves Exercise Capacity, Functional Status, Dyspnea, Fatigue, and Quality of Life. Respiration [Internet]. 2022 Feb 24;101(6):1–9. https://doi.org/10.1159/000522118

32. Holland AE, Spruit MA, Troosters T, Puhan MA, Pepin V, Saey D, et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. European Respiratory Journal. 2014 Oct 30;44(6):1428–46. DOI: 10.1183/09031936.00150314

33. Chung MK, Zidar DA, Bristow MR, Cameron SJ, Chan T, Harding CV, et al. COVID-19 and Cardiovascular Disease. Circulation Research. 2021 Apr 16;128(8):1214–36. https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.121.317997

34. Reimers A, Knapp G, Reimers CD. Effects of Exercise on the Resting Heart Rate: A Systematic Review and Meta-Analysis of Interventional Studies. Journal of Clinical Medicine [Internet]. 2018 Dec 1;7(12):503. https://doi.org/10.3390/jcm7120503

35. Daher A, Balfanz P, Cornelissen C, Müller A, Bergs I, Marx N, et al. Follow up of patients with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19): Pulmonary and extrapulmonary disease sequelae. Respiratory Medicine. 2020 Nov;174:106197. https://doi.org/10.1016/j.rmed.2020.106197

36. Gloeckl R, Leitl D, Jarosch I, Schneeberger T, Nell C, Stenzel N, et al. Benefits of pulmonary rehabilitation in COVID-19: a prospective observational cohort study. ERJ Open Research [Internet]. 2021 Apr 1;7(2). DOI: 10.1183/23120541.00108-2021