

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO
MOVIMENTO HUMANO**

Efeitos de um protocolo de treinamento muscular inspiratório sobre a função pulmonar, força e resistência muscular respiratória e capacidade funcional em pacientes após infecção por Covid-19: estudo clínico randomizado

Tamires Alessa de Mori

2022

TESE DE DOUTORADO

TAMIRES ALESSA DE MORI

**EFEITOS DE UM PROTOCOLO DE
TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO
SOBRE A FUNÇÃO PULMONAR, FORÇA E
RESISTÊNCIA MUSCULAR RESPIRATÓRIA E
CAPACIDADE FUNCIONAL EM PACIENTES
APÓS INFECÇÃO POR COVID-19: ESTUDO
CLÍNICO RANDOMIZADO**

Exemplar de defesa apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, da Universidade Metodista de Piracicaba, como um dos pré-requisitos para defesa e obtenção do Título de Doutor em Ciências do Movimento Humano.

Orientadora: Prof.^a Dra. Marlene Aparecida Moreno

PIRACICABA
2022

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP

Bibliotecária: Joyce Rodrigues de Freitas - CRB-8/10115.

Mori, Tamires Alessa de

M854e Efeito de um protocolo de treinamento muscular inspiratório sobre a função pulmonar, força e resistência muscular respiratória e capacidade funcional em pacientes após infecção por Covid-19: Estudo clínico randomizado / Tamires Alessa de Mori - 2022.

93 f. ; 30 cm.

Orientador: Profa. Dr. Marlene Aparecida Moreno.

Tese (Doutorado) – Universidade Metodista de Piracicaba, Ciência do Movimento Humano, Piracicaba, 2022.

1. Exercício respiratório. 2. Fisioterapia. 3. Terapia Respiratória I. Mori, Tamires Alessa II. Título.

CDD – 616.2

Dedico este trabalho aos voluntários deste estudo, que em meio as dificuldades enfrentadas, me ensinaram superação com muita força e dedicação.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado a oportunidade de chegar até esse ponto da minha vida, pelas bênçãos que me proporciona, em todos os momentos, oferecendo a oportunidade contínua de crescimento pessoal e profissional.

Ao meu marido e melhor amigo Fernando Zandoná, que me viu evoluir na profissão, me deu forças nas fases de desânimo e me levantou em muitos momentos, por acreditar em mim.

A minha mãe Salete Rocha, que é meu exemplo de mulher guerreira, sempre acreditou em mim e me incentivou em todos os momentos. A minha irmã Júlia, por todo o incentivo, apoio e alegria.

A cada um dos membros da minha família, principalmente aos avós, Ana e Oscar da Rocha que contribuíram para a formação do meu caráter e conquistas. Vocês são minha base e meu orgulho.

Aos meus amigos, que entenderam os momentos de ausência e mesmo assim, deram força para meu crescimento profissional.

Aos meus alunos que passaram muitos momentos comigo durante a construção deste trabalho.

A minha orientadora Prof.^a Dra. Marlene Aparecida Moreno, que me “adotou” como aluna devido as circunstâncias, com todo apoio, paciência, dedicação, incentivo, aprendizado e carinho. Não há palavras que expressem meu agradecimento.

A Profa. Dra. Eli Maria Pazzianotto Forti, que desde 2015 me ensina a continuar no caminho certo, com seriedade e dedicação à pesquisa que aprendi com ela.

Aos colegas de trabalho e laboratório que levarei certamente ao longo desta vida, e só posso agradecer por toda ajuda e ensinamentos, sobre quanto o espírito de equipe é importante para a pesquisa, em especial a minha amiga Maria Eugênia Borges pelo auxílio nas coletas.

A Prefeitura Municipal de Piracicaba, por ter disponibilizado a Central de Fisioterapia “Dr. João José Correa”, para realização do projeto.

Aos participantes da pesquisa, pela colaboração e empenho no projeto.

A Prof. Dr. Antônio Roberto Zamunér, pelos ensinamentos e ajuda no tratamento dos dados e análises estatísticas desta tese.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), pelo incentivo e aprendizado sobre o mundo da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/PROSUC) pelo financiamento das taxas universitárias que possibilitou o seguimento e conclusão do estudo.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação.

“A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

(Albert Einstein)

RESUMO

Introdução: A COVID-19, levou à emergência de saúde global, onde os indivíduos infectados apresentam um amplo espectro de sintomas clínicos e complicações de longo prazo da doença também conhecida como síndrome pós-Covid. Dentre as intervenções existentes, o treinamento muscular inspiratório (TMI) é amplamente utilizado para diminuir a dispneia e melhorar o desempenho físico em várias condições patológicas, mas ainda não foi amplamente estudado em pacientes após COVID-19. **Objetivo:** Avaliar os efeitos do TMI sobre a função pulmonar, força e resistência muscular respiratória e capacidade funcional em pacientes após COVID-19. **Metodologia:** Ensaio clínico randomizado, controlado e cego, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade e pelo registro de ensaio clínico. Foram estudados 28 participantes, sendo 15 mulheres e 13 homens, acometidos pela COVID-19, os quais foram alocados de forma randomizada em dois grupos de 14 pacientes, sendo um denominado de grupo treinamento muscular inspiratório (GTMI), que realizou o protocolo de reabilitação ambulatorial acrescido do TMI, e o outro denominado de grupo convencional (GC), que realizou somente as sessões de reabilitação ambulatorial. As avaliações aconteceram em dois dias, sendo um para avaliação respiratória e física, e outro para avaliação da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Os componentes da avaliação foram: anamnese, função pulmonar, força e resistência muscular respiratória, força muscular de membros superiores e inferiores, capacidade funcional, equilíbrio, atividades de vida diária e modulação autonômica da frequência cardíaca. O TMI foi realizado por cinco semanas, dois dias não consecutivos por semana, totalizando 10 sessões, sendo os participantes orientados a realizar duas séries com 15 esforços inspiratórios, no dispositivo *PowerBreathe Medic Plus*. A carga do treinamento utilizada foi de 30% da pressão inspiratória máxima (PImáx), ajustada no primeiro dia de treinamento e reajustada a cada duas semanas. Após o período de cinco semanas os participantes foram reavaliados. Todas as análises foram realizadas por protocolo e intenção de tratar, utilizando imputação múltipla para determinar os valores omisso. Foi considerado significativo o valor de $p < 0,05$. **Resultados:** Os resultados mostraram melhora significativa para as variáveis respiratórias CVL (L) ($p=0,003$), CVL (%) ($p=0,003$), CVF (L) ($p=0,003$), CVF (%) ($p=0,002$), VEF1 (L) ($p=0,002$) VEF1 (%) ($p=0,01$), PImax ($p=0,002$), PImaxS ($p=0,001$), para o GTMI. A análise da força para membros superiores e inferiores, também apresentou valores significativos para SL ($p=0,000$) e FPP ($p=0,001$). Em relação a VFC, em relação postura supina, as análises demonstraram valores maiores na ES ($p=0,02$) e ECC ($p=0,02$) comparado ao GC. A análise de correlação se apresentou positiva moderada ($r= 0,60$) entre as variáveis CVF e TD6 no GTMI. **Conclusão:** o acréscimo do TMI a um protocolo de fisioterapia convencional, é uma estratégia válida para a melhora da função pulmonar, força e resistência muscular inspiratória, bem como, na melhora da capacidade funcional e

percepção subjetiva de esforço, força periférica, melhora do equilíbrio e da modulação autonômica da FC de pacientes após infecção pela COVID-19. Da mesma forma, identificou-se que mesmo no grupo convencional houve melhora na força e resistência muscular respiratória, força de membros inferiores e consequente melhora na velocidade da marcha, dando ao paciente maior independência funcional. Assim, é possível concluir que, ambos os grupos apresentaram melhora após o período de intervenção, sugerindo que tanto o TMI quanto o protocolo convencional promoveram adaptações benéficas nessa população, evidenciando a importância da fisioterapia na reabilitação de pacientes após infecção por COVID-19. Contudo, estudos que avaliem diferentes estratégias de reabilitação e protocolos de TMI ainda são necessários.

Palavras-chave: Exercício Respiratório, fisioterapia, terapia respiratória, músculos respiratórios, COVID-19.

ABSTRACT

Introduction: COVID-19 has led to a global health emergency, where infected individuals present a wide spectrum of clinical symptoms and long-term complications of the disease, also known as post-Covid syndrome. Among existing interventions, inspiratory muscle training (IMT) is widely used to decrease dyspnea and improve physical performance in various pathological conditions, but has not yet been widely studied in patients after COVID-19. **Objective:** To evaluate the effects of IMT on lung function, respiratory muscle strength and endurance, and functional capacity in post-COVID-19 patients. **Methodology:** Randomized, controlled, blind clinical trial, approved by the Research Ethics Committee of the University and by the clinical trial registry. A total of 28 participants were studied, 15 women and 13 men, affected by COVID-19, who were randomly allocated into two groups of 14 patients, one of which was called the Inspiratory Muscle Training Group (IMG), which underwent the rehabilitation protocol ambulatory plus IMT, and the other called the conventional group (CG), which performed only outpatient rehabilitation sessions. The assessments took place over two days, one for respiratory and physical assessment, and the other for assessment of heart rate variability (HRV). The evaluation components were: anamnesis, lung function, respiratory muscle strength and resistance, upper and lower limb muscle strength, functional capacity, balance, activities of daily living and autonomic modulation of heart rate. The IMT was performed for five weeks, two non-consecutive days a week, totaling 10 sessions, with participants instructed to perform two series with 15 inspiratory efforts, on the PowerBreathe Medic Plus device. The training load used was 30% of the maximum inspiratory pressure (MIP), adjusted on the first day of training and readjusted every two weeks. After the five-week period, the participants were reassessed. All analyzes were performed by protocol and intention-to-treat, using multiple imputation to determine missing values. A value of $p < 0.05$ was considered significant. **Results:** The results showed significant improvement for the respiratory variables SVC (L) ($p=0.003$), SVC (%) ($p=0.003$), FVC (L) ($p=0.003$), FVC (%) ($p=0.002$), FEV1 (L) ($p=0.002$) FEV1 (%) ($p=0.01$), MIP ($p=0.002$), MIPS ($p=0.001$), for MITG. Strength analysis for upper and lower limbs also showed significant values for SL ($p=0.000$) and HGS ($p=0.001$). Regarding HRV, in relation to supine posture, the analyzes showed higher values in ES ($p=0.02$) and CCS ($p=0.02$) compared to CG. The correlation analysis was moderately positive ($r= 0.60$) between the FVC and TD6 variables in the GTMI. **Conclusion:** the addition of IMT to a conventional physiotherapy protocol is a valid strategy for improving lung function, strength and inspiratory muscle endurance, as well as improving functional capacity and subjective perception of exertion, peripheral strength, improving balance and the autonomic modulation of HR in patients after COVID-19 infection. Likewise, it was identified that even in the conventional group there was an improvement in respiratory muscle strength and resistance, lower limb strength and consequent improvement in gait speed, giving

the patient greater functional independence. Thus, it is possible to conclude that both groups showed improvement after the intervention period, suggesting that both IMT and the conventional protocol promoted beneficial adaptations in this population, highlighting the importance of physiotherapy in the rehabilitation of patients after COVID-19 infection. However, studies that evaluate different rehabilitation strategies and IMT protocols are still needed.

Keywords: Breathing Exercise, physiotherapy, respiratory therapy, respiratory muscles, COVID-19.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Fluxograma da casuística do estudo.....	31
FIGURA 2 – Ilustração do desenho experimental e linha do tempo do estudo para avaliações, intervenções no Grupo Treinamento (GTMI) e Grupo Convencional (GC) e reavaliação.....	33
FIGURA 3 – Espirômetro computadorizado ultrassônico que possui sensor de fluxo, com entrada USB que se conecta ao software computadorizado, no modelo Microquark da marca Cosmed.....	34
FIGURA 4 – Posicionamento da participante durante a coleta na posição sentada e narinas ocluídas por um clip nasal.....	36
FIGURA 5 – Progressão da carga do teste de resistência muscular inspiratória..	37
FIGURA 6 – Posicionamento do participante durante o teste com o ombro do membro testado aduzido e em rotação neutra, cotovelo em flexão de 90 graus, antebraço na posição neutra e punho entre 0 e 30 graus de extensão e entre 0 a 15 graus de adução.....	39
FIGURA 7A e 7B – Posicionamento do participante no SL na posição sentada (7A), com a coluna ereta, pés apoiados no chão, braços cruzados contra o tórax e execução dos movimentos de sentar e levantar (7B) da cadeira sem auxílio dos membros superiores.....	40
FIGURA 8 – Participante durante a realização do Teste do Degrau de 6 minutos (TD6) sendo monitorado quanto a frequência cardíaca, saturação periférica e escala de Borg.....	41
FIGURA 9 – Ilustração do participante no teste TUG, tendo sua caminhada cronometrada até a área demarcada por um cone, e posterior volta à cadeira....	43
FIGURA 10 – Cardíofrequencímetro Polar modelo RS800cx composto pela faixa com eletrodos na parte interna e o relógio de monitoramento.....	45
FIGURA 11 – Protocolo da sessão de fisioterapia realizada em ambos os grupos no Setor de Fisioterapia do Município	48
FIGURA 12 – Ilustração dos exercícios para melhora da força realizada no Setor de Fisioterapia do Município.....	49
FIGURA 13 – PowerBreathe Medic Plus.....	50

FIGURA 14 – Posicionamento da participante durante a sessão de TMI. Sentada, segurando o dispositivo, no início da terapia.....50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Características dos grupos no início do protocolo experimental.....	54
TABELA 2 – Comparação das medidas do teste de função pulmonar e diferença para cada grupo no pré e pós treinamento. Valores expressos em média e desvio padrão.....	56
TABELA 3 – Comparação das variáveis pressões respiratórias máximas, pressão inspiratória máxima sustentada para cada grupo na avaliação inicial (pré) e final (pós). Resultados estatísticos da interação intra e intergrupos. Valores expressos em média e desvio padrão.....	58
TABELA 4 – Comparação das variáveis de força muscular de membros superiores e inferiores, e capacidade funcional para cada grupo na avaliação inicial (pré) e final (pós). Resultados estatísticos da interação intra e intergrupos. Valores expressos em média e desvio padrão.....	60
TABELA 5 – Valores totais dos scores obtidos na aplicação das escalas para avaliação de equilíbrio e atividade de vida diária, alocados nos grupos controle e treinamento.....	61
TABELA 6 – Análise linear e não linear da variabilidade da frequência para cada grupo na avaliação inicial (pré) e final (pós), em cada posição.....	63
TABELA 7 – Correlação da CVF com CVF e variáveis de capacidade funcional, força periférica, equilíbrio e atividades da vida diária.....	64
TABELA 8 – Tamanho do efeito do tratamento para o grupo treinamento em comparação ao grupo convencional.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS

AVDs	Atividades da Vida Diária
CI	Capacidade Inspiratória
CIVM	Contração Isométrica Voluntária Máxima
COVID-19	Coronavírus
CPT	Capacidade Pulmonar Total
CVF	Capacidade Vital Forçada
CVL	Capacidade Vital Lenta
ECA2	Angiotensina 2
ECC	Entropia Condicional Corrigida
ES	Entropia de Shannon
FC	Frequência Cardíaca
FPP	Força de Preensão Palmar
GC	Grupo Convencional
GTMl	Grupo Treinamento Muscular Inspiratório
i-RR	Intervalos RR
IC	Insuficiência Cardíaca
IMC	Índice de Massa Corporal
MC	Massa Corporal
PE _{máx}	Pressão Expiratória Máxima
PFE	Pico de Fluxo Expiratório
Pl _{máx}	Pressão Inspiratória Máxima
Pl _{máxS}	Pressão Inspiratória Máxima Sustentada
S	<i>Spike</i>
SARS-CoV-2	Síndrome Respiratória Aguda Grave 2 Associado ao Coronavírus
SDRA	Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo
SL	Teste de Sentar e Levantar
SLR	Straight Leg Raise
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
TD6	Teste do Degrau de 6 Minutos
TMI	Treinamento Muscular Inspiratório

TUG	Teste Timed Up and Go
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
VEF1	Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca
VO2 max	Consumo Máximo de Oxigênio
VR	Volume Residual
VRI	Volume de Reserva Inspiratório
VRE	Volume de Reserva Expiratório
VVM	Ventilação Voluntária Máxima

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
2. OBJETIVOS.....	28
2.1. OBJETIVO GERAL.....	28
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	28
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1. DESENHO DO ESTUDO E ASPÉCTOS ÉTICOS.....	29
3.2. CALCULO AMOSTRAL.....	29
3.3. CASUÍSTICA, RANZOMIZAÇÃO E CEGAMENTO.....	30
3.4. LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO.....	32
3.5. PROTOCOLO EXPERIMENTAL.....	32
3.5.1. DEFINIÇÃO DOS DESFECHOS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS.....	33
3.5.2. ANAMNESE.....	33
3.5.3. AVALIAÇÃO DOS VOLUMES E CAPACIDADES PULMONARES.....	34
3.5.4. AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR RESPIRATÓRIA.....	35
3.5.5. AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MUSCULAR INSPIRATÓRIA.....	36
3.5.6. TESTE DE FORÇA DE PREENSÃO PALMAR (FPP).....	38
3.5.7. TESTE DE SENTAR E LEVANTAR (SL).....	39
3.5.8. TESTE DO DEGRAU DE SEIS MINUTOS (TD6).....	40
3.5.9. AVALIAÇÃO DE EQUILÍBIO E ATIVIDADES DE VIDA DIÁRIA.....	42
3.5.10. TESTE TIMED UP AND GO (TUG).....	43
3.5.11. VARIABILIDADE DA FREQUENCIA CARDÍACA.....	44
3.6. INTERVENÇÕES.....	47
3.6.1. TREINAMENTO DE FORÇA.....	48
3.6.2. TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO (TMI).....	49
3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	51
4. RESULTADOS.....	53

4.1.	CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA.....	53
4.2.	VOLUMES E CAPACIDADES PULMONARES.....	55
4.3.	FORÇA E RESISTÊNCIA MUSCULAR RESPIRATÓRIA.....	57
4.4.	TESTES DE FORÇA MUSCULAR PERIFÉRICA E CAPACIDADE FUNCIONAL.....	59
4.5.	AVALIAÇÃO DE EQUILÍBRIO E ATIVIDADES DE VIDA DIÁRIA.....	61
4.6.	VARIABILIDADE DA FREQUENCIA CARDÍACA.....	62
4.7.	TESTE DE CORRELAÇÃO.....	64
4.8.	TAMANHO DO EFEITO.....	64
5.	DISCUSSÃO.....	66
6.	CONCLUSÃO.....	82
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	83
	APÊNDICE 1.....	93
	ANEXO I.....	96
	ANEXO II.....	100

1. INTRODUÇÃO

A Síndrome Respiratória Aguda Grave 2 associado ao coronavírus (SARS-CoV-2), foi detectada em dezembro de 2019 em Wuhan, China, e em março de 2020 foi declarada uma pandemia global (SISÓ-ALMIRALL et al., 2020). Com o aumento exponencial de pacientes infectados devido à falta de imunidade anterior ao vírus, a pandemia tornou-se um dos maiores desafios de saúde enfrentados pela humanidade nos últimos 100 anos (CONNORS; LEVY, 2020). Em 18 de abril de 2022, havia mais de 500 milhões de casos confirmados em todo o mundo e 6 milhões de mortes (WHO, 2022).

Quanto a patogenia do coronavírus (COVID-19), estudos mostram o pulmão sendo o principal órgão afetado nos estágios iniciais. O mecanismo de infecção utiliza o receptor da enzima conversora da angiotensina 2 (ECA2), que pode ser encontrada no trato respiratório inferior em maior abundância, mas também pode ser observada no coração, epitélio intestinal, endotélio vascular e nos rins, o que torna todos esses órgãos alvos em potencial para comprometimento (BANDYOPADHYAY et al., 2020; ALSHAHRANI et al., 2021). Em conjunto, o receptor da glicoproteína *spike* (S) localizado na superfície do vírus, que se divide em duas subunidades, S1 e S2, ligam-se ao receptor ECA2, e assim S1 determina a gama de hospedeiros do vírus e o tropismo celular e S2, que realiza a fusão da membrana da célula viral seguida pela liberação de RNA viral no citoplasma, e finaliza com a tradução de novas partículas virais, com posterior liberação para infectar outras células (BANDYOPADHYAY et al., 2020).

Essa disseminação mundial da COVID-19, que levou à emergência de saúde global, mostra que os indivíduos infectados apresentam um amplo espectro

de sintomas clínicos, como por exemplo, nos achados de Wu e McGoogan (2020), que observaram que 81% das pessoas com COVID-19 na China apresentavam sintomas leves; 14% apresentaram sintomas de disfunção respiratória grave; e 5% desenvolveram uma doença crítica com insuficiência respiratória, choque séptico e disfunção ou falência de múltiplos órgãos.

Normalmente os pacientes podem ser admitidos nos hospitais para cuidados agudos, devido aos sintomas respiratórios graves e, em alguns casos, seu quadro clínico requer ventilação mecânica prolongada (DOCHERTY et al., 2020). Estudos mostram uma duração média dos sintomas variando de 11 (LECHIEN et al., 2020; SUDRE et al., 2020) a 28 dias em pacientes internados em Unidade de Terapia Intensiva (UTI), em que a taxa de internação na UTI é de 9,3% na população em geral (BEIGEL et al., 2020; RUBIO-RIVAS et al. 2020).

Outros estudos citam complicações de longo prazo da doença, também conhecida como síndrome pós-COVID, e ocorre em pacientes que continuam a apresentar sinais e sintomas da doença quatro semanas após o diagnóstico inicial da infecção por SARS-CoV-2, que não são explicados por outras causas (CARFI et al., 2020; SISÓ-ALMIRALL et al., 2021). Estudos observacionais que utilizaram os registros dos pacientes, mostraram que a prevalência da síndrome após infecção aguda está entre 10 a 30%, com sinais e sintomas que podem durar vários meses (DENNIS et al., 2021; SISÓ-ALMIRALL et al., 2021).

Aproximadamente metade dos pacientes em recuperação de COVID-19 relata dispneia crônica 2 a 3 meses após a infecção. A percepção da dispneia descrita pelos indivíduos é um preditor de morbidade e mortalidade na população geral e está associada à redução da capacidade funcional e qualidade de vida adversa relacionada à saúde. Além disso, a dispneia persistente torna-se mais

propensa a ter maiores restrições na expansão durante o volume corrente, pois o paciente adota um padrão respiratório mais rápido e superficial, o que influencia na função pulmonar (CORTÉS-TELLES et al., 2021)

O envolvimento respiratório da COVID-19, pode se manifestar semelhantemente à uma gripe leve ou, até mesmo, à Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA), com potencial letal para o paciente. Faz-se necessário compreender plenamente as características técnicas da SDRA relacionada a COVID-19 para a sua identificação precoce e tratamento preciso. Isso é importante já que alguns pacientes recuperados apresentam diminuição da capacidade pulmonar em 20 a 30% nos pulmões após contato com a SARS, ocasionada por fibrose pulmonar, a qual gera cicatrizes e enrijecimento do tecido pulmonar (LAW; LEUNG; XU, 2020).

A troca gasosa durante a inspiração e expiração, envolve movimentos sincronizados da parte superior e inferior do tórax, abdome e diafragma. Já durante o repouso, a respiração é regulada por uma expansão da parte inferior do tórax e movimento anteroposterior dos ossos do esterno, que é facilitado pelo diafragma e pelos músculos intercostais que respondem por cerca de 2 a 5% do consumo de oxigênio de todo o corpo em repouso. Durante o trabalho muscular intensivo, a demanda de energia respiratória pode aumentar várias vezes (BAHENSKY et al., 2021).

O diafragma é essencial para o mecanismo de respiração, porém diante da infecção, sua fragilidade muscular tende a aumentar e conseqüentemente, sérios prejuízos chegam. Dependendo da gravidade do envolvimento, os músculos ventilatórios disfuncionais podem progredir para

hipoventilação alveolar e insuficiência respiratória (RATNOVSKY; ELAD; HALPERN, 2008).

O que associa o diafragma à sua grande capacidade de resistência é a grande quantidade de fibras musculares do tipo I, altamente resistentes à fadiga. O diafragma na estrutura do tecido normal é distribuído de forma desigual entre as fibras musculares tipo I e tipo II. As melhores estimativas da distribuição do tipo de fibra no septo adulto sugerem aproximadamente 55% de fibras lentas (tipo I), 21% de fibras de oxidação rápida (tipo IIa) e 24% de fibras glicolíticas rápidas (tipo IIb). As fibras musculares tipo I são vermelhas, de contração lenta e fibras musculares oxidativas que são mais adequadas para exercícios aeróbicos, desempenho de resistência e menos fadiga. As fibras do tipo II são fibras musculares brancas, de contração rápida, oxidativas e glicolíticas rápidas, e o 15 é mais adequado para trabalho anaeróbico que requer força de curto prazo. Fibra do subtipo IIa com boas propriedades aeróbicas e anaeróbicas (AIRES, 1999).

A fadiga muscular leva ao acúmulo de metabólitos nos músculos respiratórios, assim ocorre ativação das fibras aferentes frênicas não mielinizadas do tipo IV que estão associados ao aumento do fluxo simpático reflexo e da resposta vasoconstritora nos membros em repouso. Esse fenômeno, denominado de metaborreflexo muscular inspiratório, pode ser revertido com a melhora da força muscular inspiratória, o que pode reduzir o acúmulo de metabólitos e atenuar a vasoconstrição (MORENO et al., 2017).

A síndrome pós-COVID também implica em alterações no sistema nervoso, devido a semelhança na estrutura viral e com o ponto de ligação ao receptor do SARS-CoV-2 (KALIYAPERUMAL et al., 2021). Como o sistema cardiovascular é controlado em parte pelo sistema nervoso autônomo (SNA), este

mecanismo está ligado à frequência cardíaca (FC) e atividade reflexa barorreceptora (VANDERLEI et al., 2009).

O SNA, fornece nervos aferentes e eferentes ao sistema cardíaco sendo, terminações simpáticas por todo o miocárdio e parassimpáticas para o nodo sinusal, o miocárdio atrial e o nodo atrioventricular, assim, respostas das vias simpática e parassimpática modificam a FC, tornando-se uma resposta esperada já que indicam a habilidade do coração em responder aos múltiplos estímulos fisiológicos e ambientais, como por exemplo, dispneia durante o exercício físico, estresse mental, alterações hemodinâmicas e metabólicas, sono e ortostatismo, bem como em compensar desordens induzidas por doenças. Essa alteração na FC é indicada através da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), considerada a ferramenta mais objetiva, reproduzível e validada para demonstração de disfunção autonômica (AUBERT; SEPS; BECKERS, 2003; RAJENDRA ACHARYA et al., 2006).

Outro conceito importante, é que o sistema nervoso parassimpático atua através do nervo vago e seu neurotransmissor acetilcolina para diminuir a frequência cardíaca (FC), e o sistema nervoso simpático atua através da estimulação do nervo simpático e liberação do neurotransmissor noradrenalina, aumentando a frequência cardíaca e a força de contração cardíaca (McARDLE; KATCH, 1998). Desta forma, componentes vagais reduzidos podem estar associados com risco aumentado de doença cardiovascular (DCV) e mortalidade cardíaca por todas as causas, bem como pior qualidade de vida (DEMPSEY et al., 2002).

As evidências encontradas até o momento, indicam que os mecanismos fisiopatológicos incluem processo de neuroinflamação e

desregulação autoimune, o que promove aumento dos níveis de interleucina-1 (IL-1) e IL-12, reagindo à resposta inflamatória sistêmica, hipercoagulabilidade e hipóxia, denominada como tempestade de citocinas (MILOVANOVIC et al., 2021; SPUDICH; NATH, 2022). O agravante neste processo é que as citocinas acabam atingindo células do corpo do próprio indivíduo, o que resulta em possíveis sequelas (DE FIGUEIREDO et al., 2021).

Estudos recentes mostram que as consequências provenientes do vírus levam o sistema cardiovascular a outras manifestações como infarto agudo do miocárdio, miocardite e trombose arterial e venosa (BUCHHORN; BAUMANN; WILLASCHEK, 2020; GHOSH et al., 2020). Além disso, a literatura atual sobre disfunção autonômica em pacientes com COVID-19 é muito escassa, exceto alguns relatos de casos e o monitoramento da função autonômica cardíaca desses pacientes pode nos ajudar a identificar os indivíduos que estão em risco de desenvolver desfechos cardiovasculares adversos (HASTY et al., 2021).

Segundo Dennis et al. (2021), que incluiu em seu estudo, 201 sujeitos com idade média de 45 anos, realizado entre abril e setembro de 2020, e teve como objetivo avaliar o comprometimento a médio prazo em indivíduos maiores de 18 anos, com sintomas persistentes após a recuperação inicial da doença, comparado a indivíduos saudáveis da mesma idade. Desta amostra, apenas 19% foram hospitalizados, porém, quatro meses após a infecção inicial, 42% dos indivíduos apresentavam dez ou mais sintomas de síndrome pós-COVID e 60% apresentavam sintomas graves que incluíam dispneia (88%), dor de cabeça (83%), fadiga (98%) e mialgia (87%), comprometimento cardíaco leve presente em 26%, função pulmonar prejudicada em 11%, função hepática prejudicada em 28%, insuficiência renal em 4%, comprometimento de algum órgão em 70% e

comprometimento de múltiplos órgãos em 29%. E como resultados, o estudo mostrou que em indivíduos com baixo risco de mortalidade por COVID-19, mas com sintomas prolongados, tiveram 70% comprometimento em um ou mais órgãos quatro meses depois.

Pacientes infectados também se apresentam debilitados em sua condição física, reduzindo sua capacidade de exercícios e atividades de vida diária, principalmente enquanto estão com os sintomas da infecção, como mialgia, dispneia e fadiga (HUANG et al., 2020). Essa debilidade física geralmente é proveniente do tratamento prolongado de ventilação mecânica e imobilização no leito. Devido ao isolamento, o paciente adquire menor atividade motora, bem como a posição em pronação muitas vezes utilizada em âmbito hospitalar, que reduz a força muscular e a capacidade respiratória (HARTLEY et al., 2019).

Dentre as intervenções existentes, o treinamento muscular inspiratório (TMI) é amplamente utilizado para diminuir a dispneia e melhorar o desempenho físico em várias condições patológicas (CHARUSUSIN et al., 2013; CHUNG et al., 2021; FERNANDEZ-RUBIO et al., 2020), mas ainda é escasso na literatura informações relevantes sobre essa intervenção em pacientes após COVID-19, No entanto, quando aplicado a outras populações, o TMI parece ter efeitos benéficos.

O estudo de Chung et al. (2021), teve como objetivo investigar e comparar os efeitos de exercícios respiratórios convencionais e uma intervenção TMI, sobre os sintomas clínicos em pacientes com asma. Avaliando 60 pacientes com asma, entre 40 e 65 anos, por um período de intervenção de 12 semanas, observaram que o TMI se mostrou mais eficaz do que a intervenção apenas com exercícios respiratórios na promoção de melhorias na força muscular respiratória, podendo atuar como coadjuvante aos exercícios respiratórios convencionais.

Por meio de uma revisão narrativa sobre TMI em pacientes com insuficiência cardíaca (IC), incluindo 26 estudos experimentais divididos em 21 ensaios clínicos e cinco estudos quase-experimentais, os autores observaram que o TMI melhorou a fraqueza muscular inspiratória, aptidão cardiorrespiratória e qualidade de vida semelhantemente à um treinamento físico convencional em pacientes descondicionados com IC, promovendo a uma melhor adaptação ao treinamento físico posterior, e assim concluíram que o TMI produziu melhora na capacidade funcional desses pacientes (FERNANDEZ-RUBIO et al., 2020).

O TMI também tem sido aplicado com frequência e amplamente estudado nos últimos anos em pacientes com DPOC. Charususin et al. (2013) treinaram 170 pacientes por três meses, em combinação com TMI domiciliar, utilizando como dispositivo o *POWERbreathe* KH1, que possui carga inspiratória fornecida por uma válvula controlada eletronicamente. O tempo total diário de TMI foi de 21 min (6 ciclos de 30 respirações) e foi possível observar melhoria na distância percorrida no teste de caminhada de 6 minutos, da função muscular inspiratória e da qualidade de vida.

De Abreu et al. (2017), em uma revisão sistemática, observaram que o TMI em baixas intensidades promove cronicamente mudanças nas respostas autonômicas cardiovasculares em humanos, causando redução da modulação simpática e aumento da modulação parassimpática cardíaca.

Esses efeitos cardiovasculares do TMI foram associados por Cipriano et al. (2019) à manobra respiratória próxima à capacidade respiratória máxima realizada pelos pacientes. Essa manobra pode causar estimulação parassimpática pulmonar e assim, redução da atividade simpática e aumento do fluxo sanguíneo para os membros inferiores. Além disso, o TMI pode reduzir a

incompatibilidade entre o fornecimento de oxigênio para o músculo respiratório, o que conseqüentemente, reduz a fadiga respiratória em pacientes com insuficiência cardíaca.

Ainda há uma escassez de dados sobre a segurança e eficácia da reabilitação em relação aos problemas de médio à longo prazo experimentado pelos sobreviventes da COVID-19. O estudo de Carfi et al. (2020), acompanhou 143 indivíduos, por 7 semanas, após a alta hospitalar e observou que, 53% deles relataram fadiga, 43% falta de ar e 27% dores nas articulações.

Abodonya et al., (2021), após aplicar o TMI por duas semanas, identificaram melhora nas funções pulmonares, dispnéia, desempenho funcional e qualidade de vida em pacientes com COVID-19 recuperados da UTI. Os autores também sugerem que programas de TMI devem ser incentivados e incluídos no protocolo de gerenciamento da COVID-19.

Um recente estudo populacional dos EUA relatou que 1 em cada 10 pessoas hospitalizadas por COVID-19, adquiriu uma condição clínica incapacitante após a alta hospitalar e 12 semanas após um teste positivo para SARS-CoV-2 (AL-ALY; XIE; BOWE, 2021). Notavelmente em outro estudo, 33% dos pacientes que receberam alta hospitalar apresentaram uma síndrome de disfunção executiva, como desatenção, desorientação ou movimentos mal organizados (AGHAGOLI et al., 2021).

A reabilitação é uma parte essencial aos pacientes após a COVID-19 e deve ser aplicada desde a fase aguda, passando pela reabilitação pós-aguda precoce e pós-aguda a longo prazo (LEMHOEFER et al., 2021), no entanto existe uma escassez em dados sobre a segurança e eficácia da reabilitação. Assim, é vital desenvolver estratégias de reabilitação para enfrentar o impacto do COVID-

19 em pessoas que sobrevivem à infecção. Portanto, a fisioterapia pode ser benéfica no tratamento respiratório e reabilitação física de pacientes após infecção por COVID-19.

Diante do exposto, a hipótese do presente estudo é que o TMI pode ser eficaz em indivíduos pós COVID-19 para propiciar melhorias na função respiratória, na capacidade funcional e na modulação autonômica da frequência cardíaca e assim, permitir um melhor desempenho nas atividades da vida diária.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos do treinamento muscular inspiratório (TMI) sobre a função pulmonar, força e resistência muscular respiratória e capacidade funcional em pacientes após COVID-19.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os efeitos do TMI em pacientes pós Covid-19 sobre:

- Força dos membros superiores e inferiores
- Percepção subjetiva de esforço
- Percepção subjetiva de esforço para dispneia
- Percepção subjetiva de esforço para membros inferiores
- Equilíbrio
- Atividades funcionais
- Modulação autonômica da frequência cardíaca

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. DESENHO DO ESTUDO E ASPÉCTOS ÉTICOS

Ensaio clínico randomizado, controlado e cego. Todos os participantes foram informados quanto aos objetivos e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes das avaliações (Apêndice I). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) pelo parecer 45300621.0.0000.5507 (Anexo I), bem como pelo registro de ensaio clínico RBR-5xp96cq (Anexo II).

3.2. CÁLCULO AMOSTRAL

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado pelo aplicativo SPSS versão 25.0 por meio de estatística descritiva, com base nos quatro primeiros participantes de cada grupo deste estudo. Foi considerado para o cálculo, os valores obtidos antes e após o período de cinco semanas de intervenção, sendo as variáveis desfecho pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) e Capacidade Vital Forçada (CVF). Realizou-se o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados e então, o teste de medidas repetidas para obter o valor do Eta parcial sendo, 0,875 para a variável PI_{máx} e 0,876 para CVF. A partir disto, esses valores foram transferidos para o aplicativo G*Power. Adotando-se um teste estatístico de médias, considerando a diferença das médias intergrupos (grupo treinamento e grupo convencional). Foram inseridas no programa as médias e os desvios padrões dos dois grupos. Com um alfa de 0,05 e um poder estatístico igual a 80% e uma taxa de alocação de 1/1, resultou em uma amostra constituída de 12 voluntários em cada grupo para ambas as variáveis, com medidas de

magnitude do efeito (*Effect Size*), 1,01 para a variável P_lmáx e 1,03 para CVF. Assim, considerando provável perda amostral optou-se pela seleção de 28 participantes no total do estudo (COHEN, 1998).

3.3. CASUÍSTICA, RANZOMIZAÇÃO E CEGAMENTO

Foram estudados 28 participantes, sendo 14 mulheres e 14 homens, acometidos pela COVID-19, os quais após a triagem, foram alocados em grupo convencional (GC), que realizou somente as sessões de fisioterapia ambulatorial e grupo treinamento muscular inspiratório (GTMI), que realizou as sessões de fisioterapia ambulatorial acrescidas do TMI. A randomização ocorreu por sorteio utilizando-se envelopes opacos selados numerados, em blocos de quatro participantes até completar a amostra do estudo. A randomização foi realizada desta forma uma vez que foi necessário respeitar a demanda dos agendamentos da clínica municipal, de acordo com a rotina pré estabelecida pelo setor. O pesquisador que randomizou a amostra esteve cego em relação à avaliação e à intervenção aplicada. O pesquisador que aplicou a sessão de fisioterapia ambulatorial, esteve cego em relação aos grupos. O pesquisador que realizou a análise estatística esteve cego em relação às avaliações, intervenções e grupos aos quais pertenciam os participantes.

Todos os participantes atenderam como critérios de inclusão, não ter iniciado tratamento fisioterapêutico pós alta hospitalar, ambos os sexos, que permaneceram ou não hospitalizados, seja na enfermaria ou na UTI, com sequelas respiratórias e/ou motoras, pacientes com encaminhamento para fisioterapia, aptos para realizar as avaliações e os treinamentos propostos, e que aceitaram participar do estudo. Foram excluídos do estudo participantes com

cardiopatias descompensadas, alterações musculoesqueléticas e/ou neuromusculares que impossibilitem a realização dos testes. E foram descontinuados do estudo pacientes que faltaram do programa por dois dias consecutivos. Houve sete perdas durante o estudo, cinco por falta as sessões e duas por não comparecimento para a reavaliação, conforme descrito na figura 1.

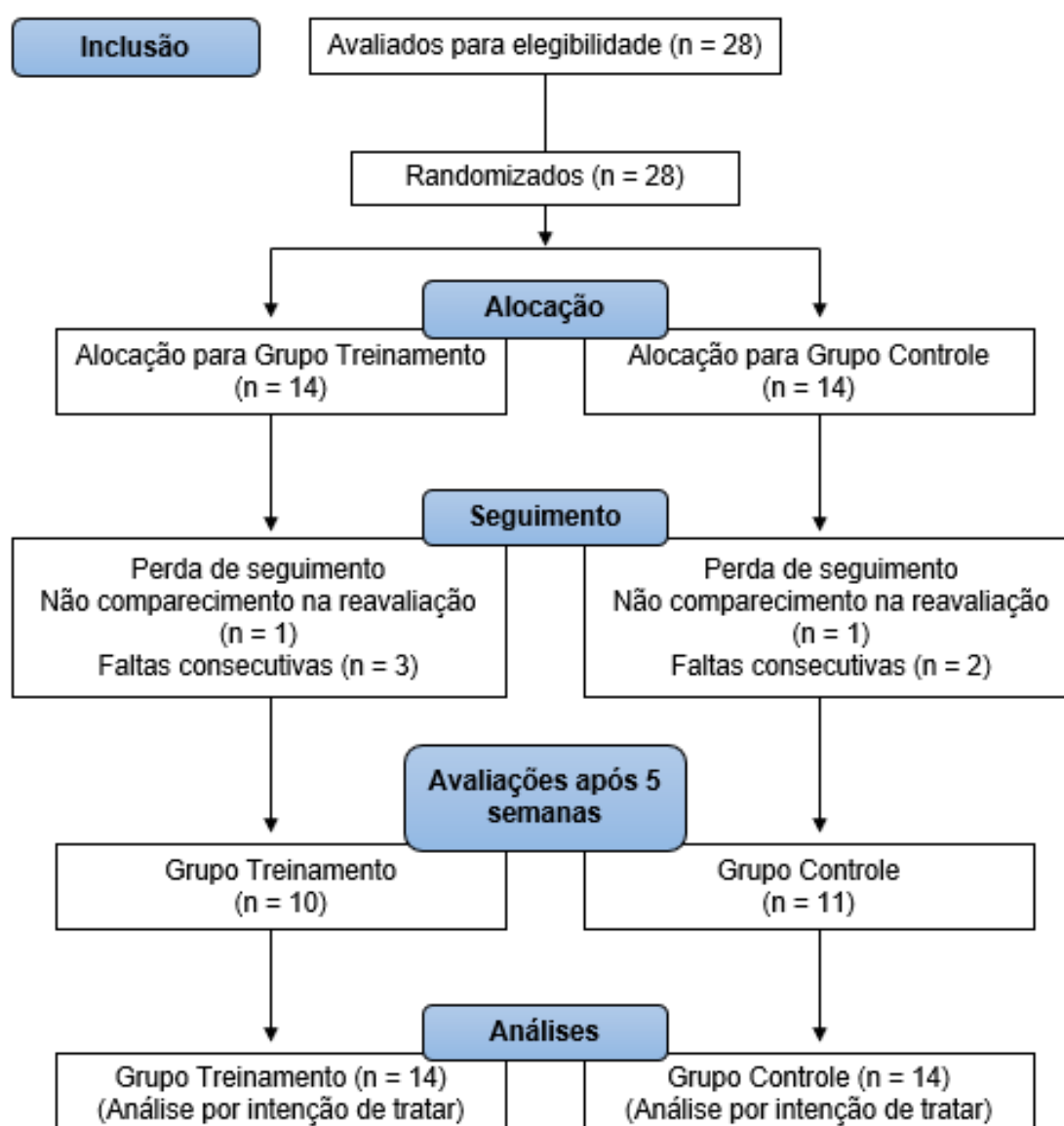


Figura 1: Fluxograma da casuística do estudo.

3.4. LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO

A pesquisa ocorreu no Centro de Fisioterapia Municipal de Piracicaba na cidade de Piracicaba – SP e no Laboratório de Avaliação e Intervenção Aplicadas ao Sistema Cardiorrespiratório, da Universidade Metodista de Piracicaba, UNIMEP – SP.

3.5. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Todos os pacientes diagnosticados com COVID-19, que foram encaminhados para atendimento fisioterapêutico e que preencheram os critérios de inclusão foram convidados a participar do estudo, receberam esclarecimentos sobre os objetivos, as avaliações e os tratamentos a serem realizados e, uma vez concordando em participar do estudo, foram denominados participantes. As avaliações aconteceram em dois dias, sendo um para anamnese, avaliação respiratória e física, e outro para avaliação da modulação autonômica da FC. Os componentes da avaliação foram: anamnese, função pulmonar, força e resistência muscular respiratória, modulação autonômica da FC, força muscular de membros superiores e inferiores, equilíbrio e atividade de vida diária. A ordem dos testes não foi aleatorizada, porém, foram realizados na mesma sequência, tanto na avaliação como na reavaliação. Todos os participantes do estudo foram avaliados antes e após o término as intervenções, sendo assim, na figura 2 está apresentado o desenho experimental do estudo.

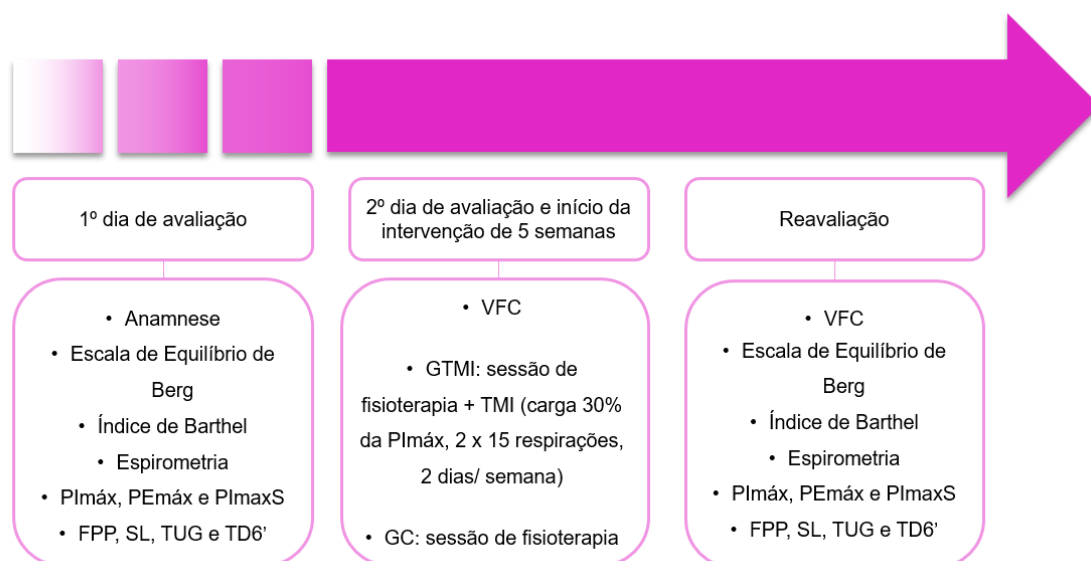


Figura 2: Ilustração do desenho experimental e linha do tempo do estudo para avaliações, intervenções no Grupo Treinamento (GTMI) e Grupo Convencional (GC) e reavaliação. PImáx: pressão inspiratória máxima; PEmáx: pressão expiratória máxima; PImáxS: pressão inspiratória máxima sustentada; FPP: força de prensão palmar; SL: teste de sentar e levantar; TUG: teste *time up and go*; TD6': teste do degrau de seis minutos; VFC: variabilidade da frequência cardíaca

3.5.1. DEFINIÇÃO DOS DESFECHOS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS

As variáveis de desfecho primário são volumes e capacidades pulmonares, força muscular respiratória, resistência muscular inspiratória e capacidade funcional. As variáveis de desfecho secundário são modulação autonômica da frequência cardíaca, força dos membros superiores e inferiores, equilíbrio e percepção subjetiva de esforço.

3.5.2. ANAMNESE

No primeiro encontro com o participante foi realizada a anamnese, avaliação antropométrica e de sinais vitais para coleta dos seguintes dados: nome, idade, massa corporal (MC), estatura, Índice de Massa Corporal (IMC), história da doença, tipo de recuperação, medicação utilizada, detecção de

comorbidades, pressão arterial, frequência cardíaca e respiratória, e saturação periférica. Foram aplicados também os questionários específicos para qualificar e quantificar a vida diária do paciente.

3.5.3. AVALIAÇÃO DOS VOLUMES E CAPACIDADES PULMONARES

Os volumes, fluxos e capacidades pulmonares foram avaliados utilizando um espirômetro computadorizado ultrassônico, com sensor de fluxo, (Microquark; Cosmed, Roma, Itália), seguindo as normas preconizadas pela *American Thoracic Society* (ATS, 2005) (figura 3) e pelas diretrizes para testes de função pulmonar de acordo com Pereira (2002).



Figura 3: Espirômetro computadorizado ultrassônico que possui sensor de fluxo, com entrada USB que se conecta ao software computadorizado, no modelo Microquark da marca Cosmed (fonte: Google).

Foram realizadas as manobras de Capacidade vital lenta (CVL), capacidade vital forçada (CVF) e por meio destas foram obtidos os seus

respectivos desdobramentos: volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1) e a relação VEF_1/CVF .

As curvas referentes as manobras com os seus respectivos valores foram escolhidas de acordo com os critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade preconizados pelas diretrizes para testes de função pulmonar (PEREIRA, 2002).

3.5.4. AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR RESPIRATÓRIA

A força muscular respiratória foi realizada a partir das medidas da Pressão Inspiratória Máxima ($PI_{máx}$) e da Pressão Expiratória Máxima ($PE_{máx}$). As medidas da $PI_{máx}$ tiveram como objetivo além da avaliação da força dos músculos respiratórios, estabelecer a carga inicial do teste de resistência dos músculos respiratórios assim como a carga do treinamento muscular respiratório.

As medidas de $PI_{máx}$ e $PE_{máx}$, foram avaliadas através de um manovacuômetro analógico Ger-Ar®, São Paulo, Brazil, escalonado em centímetros com intervalo operacional de -300 a +300 cmH₂O, conectado a um adaptador de bocal de plástico rígido, com um orifício de 2 mm de diâmetro para aliviar a pressão exercida pelos músculos da mímica facial. Os participantes foram mantidos sentados, com as narinas ocluídas por um clip nasal para evitar o escape de ar conforme a figura 4.



Figura 4: Posicionamento da participante durante a coleta na posição sentada e narinas ocluídas por um clip nasal.

Cada participante realizou de três a cinco esforços de inspirações máximas aceitáveis e reproduzíveis desde que tenha havido uma diferença menor que 10% entre eles, sendo o maior valor considerado para a análise estatística, se acaso o valor fosse maior, o teste seria repetido antes do início da primeira sessão. O intervalo de tempo entre as medidas consecutivas foi de 1 minuto (NEDER et al., 1999).

A $PI_{máx}$ foi medida durante esforço iniciado a partir do volume residual (VR) e a $PE_{máx}$ a partir da capacidade pulmonar total (CPT) (BLACK, HYATT, 1969).

3.5.5. AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MUSCULAR INSPIRATÓRIA

Para avaliação da resistência dos músculos respiratórios foi utilizado o equipamento *Powerbreathe® K5* (Gaiam Ltd; Southam, Warwickshire, UK). Os participantes obedeceram ao sinal visual do equipamento a cada ciclo

respiratório, até o término de cada etapa do teste composto por 30 ciclos e foram orientados a realizar inspirações lentas e profundas seguidas por expirações lentas, suaves e prolongadas. Vale ressaltar que, o equipamento possui uma válvula controlada eletronicamente pelo seu software e, o participante precisa realizar uma respiração suficiente para ativar a válvula do equipamento e então, computar a medida. A carga inicial do teste foi de 30% da $P_{Im\acute{a}x}$ (ATS, 2002), avaliada previamente e receberam instruções padronizadas e encorajamento para alcançar a máxima performance durante o teste.

A cada etapa, o participante permaneceu em repouso por 1 minuto e a etapa seguinte contou com o acréscimo de 10cmH₂O e assim sucessivamente até o participante não conseguir atingir a pressão predeterminada por três respirações consecutivas ou apresentar dispneia. A maior carga sustentada por pelo menos 15 respirações foi considerada como o valor da pressão inspiratória máxima sustentada ($P_{Im\acute{a}xS}$) (ROCHA et al., 2018), conforme ilustra a figura 5.

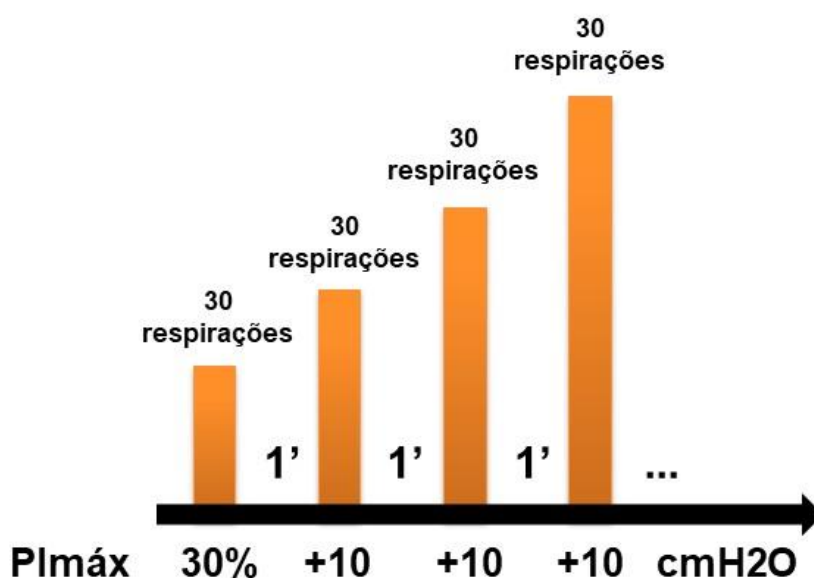


Figura 5. Progressão da carga do teste de resistência muscular inspiratória.

3.5.6. TESTE DE FORÇA DE PREENSÃO PALMAR (FPP)

A avaliação da força dos membros superiores foi realizada por meio do Teste de Força de Preensão Palmar (FPP), utilizando-se o dinamômetro digital isométrico (DD-300, INSTRUTHERM®) (BATISTA et al., 2021). Foi executada uma contração isométrica voluntária máxima (CIVM), no movimento de preensão palmar de membro superior dominante.

Os participantes ficaram sentados confortavelmente em uma cadeira sem braços e instruídos a manter o posicionamento durante os testes, com os pés apoiados no chão e quadril e joelho posicionados a aproximadamente 90 graus de flexão. O ombro do membro testado ficou aduzido e em rotação neutra, cotovelo em flexão de 90 graus, antebraço na posição neutra e punho entre 0 e 30 graus de extensão e entre 0 a 15 graus de adução. A mão do membro não testado ficou repousando sobre a coxa do mesmo lado (FESS, 1992).

O participante foi familiarizado com o teste a partir de uma demonstração de como o teste deveria ser realizado, exercendo uma força submáxima, em seguida, um período de 1 minuto de descanso antes do início do teste oficial. Foram orientados a não olhar para o mostrador do dinamômetro para evitar qualquer retorno (feedback) visual e não receberam nenhum comando verbal durante o teste. Três testes foram feitos consecutivamente com o membro superior dominante, sendo que os participantes foram instruídos a fazerem uma contração máxima por 3 segundos em cada teste. Houve um período de descanso de 30 segundos entre cada tentativa. Foi utilizada a média dos valores dos três testes da mão dominante para a análise dos dados. Este procedimento, é recomendado pela SATM (FESS, 1992) e por Figueiredo et al. (2007). É

considerada a forma mais confiável de se medir a força de preensão manual (STRATFORD, 1992) (figura 6).



Figura 6: Posicionamento do participante durante o teste com o ombro do membro testado aduzido e em rotação neutra, cotovelo em flexão de 90 graus, antebraço na posição neutra e punho entre 0 e 30 graus de extensão e entre 0 a 15 graus de adução.

3.5.7. TESTE DE SENTAR E LEVANTAR (SL)

O Teste de sentar e levantar (SL) foi utilizado para determinação da força indireta nos membros inferiores. Para realização deste teste foi utilizado uma cadeira com altura de 40 cm, com encosto, na qual o participante iniciou o teste na posição sentada, com a coluna ereta, pés apoiados no chão e os braços cruzados contra o tórax, como evidencia a figura 7. Ao comando verbal, o participante levantou, ficando totalmente em posição ortostática e depois retornou à posição sentada. O participante foi encorajado a sentar e levantar

completamente o maior número de vezes possível em 30 segundos. O resultado foi determinado através da contagem da quantidade de vezes que o participante executou corretamente os movimentos de sentar e levantar da cadeira sem auxílio dos membros superiores (STEGEN et al., 2011). O maior número de movimentos corretos foi utilizado para análise.



Figura 7A e 7B: Posicionamento do participante no SL na posição sentada (7A), com a coluna ereta, pés apoiados no chão, braços cruzados contra o tórax e execução dos movimentos de sentar e levantar (7B) da cadeira sem auxílio dos membros superiores.

3.5.8. TESTE DO DEGRAU DE SEIS MINUTOS (TD6)

O Teste do degrau de 6 minutos (TD6) foi utilizado para a avaliação da capacidade funcional por meio dos valores alcançados no número e no ritmo de subidas no degrau e a percepção subjetiva de esforço para dispneia e fadiga de membros inferiores através escala de Borg escalonada de 0 a 10 (BORG,1982; CARVALHO et al; 2015; PESSOA et al., 2015).

Este teste foi realizado de forma auto cadenciada, tendo como ergômetro um degrau de 20 cm de altura. Os participantes foram orientados a subir o maior número de vezes no degrau durante seis minutos. As subidas foram realizadas de maneira padronizada: subindo um pé de cada vez e descendo um pé de cada vez, cada ciclo deste foi considerado uma subida (figura 8). O participante ditou o seu próprio ritmo, de acordo com Dal Corso et al., (2007), e antes do início do teste, o avaliador demonstrou previamente.



Figura 8: Participante durante a realização do Teste do Degrau de 6 minutos (TD6) sendo monitorado quanto a frequência cardíaca, saturação periférica e escala de Borg.

Antes do teste, durante e ao final do teste, foram medidas a frequência cardíaca (FC) através do frequencímetro, a pressão arterial sistêmica por meio de um esfigmomanômetro, a SatO₂ por um oxímetro de pulso, a percepção de dispneia e de fadiga de membros inferiores pela escala CR10 de Borg. A resposta

coletada para a análises, se baseou no início do teste e no pico de esforço ao final dos seis minutos.

3.5.9. AVALIAÇÃO DE EQUILÍBIO E ATIVIDADES DE VIDA DIÁRIA

A habilidade de manter o equilíbrio e o controle postural é importante para a execução das atividades de vida diária, bem como andar ou levantar de uma cadeira (SHULTZ, 1992). A capacidade de responder automaticamente ou voluntariamente aos estímulos recebidos pelas extremidades, responder ao domínio do controle postural adequado no dia a dia e pode ser mensurado por instrumentos de avaliação de equilíbrio funcional (TINETTI, 1986; WOLFSON, 1986; REUBEN, 1990; DIFABIO, 1997).

Uma delas é a Escala de Equilíbrio de Berg. Essa escala avalia o desempenho do equilíbrio funcional com base em 14 itens da vida diária do indivíduo. A pontuação máxima a ser alcançada é de 56 pontos, cada item tem uma escala ordinal de 5 alternativas pontuadas de 0-4. O teste é simples e fácil de ser administrado e seguro para a avaliação dos pacientes.

É necessário apenas um relógio e uma régua como equipamento e leva aproximadamente 15 minutos para sua realização. A escala é usada para avaliar pacientes com déficits de equilíbrio encaminhados para reabilitação, independentemente da idade. O teste satisfaz vários requisitos, incluindo descrições quantitativas de equilíbrio, monitoramento do progresso do paciente e avaliação da eficácia das intervenções realizadas na prática clínica ou em pesquisa (BERG et al., 1989).

O Índice de Barthel é um instrumento de avaliação das atividades da vida diária (AVDs) e mede a independência funcional no cuidado pessoal,

mobilidade, locomoção e eliminações. Na versão original, cada item é pontuado de acordo com o desempenho do paciente em realizar tarefas de forma independente, com alguma ajuda ou de forma dependente. Uma pontuação geral é formada atribuindo-se pontos em cada categoria, a depender do tempo e da assistência necessária a cada paciente. A pontuação varia de 0 a 100, em intervalos de cinco pontos, e as pontuações mais elevadas indicam maior independência (MCDOWELL; NEWELL, 1996).

3.5.10. TESTE TIMED UP AND GO (TUG)

O teste "*timed up and go* - TUG" foi aplicado segundo o preconizado pelos autores (PODSIADLO; RICHARDSON, 1991). O participante senta-se em uma cadeira com braços e recebe ordem de levantar e caminhar para frente até uma marca no piso, girar de volta e sentar-se na cadeira (figura 9).



Figura 9: Ilustração do participante no teste TUG, tendo sua caminhada cronometrada até a área demarcada por um cone, e posterior volta à cadeira.

O tempo dispendido é medido com cronômetro a partir da ordem de "vá". Valores de tempo de menos de 10 segundos sugerem indivíduos totalmente livre e independentes; os pacientes que realizam o teste entre 10 e 19 segundos são independentes, pois têm razoável equilíbrio e velocidade de marcha e a maioria caminha livremente mais de 500 metros, sobe escadas e sai de casa sozinho. Aqueles que dispendem entre 20 e 29 segundos estão em uma "zona cinzenta", isto é, demonstram dificuldades para as tarefas da vida diária que variam muito, dependendo das diferentes situações que se apresentam ao indivíduo, as quais exigem bom equilíbrio, velocidade da marcha adequada (no mínimo 0,5 m/seg) e capacidade funcional (PODSIADLO; RICHARDSON, 1991). Os sujeitos com escore de tempo de 30 ou mais segundos tendem a ser totalmente dependentes para muitas atividades básicas e instrumentais da vida diária (levantar-se de uma cadeira, alimentar-se, trocar-se, banhar-se, caminhar) (PODSIADLO; RICHARDSON, 1991).

Foi demonstrado previamente ao paciente como se realiza o teste, sendo dadas instruções de caminhar segundo sua velocidade e seu passo habituais. Em caso de dúvida na execução do mesmo por parte do indivíduo ou do examinador, o mesmo era repetido.

3.5.11. VARIABILIDADE DA FREQUENCIA CARDÍACA

Para a avaliação da modulação autonômica da frequência cardíaca foi realizada a análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), e utilizou-se o cardiofrequencímetro Polar (modelo RS800cx) (figura 10) que é um instrumento capaz de mensurar os batimentos cardíacos e os intervalos RR (i-RR). Ele possui uma faixa elástica composta por eletrodos posicionados na parte interna da faixa

que captam os batimentos cardíacos. O sensor acoplado na parte frontal da cinta transmite os sinais para o relógio de pulso através da tecnologia Bluetooth, para que os dados sejam armazenados. Um sensor USB é responsável por transmitir as informações contidas no relógio para o programa de computador Polar ProTrainer 5, o programa permite que os dados sejam visualizados e exportados (Polar, Inc.).



Figura 10: Cardíofrequencímetro Polar modelo RS800cx composto pela faixa com eletrodos na parte interna e o relógio de monitoramento (fonte: Google).

A coletas da VFC foram realizadas no segundo contato do paciente/terapeuta, antes da primeira sessão de fisioterapia, pela necessidade de informar aos mesmos, alguns cuidados para a segurança dos dados. Sendo assim, o experimento foi realizado no mesmo período do dia (14h00 às 18h00) para minimizar as influências das variações circadianas. Os voluntários foram orientados a usar roupas confortáveis no dia do teste, a não ingerir bebidas alcoólicas e/ou estimulantes (café, chá, energéticos etc.), evitar refeições pesadas e fazer uma refeição leve de pelo menos duas horas antes do teste, e a não realizar exercícios extenuantes 48 horas antes das avaliações. A preparação e organização da sala foi padronizada e mantidas em temperatura entre 22 e 24°C

e os equipamentos e materiais foram verificados uma hora antes da chegada do voluntário (SILVA et al., 2017; ESPINOZA-VALDÉS et al 2021).

Todos os voluntários tiveram os intervalos RR registrados continuamente a uma taxa de amostragem de 1000 Hz por meio do monitor cardíaco. Antes do início da coleta de dados, os voluntários descansaram por aproximadamente 20 minutos para estabilizar sua frequência cardíaca e pressão arterial em seus níveis basais. O registro foi realizado primeiramente na posição supina por 15 minutos; e depois em repouso em posição ortostática por 10 min. Os voluntários foram orientados a manter respiração espontânea durante todo o período de coleta, que será avaliada durante o registro por meio de inspeção visual dos movimentos da caixa torácica voluntário (SILVA et al., 2017; ESPINOZA-VALDÉS et al 2021).

Os sinais do intervalo RR foram transferidos para o aplicativo descrito e revistos para verificar a qualidade dos sinais e se houvesse, encontrar qualquer anormalidade. Os segmentos que apresentaram qualquer anormalidade foram descartados. Os dados foram transferidos para o programa de análise de VFC Kubios HRV Standart e uma série estável e livre de artefatos, de 256 intervalos RR sequencias foram selecionados e analisados. Os 5 minutos iniciais foram excluídos para fins de estabilização dos parâmetros e foi realizada filtragem manual para eliminação de batimentos ectópicos.

Após escolha dos sinais, as análises da VFC foram realizadas pelos métodos linear pelo domínio frequência e não linear pelas análises de Entropia de Shannon (ES) e Entropia Condicional Corrigida (ECC), por meio do programa de rotinas de análises desenvolvido pelo Prof. Dr. Alberto Porta e colaboradores do

departamento Scienze Precliniche, Università degli Studi di Milano, Milão, Itália (PORTA et al., 2001).

3.6. INTERVENÇÕES

As sessões de fisioterapia foram compostas por aquecimento, exercícios de força e exercícios respiratórios. O treinamento muscular inspiratório foi acrescido somente para os pacientes randomizados para este grupo, ao final da terapia. Também foram realizadas manobras de higiene brônquica (quando houvesse necessidade), alongamento/relaxamento global além de educação e orientação em saúde (material educativo – livros, imagens, informações).

Todos os participantes no início e fim do atendimento, permaneceram em repouso para posterior coleta dos sinais vitais e, durante toda a sessão, quanto a frequência cardíaca e saturação periférica, não ultrapassando 80% da frequência cardíaca máxima. A terapia teve duração média de 40 minutos, sendo realizada duas vezes por semana num período de cinco semanas. Ambos os grupos receberam o mesmo atendimento descrito na figura 11.

Indicadores de encerramento da terapia para garantir a integridade dos participantes, ocorreram se os mesmos, sentissem dificuldade ou falta de ar sem alívio após o repouso, dor no peito, aperto no peito, dispneia, tosse agravada, tontura, dor de cabeça, visão turva, palpitações, incapacidade de manter o equilíbrio, etc.

TIPO DE TREINO	DURAÇÃO MÉDIA	EXEMPLO DE EXERCÍCIO
Aquecimento	5 a 10 min	Bicicleta estacionária ou ciclo ergômetro
		Jogar bola
Exercícios de força	15 min/ 1 a 3 séries 8 a 12 repetições	Elevação de membros inferiores (SLR)
		Agachamento
		Ponte
Exercícios respiratórios	10 min	Elevação de membros superiores com bastão/halter
		Respiração diafragmática
Respiração fracionada com freio labial		
Manobras para reexpansão pulmonar		
Higiene bronquica (se necessário)		Tosse assistida
	Vibro compressão	
Alongamento/relaxamento	5 min	Alongamento global e relaxamento com bolinha nas costas
Orientações		Orientações de gerais e esclarecimentos de dúvidas sobre a doença

Figura 11: Protocolo da sessão de fisioterapia realizada em ambos os grupos no Setor de Fisioterapia do Município. SLR: *Straight Leg Raise*

3.6.1. TREINAMENTO DE FORÇA

Foram propostos para os participantes, como treino de força, exercícios ativos-livres de membros superiores e inferiores, com aumento da resistência gradual, dependendo da evolução de cada um, com foco nas atividades de vida diária. Foram eles agachamento, ponte, elevação de membros superiores com bastão, *Straight Leg Raise* (SLR) de extensão, flexão, adução e abdução, fortalecimento do músculo psoas, bíceps braquial, tríceps braquial e deltoide.

Os exercícios seguiram como padrão: de 1 a 3 séries com no máximo 8 a 12 repetições, com 2 minutos de descanso entre as séries. Todos os pacientes, durante os exercícios, foram monitorados por meio da escala de Borg, frequência

cardíaca e saturação periférica de O₂, e a progressão da carga se deu conforme tolerância do paciente aos exercícios (figura 12).



Figura 12: Ilustração dos exercícios para melhora da força realizada no Setor de Fisioterapia do Município.

3.6.2. TREINAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO (TMI)

Para o TMI, foi utilizado o equipamento *PowerBreathe Medic Plus* (Powerbreathe, HaB International Ltd, Southam, UK) (figura 13), mecânico, com ajuste de carga do tipo linear pressórica, ou seja, a carga se mantém inalterada independente do fluxo de ar gerado pelo paciente e, permite a adequação da carga de forma segura e individualizada dependendo da integridade da musculatura inspiratória de cada participante.



Figura 13: *PowerBreathe Medic Plus* (HaB International Ltd, Southam, UK)

Para iniciar o treinamento os participantes permaneceram sentados, segurando o dispositivo (figura 14). Foram orientados a inspirar com força suficiente para vencer a resistência do equipamento e posteriormente realizar uma expiração lenta e suave (VOLIANITIS et al., 2001; EDWARDS et al., 2012).



Figura 14: Posicionamento da participante durante a sessão de TMI. Sentada, segurando o dispositivo, no início da terapia.

Com base nos achados anteriores (JASTRZEBSKI; KOZIELSKI; ŻEBROWSKA, 2008), quanto a carga utilizada, os participantes iniciaram o treinamento usando 30% da P_{Imáx} previamente avaliada e realizaram duas séries de 15 inspirações máximas com 60 segundos de descanso entre as séries, totalizando 30 repetições. Novas medidas de P_{Imáx}, foram realizadas a cada quatro sessões (duas semanas) para ajuste de carga. Houve manutenção da porcentagem da carga do TMI (30% da P_{Imáx}), mas calculada sobre nova manovacuometria.

3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as análises foram realizadas por protocolo e intenção de tratar, utilizando imputação múltipla para determinar os valores omissos (SCHAFER; GRAHAM, 2002). O método consiste no preenchimento de dados faltantes, através de bancos de dados com matrizes preenchidas, baseado em resultados hipotéticos que poderiam ter sido obtidos, e então sendo possível, trabalhar com técnicas estatísticas usuais. Para análise descritiva das variáveis foi utilizada a média e desvio padrão e foi utilizado frequência e porcentagem. A normalidade dos dados foi confirmada usando o teste Shapiro-Wilk e a esfericidade através do teste de Mauchly.

Para a comparação entre as características dos grupos foram utilizados o Teste t de *Student* e o Teste de Chi-quadrado.

A análise de variância (ANOVA) *three-way* com design misto foi utilizada para verificar as diferenças encontradas intergrupos para os dados da variabilidade da frequência cardíaca (Grupos [GC e GTMI] x Tempo [PRÉ e PÓS] x Posição [supina e ortostática]). Para as demais variáveis, foi aplicada uma

ANOVA *two-way* para as diferenças pré e pós treinamento entre os grupos (Grupos [GC e GTMI] x Tempo [PRÉ e PÓS]). Para analisar as respostas obtidas pelos questionários, pré e pós reabilitação fisioterapêutica entre os grupos, realizou-se análise por testes não paramétricos de Wilcoxon e Mann-Whitney. Em todos os casos quando observada razões F significativas, foi utilizado o testes pos-hoc de Bonferroni.

A significância estatística foi definida em $p \leq 0,05$ e todos os cálculos foram realizados usando o software SPSS® versão 25 (Pacote Estatístico para as Ciências Sociais, IBM, Chicago, Illinois, EUA).

Para a análise da relação entre as variáveis, utilizou-se o Coeficiente de Correlação de Pearson, sendo adotados os graus de correlação propostos por Mukaka (2012), que considera o índice de correlação insignificante quando estiver entre 0 e 0,3, baixa entre 0,3 e 0,5, moderada entre 0,5 e 0,7, alta entre 0,7 e 0,9, e muito alta entre 0,9 e 1.

Para calcular o tamanho do efeito, utilizou-se o método Cohen's d (Effect Size), calculado através do aplicativo "Effect Size Generator", versão 2.3 (Swinburne University of Technology, Center for Neuropsychology, Melbourne, Austrália). Valores superiores ou iguais a 0,8 representaram tamanho de efeito grande, entre 0,2 e 0,8, efeito moderado e inferiores a 0,2, efeito pequeno (COHEN, 1998).

4. RESULTADOS

4.1. CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA

Na tabela 1 estão apresentadas as características da amostra em relação à idade, antropometria, medicações em uso, fatores de risco, tipos de tratamento utilizado e principais sintomas relatados no início do estudo (linha de base). Os valores estão expressos em médias e desvio padrão. Observa-se que não houve diferença na comparação entre o GC e o GTMI para nenhuma das variáveis.

Tabela 1. Características dos grupos no início do protocolo experimental.

	GC (n=14)	GTMI (n=14)	p valor
Variáveis			
Sexo (homens/mulheres)	6/8	7/7	0,87
Idade (anos)	51,43 ± 17,48	51,57 ± 13,52	0,09
Massa corporal (kg)	90,89 ± 33,80	89,57 ± 14,30	0,08
Estatura (m)	1,67 ± 0,10	1,70 ± 0,11	0,98
IMC (kg/m ²)	32,01 ± 8,45	30,70 ± 4,48	0,11
Medicamentos % (n)			
Broncodilatador	42,0 (6)	28,5 (4)	0,81
Anti-hipertensivo	78,5 (11)	64,2 (9)	0,87
Atenolol	14,2 (2)	7,1 (1)	
Propranolol	7,1 (1)	0,0 (0)	
Metoprolol	0,0 (0)	7,1 (1)	
Antidiabético	7,1 (1)	14,2 (2)	0,83
Antitrombótico	14,2 (2)	7,1 (1)	0,83
Antianêmico	7,1 (1)	0,0 (0)	0,82
Antidepressivo	21,4 (3)	28,5 (4)	0,87
Anti-inflamatório	0,0 (0)	7,1 (1)	0,82
Fatores de risco % (n)			
Tabagismos	14,2 (2)	7,1 (1)	0,83
Hipertensão	50,0 (7)	21,4 (3)	0,65
Diabetes	28,5 (4)	7,1 (1)	0,58
Doença pulmonar	7,1 (1)	14,2 (2)	0,83
Asma	7,1 (1)	7,1 (1)	
DPOC	0,0 (0)	7,1 (1)	
Características de tratamento % (n)			
Hospitalizados	85,7 (12)	57,1 (8)	0,74
Ventilação Mecânica	28,5 (4)	14,2 (2)	0,72
Sintomas pós-Covid % (n)			
Dispneia	64,2 (9)	71,4 (10)	0,95
Fadiga muscular	57,1 (8)	42,8 (6)	0,92
Tosse seca	14,2 (2)	14,2 (2)	>0,99
Perda de memória	7,1 (1)	0,0 (0)	0,82
Vertigem	7,1 (1)	7,1 (1)	>0,99

GC: grupo convencional; GTMI: grupo treinamento; %: porcentagem da amostra, n: número de participantes; IMC: índice de massa corporal; kg: quilogramas; m²: metro quadrado; DPOC: Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

4.2. VOLUMES E CAPACIDADES PULMONARES

Na tabela 2 estão apresentadas as variáveis espirométricas obtidas na manobra de Capacidade Vital Lenta (CVL) e Capacidade Vital Forçada (CVF) e seus desdobramentos para cada grupo, nas avaliações pré e pós treinamento.

Na análise Grupo X Tempo, foi observada interação significativa para todas as variáveis, exceto para VEF1/CVF em porcentagem do previsto, evidenciando maiores valores no GTMI após o TMI. Ao comparar pré e pós treinamento, pode-se constatar que não houve diferença na comparação entre a avaliação inicial e final do GC. Por outro lado, para o GTMI, com exceção da VEF1/CVF em valores absolutos e em porcentagem, todas as variáveis apresentaram melhora após o treinamento.

Tabela 2. Comparação das medidas do teste de função pulmonar e diferença para cada grupo no pré e pós treinamento. Valores expressos em média e desvio padrão.

	GC (n=14)				GTMI (n=14)				G x T
	PRÉ	POS	Δ	p intra	PRÉ	POS	Δ	p intra	
CVL (L)	2,49 ± 0,26	2,44 ± 0,24	-0,05 ± 0,02	0,86	2,61 ± 0,26	3,56 ± 0,24	0,95 ± 0,02	0,003	0,02
CVL (%)	65,35 ± 6,24	63,45 ± 3,94	-1,90 ± 2,30	0,74	61,85 ± 6,24	81,12 ± 3,94	19,27 ± 2,30	0,003	0,01
CVF (L)	2,49 ± 0,25	2,42 ± 0,19	-0,07 ± 0,06	0,71	2,73 ± 0,25	3,37 ± 0,19	0,64 ± 0,06	0,003	0,01
CVF (%)	64,42 ± 5,10	63,58 ± 4,04	-0,84 ± 1,06	0,86	64,21 ± 5,10	81,12 ± 4,04	16,91 ± 1,06	0,002	0,01
VEF1 (L)	1,84 ± 0,23	1,67 ± 0,22	-0,17 ± 0,01	0,42	2,08 ± 0,23	2,79 ± 0,22	0,71 ± 0,01	0,002	0,007
VEF1 (%)	59,28 ± 6,07	50,75 ± 5,38	-8,53 ± 0,69	0,27	60,35 ± 6,07	80,44 ± 5,38	20,09 ± 0,69	0,01	0,01
VEF1/ CVF (L)	73,07 ± 3,02	68,92 ± 3,66	-4,15 ± 0,64	0,14	75,37 ± 3,02	80,70 ± 3,66	5,33 ± 0,64	0,06	0,02
VEF1/CVF (%)	89,64 ± 3,67	85,28 ± 4,91	-4,36 ± 1,24	0,23	93,71 ± 3,67	98,97 ± 4,91	5,26 ± 1,24	0,15	0,06

GC: grupo convencional; GTMI: grupo treinamento; n: número de voluntárias; L: litros; %: porcentagem do predito; CVL: capacidade vital lenta; CVF: capacidade vital forçada; VEF1: volume expiratório forçado no primeiro minuto; p intra: comparação intra grupo; Δ: diferença entre pré e pós intervenção; GxT: grupo versus tempo; p<0,05: valor significativo.

4.3. FORÇA E RESISTÊNCIA MUSCULAR RESPIRATÓRIA

Na tabela 3 estão apresentadas as variáveis relacionadas à força muscular respiratória ($P_{Im\acute{a}x}$ e $P_{Em\acute{a}x}$), em valores absolutos e em porcentagem do previsto, e resistência muscular inspiratória ($P_{Im\acute{a}xS}$). Pode-se observar que não houve diferença significativa na análise de interação Grupo X Tempo. Por outro lado, na análise intragrupos, com exceção da $P_{Em\acute{a}x}$ para o GTMI, todas as variáveis evidenciaram aumento significativo, para ambos os grupos, após as cinco semanas de atendimento fisioterapêutico.

Tabela 3. Comparação das variáveis pressões respiratórias máximas, pressão inspiratória máxima sustentada para cada grupo na avaliação inicial (pré) e final (pós). Resultados estatísticos da interação intra e intergrupos. Valores expressos em média e desvio padrão.

	GC (n=14)				GTMI (n=14)				G x T
	PRÉ	PÓS	Δ	p intra	PRÉ	PÓS	Δ	p intra	
PI_{máx} (cmH₂O)	80,00 ± 24,17	100,02 ± 35,99	20,02 ± 11,82	0,02	77,14 ± 26,43	107,57 ± 47,58	30,57 ± 21,15	0,002	0,40
PI_{máx} (%)	74,69 ± 15,10	94,84 ± 23,97	20,15 ± 8,87	0,04	80,00 ± 26,25	116,26 ± 44,32	36,26 ± 18,07	0,03	0,17
PE_{máx} (cmH₂O)	58,57 ± 21,78	74,70 ± 24,89	16,13 ± 3,11	0,001	70,71 ± 20,92	79,82 ± 30,58	9,11 ± 9,66	0,05	0,28
PE_{máx} (%)	53,63 ± 12,81	67,28 ± 12,72	13,65 ± 0,09	0,03	65,21 ± 18,18	73,49 ± 24,32	8,28 ± 6,14	0,06	0,21
PI_{máxS} (cmH₂O)	35,64 ± 3,25	43,84 ± 4,88	8,20 ± 1,63	0,03	37,32 ± 3,25	51,40 ± 4,88	14,08 ± 1,63	0,001	0,27

GC: grupo convencional; GTMI: grupo treinamento; n: número de participantes; PI_{máx}: pressão inspiratória máxima; PE_{máx}: pressão expiratória máxima; PI_{máxS}: pressão inspiratória máxima sustentada; cmH₂O: centímetros de água; %: percentual do previsto Δ : diferença entre pré e pós intervenção; p intra: comparação intra grupo; GxT: grupo versus tempo; p<0,05: valor significativo.

4.4. TESTES DE FORÇA MUSCULAR PERIFÉRICA E CAPACIDADE FUNCIONAL

Na tabela 4 estão apresentadas as variáveis obtidas dos testes de força nos membros superiores e inferiores, assim como variáveis que determinam a capacidade funcional.

Foi observada interação Grupo x Tempo significativa, com exceção das variáveis SL e FPP, evidenciando melhores resultados para GTMI. Na análise intragrupos, foram observadas diferenças significativas para o GC em SL e TUG mostrando melhora no desempenho dos testes. Para o GTMI, observam-se diferenças significativas para todas as variáveis, exceto para teste de TUG, evidenciando aumento nos valores após o protocolo de reabilitação.

Tabela 4. Comparação das variáveis de força muscular de membros superiores e inferiores, e capacidade funcional para cada grupo na avaliação inicial (pré) e final (pós). Resultados estatísticos da interação intra e intergrupos. Valores expressos em média e desvio padrão.

	GC (n=14)				GTMI (n=14)				G x T
	PRÉ	PÓS	Δ	p intra	PRÉ	PÓS	Δ	p intra	
Nº de subidas	68 ± 32,87	71 ± 31,22	3 ± 1,65	0,59	78 ± 28,54	120 ± 31,49	42 ± 2,95	0,001	0,02
Nº de subidas (%)	47,94 ± 14,47	67,31 ± 15,15	19,37 ± 0,68	0,07	55,98 ± 18,32	85,38 ± 13,13	29,40 ± -5,19	0,03	0,04
Borg dispneia*	6,00 ± 1,73	4,27 ± 2,15	-1,73 ± 0,42	0,90	6,30 ± 2,50	2,50 ± 1,19	-3,80 ± 1,31	0,03	0,01
Borg MMII*	5,82 ± 2,18	4,09 ± 2,21	-1,73 ± 0,03	0,40	6,50 ± 2,64	3,20 ± 1,50	-3,30 ± 1,14	0,03	0,01
SL (nº de mov)	9,57 ± 3,36	11,18 ± 2,23	1,61 ± 1,13	0,01	10,00 ± 1,46	12,44 ± 1,29	2,44 ± 0,17	0,000	0,33
FPP (kgf)	23,19 ± 8,57	27,25 ± 8,37	4,06 ± 0,20	0,05	26,42 ± 8,19	34,34 ± 9,51	7,92 ± 1,32	0,001	0,18
TUG (seg)	12,21 ± 3,66	8,48 ± 2,07	-3,73 ± 1,59	0,000	9,50 ± 1,95	8,38 ± 2,38	-1,12 ± 0,43	0,19	0,03

GC: grupo convencional; GTMI: grupo treinamento; n: número de participantes; %: porcentagem do previsto; *pico do teste; MMII: membro inferior; SL: sentar e levantar; FPP: Força de Preensão Palmar; kgf: quilograma-força; TUG: *time up and go*; seg: segundos; p intra: comparação intra grupo; Δ : diferença entre pré e pós intervenção; GxT: grupo versus tempo; p <0,05: valor significativo.

4.5. AVALIAÇÃO DE EQUILÍBRIO E ATIVIDADES DE VIDA DIÁRIA

Na tabela 5 estão apresentados os valores obtidos pelo Índice de Barthel e Escala de Equilíbrio de Berg. Observa-se que valores não significativos quando comparados os grupos após treinamento. Já na análise entre os grupos, é possível notar melhora significativa para o GC em ambas as variáveis. Quando comparados os valores pré e pós no GTMI, foi possível observar maiores valores apenas em relação a Escala de Equilíbrio de Berg.

Tabela 5. Valores totais dos scores obtidos na aplicação das escalas para avaliação de equilíbrio e atividade de vida diária, alocados nos grupos controle e treinamento

	GC (n=14)				GTMI (n=14)				
	PRÉ	PÓS	Δ	p intra	PRÉ	PÓS	Δ	p intra	p valor
Índice de Barthel	90 ± 9,41	99 ± 3,06	9 ± 6,35	0,01	96 ± 5,94	99 ± 2,67	3 ± 3,27	0,31	0,32
Escala de Equilíbrio de Berg	50 ± 4,64	54 ± 4,11	4 ± 0,53	0,01	53 ± 2,98	55 ± 2,47	2 ± 0,51	0,01	0,79

GC: grupo convencional; GTMI: grupo treinamento; n: número de participantes; Δ : diferença entre pré e pós intervenção

4.6. VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

Na tabela 6 estão apresentados os índices obtidos da análise linear e não linear da VFC. Não se observou interação entre Grupo x Tempo x Posição, porém, na análise intragrupos, obteve-se aumento significativo para as variáveis ES ($p=0,021$) e ECC ($p=0,028$), na posição supina, após o período de treinamento para o GTMI.

Tabela 6. Análise linear e não linear da variabilidade da frequência para cada grupo na avaliação inicial (pré) e final (pós), em cada posição.

	GC (n=14)				GTMI (n=14)				G x T x P
	PRÉ		PÓS		PRÉ		PÓS		
	SUP	ORTO	SUP	ORTO	SUP	ORTO	SUP	ORTO	
Linear									
rr	819,45 ± 87,87	753,38 ± 69,77	1023,78 ± 166,53	779,78 ± 85,09	892,15 ± 159,70	738,09 ± 84,50	930,25 ± 86,96	730,35 ± 110,09	0,64
var	2177,14 ± 1597,92	563,95 ± 312,11	3769,12 ± 3475,63	1149,28 ± 329,18	2034,03 ± 1767,92	1422,80 ± 1810,96	3734,81 ± 3573,77	953,56 ± 594,16	0,48
LFa	480,22 ± 472,20	184,16 ± 173,57	792,15 ± 743,69	403,49 ± 296,58	291,31 ± 240,11	616,80 ± 916,75	741,36 ± 460,17	169,82 ± 121,39	0,30
HFa	816,91 ± 542,68	90,97 ± 106,81	1702,82 ± 2136,21	84,02 ± 44,22	722,16 ± 711,00	427,30 ± 738,47	2510,76 ± 2881,76	84,84 ± 60,68	0,26
LFun	39,69 ± 16,23	65,55 ± 18,66	50,07 ± 28,29	79,49 ± 9,09	38,74 ± 22,98	58,05 ± 17,83	40,14 ± 24,37	61,24 ± 17,02	0,51
HFun	60,31 ± 16,23	34,45 ± 18,66	49,93 ± 28,29	20,51 ± 9,08	61,26 ± 22,98	41,95 ± 17,83	59,86 ± 24,37	38,76 ± 17,02	0,42
LFa/HFa	1,10 ± 1,46	8,47 ± 21,85	2,40 ± 2,64	5,88 ± 4,62	1,93 ± 4,08	6,43 ± 16,25	2,79 ± 6,65	3,21 ± 4,32	0,17
Não Linear									
ES	2,65 ± 1,01	3,18 ± 0,36	3,62 ± 1,50	3,29 ± 0,38	2,58 ± 0,98	2,76 ± 1,00	3,75 ± 1,82*	3,53 ± 0,46	0,59
ECC	0,78 ± 0,32	0,88 ± 0,14	1,02 ± 0,31	0,89 ± 0,12	0,71 ± 0,29	0,77 ± 0,32	1,14 ± 0,23*	0,94 ± 0,15	0,83

GC: grupo convencional; GTMI: grupo treinamento; n: número de participantes; SUP: posição supina; ORTO: posição ortostática; rr: intervalo r-r; var: variância; LFa: baixa frequência; HFa: alta frequência; LFun: baixa frequência em unidades normalizadas; HFun: alta frequência em unidades normalizadas; ES: entropia de Shannon; ECC: entropia condicional corrigida; GxTxP: grupo versus tempo versus posição; *p<0,05: diferença significativa em relação a postura supina na condição pré do GTMI.

4.7. TESTE DE CORRELAÇÃO

Na tabela 7 estão apresentados os valores de correlação para ambos os grupos da CVF e variáveis de capacidade funcional, força periférica, equilíbrio e atividades da vida diária.

Os dados mostram correlação positiva moderada ($r= 0,60$) entre as variáveis CVF e TD6 no GTMI e correlação positiva baixa entre CVF e SL ($r=0,43$), para o GTMI também.

Tabela 7. Correlação da CVF com variáveis de capacidade funcional, força periférica, equilíbrio e atividades da vida diária.

Variável	GC (n=14)			GTMI (n=14)		
	r	R ²	p valor	r	R ²	p valor
TD6	-0,02	0,0008	0,92	0,60	0,35	0,02
SL	-0,12	0,01	0,66	0,43	0,18	0,03
FPP	-0,08	0,007	0,76	0,23	0,05	0,42
TUG	-0,30	0,09	0,13	-0,12	0,01	0,68
Índice de Barthel	0,17	0,02	0,41	0,24	0,06	0,39
Escala de Equilíbrio de Berg	-0,36	0,13	0,19	0,29	0,08	0,30

GC: grupo convencional; GTMI: grupo treinamento; n: número de participantes; SL: sentar e levantar; FPP: Força de Preensão Palmar; TUG: *time up and go*; $p < 0,05$: valor significativo.

4.8 TAMANHO DO EFEITO

Na tabela 8 estão apresentados os valores do tamanho do efeito do grupo treinamento em relação ao grupo convencional para as variáveis de função pulmonar, força e resistência muscular respiratória, capacidade funcional, percepção subjetiva de esforço, força dos MMSS e MMII, nível atividade de vida diária, equilíbrio e modulação autonômica da FC. Na tabela encontra-se também a classificação.

Tabela 8. Tamanho do efeito do tratamento para o grupo treinamento em comparação ao grupo convencional.

Variáveis GC vs GTMI	Cohen's d			Classificação
	TE	IC (95%)	DP	
Volumes e Capacidades Pulmonares				
CVL (L)	4,66	3,23 a 6,09	0,24	Grande
CVF (L)	4,85	3,49 a 6,50	0,19	Grande
VEF1 (L)	4,97	3,47 a 6,47	0,22	Grande
VEF1/ CVF (L)	3,21	2,09 a 4,34	3,66	Grande
Força e Resistência Muscular Respiratória				
PI _{máx} (cmH ₂ O)	0,17	-0,56 a 0,92	42,18	Pequeno
PE _{máx} (cmH ₂ O)	0,80	0,03 a 1,57	26,54	Moderado
PI _{máxS} (cmH ₂ O)	1,54	0,70 a 2,39	4,88	Grande
Capacidade Funcional e Força Periférica				
Nº de subidas	1,56	0,71 a 2,40	31,35	Grande
Borg dispneia	1,01	0,23 a 1,80	1,73	Grande
Borg MMII	0,47	-0,27 a 1,22	1,88	Moderado
SL	0,69	-0,07 a 1,45	1,82	Moderado
FPP	0,79	0,02 a 1,56	8,95	Moderado
TUG	0,04	-0,69 a 0,78	2,23	Pequeno
Equilíbrio e Atividades de Vida Diária				
Índice de Barthel	0,00	-0,74 a 0,74	2,87	Pequeno
Escala de Berg	0,29	-0,44 a 1,03	3,39	Moderado
Variabilidade da Frequência Cardíaca (Sup/ Orto)				
rr	0,80/	0,03 a 1,57/	163,15/	Grande/
	0,50	-0,25 a 1,25	98,38	Moderado
var	0,00/	-0,73 a 0,75/	3525,04/	Pequeno/
	0,40	-0,34 a 1,15	480,30	Moderado
LFa	0,08/	-0,65 a 0,82/	618,39/	Pequeno/
	1,03	0,24 a 1,81	226,60	Grande
HFa	0,27/	-0,46 a 1,02/	2536,52/	Moderado/
	0,01	-0,72 a 0,75	53,09	Pequeno
LFun	0,48/	-0,27 a 1,23/	24,13/	Moderado/
	0,43	-0,31 a 1,18	20,58	Moderado
HFun	0,10/	-0,64 a 0,84/	29,84/	Pequeno/
	0,21	-0,52 a 0,95	22,56	Moderado
LFa/HFa	0,07/	-0,66 a 0,81/	5,05/	Pequeno/
	0,59	-0,16 a 1,35	4,47	Moderado
ES	0,07/	-0,67 a 0,82/	1,66/	Pequeno/
	0,56	-0,18 a 1,32	0,42	Moderado
ECC	0,43/	-0,31 a 1,18/	0,27/	Moderado/
	0,36	-0,37 a 1,11	0,13	Moderado

GC: grupo convencional; GTMI: grupo treinamento; TE: tamanho do efeito; IC: intervalo de confiança; DP: desvio padrão; L: litros; CVL: capacidade vital lenta; CVF: capacidade vital forçada; VEF1: volume expiratório forçado no primeiro minuto; cmH₂O: centímetros de água; PI_{máx}: pressão inspiratória máxima; PE_{máx}: pressão expiratória máxima; PI_{máxS}: pressão inspiratória máxima sustentada; nº número; SL: sentar e levantar; FPP: Força de Prensão Palmar; kgf: quilograma-força; TUG: *time up and go*; seg: segundos; SUP: posição supina; ORTO: posição ortostática; rr: intervalo r-r; var: variância; LFa: baixa frequência; HFa: alta frequência; LFun: baixa frequência em unidades normalizadas; HFun: alta frequência em unidades normalizadas; ES: entropia de Shannon; ECC: entropia condicional corrigida. Tamanho do efeito avaliado pelo método de Cohen's d.

5. DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo mostraram que, para o GTMI em relação as variáveis respiratórias, houve melhora na função pulmonar, na força e na resistência muscular inspiratória. Também foram observados para este grupo, aumento no número de subidas no TD6 e redução da resposta sobre percepção de dispneia e cansaço nos membros inferiores no final do esforço, melhora na força periférica e equilíbrio, bem como dos índices da modulação autonômica da FC. Para o GC, também podem ser evidenciadas melhora na força e resistência respiratória, melhor desempenho em SL e TUG, bem como melhores valores nos resultados obtidos pelos questionários de atividades da vida diária e equilíbrio.

Os resultados do tamanho do efeito do tratamento, corroboram os benefícios da intervenção proposta, pois demonstram efeito nos volumes e capacidades pulmonares, na resistência muscular respiratória, e no número de subidas realizadas pelos pacientes, no TD6', que por sua vez também melhorou a resposta à dispneia no pico do exercício.

Desde que ocorreu a disseminação do coronavírus, sabe-se que à medida que a população em recuperação da infecção cresce, se torna fundamental estabelecer uma compreensão das questões de saúde que os cercam (HU et al., 2021). Estudos fizeram com que uma doença respiratória considerada fatal, fosse reconhecida como uma doença que afeta múltiplos órgãos, com um amplo espectro de manifestações (NALBANDIAN et al., 2021; WU, 2021), como observado em nossos resultados iniciais.

Neste estudo, foram identificados sintomas clínicos como dispneia, fadiga muscular, tosse seca, perda de memória e vertigem, da mesma forma, os mesmos sintomas foram encontrados e tidos como relevantes no estudo de Nalbandian et al. (2021), ao verificarem os efeitos residuais da infecção pela SARS-CoV-2, após três semanas do início dos sintomas.

Raveendran, Jayadevan e Sashidharan (2021), contribuem também para a importância do presente estudo, quando afirmam em suas pesquisas que, após a recuperação da Covid-19, quaisquer novos sintomas que apareçam precisam ser bem identificados e tratados para garantir que futuras complicações irreversíveis não ocorram, como embolia pulmonar, pneumotórax, doença arterial coronariana e acidente vascular cerebral.

Em adição, fatores de risco cardiometabólicos, incluindo hipertensão e diabetes, doença renal crônica e obesidade foram consistentemente identificados por Singh et al. (2020), como as comorbidades mais encontradas no longo Covid, tal qual foi possível também identificar nos pacientes do presente estudo.

Esses resultados se somam ao tempo e tipo de tratamento encontrados em nosso estudo. Identificou-se que mais de 80% dos pacientes, precisaram de cuidados especializados e permaneceram hospitalizados, o que segundo Nascimento et al. (2020), se deve ao fato das comorbidades associadas serem fatores agravantes, possibilitando a evolução para complicações e mortalidade da doença.

A infecção pela COVID-19, pode gerar diversas alterações fisiopatológicas na função pulmonar, resultando na redução da mesma, o que é concordante com os achados do presente estudo, que se mostraram inferiores

quando comparados aos valores previstos, caracterizando os pacientes com padrão restritivo. Sabe-se também que a maioria dos pacientes possuem sintomas leves, no entanto, cerca de um terço desenvolve complicações pulmonares graves, acarretando em lesão pulmonar aguda e síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA), o que pode resultar em intubação e hospitalização prolongada (MO et al., 2020; SHI et al., 2020).

A SDRA na sua fase aguda, resulta em edema pulmonar, descamação bronquiolar de células epiteliais ciliadas e formação de membrana hialina alveolar, promovendo a redução das trocas gasosas. As consequências dessas alterações, faz com que os pulmões tenham sinais de fibrose, em que as células epiteliais e os espaços alveolares apresentem deposição de fibrina, infiltração de células inflamatórias e fibroblastos, tornando então esse tecido pulmonar enrijecido, reduzindo as funções do mesmo (VENKATARAMAN; FRIEMAN et al., 2017).

Com isso, o comprometimento pulmonar com distúrbio restritivo da ventilação, se ainda, associado a ventilação mecânica (VM), pode limitar a mobilidade do músculo diafragma (YOU et al., 2020). Neste sentido, ocorre o início imediato de funções prejudicadas dos músculos respiratórios, o que em um momento futuro, se relacionará a diminuição das atividades da vida diária, com influência na qualidade de vida do indivíduo (AL-BASSAM et al., 2019).

No estudo de Liu et al. (2020), que avaliou a CVF, VEF1 e VEF1/CVF, antes e após o período de TMI e pacientes após Covid-19, similar ao presente estudo, os autores observaram melhora significativa entre o grupo experimental e o controle. Outro estudo, feito por Abodonya et al. (2019), após aplicar um protocolo de TMI de 20 sessões em pacientes após desmame de VM, demonstrou

melhores valores do que o grupo controle na avaliação de VEF1, em percentual do previsto.

Os resultados das análises de correlação, demonstram que existe correlação positiva moderada de CVF e TD6, e uma correlação positiva baixa de CVF e SL. Sendo a CVF a quantidade de ar que pode ser expirada dos pulmões após uma inspiração máxima (PASCOTINI; HAEFFNER; CIELO, 2016), isso sugere que quanto melhor a função pulmonar, melhor será o desempenho dos pacientes nas variáveis que expressam a capacidade funcional.

Quando analisados os resultados positivos encontrados no GTMI, podemos inferir que o TMI é um recurso seguro e eficaz. Esse dado, está bem estabelecido em outros estudos (BEAUMONT et al., 2018; AZAMBUJA; DE OLIVEIRA; SBRUZZI et al., 2020), onde referem que o TMI possui benefícios bem definidos e grandes efeitos na reabilitação pulmonar, para melhora da qualidade de vida, redução da queixa de dispneia e conseqüentemente melhor capacidade de realizar exercícios físicos.

A teoria por trás desta técnica envolve: o fortalecimento do diafragma facilitando a mecânica ventilatória, a atenuação do mecanismo metaborreflexo, reduzindo a participação simpática na modulação autonômica, e a redistribuição do fluxo sanguíneo dos músculos periféricos para a musculatura ventilatória em resposta ao aumento da sobrecarga cardiovascular, reduzindo assim o aporte energético aos membros ativos, induzindo fadiga precoce (AZAMBUJA; DE OLIVEIRA; SBRUZZI et al., 2020).

O equipamento utilizado para o TMI neste estudo, foi o Powerbreathe® Medical Plus, com carga linear, que independe do fluxo de ar gerado pelo paciente, e a carga prescrita é definida em escala numérica (KARSTEN et al.,

2021). Desta forma a prescrição e a periodização tornam-se mais precisas e confiáveis. Além disso, apresenta maior eficácia em relação a melhora da capacidade respiratória e força muscular inspiratória, quando aplicado em cargas de 30% a 60% da PImáx individualizada (ZAMFERRARI; SÁ et al., 2021), o que foi realizado ao longo das cinco semanas de intervenção.

Os achados desses estudos reforçam nossos resultados em relação a função respiratória dos pacientes do GTMI, sugerindo que a manutenção da força muscular respiratória adequada e a capacidade de gerar volumes pulmonares suficientes durante o exercício, tornam o treinamento muscular inspiratório uma intervenção benéfica no tratamento de pacientes após COVID-19.

Uma meta-análise recente realizada por Hanada et al. (2020), demonstrou resultados positivos para dispneia e qualidade de vida em 362 pacientes com fibrose pulmonar intersticial, associando exercícios respiratórios com exercício aeróbios. Somando-se aos achados de uma revisão (MALDANER et al., 2021), discutiu-se o uso de TMI em pacientes sintomáticos com fraqueza muscular respiratória que são motivados a otimizar seus ganhos de capacidade funcional.

Langer et al. (2018) mostraram que um programa domiciliar de TMI com 8 semanas de intervenção, em pacientes com doença pulmonar crônica, melhorou a força muscular inspiratória e a dispneia, reduzindo a ativação do diafragma durante o exercício, o que pode estar associado a uma importante resposta fisiológica dos músculos inspiratórios após TMI, e é compatível com a diminuição da unidade motora de recrutamento para gerar uma determinada força, como resultado da hipertrofia diafragmática.

Segundo Noda et al. (2009), o aumento da força muscular respiratória ocorre por hipertrofia da fibra muscular, principalmente as fibras do tipo IIb, enquanto o ganho da resistência se faz essencialmente pelo recrutamento das fibras tipo I. Sendo assim, mesmo não realizando 8 semanas de treinamento, com o aumento nos resultados para força e resistência dos músculos inspiratórios, para GTMI, é possível sugerir que as cinco semanas foram eficazes, para possivelmente promover alterações nas fibras musculares.

Outro fato é que a adição de TMI poderia atenuar o metabolorreflexo da musculatura respiratória nesses pacientes. O padrão de contração poderia diminuir a perfusão dos músculos locomotores, com redistribuição do fluxo sanguíneo em favor dos músculos respiratórios (MALDANER et al., 2021). Além disso, no TMI e nos exercícios respiratórios, a inspiração e a expiração são ativas durante todo o ciclo respiratório, favorecendo a otimização da função muscular, evidenciada no aumento da força. Com isso, os resultados do nosso estudo fornecem informações valiosas para a prática clínica, visto que, mesmo com cinco semanas de intervenção fisioterapêutica, foi possível identificar ganhos em relação a P_{lmáx} em ambos os grupos.

Os resultados deste estudo, demonstram que o GTMI obteve um acréscimo na força dos músculos respiratórios, o que pode alcançar benefícios quanto a efetividade da demanda ventilatória. Sugere-se também que a própria ação mecânica aumentada nos músculos inspiratórios, incluindo músculos como intercostais externos, que têm comprovada participação acessória na expiração (CASTILHO et al., 2020), durante os exercícios do protocolo de reabilitação proposto, foi possível proporcionar uma reorganização mecânica de todos os músculos envolvidos na respiração para GTMI.

A potência muscular é capaz de medir o desempenho muscular que combina força e velocidade de movimento, assim, quanto mais fortes os músculos mais resistentes a fadiga serão e, contudo, melhor será seu desempenho. Desta forma a melhora na eficiência da musculatura respiratória resulta em aumento do volume corrente, assim como do fluxo a cada ciclo respiratório (MATHEUS; et al., 2012). Em nossos resultados, observou-se melhora significativa da $PI_{máxS}$ para ambos os grupos após as sessões de fisioterapia, e tamanho de efeito grande para a $PI_{máxS}$, mostrando a eficácia do programa terapêutico, independentemente do TMI, tanto para força como para a resistência muscular respiratória.

No presente estudo, embora o TMI não tenha demonstrado efeitos sobre a $PI_{máx}$, $PE_{máx}$ e $PI_{máxS}$, na análise de interação entre os grupos, o mesmo foi eficaz para aumentar de forma significativa quando comparadas as condições pré e pós intervenção fisioterapêutica. Vale ressaltar que o GC não recebeu um treinamento específico da musculatura inspiratória, mas foram assistidos com exercícios respiratórios, o que possivelmente também proporcionou efeitos benéficos sobre a força e resistência muscular respiratória.

É possível que esses exercícios, mesmo sem carga, tenham contribuído para melhorar as variáveis no GC, como ocorreu no estudo de Xia et al., (2022), que após 14 sessões de exercícios respiratórios semelhantes ao protocolo clínico adotando nesta pesquisa, observaram aumento significativo na função pulmonar, em especial, a ventilação voluntária máxima, que estima a capacidade ventilatória, refletindo assim a capacidade de trabalho dos músculos respiratórios.

Em relação a capacidade funcional, os achados do presente estudo mostraram que os pacientes acometidos pela COVID-19, apresentaram os valores obtidos no TD6 inferiores aos valores previstos, e que após o treinamento respiratório específico, o grupo GTMI obteve melhores resultados na análise de interação entre os grupos. Isso pode ser também identificado quando analisados os resultados de tamanho de efeito grande para essa variável.

A capacidade física é um importante item de avaliação em indivíduos saudáveis ou com doença pulmonar crônica e geralmente pode ser analisada por meio de testes de exercício submáximos que verificam a tolerância ao exercício e são mais fieis as atividades físicas diárias (PALANGE et al., 2007). Mesmo o TD6 sendo utilizado desde 1920 para este tipo de avaliação, ainda são escassos os estudos aplicados nesta população. Segundo Kovalski et al. (2022), que aplicou o TD6 em pacientes hospitalizados com diagnóstico de COVID-19, quando comparado ao estudo de Oliveira et al. (2021), realizado com indivíduos saudáveis, com a mesma altura de degrau, que subiram uma média de 173,8 degraus, é possível verificar um menor desempenho para os pacientes que adquiriram a infecção.

A capacidade de funcional determina a qualidade de vida e prognóstico de doenças, sendo de extrema importância sua avaliação para adquirir informações sobre a saúde de uma população (ARCURI et al., 2016). Independentemente das consequências da COVID-19, sabe-se que pacientes em recuperação domiciliar ou hospitalar, principalmente com histórico de internação prolongada e submetidos a ventilação mecânica, são propensos à sarcopenia e fraqueza muscular, dispneia, fadiga e dores, devido ao imobilismo e agravos da infecção (FALVEY; KRAFF; KORNETTI, 2020; SIMPSON; ROBSON, 2020).

A redução da massa muscular também está presente nesta população, e segundo Frota et al. (2021), isso se dá devido à perda de unidades funcionais (sarcômeros) por falta de movimento ativo, que por sua vez conduz à instabilidade postural, encurtamento muscular e contraturas, assim, os pacientes com COVID-19 podem desenvolver um quadro de comprometimento físico e funcional que pode perdurar por um longo período após a alta, afetando negativamente sua qualidade de vida.

Outro fator que talvez possa explicar nossos resultados, se deve ao acúmulo de metabólitos gerados durante o exercício físico, que levam à sensibilização de receptores musculares chamados metaborreceptores. A ativação desses receptores induz uma resposta reflexa, que resulta em hiperventilação, agravando a sensação de dispneia, podendo culminar em fadiga dos músculos respiratórios e então, na redução da tolerância ao exercício (RIBEIRO; CHIAPPA; CALLEGARO, 2012), sendo então o TMI um contribuinte para melhorar o desempenho no TD6.

Em síntese, o metaborreflexo muscular respiratório é ativado durante o exercício pelo alto trabalho mecânico respiratório, resultando em fadiga da musculatura em questão, aumento do acúmulo de metabólitos circulantes no meio, e diminuição do fluxo sanguíneo, onde é possível observar em competição com a musculatura periférica em alta demanda; tal mecanismo ativa a descarga reflexa frênica aferente e desta forma, disparam o aumento da atividade simpática eferente causando vasoconstrição vascular periférica e redistribuição do aporte sanguíneo (DEMPSEY et al., 2002).

Além da melhora da capacidade funcional observada neste estudo, também houve melhora da percepção subjetiva de esforço identificada pela

resposta em relação à sensação de dispneia e cansaço dos MMII, mostrando queda nos valores obtidos e tamanho de efeito grande e moderado, respectivamente, dos pacientes do GTMI.

A dispneia é um preditor independente de morbidade e mortalidade na população geral e está associada à redução da capacidade funcional e qualidade de vida adversa relacionada à saúde. Esse sintoma complexo e multidimensional pode resultar em evitação de atividades físicas, descondicionamento e, finalmente, incapacidade de realizar atividades básicas da vida diária (CORTÉS-TELLES, 2021).

Unindo-se os assuntos supracitados, torna-se cada vez mais clara, a proporção de sequelas apresentadas por esses pacientes, o que os torna suscetíveis a sintomas prolongados de dispneia, dor no peito, intolerância ao exercício e fadiga extrema, levando ao chamado longo COVID-19 (BOS et al., 2021; CARFI; BERNABEI; LANDI, 2020). Pacientes com dispneia persistente apresentam maior déficit de trocas gasosas e um padrão restritivo referente a questão ventilatória. Assim, ocorre redução do desempenho físico, o que está associado à baixa força muscular, mas não à baixa massa muscular segundo Visser et al. (2000).

Somando-se aos dados anteriores, no estudo de Tranriverdi et al. (2021), o desempenho físico foi menor nos pacientes pós-COVID que se recuperaram da gravidade moderada da doença e apresentaram menor força muscular do quadríceps do que aqueles recuperados de gravidade leve da doença. O que é reforçado pelos resultados obtidos no teste SL do presente estudo, onde observou-se que ambos os grupos possuíam valores menores na condição pré intervenção quando comparados com o pós sessões de fisioterapia

ambulatorial, além de tamanho de efeito moderado, evidenciando a importância da fisioterapia na recuperação da doença.

Outro resultado relevante do estudo, em relação a força periférica, está na FPP. Ambos os grupos mostraram melhor desempenho quando comparados à pré intervenção por meio da análise dos deltas, porém na análise intragrupos, foi possível observar o que GTMI teve resultados mais relevantes e tamanho de efeito moderado.

Em uma pesquisa (LUBIAN; ROCKENBACH; JORGE, 2022), avaliou-se a força de preensão manual em 48 indivíduos que foram acometidos pelo SARS-CoV-2 e que foram hospitalizados, e os autores observaram diminuição desse parâmetro, relacionando-o ao baixo desempenho físico após a alta hospitalar.

A medição da força de preensão manual é relacionada ao estado geral de saúde na COVID-19. Além disso, a força muscular foi considerada um fator de risco independente para a gravidade da COVID-19 e está associada a uma diminuição de 16% no risco de hospitalização (LUBIAN; ROCKENBACH; JORGE, 2022).

Ao contrário dos achados desta pesquisa, onde não foi observada significância na análise de interação para a FPP, Tuzum et al. (2020), demonstraram que a força de preensão manual de todos os pacientes estava abaixo do predito, durante a hospitalização por COVID-19. Além disso, Paneroni et al. (2021), relataram que a grande maioria dos pacientes com COVID-19 apresentava fraqueza muscular do quadríceps no momento da alta, que poderia ser revertida supostamente com maior tempo de reabilitação do que o utilizado em nosso protocolo de reabilitação.

Ainda sobre as variáveis de capacidade funcional, apesar dos resultados dos deltas, mostrarem um melhor desempenho no teste de TUG para ambos os grupos, apenas o GC obteve valores significativos. O TUG é um teste amplamente utilizado em diversas populações, devido à sua capacidade de identificar pessoas com risco de quedas e sua facilidade de aplicação, necessitando de poucos instrumentos para sua realização (MESQUITA et al., 2016; BUI et al., 2017). Seu principal desfecho é a mensuração do tempo, em segundos.

É referido na literatura que redução da mobilidade funcional, função global, fadiga e disfunção muscular, e a redução da tolerância ao exercício, podem comprometer também o equilíbrio, assim como a diminuição de força do quadríceps pode desempenhar papel importante para a redução do desempenho em testes funcionais (CRUZ et al., 2015; AL HADDAD et al., 2016; KOFOD et al., 2017).

No presente estudo, verificou-se que após o período de cinco semanas, mesmo sem influência significativa da melhora de força periférica, houve melhora da mobilidade, que fez com que a velocidade dos pacientes em ambos os grupos, aumentasse. Isso soma-se aos achados em relação ao equilíbrio e melhora das AVDs.

Utilizando o índice de Barthel, foram avaliadas as AVDs dos pacientes. O índice aplica 10 itens com relação a higiene, auto cuidado e mobilidade e sua eficácia é amplamente aceita para esse tipo de avaliação (TREVISSON-REDONDO et al., 2021). Mesmo sem valores de interação significantes, nosso estudo sugere que as AVDs podem ser reduzidas após a COVID-19, o que pode

ser observado em ambos os grupos, pelo aumento dos valores após o período de intervenção.

Sabe-se que os pacientes que sobrevivem à COVID-19, desenvolvem muitos déficits funcionais que afetam sua capacidade de voltar ao ritmo diário. A capacidade de manter a estabilidade e o equilíbrio são habilidades complexas que são essenciais para a mobilidade independente e assim, influenciando na qualidade de vida (TINETTI; KUMAR, 2010).

Em indivíduos saudáveis, a mecânica da musculatura respiratória, possui grande efeito postural. Assim, o diafragma e os músculos intercostais não são apenas necessários na função respiratória, mas também têm um papel de destaque na execução da postura (GRILLNER; NILSSON; THORSTENSSON, 1978; TOUNSI et al., 2021).

O diafragma possui ação de co-contração contínua, contribuindo para a estabilização postural durante tarefas que desafiam repetidamente a postura do tronco, aumentando a pressão intra-abdominal para sustentar a coluna (SMITH; CHANG; HODGES, 2016). Sendo assim, nossos achados após o protocolo proposto, que mostraram resultados significativos para o equilíbrio dos pacientes, comparados ao início do estudo em ambos os grupos, baseados nesse mecanismo fisiológico, apoiam a ideia de que a melhora da força muscular inspiratória leva a melhorias no equilíbrio funcional e pode ajudar a recuperar o equilíbrio, que parece estar comprometido pelo aumento da atividade muscular do tronco, somando-se a tamanho de efeito moderado encontrado nas análises.

Quanto aos valores da VFC na posição supina para o GTMI, que apresentou melhora significativa, e foram analisadas por métodos não lineares, entropia de Shannon (ES) e entropia condicional (EC), os quais forneceram

indicadores de complexidade da série temporal de iRR. Ambas as análises mostram valores menores antes da intervenção, o que indica redução da complexidade. Também foi possível notar tamanho de efeito moderado nas variáveis analisadas.

As entropias são medidas que descrevem a irregularidade, a complexidade ou o grau de incerteza da série temporal experimental. Assim, quanto mais alto o valor da entropia, mais complexo é o processo (KITLAS et al., 2005). De acordo com estudos (Task Force, 1996; WAGNER; PERSSON, 1998; FERREIRA ET AL., 2009), a entropia de um sinal está relacionada com a evolução de uma série temporal no futuro e é caracterizada por sua forma mais sensível de detectar tais eventos, pois seu caráter não linear associado à VFC age de acordo com inúmeras interações eletrofisiológicas e hemodinâmicas até a variáveis do sistema nervoso autónomo e central ou simplesmente a fatores humorais.

A resposta autonômica ao ortostatismo durante manobras de mudanças posturais, tem sido realizada para avaliar a adaptação do organismo às posturas supinas e ortostáticas, sendo que achados recentes mostram a posição ortostática, a que provoca uma ativação progressiva do SNA simpático, enquanto na posição supina, o parassimpático é o mais prevalente (BARANTKE et al., 2008). Outro estudo cita que a FC de repouso é influenciada por diversos fatores, como características genéticas, antropométricas, idade, gênero, nível de aptidão física, estado de saúde, entre outros (SOUSA et al., 2012).

A variabilidade da FC em repouso na postura supina, permite identificar alterações do balanço simpatovagal sobre o nó sinusal. Sendo assim, em supino, ocorre maior ativação parassimpática sobre o nó sinusal, em relação à posição

ortostática (SOUSA et al., 2012). Somando-se a esse fato, Zuttin et al. (2008) observaram diminuição da atuação simpática em relação à parassimpática na postura supina, apresentando maior variabilidade da FC, o que pode explicar nossos resultados.

No estudo de Hasty et al. (2021), que examinou as respostas autonômicas cardíacas, notou diminuições na VFC de mais de 40%, que precederam um aumento de 50% na PCR durante as 72 horas seguintes. A identificação precoce do aumento da inflamação, pode ser vital para reduzir os efeitos deletérios de uma resposta inflamatória anormal, o que terá grande impacto na triagem e atendimento de pacientes com COVID-19 moderados a graves.

Esses achados somam-se aos resultados de recente estudo (KURTOĞLU et al., 2022), que ao analisarem pacientes após COVID-19, encontraram algum grau de disfunção no sistema nervoso autônomo cardíaco. Sendo assim, faz-se necessário o diagnóstico precoce do desequilíbrio autonômico desses pacientes, afim de planejar a intervenção e limitar a progressão da doença (KALIYAPERUMAL et al., 2021). Ficando claro também, que o TMI pode auxiliar na melhora dos resultados da complexidade da VFC.

Encontra-se como limitação do estudo a ausência de um grupo composto por pacientes que realizassem a intervenção fisioterapêutica acrescida do TMI com carga placebo. Acredita-se que outra limitação encontrada esteja relacionada com o tempo de intervenção. Tratando-se de um serviço público, o mesmo não possui flexibilidade e/ou autonomia aos fisioterapeutas para estipular número de sessões necessárias para cada atendimento, seguindo assim como padrão, todos os pacientes recebem 10 sessões. Somando-se a este fato, outra

limitação encontrada no presente estudo, está relacionada ao tempo hábil para a realização do teste-reteste do protocolo estabelecido, não sendo possível observar o efeito de aprendizagem.

E por fim, a infraestrutura do local de atendimento, pode ser classificada como uma limitação para o estudo. É de conhecimento que o protocolo de avaliação considerado padrão ouro é o teste de esforço graduado, realizado em esteira ou bicicleta ergométrica. No entanto, seu custo é elevado e requer uma equipe especializada, o que pode ser um obstáculo para avaliar grandes populações (PESSOA et al., 2012). O teste de caminhada de 6 minutos (TC6) é comumente utilizado na prática clínica, no entanto, segundo as recomendações da *American Thoracic Society* (ATS, 2002), um corredor de 30 m é necessário para uma execução confiável, o que nem sempre é possível. Com base nisso, o TD6 requer menos espaço para ser realizado, necessitando apenas de um degrau simples, podendo ser portátil e realizado em qualquer local (RITT et al., 2021), o que foi um facilitador para manter a rotina diária do serviço municipal.

Por conseguinte, espera-se que este estudo contribua para estabelecer pontos de partida para o desenvolvimento de futuros estudos de investigação nesta área de intervenção, onde essas limitações possam ser resolvidas.

6. CONCLUSÃO

Após análise e discussão dos achados deste estudo, verificou-se que o acréscimo do TMI a um protocolo de fisioterapia convencional, é uma estratégia válida para a melhora da função pulmonar, força e resistência muscular inspiratória, bem como, na melhora da capacidade funcional, percepção subjetiva de esforço, força periférica, equilíbrio e modulação autonômica da FC de pacientes após infecção pela COVID-19.

Da mesma forma, identificou-se que mesmo no GC houve melhora na força e resistência muscular respiratória, força de membros inferiores e consequente melhora na velocidade da marcha, dando ao paciente maior independência funcional.

Assim, é possível concluir que, ambos os grupos apresentaram melhora após o período de intervenção, sugerindo que tanto o TMI quanto o protocolo convencional promoveram adaptações benéficas nessa população, evidenciando a importância da fisioterapia na reabilitação de pacientes após infecção por COVID-19. Contudo, estudos que avaliem diferentes estratégias de reabilitação e protocolos de TMI ainda são necessários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABODONYA, A. M. et al. Treinamento muscular inspiratório para pacientes recuperados de COVID-19 após desmame da ventilação mecânica: um estudo clínico piloto de controle. **Medicina**, v. 100, n. 13, 2021.

AGHAGOLI, G. et al. Neurological Involvement in COVID-19 and Potential Mechanisms: A Review. **Neurocritical Care**, v. 34, n. 3, p. 1062–1071, jun. 2021.

AL HADDAD, M. A. et al. Role of the timed up and go test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention**, v. 36, n. 1, p. 49-55, 2016.

AL-ALY, Z.; XIE, Y.; BOWE, B. High-dimensional characterization of post-acute sequelae of COVID-19. **Nature**, v. 594, n. 7862, p. 259–264, 10 jun. 2021.

AL-BASSAM, W. et al. "Likely overassistance" during invasive pressure support ventilation in patients in the intensive care unit: A multicentre prospective observational study. **Critical Care and Resuscitation**, v. 21, n. 1, p. 18-24, 2019.

ALSHAHRANI, I. et al. COVID-19 and cardiovascular system—a comprehensive review. **Reviews in Cardiovascular Medicine**, v. 22, n. 2, p. 343, 2021.

American College of Sports Medicine. Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n. 8, p. 1423–1434, ago. 2007.

ARCURI, J. F. et al. Validity and reliability of the 6-minute step test in healthy individuals: a cross-sectional study. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 26, n. 1, p. 69–75, 2016.

ATS - American Thoracic Society, European Respiratory Society. Task Force: Standardisation of lung function testing. Standardisation of Spirometry. **Eur Respir J**. 2005.

ATS - American Thoracic Society. ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 166, n. 1, p. 111–117, jul. 2002.

AUBERT, A. E.; SEPS, B.; BECKERS, F. Heart Rate Variability in Athletes: **Sports Medicine**, v. 33, n. 12, p. 889–919, 2003.

AZAMBUJA, A. D. E.; DE OLIVEIRA, L. Z.; SBRUZZI, G. Inspiratory muscle training in patients with heart failure: What is new? systematic review and meta-analysis. **Physical Therapy**, v. 100, n. 12, p. 2099–2109, 2020.

* Baseadas na norma NBR 6023, de 2002, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

BANDYOPADHYAY, D. et al. COVID-19 Pandemic: Cardiovascular Complications and Future Implications. **American Journal of Cardiovascular Drugs**, v. 20, n. 4, p. 311–324, ago. 2020.

BARANTKE, M. et al. Effects of gender and aging on differential autonomic responses to orthostatic maneuvers. **Journal of cardiovascular electrophysiology**, v. 19, n. 12, p. 1296-1303, 2008.

BEAUMONT, M. et al. Effects of inspiratory muscle training in COPD patients: A systematic review and meta-analysis. **The Clinical Respiratory Journal**, v. 12, n. 7, p. 2178–2188, 2018.

BEIGEL, J. H. et al. Remdesivir for the Treatment of Covid-19 — Final Report. **New England Journal of Medicine**, v. 383, n. 19, p. 1813–1826, 5 nov. 2020.

BERG, K. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. **Physiotherapy Canada**, v. 41, n. 6, p. 304–311, nov. 1989.

BLACK LF, HYATT R.E., Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. **Am. Rev Respir. Dis.**, 1969.

BOS, L. D.; BRODIE, D.; CALFEE, C. S. Severe COVID-19 infections—knowledge gained and remaining questions. **JAMA Internal Medicine**, v. 181, n. 1, p. 9, 2021.

BUCHHORN, R.; BAUMANN, C.; WILLASCHEK, C. Heart Rate Variability in a Patient with Coronavirus Disease 2019. **International Cardiovascular Forum Journal**, v. 20, 7 ago. 2020.

BUI, K.-L. et al. Functional tests in chronic obstructive pulmonary disease, part 2: Measurement properties. **Annals of the American Thoracic Society**, v. 14, n. 5, p. 785–794, 2017.

CARFÌ, A. et al. Persistent Symptoms in Patients After Acute COVID-19. **JAMA**, v. 324, n. 6, p. 603, 11 ago. 2020.

CARVALHO, L. P. et al. Prediction of Cardiorespiratory Fitness by the Six-Minute Step Test and Its Association with Muscle Strength and Power in Sedentary Obese and Lean Young Women: A Cross-Sectional Study. **PLOS ONE**, v. 10, n. 12, p. e0145960, 30 dez. 2015.

CASTILHO, T. et al. Effects of inspiratory muscle training and breathing exercises in children with asthma: a systematic review. **Journal of Human Growth and Development**, v. 30, n. 2, p. 291-300, 2020.

CHARUSUSIN, N. et al. Inspiratory muscle training protocol for patients with chronic obstructive pulmonary disease (IMTCO study): a multicentre randomised controlled trial. **BMJ Open**, v. 3, n. 8, p. e003101, ago. 2013.

CHUNG, Y. et al. 12-Week Inspiratory Muscle Training Improves Respiratory Muscle Strength in Adult Patients with Stable Asthma: A Randomized Controlled Trial. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 6, p. 3267, 22 mar. 2021.

COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed ed. Hillsdale, N.J: L. **Erlbaum Associates**, 1988.

CONNORS, J. M.; LEVY, J. H. COVID-19 and its implications for thrombosis and anticoagulation. **Blood**, v. 135, n. 23, 27 abr. 2020.

CORTÉS-TELLES, A. et al. Pulmonary function and functional capacity in COVID-19 survivors with persistent dyspnoea. **Respiratory physiology & neurobiology**, v. 288, p. 103644, 2021.

CRUZ, J. et al. Global functioning of COPD patients with and without functional balance impairment: an exploratory analysis based on the ICF framework. **COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 12, n. 2, p. 207-216, 2015.

DAL CORSO, S. et al. A step test to assess exercise-related oxygen desaturation in interstitial lung disease. **European Respiratory Journal**, v. 29, n. 2, p. 330–336, 27 set. 2007.

DENNIS, A. et al. COVERSCAN study investigators. Multiorgan impairment in low-risk individuals with post-COVID-19 syndrome: A prospective, community-based study. **BMJ Open** v. 11 n. 3, 2021.

DI FABIO, R. P.; SEAY, R. Use of the “Fast Evaluation of Mobility, Balance, and Fear” in Elderly Community Dwellers: Validity and Reliability. **Physical Therapy**, v. 77, n. 9, p. 904–917, 1 set. 1997.

DOCHERTY, A. B. et al. Features of 20 133 UK patients in hospital with covid-19 using the ISARIC WHO Clinical Characterisation Protocol: prospective observational cohort study. **BMJ**, p. m1985, 22 maio 2020.

EDWARDS, A. M. et al. Four Weeks of Inspiratory Muscle Training Improves Self-Paced Walking Performance in Overweight and Obese Adults: A Randomised Controlled Trial. **Journal of Obesity**, v. 2012, p. 1–6, 2012.

ESPINOZA-VALDÉS, Y. et al. Association between Cardiac Autonomic Control and Postural Control in Patients with Parkinson’s Disease. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 1, p. 249, 31 dez. 2021.

FALVEY, J. R.; KRAFFT, C.; KORNETTI, D. The essential role of home- and community-based physical therapists during the COVID-19 pandemic. **Physical Therapy**, v. 100, n. 7, p. 1058–1061, 2020.

FERNANDEZ-RUBIO, H. et al. Inspiratory Muscle Training in Patients with Heart Failure. **Journal of Clinical Medicine**, v. 9, n. 6, p. 1710, 2 jun. 2020.

FESS, E. Grip strength. In: Casanova JS. Clinical Assessment Recommendations. 2nd ed. Chicago: **American Society of Hand Therapists**. p. 41-45, 1992.

FIGUEIREDO, I. M. et al. Test of grip strength using the Jamar dynamometer. **Acta Fisiátrica**, v. 14, n. 2, p. 104–110, 9 jun. 2007.

FROTA, A. X. et al. Functional capacity and rehabilitation strategies in COVID-19 patients: Current knowledge and challenges. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 54, 2021.

GHOSH, R. et al. Autonomic dysfunction heralding acute motor axonal neuropathy in COVID-19. **Journal of NeuroVirology**, v. 26, n. 6, p. 964–966, dez. 2020. -19. *Journal of neurovirology*, v. 26, n. 6, p. 964-966, 2020.

GRILLNER, S.; NILSSON, J.; THORSTENSSON, A. Intra-abdominal pressure changes during natural movements in man. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 103, n. 3, p. 275-283, 1978.

HANADA, M. et al. Aerobic and breathing exercises improve dyspnea, exercise capacity and quality of life in idiopathic pulmonary fibrosis patients: systematic review and meta-analysis. **Journal of Thoracic Disease**, v. 12, n. 3, p. 1041, 2020.

HARTLEY, P. et al. Change in skeletal muscle associated with unplanned hospital admissions in adult patients: A systematic review and meta-analysis. **PLOS ONE**, v. 14, n. 1, p. e0210186, 4 jan. 2019.

HASTY, F. et al. Heart Rate Variability as a Possible Predictive Marker for Acute Inflammatory Response in COVID-19 Patients. **Military Medicine**, v. 186, n. 1–2, p. e34–e38, 30 jan. 2021.

HU, B. et al. Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19. **Nature Reviews Microbiology**, v. 19, n. 3, p. 141-154, 2021.

HUANG, C. et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. **The Lancet**, v. 395, n. 10223, p. 497–506, fev. 2020.

JASTRZEBSKI, D.; KOZIELSKI, J.; ŻEBROWSKA, A. Pulmonary rehabilitation in patients with idiopathic pulmonary fibrosis with inspiratory muscle training. **Pneumonologia i Alergologia Polska**, v. 76, n. 3, p. 131–141, 22 maio 2008.

KALIYAPERUMAL, D. et al. Characterization of cardiac autonomic function in COVID-19 using heart rate variability: a hospital based preliminary observational study. **Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology**, v. 32, n. 3, p. 247–253, 13 maio 2021.

KARSTEN, M. et al. The effects of inspiratory muscle training with linear workload devices on the sports performance and cardiopulmonary function of athletes: A systematic review and meta-analysis. **Physical Therapy in Sport**, v. 34, p. 92-104, 2018.

KOFOD, L. M. et al. Resistance training with ankle weight cuffs is feasible in patients with acute exacerbation of COPD. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**, v. 37, n. 1, p. 49-56, 2017.

KURTOĞLU, E. et al. Altered cardiac autonomic function after recovery from Covid-19. **Annals of Noninvasive Electrocardiology**, v. 27, n. 1, 2021.

LANGER, D. et al. Inspiratory muscle training reduces diaphragm activation and dyspnea during exercise in COPD. **Journal of applied physiology**, v. 125, n. 2, p. 381-392, 2018.

LAW, S.; LEUNG, A. W.; XU, C. Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) and Coronavirus disease-2019 (COVID-19): From Causes to Preventions in Hong Kong. **International Journal of Infectious Diseases**, abr. 2020.

LECHIEN, J. R. et al. Clinical and epidemiological characteristics of 1420 European patients with mild-to-moderate coronavirus disease 2019. **Journal of Internal Medicine**, v. 288, n. 3, p. 335–344, set. 2020.

LEMHÖFER, C. et al. Assessment of rehabilitation needs in patients after COVID-19: Development of the COVID-19-rehabilitation needs survey. **Journal of Rehabilitation Medicine**, v. 53, n. 4, p. jrm00183, 2021.

LIU, K. et al. Reabilitação respiratória em pacientes idosos com COVID-19: Um estudo controlado randomizado. **Terapias complementares na prática clínica**, v. 39, p. 101166, 2020.

LUBIAN, T.; ROCKENBACH, C. W.; JORGE, M. S. Intervenção fisioterapêutica sobre a força de prensão manual e capacidade funcional em pacientes pós-COVID-19. **Journal Health NPEPS**, v. 7, n. 1, 2022.

MALDANER, V. et al. Adjunctive inspiratory muscle training for patients with COVID-19 (COVIDIMT): protocol for randomised controlled double-blind trial. **BMJ open**, v. 11, n. 9, p. e049545, 2021.

MCDOWELL, I, NEWELL, C. Measuring health: A guide to rating scales and questionnaires, 2nd ed. **New York**: Oxford University Press, 1996

MESQUITA, R. et al. Measurement properties of the Timed Up & Go test in patients with COPD. **Chronic respiratory disease**, v. 13, n. 4, p. 344–352, 2016.

MO, X. et al. Abnormal pulmonary function in COVID-19 patients at time of hospital discharge. **European Respiratory Journal**, v. 55, n. 6, 2020.

MUKAKA, M. M. Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v. 24, n. 3, p. 69–71, 2012.

NALBANDIAN, A. et al. Post-acute COVID-19 syndrome. **Nature medicine**, v. 27, n. 4, p. 601-615, 2021.

NASCIMENTO, V. A. et al. Características clínicas e efeitos do Covid-19 nos pacientes idosos: uma revisão integrativa. **Archives of Health Investigation**, v. 9, n. 6, p. 617-622, 2020.

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**, v. 32, n. 6, p. 719–727, jun. 1999.

NODA, J. L. et al. O Efeito do Treinamento Muscular Respiratório na Miastenia Grave. **Revista Neurociências**, v. 17, n. 1, p. 37–45, 2019.

PANERONI, M. et al. Muscle strength and physical performance in patients without previous disabilities recovering from COVID-19 pneumonia. **American journal of physical medicine & rehabilitation**, v. 100, n. 2, p. 105-109, 2021.

PASCOTINI, F. D. O. S.; HAEFFNER, L. S.; CIELO, C. A. Capacidade vital forçada e tempos máximos de Fonação em Relação à circunferência abdominal e ao estado nutricional de Crianças. **Revista CEFAC**, v. 18, n. 4, p. 915–922, 2016.

PEREIRA, C. A. C.; NEDER, J. A. Directives for pulmonary function tests. **J Pneumol**, v. 28, n. 3, p. 1-82, 2002.

PESSOA, B. V. et al. Teste do degrau e teste da cadeira: comportamento das respostas metabólo-ventilatórias e cardiovasculares na DPOC. **Fisioterapia em Movimento**, v. 25, n. 1, p. 105–115, mar. 2015.

PODSIADLO, D.; RICHARDSON, S. The Timed “Up & Go”: A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 39, n. 2, p. 142–148, fev. 1991.

Polar ProTrainer. Get the software safely and easily. Disponível em: <https://polar-protrainer.software.informer.com/5.4>. Acesso em: 25, abr. 2022.

PORTA A, et al. Entropy, Entropy Rate, and Pattern Classification as Tools to Typify Complexity in Short Heart Period Variability Series. **IEEE Trans Biomed Eng.** 2001. 48(11): 1282-91

POWERBREATHE. POWERbreathe K5 - PWBK5 - k-series K5 [internet]. Edmonton: Running Room; 2016 [acesso em 2016 abr 07]. Disponível em: <http://ca.shop.runningroom.com/gear/powerbreathe-k5-pwbk5-k-series-k5.html>.

RAJENDRA ACHARYA, U. et al. Heart rate variability: a review. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v. 44, n. 12, p. 1031–1051, dez. 2006.

RAVEENDRAN, A. V.; JAYADEVAN, R.; SASHIDHARAN, S. Long COVID: an overview. **Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews**, v. 15, n. 3, p. 869-875, 2021.

REUBEN, D. B.; SIU, A. L. An Objective Measure of Physical Function of Elderly Outpatients: The Physical Performance Test. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 38, n. 10, p. 1105–1112, out. 1990.

RIBEIRO, J. P.; CHIAPPA, G. R.; CALLEGARO, C. C. Contribuição da musculatura inspiratória na limitação ao exercício na insuficiência cardíaca: mecanismos fisiopatológicos. **Rev Bras Fisioter**, v. 16, n. 4, p. 261-267, 2012.

RITT, L. E. et al. O teste do Degrau de Seis Minutos Como preditor de Capacidade funcional de acordo Com o consumo de oxigênio de pico em pacientes cardíacos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 116, n. 5, p. 889–895, 2021.

ROCHA, M. S. et al. Inspiratory loading exercises on respiratory muscle function in post-operative gastropasty patients: a randomized clinical trial. **Fisioterapia em Movimento**, v. 32, 2019.

RUBIO-RIVAS, M. et al. Predicting Clinical Outcome with Phenotypic Clusters in COVID-19 Pneumonia: An Analysis of 12,066 Hospitalized Patients from the Spanish Registry SEMI-COVID-19. **Journal of Clinical Medicine**, v. 9, n. 11, p. 3488, 29 out. 2020.

STRATFORD P. W. Summarizing the results of multiple strength trials: truth or consequence. **Physio Can**, v. 44, p. 14-18, 1992.

SCHAFFER, J. L.; GRAHAM, J. W. Missing data: our view of the state of the art. **Psychological methods**, v. 7, n. 2, p. 147, 2002.

SCHULTZ, A. B.; ALEXANDER, N. B.; ASHTON-MILLER, J. A. Biomechanical analyses of rising from a chair. **Journal of Biomechanics**, v. 25, n. 12, p. 1383–1391, dez. 1992.

SHI, H. et al. Radiological findings from 81 patients with covid-19 pneumonia in Wuhan, China: A descriptive study. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 20, n. 4, p. 425–434, 2020.

SILVA, L. R. B. E. et al. Cardiac Autonomic Modulation and the Kinetics of Heart Rate Responses in the On- and Off-Transient during Exercise in Women with Metabolic Syndrome. **Frontiers in Physiology**, v. 8, p. 542, 26 jul. 2017.

SMITH, M. D.; CHANG, A. T.; HODGES, P. W. Balance recovery is compromised and trunk muscle activity is increased in chronic obstructive pulmonary disease. **Gait & posture**, v. 43, p. 101-107, 2016.

SIMPSON, R.; ROBINSON, L. Rehabilitation after critical illness in people with covid-19 infection. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 99, n. 6, p. 470–474, 2020.

SINGH, A. K. et al. Prevalence of co-morbidities and their association with mortality in patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. **Diabetes, Obesity and Metabolism**, v. 22, n. 10, p. 1915-1924, 2020.

SOUSA, F. S. et al. Analysis of hemodynamic variables on gravitational positioning. **Fisioterapia em Movimento**, v. 25, p. 795-802, 2012.

SISÓ-ALMIRALL, A. et al. Prognostic factors in Spanish COVID-19 patients: A case series from Barcelona. **PLOS ONE**, v. 15, n. 8, p. e0237960, 21 ago. 2020.

SISÓ-ALMIRALL, A. et al. Long Covid-19: Proposed Primary Care Clinical Guidelines for Diagnosis and Disease Management. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 8, p. 4350, 20 abr. 2021.

STEGEN, S. et al. Physical Fitness in Morbidly Obese Patients: Effect of Gastric Bypass Surgery and Exercise Training. **Obesity Surgery**, v. 21, n. 1, p. 61–70, jan. 2011.

SUDRE, C. H. et al. Symptom clusters in Covid19: A potential clinical prediction tool from the COVID Symptom study app. 16 jun. 2020.

Task Force of European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology Heart Rate Variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. **European Heart Journal**, v. 17, p. 354–381, 1996.

TANRIVERDI, A. et al. Extrapulmonary features of post-COVID-19 patients: Muscle function, physical activity, mood, and sleep quality. **Irish Journal of Medical Science (1971 -)**, v. 191, n. 3, p. 969–975, 2021.

TINETTI, M. E. Performance-Oriented Assessment of Mobility Problems in Elderly Patients. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 34, n. 2, p. 119–126, fev. 1986.

TINETTI, M. E.; KUMAR, C. The patient who falls: “It’s always a trade-off”. **Jama**, v. 303, n. 3, p. 258-266, 2010.

TOUNSI, B. et al. Effects of specific inspiratory muscle training combined with whole-body endurance training program on balance in COPD patients: Randomized controlled trial. **PloS one**, v. 16, n. 9, p. e0257595, 2021.

TREVISSON-REDONDO, B. et al. Use of the Barthel index to assess activities of daily living before and after SARS-COVID 19 infection of Institutionalized Nursing home patients. **International journal of environmental research and public health**, v. 18, n. 14, p. 7258, 2021.

TUZUN, S. et al. Assessment of musculoskeletal pain, fatigue and grip strength in hospitalized patients with COVID-19. 2020.

VANDERLEI, L. C. M. et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**, v. 24, n. 2, p. 205–217, jun. 2009.

VENKATARAMAN, T.; FRIEMAN, M. B. The role of epidermal growth factor receptor (EGFR) signaling in SARS coronavirus-induced pulmonary fibrosis. **Antiviral research**, v. 143, p. 142–150, 2017.

VISSER, M. et al. Skeletal muscle mass and muscle strength in relation to lower-extremity performance in older men and women. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 48, n. 4, p. 381–386, 2000.

VOLIANITIS, S. et al. Inspiratory muscle training improves rowing performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, p. 803–809, maio 2001.

WOLFSON, L. I. et al. Stressing the Postural Response: A Quantitative Method for Testing Balance. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 34, n. 12, p. 845–850, dez. 1986.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO COVID-19 dashboard. Disponível em: <https://covid19.who.int/>. Acesso em: 25, abr. 2022.

WU, M. Síndrome pós-Covid-19–Revisão de Literatura. **Revista Biociências**, v. 27, n. 1, p. 1-14, 2021.

WU, Z.; MCGOOGAN, J. M. Characteristics of and Important Lessons From the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China. **JAMA**, v. 323, n. 13, 24 fev. 2020.

XIA, W. et al. A telerehabilitation programme in post-discharge COVID-19 patients (TERECO): a randomised controlled trial. **Thorax**, v. 77, n. 7, p. 697-706, 2022.

YOU, J. et al. Anormal pulmonary function and residual CT abnormalities in rehabilitating COVID-19 patients after discharge. **Journal of Infection**, v. 81, n. 2, p. e150-e152, 2020.

ZAMFERRARI, E. F.; SÁ, W. H. Influência do treinamento muscular inspiratório no pós-operatório cardíaco. **Encontro Internacional de Produção Científica**, 2021.

ZUTTIN, R. S. et al. Avaliação da Modulação Autonômica da Freqüência cardíaca NAS Posturas Supina E Sentada de Homens Jovens Sedentários. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 12, n. 1, 2008.

APÊNDICE 1



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nome: _____ RG: _____

Data de nascimento: ___/___/___ Idade: _____ anos

Endereço:

Cidade:

Telefone:

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa “**Protocolo de intervenção muscular respiratória em sujeitos após infecção pela Covid-19**”. Trata-se de um projeto de pesquisa desenvolvido pelo Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, com o objetivo de avaliar os efeitos de um protocolo de treinamento muscular inspiratório (TMI) sobre a função e força muscular respiratória, força muscular periférica, aptidão física e alterações da frequência cardíaca em indivíduos pós COVID-19. Acredita-se que a aplicação desses exercícios propiciar melhorias na respiração, redução do cansaço e assim, permitir um melhor desempenho nas atividades da vida diária.

Você poderá participar dos seguintes procedimentos:

- 1- Avaliações e testes físicos como, por exemplo: testes de função pulmonar e teste de caminhada.
- 2- Participar de um dos dois grupos sendo: um grupo controle que receberá o atendimento convencional do setor de Fisioterapia; ou grupo treinamento, que receberá exercícios respiratórios específicos. Em caso de eficácia do treinamento proposto, todos do grupo convencional terão acesso gratuito ao treinamento muscular inspiratório.
- 3- Exercícios respiratórios e/ou musculares semanais, durante a sessão de fisioterapia.

4- Além das avaliações, orientações para a inicialização de exercícios físicos afim de melhorar o condicionamento físico.

Cada voluntário será assistido por uma Fisioterapeuta para a realização dos testes propostos. A pesquisa constará de avaliação, intervenção e reavaliação.

Possíveis benefícios

Os resultados obtidos nesse estudo contribuirão para compreender a influência de treinamento muscular respiratório para melhora da respiração, redução do cansaço e assim, permitir um melhor desempenho nas atividades da vida diária dos indivíduos após acometimento pelo Covid-19. Esse conhecimento pode servir de referência para outros estudos na área da saúde, ampliando o conhecimento científico.

Possíveis riscos

O voluntário poderá sentir cansaço com a realização das avaliações e sessões de treinamento. Além disso, durante o procedimento os voluntários serão acompanhados pela equipe de saúde com enfermeiro e fisioterapeuta responsável. Indicadores de encerramento da terapia para garantir a integridade do participante, deverão ocorrer se o mesmo, sentir dificuldade ou falta de ar sem alívio após o repouso, dor no peito, aperto no peito, cansaço, tosse agravada, tontura, dor de cabeça, visão turva, palpitações, incapacidade de manter o equilíbrio, etc.

Esclarecimentos gerais:

A sua participação é voluntária, isto é, a qualquer momento você poderá desistir de participar e retirar o consentimento sem prejuízo algum a você ou ao pesquisador.

Você tem direito a indenização, nos termos da lei, em caso de sofrer qualquer tipo de dano resultante de sua participação da pesquisa

Os procedimentos empregados neste projeto não são invasivos.

É importante estar ciente de que concordando em participar deste estudo você está autorizando a utilização de imagens e informações sobre o tratamento, por meio de fotos, vídeos ou quaisquer finalidades de ensino ou de divulgação em jornais ou revistas científicas do país ou do exterior, respeitando os respectivos códigos de ética e o sigilo de nomes e dados confidenciais.

O seu nome e suas imagens serão tratados de forma anônima e confidencial, isto é, em nenhum momento será divulgado o seu nome ou seu rosto em qualquer fase do estudo.

Os resultados das suas avaliações poderão ser utilizados também em outros estudos a partir de agora, compondo um banco de dados e estando sob responsabilidade da pesquisadora responsável pelo laboratório de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia Cardiorrespiratória da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP).

Para a participação neste estudo você não receberá nenhum dinheiro como também não terá nenhuma despesa.

Você ficará com uma via deste termo, no qual consta o celular/e-mail e assinatura do pesquisador responsável, e demais membros da equipe. Sendo assim você pode tirar as dúvidas sobre o projeto e participação, agora ou a qualquer momento.

O Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Metodista de Piracicaba pode ser contactado por meio do telefone (19) 3124-1513 ou pelo e-mail comitedeetica@unimep.br. Para mais informações, visite a página do CEPUNIMEP em www.unimep.br/cepesquisa

Li e concordo em participar da pesquisa

Assinatura: _____

Piracicaba, _____ de _____ de _____

Pesquisador Responsável:

Assinatura: _____

Tamires Alessa de Mori

CPF: 351.638.218.-06

RG: 41.579.877-2

Fone: (19) 996815092

e-mail: tamires.mori@unimep.br