

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS
CURSO DE FISIOTERAPIA
CAMPUS DE MARÍLIA**

**EFEITOS AGUDOS DO TREINO MUSCULAR RESPIRATÓRIO NO
BATIMENTO CILIAR, NA FORÇA MUSCULAR E NA CAPACIDADE
CARDIORRESPIRATÓRIA: ESTUDO DE CASO**

LAURA BORELLA DE OLIVEIRA

**Marília
2021**

LAURA BORELLA DE OLIVEIRA

**EFEITOS AGUDOS DO TREINO MUSCULAR RESPIRATÓRIO NO
BATIMENTO CILIAR, NA FORÇA MUSCULAR E NA CAPACIDADE
CARDIORRESPIRATÓRIA: ESTUDO DE CASO**

**Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Conselho de Curso de
Fisioterapia e Ciências da Universidade Estadual
Paulista, Campus de Marília, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Fisioterapeuta**

**Orientador: Prof. Dr. Alexandre Ricardo Pepe
Ambrozin**

Marília

2021

O48e

Oliveira, Laura Borella de

Efeitos agudos do treino muscular respiratório no batimento ciliar, na força muscular e na capacidade cardiorrespiratória: estudo de caso / Laura Borella de Oliveira. -- Marília, 2021
30 f. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Fisioterapia)
- Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília

Orientador: Alexandre Ricardo Pepe Ambrozin

1. Músculos respiratórios. 2. Força muscular. 3. Idoso. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

LAURA BORELLA DE OLIVEIRA

**EFEITOS AGUDOS DO TREINO MUSCULAR RESPIRATÓRIO NO
BATIMENTO CILIAR, NA FORÇA MUSCULAR E NA CAPACIDADE
CARDIORRESPIRATÓRIA: ESTUDO DE CASO**

Prof. Dr. Alexandre Ricardo Pepe Ambrozini

Prof. Dr. Marcos Eduardo Scheicher

Prof. Me. Ricardo Aparecido Lúcio Martins

07/06/2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à minha família por me apoiar durante todos esses anos de faculdade, em especial aos meus pais que sempre estiveram ao meu lado me orientando e incentivando, com grande amor e carinho, garantindo confiança nos momentos mais difíceis, e à minha irmã, que me trouxe leveza em momentos de tensão.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para a minha formação pelos conselhos, ajuda e paciência com a qual guiaram o meu aprendizado, em especial ao meu orientador, agradeço pela atenção e apoio durante a elaboração desse trabalho.

Agradeço aos meus amigos e amigas pelo apoio emocional e pelo companheirismo durante todos esses anos, em especial às minhas colegas de apartamento, pelo carinho, paciência e por serem minha família longe de casa.

Por fim, agradeço a todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

RESUMO

Introdução: Com o envelhecimento, os sistemas corporais sofrem modificações morfofisiológicas, que levam à diminuição da capacidade fisiológica de adaptação a estressores ambientais; dentre os impactos do processo de envelhecimento está a diminuição da força muscular respiratória, da capacidade funcional cardiorrespiratória e alterações no clearance mucociliar, no qual há diminuição da frequência do batimento ciliar, que pode levar à maior ocorrência de doenças respiratórias, como pneumonias, nessa população. **Objetivo:** avaliar os efeitos agudos do treino muscular respiratório com *Powerbreathe*® no batimento ciliar, na força muscular respiratória e na capacidade cardiorrespiratória de um idoso. **Métodos:** foi utilizado o *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA) e realizados o Teste de Função Pulmonar, a manovacuometria, o teste de Tempo de Trânsito da Sacarina (TTS) e o Teste de Caminhada de seis Minutos (TC6), além da monitorização dos sinais vitais do paciente; foi realizada uma sessão de treino muscular respiratório com dispositivo *PowerBreathe*®. **Resultados:** Participou desse estudo de caso, um paciente idoso, sem distúrbios ventilatórios; não houve alteração nos valores de pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) e distância percorrida no TC6 após o treino, porém houve uma diminuição de 22,95 minutos no TTS, quando comparados pré e pós treino. **Conclusão:** Os dados indicam que o treino muscular respiratório aumentou o batimento ciliar de um indivíduo idoso de forma aguda.

Palavras-chave: Depuração Mucociliar; Idoso; Debilidade Muscular; Terapia Respiratória.

ABSTRACT

Introduction: With aging, all body systems undergo morphophysiological changes that lead to a decrease in the physiological capacity to adapt to environmental stressors; among the impacts of the aging process is the decrease in respiratory muscle strength, cardiorespiratory functional capacity and changes in mucociliary clearance, in which there is a decrease in ciliary beat frequency that can lead to higher occurrence of respiratory diseases in this population, such as pneumonia. Aim: evaluate the acute effects of respiratory muscle training with Powerbreathe® on ciliary beat frequency, respiratory muscle strength and cardiorespiratory capacity of an elderly person. Methods: for the evaluation the Montreal Cognitive Assessment (MoCA), Pulmonary Function Test, Manovacuometry, the Saccharin Transit Time test (STT) and the Six-Minute Walk Test (6MWT) were performed, in addition to the monitoring of the patient's vital signs; a single session of respiratory muscle training was performed using PowerBreathe® device. Results: An elderly patient without ventilatory disorders; there was no change found in the values of maximum inspiratory pressure (MIP) and distance walked in the 6MWT after the training, but there was a decrease of 22,95 minutes in the STT, when compared before and after the training session. Conclusion: These data indicate that respiratory muscle training increased acutely the ciliary beat frequency of an elderly individual.

Keywords: Mucociliary Clearance; Aged; Muscle Weakness; Respiratory Therapy.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO9

MÉTODOS11

RESULTADOS13

DISCUSSÃO14

CONCLUSÃO.....17

REFERÊNCIAS17

TABELAS E FIGURAS24

ANEXOS26

Artigo elaborado segundo as normas da Revista ASSOBRAFIR CIÊNCIA

INTRODUÇÃO

A população mundial está envelhecendo rapidamente, sendo que indivíduos com mais de 60 anos chegará a 11,7% da população até 2031, aumentando mais 10% até 2050, o que corresponderá a mais de 2 bilhões idosos ¹. Apesar do envelhecimento ser um processo natural, as modificações morfofisiológicas dos sistemas corporais podem levar a diminuição da capacidade fisiológica de adaptação a diferentes estressores ambientais, resultando em elevado risco para doenças e morte ^{2,3}.

Dentre os impactos do envelhecimento nos sistemas, as alterações musculares periféricas e respiratórias são mais evidentes após os 65 anos, independente do sexo do indivíduo. Especificamente a diminuição da força muscular respiratória é decorrente da perda de massa muscular, do aumento da cifose torácica e do diâmetro anteroposterior do tórax, que alteram diretamente a efetividade da contração diafragmática. Outros fatores, como o estado nutricional e rigidez da caixa torácica podem afetar negativamente a força muscular respiratória ⁴⁻⁷.

Quando comparada à força inspiratória de jovens entre 20-30 anos com indivíduos com idade igual ou superior a 76 anos, pode-se observar redução de até 25% ⁷. Essa diminuição da força respiratória pode afetar também a musculatura expiratória, diminuindo a efetividade da tosse, que associada a diminuição da capacidade inspiratória podem aumentar o risco de pneumonia e infecções respiratórias tão comuns na população idosa ^{8,9}.

A fraqueza muscular respiratória leva a alteração na capacidade funcional cardiorrespiratória da população idosa ¹⁰ diminuindo o limiar de fadiga durante

atividades físicas ¹¹. Esse processo pode estar associado a fatores genéticos que influenciam na velocidade de envelhecimento e fatores sociais, como a prática ou não de atividade física regular ¹⁰. Apesar destes alguns fatores relacionados à idade serem importantes na ocorrência de fraqueza muscular respiratória, os músculos respiratórios podem ser treinados em qualquer idade utilizando protocolos específicos para tal ¹¹.

Outro processo que se altera com o envelhecimento é o clearance mucociliar, mecanismo de defesa do sistema respiratório que por meio do batimento ciliar das células epiteliais das vias aéreas remove muco e partículas ou microrganismos nele aderidos para vias superiores a fim de ser eliminado ¹²⁻¹⁴. Esse mecanismo pode ser influenciado pela temperatura, pela presença de infecção e por substâncias químicas¹⁵.

No indivíduo idoso qualquer alteração da frequência do batimento ciliar pode levar à ocorrência de doenças respiratórias, como a pneumonia ^{12,13,15}, que quando somado a baixos níveis de atividade física, presença de comorbidades como diabetes e hipertensão arterial e tabagismo podem influenciar ainda mais o transporte mucociliar ^{16,17}.

Neste sentido, estudos mostram que o treino muscular inspiratório em idosos não só melhora a força dos músculos inspiratórios, mas melhora o pico de fluxo inspiratório e aumenta a secção transversa do músculo diafragma ¹⁸, aumenta o limiar de exaustão durante atividade física ¹⁹, diminui a percepção de dispneia, melhora a capacidade funcional e a qualidade de vida ²⁰⁻²³. Também são efeitos do treino muscular inspiratório em idosos a otimização da mobilidade diafragmática a curto prazo, melhor saturação periférica e melhor desempenho em teste de caminhada de 6 minutos ^{24,25}.

Desse modo o objetivo deste estudo é avaliar os efeitos agudos do treino muscular respiratório com PowerBreathe® na força muscular, capacidade cardiorrespiratória e batimento ciliar de um indivíduo idoso, já que não existem outros estudos na literatura relacionando o treino muscular respiratório ao batimento ciliar.

MÉTODOS

Foi incluído nessa pesquisa um indivíduo do sexo masculino, de 75 anos de idade, sem comprometimento cognitivo de acordo com o *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA) ²⁶ e não fumante atual, o qual após ser esclarecido sobre os protocolos que seria submetido e concordar em participar, leu e assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 1). Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Filosofia e Ciências – FFC – Unesp Marília (parecer nº 4.661.437), e as avaliações ocorreram no Centro de Estudos da Educação e da Saúde – CEES, Unesp, Campus de Marília.

Foram coletados na anamnese dados como peso, altura e idade, assim como a presença de disfunções respiratórias ou cardiovasculares, histórico familiar de doenças respiratórias, medicações em uso e a prática regular de exercício físico (Anexo 2).

Para avaliação da função respiratória e classificação de possíveis distúrbios ventilatórios o indivíduo foi submetido à espirometria, tendo realizado três provas reprodutivas e aceitáveis de capacidade vital forçada (CVF) seguindo as normas da *American Thoracic Society* ²⁷ e das Diretrizes para Testes de Função Pulmonar ²⁸ utilizando o digital portátil MIR *Spirobank II Basic*. Da melhor prova de CVF foram obtidos em litros e porcentagem do predito os valores de CVF e o volume expiratório

forçado no primeiro segundo (VEF_1) e em porcentagem a razão VEF_1/CVF , os valores preditos foram calculados baseado na fórmula de Knudson ²⁹.

Foi realizada manovacuometria para avaliação de força muscular respiratória obtidas por meio das medidas de Pressão Inspiratória Máxima (PI_{máx}) e Pressão Expiratória Máxima (PE_{máx}) ³⁰⁻³², sendo avaliado na posição sentada com ângulo de 90° entre o tronco e a coxa, ligados ao manovacuômetro (Comercial Médica®) por meio do bucal e utilizando grampo nasal, e realizando expiração máxima, ou seja, até Volume Residual (VR) seguida de esforço máximo, para a medida de PI_{máx}; e inspiração máxima, isto é, até a Capacidade Pulmonar Total (CPT) seguida de esforço máximo, para a medida de PE_{máx}. Foram realizadas três manobras reprodutíveis, ou seja, com diferença menor de 10% entre elas e o maior valor considerado ^{5,30,33}.

A velocidade do movimento ciliar foi avaliado utilizando o Tempo de Trânsito de Sacarina (TTS) que consiste em colocar 2,5 microgramas de sacarina sódica granulada (5 grãos) 1 cm após a borda anterior da concha nasal inferior direita utilizando um canudo plástico demarcado previamente com uma caneta esferográfica. O indivíduo foi orientado a manter-se sentado com o pescoço levemente estendido, em silêncio, sem movimentar a cabeça, sem espirrar, tossir ou aspirar o nariz, foi marcado o tempo desde a colocação da partícula na narina até a primeira percepção do gosto adocicado e indicando o tempo de clearance mucociliar ³⁴⁻³⁶.

O indivíduo foi submetido ao teste de caminhada de seis minutos (TC6) para avaliação da capacidade cardiorrespiratória, realizado em um corredor de 30 metros, sem trânsito de pessoas, demarcado a cada três metros, com cones no início e fim do trajeto, caminhando a maior distância durante seis minutos, o mais rápido possível, sendo permitido parar ou diminuir a velocidade, caso julgasse necessário. O avaliador forneceu comando verbal padronizado a cada minuto ³⁷, e, ao final do teste, a distância

total percorrida foi registrada e comparada com os valores preditos para a população brasileira ³⁸.

Antes e após o TC6 foram avaliados os sinais vitais: pulso (P) e a saturação periférica de oxigênio (SpO₂) por meio de oximetria de pulso (Geratherm®); pressão arterial sistólica e diastólica utilizando um esfigmomanômetro de aneróide com braçadeira (PREMIUM®) e uso de estetoscópio (P.A.MED.® Rappaport); e a percepção de dispneia com auxílio da escala modificada de Borg ³⁹ (Figura 1).

O treino muscular inspiratório foi realizado com um dispositivo de carga linear pressórico, o *Powerbreathe*®, com carga inspiratória ajustada para 32,5 cmH₂O, que corresponde a 27% da pressão inspiratória máxima (Plmáx) do paciente, obtida no teste de Manovacuometria, regulada de acordo com a dificuldade do paciente. Foi realizada uma única sessão do treino, com três séries de 14 respirações por minuto, e o paciente foi reavaliado imediatamente após para o efeito agudo ¹⁸.

RESULTADOS

Participou desse estudo de caso, um paciente do gênero masculino, com 1,60m de altura e peso 75,9kg, sem histórico de doenças respiratórias, ex-fumante há 45 anos (carga tabágica de 9 anos-maço), portador de Diabetes Mellitus (DM) e Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS). O paciente relatou que realizou cirurgia de revascularização do miocárdio e que faz uso contínuo dos medicamentos para as comorbidades já citadas (Tabela 1). O paciente relatou que faz pratica regular de atividade física (caminhada) três vezes por semana e realiza fisioterapia cardiovascular duas vezes por semana.

Após realizada a espirometria, a CVF foi de 2,92 L e VEF₁ foi de 2,28 L, atingindo 82 e 84% dos valores preditos de acordo fórmula de Knudson ²⁹,

respectivamente, e a razão VEF_1/CVF foi de 78,1%, dados que indicam a ausência de distúrbios ventilatórios.

As medidas de $PI_{máx}$ e $PE_{máx}$ mostraram não haver distúrbio de força muscular respiratória, tanto na inspiração como na expiração. Ambos os valores de $PI_{máx}$ pré e pós treino alcançaram o valor predito para o paciente, como mostra a Figura 2, já os valores de $PE_{máx}$, ficaram abaixo do esperado, apesar da melhora apresentada no pós treino ³³.

Durante o teste de caminhada de seis minutos (TC6) antecedendo ao treino, o indivíduo percorreu 556,77m de distância e após o treino muscular respiratório a distância foi de 555,83m, em ambos os testes alcançando valores preditos de acordo com sexo e idade, de 422,5m ³⁸. No início e ao final de ambos os TC6 foram coletados os dados de pulso, saturação periférica, pressão arterial sistólica e diastólica (PAS e PAD), e sensação de dispneia por meio da escala modificada de Borg ³⁹, os valores estão demonstrados na Tabela 2.

No teste de Tempo de Trânsito da Sacarina (TTS) realizado antes do treino muscular respiratório foi obtido o tempo de 33,09 minutos, já no TTS realizado imediatamente após o treino, o tempo obtido foi de 10,14 minutos, apresentando uma diminuição de 22,95 minutos da duração do teste.

DISCUSSÃO

O envelhecimento pode causar diminuição significativa do clearance mucociliar e do batimento ciliar, importante mecanismo de defesa pulmonar contra infecções ^{12,13}. Além disso, esse mecanismo pode ser alterado pela presença de comorbidades como diabetes mellitus (DM) e hipertensão arterial sistêmica (HAS), e o sedentarismo.

Essas alterações no clearance e no batimento ciliar podem levar à maior ocorrência de doenças respiratórias, como a pneumonia, nessa população ^{13,16,17,40}.

O treino muscular respiratório traz vários benefícios para os idosos, tais como, aumento da força, melhora da capacidade funcional e da qualidade de vida ^{18,20,22,24}, desse modo o objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos de uma sessão de treino muscular respiratório com PowerBreathe® no batimento ciliar, força muscular e capacidade cardiorrespiratória de um indivíduo, o que servirá de piloto para outros estudos.

De acordo com os dados encontrados nesse estudo, uma sessão de treino muscular respiratório não se mostrou eficaz para melhorar a capacidade cardiorrespiratória avaliada através do TC6, já que a distância percorrida pelo indivíduo não apresentou alteração. O paciente aqui avaliado caminhou 133,33m acima do predito e é fisicamente ativo, portanto esses resultados eram esperados. Além disso, o ganho de força muscular respiratória só alteraria a distância percorrida no TC6 a longo prazo ^{20,23,24}.

Em relação à força muscular respiratória, não houve alteração nos valores de P_{Imáx} pré e pós treino, já que o ganho de força dos músculos respiratório depende da sobrecarga e da adaptação neuromuscular, que ocorre após em média quatro semanas de treino ⁴¹. Também nesse trabalho o paciente avaliado atingiu a P_{Imáx} máxima avaliada no manovacômetro utilizado ($\pm 120\text{cmH}_2\text{O}$) já no momento pré treino. O paciente avaliado mostrou a P_{Imáx} com valores acima do predito em ambos os testes. Houve aumento de 4 cmH_2O no valor de P_{Emáx} pós treino em relação à avaliação pré treino, porém nenhum dos valores obtidos de P_{Emáx} superaram o predito para o paciente.

Sabe-se que o envelhecimento está relacionado a um TTS prolongado ($>12\text{min}$)¹⁶, como o encontrado na nossa avaliação pré treino (33,09 min), além disso, um estudo mostrou que idosos diabéticos e/ou hipertensos têm maior probabilidade de ter menor clearance mucociliar, e assim maior TTS⁴⁰. O indivíduo avaliado nesta pesquisa é portador de DM e HAS e faz uso de medicamentos diurético e betabloqueador, que também podem ser fator importante na diminuição do batimento ciliar possivelmente atuando na diminuição da hidratação do muco secretado nas vias aéreas, e alterando o controle autonômico sobre a secreção e diminuindo o batimento ciliar¹⁶.

A diminuição de 22,95 minutos no tempo encontrado durante o TTS pós treino em relação ao teste pré treino pode indicar melhora na frequência do batimento ciliar causada pelo treino muscular respiratório. Os mecanismos exatos do controle do sistema mucociliar ainda são desconhecidos, porém as vias aéreas condutoras são inervadas pelo sistema nervoso autônomo (SNA) e as células ciliadas contém receptores para neurotransmissores autonômicos, e parece ter participação nesse controle⁴².

De modo geral, o exercício físico aeróbico e resistido levam ao aumento da atividade do SNA e da liberação de mediadores adrenérgicos e da ventilação, que podem influenciar no aumento da frequência de batimento ciliar, através da estimulação simpática, para além da estimulação mecânica causada pelo muco secretado pela ativação parassimpática^{17,43-45}. No estudo de Leite et al.⁴⁶ houve aumento na atividade mucociliar apenas como efeito agudo do exercício aeróbio, observado apenas na avaliação do TTS após 15 minutos do exercício, e não após 75 minutos do exercício, o que os autores relacionaram ao aumento da ventilação e da atividade do SNA durante a execução do exercício.

Vários estudos têm mostrado que o treino muscular respiratório, principalmente em indivíduos portadores de doenças cardiovasculares, é capaz de melhorar a modulação do SNA, principalmente regulando a ativação parassimpática ^{23,47,48}, que nas vias aéreas superiores tem grande importância no controle das células caliciformes, aumentando a secreção de muco por elas ⁴⁵. Alguns autores levantam a hipótese de que a liberação e presença de muco no epitélio da via aérea pode ser um estímulo mecânico para o batimento ciliar ^{49,50}. Assim a diminuição do TTS pelo treino muscular respiratório encontrada nesse estudo poderia ser explicada através da estimulação da secreção de muco (ativação parassimpática), que consequentemente levaria a um aumento na frequência de batimento ciliar, quando comparada ao repouso e pré treino.

Sugere-se que mais pesquisas sejam realizadas nesse âmbito, com um número maior de participantes, já que apenas um indivíduo foi avaliado nesta pesquisa, sugere-se também a avaliação dos efeitos crônicos do treino muscular respiratório sobre o batimento ciliar da população idosa.

CONCLUSÃO

Diante dos dados obtidos é possível concluir que o treino muscular respiratório aumenta o batimento ciliar de um indivíduo idoso de forma aguda, podendo ser uma estratégia de grande importância na prevenção de doenças respiratórias e pneumonias nessa população.

REFERÊNCIAS

1. Sander M, Oxlund B, Jespersen A, Krasnik A, Mortensen EL, Westendorp RGJ, et al. The challenges of human population ageing. *Age Ageing*. 2015;44(2):185–7.

2. Ito K, Barnes PJ. COPD as a disease of accelerated lung aging. *Chest* [Internet]. 2009;135(1):173–80.
3. Troen BR. The biology of aging. *Mt Sinai J Med* [Internet]. 2003 Jan;70(1):3–22.
4. Janssens JP. Aging of the respiratory system: Impact on pulmonary function tests and adaptation to exertion. *Clin Chest Med*. 2005;26(3):469–84.
5. Janssens JP, Pache JC, Nicod LP. Physiological changes in respiratory function associated with ageing. *Eur Respir J*. 1999;13(1):197–205.
6. Roman MA, Rossiter HB, Casaburi R. Exercise, ageing and the lung. *Eur Respir J* [Internet]. 2016;48(5):1471–86.
7. Skloot GS. The Effects of Aging on Lung Structure and Function. *Clin Geriatr Med* [Internet]. 2017;33(4):447–57.
8. Elliott JE, Greising SM, Mantilla CB, Sieck GC. Functional impact of sarcopenia in respiratory muscles. *Respiratory Physiology & Neurobiology* [Internet]. 2016;226:137–46.
9. Lowery EM, Brubaker AL, Kuhlmann E, Kovacs EJ. The aging lung. *Clinical Interventions in Aging*. 2013;8:1489–96.
10. Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, et al. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(7):1510–30.
11. Watsford ML, Murphy AJ, Pine MJ. The effects of ageing on respiratory muscle function and performance in older adults. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2007;10(1):36–44.

12. Bailey KL, Bonasera SJ, Wilderdyke M, Hanisch BW, Pavlik JA, DeVasure J, et al. Aging causes a slowing in ciliary beat frequency, mediated by PKC ϵ . *Am J Physiol - Lung Cell Mol Physiol*. 2014;306(6):584–9.
13. Ho JC, Chan KN, Hu WH, Lam WK, Zheng L, Tipoe GL, et al. The effect of aging on nasal mucociliary clearance, beat frequency, and ultrastructure of respiratory cilia. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;163(4):983–8.
14. Munkholm M, Mortensen J. Mucociliary clearance: Pathophysiological aspects. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2014;34(3):171–7.
15. Agius AM, Smallman LA, Pahor AL. Age, smoking and nasal ciliary beat frequency. *Clin Otolaryngol Allied Sci*. 1998;23(3):227–30.
16. De Oliveira-Maul JP, De Carvalho HB, Goto DM, Maia RM, Fló C, Barnabé V, et al. Aging, diabetes, and hypertension are associated with decreased nasal mucociliary clearance. *Chest [Internet]*. 2013;143(4):1091–7.
17. Proença M, Pitta F, Kovelis D, Mantoani LC, Furlanetto KC, Zabatiero J, et al. Transporte mucociliar e sua relação com o nível de atividade física na vida diária em fumadores saudáveis e não fumadores. *Revista Portuguesa de Pneumologia*. 2012;18(5):233–8.
18. Mills DE, Johnson MA, Barnett YA, Smith WHT, Sharpe GR. The effects of inspiratory muscle training in older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(4):691–7.
19. Aznar-Lain S, Webster AL, Cañete S, San Juan AF, López Mojares LM, Pérez M, et al. Effects of inspiratory muscle training on exercise capacity and spontaneous physical activity in elderly subjects: A randomized controlled pilot

- trial. *Int J Sports Med*. 2007;28(12):1025–9.
20. Gosselink R, De Vos J, Van Den Heuvel SP, Segers J, Decramer M, Kwakkel G. Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: What is the evidence? *Eur Respir J*. 2011;37(2):416–25.
 21. Langer D, Ciavaglia C, Faisal A, Webb KA, Neder JA, Gosselink R, et al. Inspiratory muscle training reduces diaphragm activation and dyspnea during exercise in COPD. *J Appl Physiol*. 2018;125(2):381–92.
 22. Magadle R, McConnell AK, Beckerman M, Weiner P. Inspiratory muscle training in pulmonary rehabilitation program in COPD patients. *Respir Med*. 2007;101(7):1500–5.
 23. Rodrigues GD, Gurgel JL, Gonçalves TR, da Silva Soares PP. Inspiratory muscle training improves physical performance and cardiac autonomic modulation in older women. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2018;118(6):1143–52.
 24. Mehani SHM. Comparative study of two different respiratory training protocols in elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Clinical Interventions in Aging*. 2017;12:1705–15.
 25. Souza H, Rocha T, Pessoa M, Rattes C, Brandão D, Fregonezi G, et al. Effects of inspiratory muscle training in elderly women on respiratory muscle strength, diaphragm thickness and mobility. *Journals of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences*. 2014;69(12):1545–53.
 26. Nasreddine ZS, Phillips NA, Bédirian V, Charbonneau S, Whitehead V, Collin I, et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening Tool For Mild Cognitive Impairment. *J Am Geriatr Soc* [Internet]. 2005 Apr;53(4):695–9.

27. American Thoracic Society. Standardization of Spirometry. Am J Respir Crit Care Med [Internet]. 1995;152:1107–36.
28. Pereira CA de C. Espirometria. Jornal Brasileiro Pneumologia. 2002;28:1–82.
29. Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. The American Review of Respiratory Disease. 1983 Jun;127(6):725–34.
30. Costa D, Gonçalves HA, de Lima LP, Ike D, Cancelliero KM, de Lima Montebelo MI. Novos valores de referência para pressões respiratórias máximas na população brasileira. Jornal Brasileiro de Pneumologia. 2010;36(3):306–12.
31. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. Brazilian J Med Biol Res. 1999;32(6):719–27.
32. Parreira V, França D, Zampa C, Fonseca M, Tomich G, Britto R. Pressões respiratórias máximas: valores encontrados e preditos em indivíduos saudáveis. Revista Brasileira de Fisioterapia. 2007;11(5):361–8.
33. Souza RB. Pressões respiratórias estáticas máximas. Jornal Brasileiro de Pneumologia. 2002;28(3):155–65.
34. Stanley P, MacWilliam L, Greenstone M, Mackay I, Cole P. Efficacy of a saccharin test for screening to detect abnormal mucociliary clearance. British Journal of Diseases of the Chest. 1984;78(C):62–5.
35. Bush A, Cole P, Hariri M, Mackay I, Phillips G, O'Callaghan C, et al. Primary ciliary dyskinesia: Diagnosis and standards of care. Eur Respir J. 1998;12(4):982–8.

36. Greenstone M, Cole PJ. Ciliary function in health and disease. Vol. 79, British Journal of Diseases of the Chest. 1985. p. 9–26.
37. American Thoracic Society. American Thoracic Society ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. Am J Respir Crit Care Med. 2002;166:111–7.
38. Iwama AM, Andrade GN, Shima P, Tanni SE, Godoy I, Dourado VZ. The six-minute walk test and body weight-walk distance product in healthy Brazilian subjects. Brazilian J Med Biol Res. 2009;42(11):1080–5.
39. Borg GA V. Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc. 1982;14(5):377–81.
40. Pavia D, Bateman JRM, Lennard-Jones AM, Agnew JE, Clarke SW. Effect of selective and non-selective beta blockade on pulmonary function and tracheobronchial mucociliary clearance in healthy subjects. Thorax. 1986;41(4):301–5.
41. Hill K, Cecins NM, Eastwood PR, Jenkins SC. Inspiratory muscle training for patients with chronic obstructive pulmonary disease: A practical guide for clinicians. Arch Phys Med Rehabil. 2010; 91:1466-70.
42. Wanner A. Autonomic control and mucociliary functions. Chest. 1987;91(5 SUPPL.):49S-51S.
43. Silva BSA, Ramos D, Bertolini GN, Freire APCF, Leite MR, Camillo CA, et al. Resistance exercise training improves mucociliary clearance in subjects with COPD: A randomized clinical trial. Pulmonology. 2019;25(6):340–7.
44. Seixas MB, Almeida LB, Trevizan PF, Martinez DG, Laterza MC, Vanderlei LCM,

- et al. Effects of inspiratory muscle training in older adults. *Respiratory Care*. 2020;65(4):535–44.
45. Ramos EMC, Vanderlei LCM, Ito JT, Lima FF, Rodrigues FMM, Manzano BM, et al. Acute mucociliary clearance response to aerobic exercise in smokers. *Respiratory Care*. 2015;60(11):1575–84.
 46. Leite MR, Ramos EMC, Kalva-Filho CA, Freire APCF, Silva BS de A, Nicolino J, et al. Effects of 12 weeks of aerobic training on autonomic modulation, mucociliary clearance, and aerobic parameters in patients with COPD. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*. 2015;10(1):2549–57.
 47. Almeida LB de, Seixas MB, Trevizan PF, CamarotiLaterza M, Silva LP da, Martinez DG. Efeitos do treinamento muscular inspiratório no controle autonômico: revisão sistemática. *Fisioterapia e Pesquisa*. 2018;25(3):345–51.
 48. Rodrigues GD, Gurgel JL, Gonçalves TR, da Silva Soares PP. Acute effects of inspiratory loading in older women: Where the breath meets the heart. *Respiratory Physiology & Neurobiology* [Internet]. 2021 Mar;285:103589.
 49. Di Benedetto G, Manara-Shediac FS, Mehta A. Effect of cyclic AMP on ciliary activity of human respiratory epithelium. *Eur Respir J*. 1991;4(7):789–95.
 50. Sanderson MJ, Dirksen ER. Mechanosensitivity of Cultured Ciliated Cells from the Mammalian Respiratory Tract : Implications for the Regulation of Mucociliary Transport. *Proc Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 2021;83(19):7302–6.

TABELAS E FIGURAS

Tabela 1 - Medicamentos de uso contínuo do paciente.

Medicamento	Classe farmacológica
Cloridrato de Metformina	Biguanidas
Gliclazida	Sulfanilureias
Losartana Potássica	ARA II
Atenolol	Betabloqueador
Rosuvastatina Cálcica	Inibidor da HMG-CoA redutase
Hidroclorotiazida	Tiazídicos
Ácido Acetilsalicílico (AAS)	AINE
Omeprazol	Inibidor da bomba de prótons

ARA II: antagonista do receptor de angiotensina II; AINE: anti-inflamatório não esteroide. Fonte: elaborada pelos autores.

Tabela 2 - Monitorização durante o TC6.

	Pré treino		Pós treino	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Pulso (bpm)	64	78	69	77
SpO ₂ (%)	97	97	97	97
PAS (mmHg)	126	130	110	128
PAD (mmHg)	62	70	80	66
Borg Dispneia	0	3	0	3

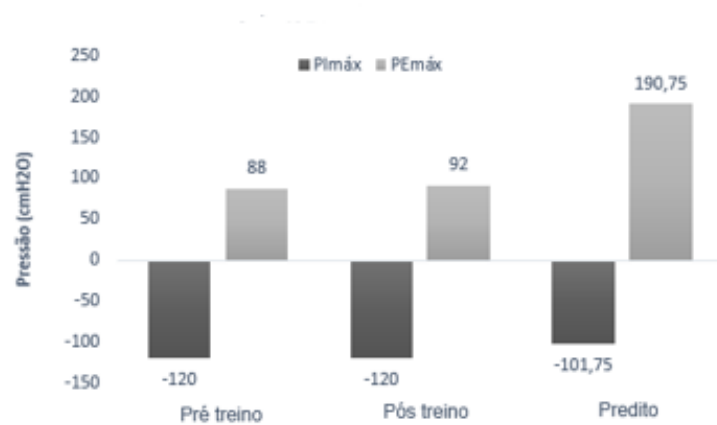
Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 1. Escala de esforço percebido de Borg - Modificada

0	Nenhuma
0,5	Muito, muito leve
1	Muito leve
2	Leve
3	Moderada
4	Pouco intensa
5	Intensa
6	
7	Muito intensa
8	
9	Muito, muito intensa
10	Máxima

Fonte: BORG (1982).

Figura 2. Resultados da manovacuometria



ANEXOS

Anexo 1.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Gostaríamos de convidar você a participar como voluntário (a) da pesquisa “Efeitos agudos do treino muscular respiratório no batimento ciliar, na força muscular e na capacidade cardiorrespiratória: Estudo de caso”.

Caso você concorde em participar, serão realizados os seguintes testes: *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA), teste curto que avalia memória, atenção, concentração, linguagem, entre outros aspectos cognitivos; teste de função pulmonar (Espirometria), que assim como o teste de força muscular respiratória (Manovacuometria), são realizados através da respiração em equipamentos específicos; teste para detecção da velocidade do batimento ciliar (TTS), no qual é colocado um grão de açúcar na narina e é calculado o tempo até a detecção do gosto doce na boca; e um teste de caminhada de duração de seis minutos (TC6); será realizado uma sessão de fortalecimento da musculatura respiratória com o equipamento Powerbreathe®; em seguida serão realizados novamente os testes já descritos.

Esta pesquisa tem alguns riscos, como desconforto durante a realização dos testes e do treino muscular, tais quais tosse, vertigem, falta de ar, cansaço, entre outros. Mas, para diminuir a chance desses riscos acontecerem, serão monitorados os sinais vitais antes, durante e após os procedimentos. A pesquisa pode ajudar a melhorar a capacidade de realizar exercícios físicos, melhorar a força dos músculos respiratórios e diminuir a chance de infecções respiratórias, como pneumonias.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, se você tiver algum dano por causa das atividades que fizermos com você nesta pesquisa, você tem direito a indenização. Você terá todas as informações que quiser sobre esta pesquisa e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Mesmo que você queira participar agora, você pode voltar atrás ou parar de participar a qualquer momento durante a pesquisa. A sua participação é voluntária e o fato de não querer participar não trará qualquer penalidade ou mudança na forma em que você é atendido (a). O pesquisador não divulgará seu nome. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida a você. Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos. Decorrido este tempo, o pesquisador avaliará os documentos para a sua destinação final, de acordo com a legislação vigente. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, portador do RG _____, declaro que concordo em participar da pesquisa e que me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Assinatura do participante

Assinatura do Pesquisador

Marília, _____ de _____ de 2021.

Pesquisadora: Laura Borella de Oliveira - Unesp Marília Contato: (11) 95321-1115 Email: laura.borella-oliveira@unesp.br Orientador: Alexandre Ricardo Pepe Ambrozín - Unesp Marília Contato: (14) 98149-7071 Email: alexandre.ambrozin@unesp.br
--

Anexo 2.**Ficha de Avaliação**

Nome: _____ Idade: _____

Peso: _____ Altura: _____

Histórico de doenças respiratórias ou cardiovasculares:

Histórico familiar de doenças respiratórias:

Medicamentos: _____

Prática de atividade física:

Montreal Cognitive Assessment (MoCA): _____

Treino Respiratório

	Pré treino	Pós treino
TTS		
CVF		
VEF ₁		
VEF ₁ /CVF		

PI_{máx}		
PE_{máx}		
Pulso		
SpO₂		
Fr		
PA		
Borg		
Voltas TC6		
Dist TC6		