

Efetividade de diferentes protocolos e cargas utilizadas no treinamento muscular inspiratório de indivíduos com DPOC: uma revisão sistemática

Effectiveness of different protocols and loads used in inspiratory muscle training of individuals with COPD: a systematic review

Eficacia de diferentes protocolos y cargas utilizadas en el entrenamiento muscular inspiratorio de personas con EPOC: una revisión sistemática

Beatriz Rodrigues Mortari¹, Roberta Munhoz Manzano²

RESUMO | A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) provoca alterações no sistema musculoesquelético, afetando inclusive os músculos respiratórios e levando ao aumento da dispneia e à redução da capacidade funcional. Nesse sentido, o treinamento muscular inspiratório (TMI) deve fazer parte do programa de reabilitação pulmonar. Diversos estudos já demonstraram sua eficácia, contudo, ainda é necessário investigar qual a melhor forma de realizá-lo. Assim, o objetivo deste estudo foi investigar por meio de uma revisão sistemática a efetividade de diferentes protocolos e cargas de TMI sobre os desfechos de força e resistência dos músculos inspiratórios, bem como de capacidade funcional e redução da dispneia. Trata-se de uma revisão sistemática realizada de acordo com o protocolo PRISMA. A busca foi realizada em fevereiro de 2021, nas seguintes bases de dados: PubMed, SciELO, PEDro. Para a busca dos artigos, os seguintes descritores foram empregados: “COPD”; e “*breathing exercises, resistive training, respiratory muscle training*”. Um total de 398 pacientes foram incluídos nos 10 estudos selecionados, todos previamente diagnosticados com DPOC. Foram utilizados diferentes dispositivos para o TMI, e os protocolos variaram em relação às cargas e progressão. O dispositivo mais utilizado entre os artigos foi o *Threshold*, com carga estabelecida de acordo com a porcentagem da pressão inspiratória máxima (30-80%), reajustada de acordo com novas medições a cada uma ou duas semanas. Houve semelhança de resultados positivos encontrados tanto em treinamentos com cargas baixas

quanto com cargas altas, havendo uma melhora na força muscular inspiratória, capacidade funcional e dispneia. No entanto, mais estudos são necessários para definir o melhor protocolo de TMI para DPOC.

Descritores | Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica; Exercícios Respiratórios.

ABSTRACT | Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) changes the musculoskeletal system, including the respiratory muscles, which are responsible for increasing dyspnea and reducing functional capacity. Several studies have already showed the effectiveness of inspiratory muscle training (IMT); therefore, it should be part of the pulmonary rehabilitation program. However, assessing the best way to do it is still necessary. Thus, this study aimed to evaluate, by a systematic review, the effectiveness of different IMT protocols and loads on the outcomes of inspiratory muscle strength and endurance, functional capacity, and dyspnea reduction. This systematic review was performed in accordance with the PRISMA protocol. Studies were searched in February 2021 in the PubMed, SciELO, PEDro. For the search, the following keywords were used: “COPD” and “*breathing exercises, resistive training, respiratory muscle training*.” A total of 398 individuals previously diagnosed with COPD were included in the 10 selected studies. Different IMT devices were used and protocols varied in relation to loads and progression. Threshold was the most used IMT device. Its load was established according to the percentage of maximal inspiratory pressure (MIP) (30–80%) and readjusted according to new measurements taken every one or two weeks.

Este trabalho é a monografia de conclusão da graduação em fisioterapia de Beatriz Rodrigues Mortari.

¹Faculdades Integradas de Bauru (FIB) – Bauru (SP), Brasil. E-mail: beatrizmortari@outlook.com. ORCID-0000-0002-2262-5349

²Faculdades Integradas de Bauru (FIB) – Bauru (SP), Brasil. E-mail: roberta_m_m@hotmail.com. ORCID-0000-0001-5982-3552

Respiratory muscle training with both low loads and high loads presented positive results, however, establishing which is the best IMT protocol for individuals with COPD is not possible yet. Inspiratory muscle strength, functional capacity, and dyspnea get better with IMT.

Keywords | Pulmonary Disease, Chronic Obstructive; Breathing Exercises.

RESUMEN | La enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) produce cambios en el sistema musculoesquelético, incluidos los músculos respiratorios, lo que provoca un aumento de la disnea y reducción de la capacidad funcional. En este sentido, el entrenamiento de la musculatura inspiratoria (EMI) debe formar parte del programa de rehabilitación pulmonar. Varios estudios ya reportaron su eficacia, pero todavía es necesario investigar la mejor manera de realizarlo. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue investigar, basándose en una revisión sistemática, la efectividad de diferentes protocolos y cargas de EMI en los resultados de fuerza y resistencia de la musculatura inspiratoria, así como en la capacidad funcional y la reducción de la

disnea. Esta es una revisión sistemática que siguió el protocolo PRISMA. Se realizó una búsqueda de datos en febrero de 2021 en las siguientes bases de datos: PubMed, SciELO y PEDro. Para estas búsquedas se utilizaron los siguientes descriptores: "COPD" y "*breathing exercises, resistive training, respiratory muscle training*". Un total de 398 pacientes se incluyeron en los 10 estudios seleccionados, y todos los participantes habían recibido diagnóstico previo de EPOC. Se utilizaron diferentes dispositivos para EMI, y los protocolos variaron con relación a cargas y progresión. Entre los artículos, la herramienta más utilizada fue *Threshold*, con carga según el porcentaje de presión inspiratoria máxima (30-80%), reajustada conforme nuevas medidas cada una o dos semanas. Se encontraron resultados positivos similares en el entrenamiento con bajas cargas y en el con altas cargas, con mejora de la fuerza de la musculatura inspiratoria, de la capacidad funcional y de la disnea. Sin embargo, se necesitan más estudios para definir el mejor protocolo de EMI para EPOC.

Palabras clave | Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica; Ejercicios Respiratorios.

INTRODUÇÃO

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é uma das principais causas de morbidade e mortalidade no mundo, caracterizada pela limitação progressiva do fluxo de ar, devido ao estreitamento das vias aéreas, bem como pela destruição do parênquima pulmonar. Essas alterações, que variam de intensidade em cada pessoa, são provocadas por exposição prolongada a partículas e gases tóxicos e influenciadas por fatores pessoais¹. O envelhecimento da população mundial associado ao uso de cigarro e à poluição do ar contribuiu para o aumento da incidência da doença nos últimos anos, com um total de 210 milhões de pessoas afetadas, sendo responsável por cerca de 6% das mortes no mundo. Espera-se ainda um acréscimo de 30% da mortalidade por DPOC na próxima década, o que a colocaria na terceira posição entre as principais causas de morte em 2030².

As altas taxas de mortalidade e morbidade da DPOC resultam principalmente das alterações tanto pulmonares quanto musculoesqueléticas, além das diversas comorbidades que acompanham a condição. A dispneia é um dos principais sintomas da DPOC e está relacionada, entre outros fatores, com a hiperinsuflação. O paciente então passa a apresentar um padrão de respiração rápido e curto, que leva ao aumento do trabalho respiratório e a restrição do volume corrente. Essas modificações também se relacionam com o desequilíbrio entre demanda e capacidade

dos músculos inspiratórios, que se encontram com diminuição de força e resistência³. Devido à hiperinsuflação, o diafragma precisa realizar um esforço maior do que o normal para aumentar a pressão negativa e permitir que o ar entre nos pulmões. Essa demanda de energia provoca uma distensão toraco-pulmonar, juntamente com a retificação desse músculo, tornando suas cúpulas baixas e achatadas⁴. Para se adaptar a essas modificações e se manter funcional, o diafragma sofre uma diminuição no número e comprimento dos sarcômeros. Dessa forma, o pico de fluxo inspiratório geralmente é preservado, ao passo que a ventilação, limitada na patologia, é mais suscetível à fadiga⁵. Essa característica ocorre pois as fibras musculares sofrem uma transformação do tipo II para o tipo I, havendo o aumento de sua capilarização e capacidade aeróbica⁶ e conseqüentemente, da carga de trabalho e do consumo de oxigênio. Conforme a doença evolui, o paciente encontra dificuldade em suprir essa demanda e, com suas fibras agora encurtadas, sua ação inspiratória se torna fraca e a musculatura acessória é solicitada⁵.

Outras alterações importantes também são observadas nos músculos abdominais e periféricos, especialmente o quadríceps. Nestes, o número de fibras do tipo I diminui em comparação com as do tipo II, fato que se relaciona com a intolerância ao exercício, piora da função pulmonar e maiores índices de mortalidade⁶. Além disso, em sua maioria, os indivíduos possuem idade avançada e

podem ter comorbidades como cardiopatias e diabetes, portanto a atrofia muscular, a sarcopenia e a caquexia são características comumente encontradas entre eles. Estas se manifestam respectivamente como redução do tamanho das fibras, perda de massa muscular e perda de peso, e estão relacionadas a fatores como hipóxia, hipercapnia, tabagismo, má nutrição, uso de corticosteroides e imobilização. Logo, é importante destacar que a disfunção musculoesquelética está diretamente ligada ao mau prognóstico da DPOC⁷.

Todos os fatores citados anteriormente fazem parte de um ciclo de inatividade e piora dos sintomas característicos da doença. A hiperinsuflação e as mudanças mecânicas da caixa torácica levam à dispneia e intensificação do trabalho respiratório, aumentando os níveis de dióxido de carbono (CO₂). Por sua vez, a atrofia muscular periférica e a alteração da composição das fibras provocam déficit de força e resistência muscular, e aumento da produção de ácido láctico, também elevando a concentração de CO₂. Como resultado dessa combinação, o paciente passa a diminuir suas atividades com medo da exacerbação dos sintomas e fica cada vez mais descondicionado, o que conseqüentemente piora a sua condição musculoesquelética e respiratória⁶.

O tratamento da DPOC deve ser realizado por uma equipe multidisciplinar e ter como objetivos o alívio dos sintomas, a melhora do quadro clínico e da tolerância ao exercício, a prevenção da progressão da doença e de exacerbações, e a redução da mortalidade. Esse manejo da DPOC envolve cessação do hábito de fumar, vacinação contra influenza e pneumonia, uso de broncodilatadores e corticosteroides, educação do paciente para o autocuidado e a reabilitação pulmonar. Esta última é uma intervenção que inclui exercícios supervisionados, identificação das necessidades físicas, avaliação do estado nutricional, psicológico e social do paciente¹.

O treinamento muscular inspiratório (TMI), juntamente com um programa de exercícios, é parte fundamental da reabilitação pulmonar. Essa terapia pode ser realizada com dois métodos diferentes: treino resistido com carga linear e com carga alinear. O primeiro é independente do fluxo aéreo e oferece uma resistência constante, graduada em cmH₂O, e utiliza uma mola com válvula unidirecional. Já o segundo emprega um dispositivo com orifício de diâmetro variável com limitação ao fluxo aéreo, sendo dependente deste⁸. Entre os dispositivos de carga linear, o *Threshold IMT*[®] é o mais utilizado e tem demonstrado maior efetividade comparado aos de carga alinear, como o *Voldyne*^{®9}. Além destes, foi desenvolvido outro aparelho, que consiste em uma carga resistiva fornecida por uma válvula controlada eletronicamente,

denominado *Powerbreathe*¹⁰. Os benefícios do treinamento muscular inspiratório incluem aumento da força e resistência da musculatura trabalhada, redução da dispneia, melhora da tolerância ao exercício e da qualidade de vida¹¹. Contudo, a falta de padronização dos equipamentos e cargas em estudos anteriores ainda representa uma dificuldade para se estabelecer o seu real efeito terapêutico.

Assim, a pergunta de pesquisa desta revisão sistemática é: quais os protocolos e cargas efetivas para o treinamento da musculatura inspiratória de indivíduos com DPOC? Neste contexto, o objetivo do estudo é descrever o melhor protocolo e as cargas utilizadas para realizar treinamento da musculatura inspiratória em pacientes com DPOC, além de revisar a efetividade desses treinamentos sobre os desfechos de força e resistência dos músculos, além da capacidade funcional e redução da dispneia.

METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma revisão sistemática de: estudos que avaliaram (1) indivíduos com DPOC submetidos a protocolos de treinamento muscular inspiratório com diferentes dispositivos; (2) ensaios clínicos aleatorizados que compararam diferentes protocolos com o mesmo instrumento, que compararam o efeito de um protocolo com um grupo-controle não submetido ao treinamento ou grupo placebo, ou ainda que compararam diferentes instrumentos; e (3) artigos nas línguas inglesa, portuguesa, espanhola e francesa publicados na íntegra. Foram excluídos artigos de revisão, monografias, estudos publicados somente como anais de eventos científicos, capítulos de livro, *guidelines* e opiniões de especialista.

Foram considerados como desfechos primários as variáveis que refletem a força e a resistência dos músculos respiratórios, como a pressão inspiratória máxima (Pimáx) e a ventilação voluntária máxima (VVM). Foram considerados como desfechos secundários as variáveis relativas à aptidão cardiorrespiratória e à capacidade funcional como consumo de oxigênio máximo ou pico (VO₂), tempo limite (Tlim), distância percorrida no teste de caminhada de seis minutos (TC6'), índice basal de dispneia (*baseline dyspnea index* – BDI), índice de transição de dispneia (*transition dyspnea index* – TDI) e escala de dispneia do *Medical Research Council* (MRC).

As buscas foram realizadas em fevereiro de 2021, nas seguintes bases de dados: PubMed, SciELO e PEDro. Para a pesquisa dos artigos, alguns descritores foram selecionados a partir dos termos do *Medical*

Subject Headings (MeSH) e foram divididos conforme o grupo populacional e o desfecho. São eles: (1) grupo populacional – “COPD”; e (2) desfecho – “breathing exercises, resistive training, respiratory muscle training”. Foram selecionados apenas estudos publicados nos últimos 10 anos. Um software gerenciador de bibliografias para publicação de artigos científicos (Endnote®) foi utilizado para armazenamento de estudos e exclusão de duplicatas.

Para a análise do risco de viés dos estudos foi utilizado o software Review Manager (RevMan 5), no qual se avaliaram os domínios: geração de sequência aleatória (viés de seleção), ocultação de alocação (viés de seleção), cegamento de participantes e profissionais (viés de desempenho), cegamento de avaliadores de desfecho (viés de detecção), desfechos incompletos (viés de atrito), relato de desfecho seletivo (viés de relato) e outras fontes de viés.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi utilizado o fluxograma do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) para organização do processo de seleção dos estudos, apresentado na Figura 1. Inicialmente, foram identificados 1.803 estudos nas bases de dados consultadas. Destes, apenas 20 foram incluídos para leitura na íntegra, após a exclusão de duplicatas e leitura de título e resumo. Ao final, 10 artigos foram incluídos no estudo, seguindo os critérios de inclusão e exclusão preestabelecidos.

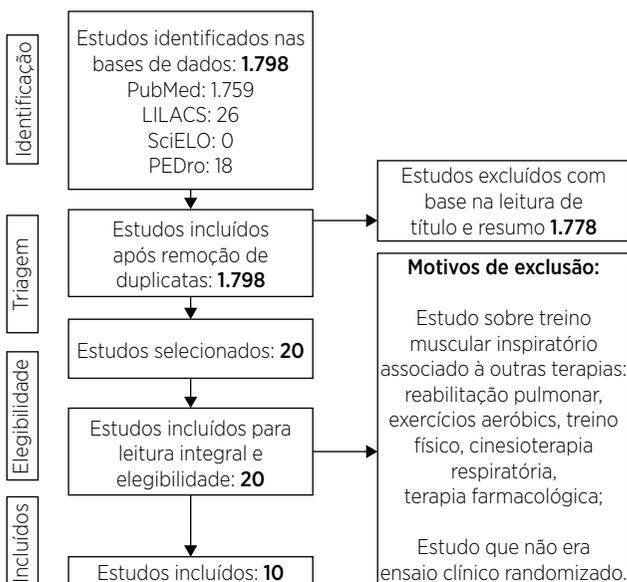


Figura 1. Fluxograma do processo de elegibilidade dos estudos

Conforme apresentado na Figura 2, metade dos estudos incluídos preencheram os critérios de alocação dos sujeitos^{10,12-15}. A outra metade não apresentou cegamento da alocação^{2,11,16-18}. Apenas um estudo apresentou cegamento dos sujeitos¹³. Em relação ao cegamento dos avaliadores de desfecho, metade dos estudos preencheram o requisito^{10,13-15,17}.

	Geração de sequência aleatória (viés de seleção)	Ocultação de alocação (viés de seleção)	Cegamento de participantes e profissionais (viés de desempenho)	Cegamento de avaliadores de desfecho (viés de detecção)	Desfechos incompletos (viés de atrito)	Relato de desfecho seletivo (viés de relato)	Outros viés
Chuang, 2017	+	-	-	-	+	+	?
Cutrim, 2019	+	+	-	-	+	+	?
Heydari, 2015	+	-	-	-	+	+	?
Langer, 2015	+	+	-	+	+	+	?
Langer, 2018	+	+	+	+	+	+	?
Mehani, 2017	+	+	-	+	+	+	?
Nikoleitou, 2016	+	-	-	+	+	+	?
Petrovic, 2012	+	-	-	-	+	+	?
Wu, 2017	+	-	-	-	+	+	?
Xu, 2018	+	+	-	+	+	+	?

Figura 2. Resumo do risco de viés: análise das pesquisadoras sobre o risco de viés dos estudos incluídos

A Tabela 1 apresenta as características das amostras dos estudos, incluindo idade, sexo e função pulmonar, e dos protocolos de TMI, incluindo prescrição, frequência semanal e progressão, intensidade e progressão da carga, ajuste da carga, duração e dispositivos.

Tabela 1. Características das amostras dos estudos e protocolos de treinamento muscular inspiratório

Estudo	Amostra		Protocolo			
	Grupo	Prescrição	Frequência semanal e duração	Intensidade e progressão da carga	Reajuste da carga	Dispositivo
Chuang et al., 2017 ²	G1: TMI (n=27) G2: controle (n=28)	21 a 30min/sessão 7×2min ativos e 1min de descanso	5×/semana por 8 semanas	1ª sem: 15cmH ₂ O 2ª sem: 20cmH ₂ O 4ª sem: 30cmH ₂ O 6ª sem: 40cmH ₂ O	A cada duas semanas	<i>Threshold</i>
Cutrim et al., 2019 ¹²	G1: TMI (n=11) G2: controle (n=11)	30min/sessão 15-20 resp. diafragmáticas/min.	3×/semana por 12 semanas	Carga fixada em 30% da Pimáx	Carga fixa	<i>Threshold</i>
Heydari, Farzad e Ahmadi hosseini, 2015 ¹⁶	G1: TMI (n=15) G2: espirometria de incentivo (n=15)	15 min/sessão 2×/dia	4 dias/semana por 4 semanas	G1: carga inicial de 40% da Pimáx G2: 10-15 insp. lentas e profundas durante 3s	G1: 5-10% em cada sessão, até 60% da Pimáx G2: Não há	G1: <i>Threshold</i> G2: <i>RespiFlo</i>
Langer et al., 2015 ¹⁰	G1: carga linear de pressão mecânica (n=10) G2: carga resistiva de fluxo cônico (n=10)	2×/dia 30 resp.	7 dias/semana por 8 semanas	Mínimo de 40% da Pimáx	2× na semana, para igualar a pelo menos 50% da Pimáx	G1: <i>Threshold</i> ou <i>Powerbreathe Medic</i> G2: <i>Powerbreathe KHI</i>
Langer et al., 2018 ¹³	G1: TMI (n=10) G2: placebo (n=10)	2-3 sessões 30 resp. 4-5min/sessão	7 dias/semana por 8 semanas	G1: Carga inicial de 40% da Pimáx G2: ≤10% da Pimáx inicial	Semanalmente, até 40-50% da Pimáx	<i>Powerbreathe KHZ</i>
Mehani, 2017 ¹⁴	G1: TMI+placebo TME (n=20) G2: TME+placebo TMI (n=20)	6×5 resp.	3×/semana por 8 semanas	G1: Carga inicial de 15% da Pimáx+placebo TME 7cmH ₂ O G2: Carga inicial de 15% da Pemáx+placebo TMI 7cmH ₂ O	G1: 1× semana, 5%-10% até 60% da Pimáx G2: 1× semana, 5%-10% até 60% da Pimáx	<i>Threshold</i>
Nikoleitou et al., 2016 ¹⁷	G1: TMI (n=21) G2: placebo (n=18)	2×/dia 30 resp. Pausas máximas de 1min	6×/semana por 7 semanas	G1: Carga inicial de 30% da Pimáx G2: Carga fixada em 15% da Pimáx	G1: 1×/semana, até 62% da Pimáx	<i>Powerbreathe</i>
Petrovic et al., 2012 ¹⁸	G1: TMI (n=10) G2: controle (n=10)	1×/dia 10×força 10×resistência	7×/semana por 8 semanas	Força: 80% da Pimáx por 1s Resistência: 60% da Pimáx durante 1min	A cada 2 semanas	<i>RespiFit S</i>
Wu et al., 2017 ¹¹	G1: <i>Pflex</i> (n=21) G2: <i>Threshold</i> (n=19) G3: controle (n=20)	2×/dia 15min.	2×/semana por 8 semanas	G1: 60% do PTPmip G2: 60% do PTPmip	A cada 2 semanas	G1: <i>Pflex</i> G2: <i>Threshold</i>
Xu et al., 2018 ¹⁵	G1: TMI (n=23) G2: TMI+TME=ciclo (n=23) G3: TMI+TME≠ciclos (n=23) G4: controle (n=23)	1×/dia, 48min cada	7 dias/semana por 8 semanas	TMI: Carga inicial de 30% da Pimáx TME: Carga inicial de 15% da Pemáx Placebo: Sem carga	TMI: 5% a cada 2 semanas até 45% da Pimáx TME: 5% a cada 2 semanas até 30% da Pemáx	<i>Threshold</i> modificado

TMI: treinamento muscular inspiratório; TME: treinamento muscular expiratório; Pimáx: pressão inspiratória máxima; Pemáx: pressão expiratória máxima; PTPmip: produto do tempo de pressão da Pimáx.

Um total de 398 pacientes foram incluídos nos 10 estudos. As amostras foram obtidas na América do Norte¹³, América do Sul¹², Ásia^{2,11,14-16} e Europa^{10,17,18}. Todos os indivíduos analisados foram previamente diagnosticados com DPOC, majoritariamente do sexo masculino e com média de idade entre 50 e 73 anos (média±DP). Foram utilizados diferentes dispositivos para o TMI, sendo os mais utilizados o *Threshold* e o *Powerbreath*, e os protocolos variaram em relação às cargas e progressão.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos nos estudos, divididos entre desfechos primários (avaliação de força dos músculos inspiratórios) e desfechos secundários (capacidade funcional).

Tabela 2. Efeitos do treinamento muscular inspiratório de acordo com os desfechos primários e secundários

Estudo	Desfechos primários	Desfechos secundários
Chuang et al., 2017 ² G1: TMI G2: controle	G1 vs G2: Aumento significativo da Pimáx após TMI no G1 comparado ao G2 (p<0,001).	G1 vs G2: Aumento significativo da distância percorrida no TC6' e da pontuação do BDI no G1 comparado ao G2 (p<0,001).
Cutrim et al., 2019 ² G1: TMI G2: controle	G1 vs G2: Aumento significativo da Pimáx no G1 comparado ao G2 (p<0,05).	G1 vs G2: Aumento clinicamente significativo da distância percorrida no TC6' (ES=1,09).
Heydari, Farzad e Ahmadi hosseini, 2015 ¹⁶ G1: TMI G2: espirometria de incentivo	G1 vs G2: Aumento significativo da Pimáx e da VVM no G1 comparado ao G2 (p=0,025).	Não foram avaliados desfechos secundários.
Langer et al., 2015 ¹⁰ G1: carga linear de pressão mecânica G2: carga resistiva de fluxo cônico	G1 vs G2: Ambos apresentaram aumento da Pimáx, sendo este mais expressivo no G2 comparado ao G1 (p<0,01).	G1 vs G2: Aumento significativo do Tlim no G2 comparado ao G1 (p=0,02).
Langer et al., 2018 ¹³ G1: TMI G2: placebo	G1 vs G2: Aumento significativo da Pimáx no G1 comparado ao G2 (p<0,05). Não apresentou diferença significativa da VVM entre os grupos (p>0,05).	G1 vs G2: Redução significativa da dispneia no G1 comparado ao G2 (p<0,05).
Mehani, 2017 ¹⁴ G1: TMI+placebo TME G2: TME+placebo TMI	G1 vs G2: Aumento significativo da Pimáx no G1 comparado ao G2 (p=0,0001).	G1 vs G2: Aumento significativo da distância percorrida no TC6' no G1 comparado ao G2 (p=0,0001).

(continua)

Tabela 2. Continuação

Estudo	Desfechos primários	Desfechos secundários
Nikoleitou et al., 2016 ¹⁷ G1: TMI G2: placebo	G1 vs G2: Aumento significativo da Pimáx no G1 comparado ao G2 (p=0,04).	G1 vs G2: Não houve aumento significativo da distância percorrida no <i>shuttle walk test</i> no G1 comparado ao G2 (p=0,05).
Petrovic et al., 2012 ¹⁸ G1: TMI G2: controle	G1 vs G2: Aumento significativo da Pimáx no G1 comparado ao G2 (p<0,001).	G1 vs G2: Aumento significativo da capacidade máxima de exercício no G1 comparado ao G2 (P<0,001).
Wu et al., 2017 ¹¹ G1: TMI <i>Pflex</i> G2: TMI <i>Threshold</i> G3: controle	G1 vs G2 vs G3: Aumento significativo da Pimáx no G1 e G2 comparado ao G3 (p<0,01), sem diferença significativa entre os dois (p>0,05).	G1 vs G2 vs G3: Aumento significativo do VO ₂ no G1 e G2 (p<0,05) comparado ao G3, sem diferença significativa entre os dois (p>0,05). Não houve aumento significativo do BDI nos três grupos. Aumento significativo do TDI no G1 e G2 (P<0,05) comparado ao G3.
Xu et al., 2018 ¹⁵ G1: TMI G2: TMI+TME mesmo ciclo G3: TMI+TME ciclos diferentes G4: placebo	G1 vs G2 vs G3 vs G4: Aumento significativo da Pimáx no G1, G2 e G3 comparado ao G4 (p<0,05), sem diferença entre os três.	G1 vs G2 vs G3 vs G4: Redução significativa da dispneia no G1, G2 e G3 comparado ao G4 (p<0,05), sem diferença entre os grupos. Não houve diferença no TC6' entre os grupos (p=0,097).

TMI: treinamento muscular inspiratório; TME: treinamento muscular expiratório; Pimáx: pressão inspiratória máxima; Pemáx: pressão expiratória máxima; PTPmip: produto do tempo de pressão da Pimáx; VVM: ventilação voluntária máxima; VO₂: consumo de oxigênio máximo; MRC: escala de dispneia do *Medical Research Council*; TC6': teste de caminhada de 6 minutos; BDI: índice basal de dispneia; Tlim: tempo de inspiração com uma carga submáxima; TDI: índice de transição de dispneia, ES: *effect size* (tamanho do efeito).

Em relação aos desfechos primários, força e resistência dos músculos inspiratórios, todos os grupos que realizaram o TMI apresentaram melhora significativa da Pimáx em comparação aos que não realizaram. Dois estudos avaliaram também a VVM, sendo que apenas um deles obteve melhora significativa dessa variável¹⁶.

Os desfechos secundários foram avaliados utilizando diferentes ferramentas e dizem respeito à aptidão cardiorrespiratória e à capacidade funcional. Quatro estudos utilizaram o TC6', sendo que três apresentaram aumento significativo da distância percorrida^{2,12,14}. Um único estudo utilizou o *shuttle walk test*, e não obteve diferença significativa entre os grupos, porém relatou que após o teste o grupo experimental apresentou menor frequência

cardíaca, indicando uma possível melhora da tolerância ao exercício¹⁷. Dois estudos analisaram o valor do VO_2 , e ambos demonstraram melhora desta variável nos grupos que realizaram o TMI^{11,18}. Dois estudos avaliaram a resistência dos músculos inspiratórios através do Tlim, e ambos apresentaram aumento significativo nos grupos de intervenção^{10,18}.

O efeito do TMI na redução da dispneia foi investigado por quatro estudos. Dois deles utilizaram a escala do MRC, e ambos demonstraram melhora na pontuação após a intervenção^{13,15}. Outros dois analisaram o BDI, sendo que apenas um encontrou melhora significativa da pontuação². Em contrapartida, o estudo que não apresentou melhora do BDI obteve resultados significativamente satisfatórios no TDI¹¹.

O *Threshold* foi o dispositivo mais utilizado para o TMI, encontrado em sete dos 10 estudos^{2,10-12,14-16}. O TMI se mostrou mais efetivo do que a espirometria de incentivo¹⁶, o uso do *Powerbreathe KH1* (carga resistiva de fluxo cônico) se mostrou mais eficaz do que do *Powerbreathe Medic* e do *Threshold* (carga linear de pressão mecânica)¹⁰, e não houve diferença significativa entre o uso do *Pflex* e do *Threshold*¹¹. Um único estudo investigou os efeitos do treinamento da musculatura inspiratória com a expiratória, no mesmo ciclo ou em ciclos diferentes, utilizando um dispositivo *Threshold* modificado. Não houve diferença significativa entre esse tipo de tratamento e o exclusivamente inspiratório, tanto nos desfechos primários quanto nos secundários¹⁵.

As cargas utilizadas em 9 dos 10 estudos foram calculadas com relação à Pimáx, entre 30% e 80% do valor inicial, e reajustadas a cada uma ou duas semanas em oito deles, de acordo com novas mensurações realizadas periodicamente. Um único artigo utilizou cargas pré-definidas, entre 15 e 40cmH₂O², e apenas um manteve a carga fixa em 30% da Pimáx durante todo o período analisado¹². O tempo de intervenção variou entre 4 e 12 semanas nos 10 estudos.

Após análise das tabelas 1 e 2, é possível perceber que a prescrição dos exercícios de TMI ainda é heterogênea na literatura. Nos estudos analisados, não parece haver diferença entre os resultados em relação aos diferentes tipos de dispositivo, cargas utilizadas, progressão das cargas e tempo de tratamento. Assim, ainda não é possível determinar se valores maiores de carga são mais efetivos nos desfechos analisados, bem como qual seria a frequência semanal ideal para pacientes tratamento. Além disso, o uso de diferentes dispositivos de carga linear parece fornecer resultados equivalentes no tratamento.

A respeito do tempo de tratamento, achados semelhantes foram encontrados na revisão sistemática conduzida por Figueiredo et al.¹⁹, que analisou 48 estudos, com um total de 1.996 pacientes, sobre o efeito do TMI isolado ou não em pacientes com DPOC. Nos grupos que apresentaram melhora dos desfechos analisados, não houve diferença entre aqueles que receberam a intervenção por períodos mais curtos ou mais longos. Já em relação à carga, os que utilizaram valores entre 60% e 80% da Pimáx obtiveram ganhos levemente superiores aos que utilizaram entre 35% e 50%.

Não foram encontradas na literatura recente outras revisões sistemáticas que buscaram responder à pergunta sobre quais seriam os protocolos mais eficazes para o TMI em indivíduos com DPOC. Contudo, há evidências que comprovam os benefícios do tratamento na melhora da força dos músculos inspiratórios, capacidade funcional, aptidão cardiorrespiratória e redução da dispneia.

Beaumont et al.²⁰ conduziram uma revisão sistemática de 43 estudos que analisaram o efeito do TMI isolado ou não, com um total de 1.427 pacientes. Os resultados demonstraram o aumento dos valores de Pimáx, do TC6' e da qualidade de vida (variável que não foi analisada neste estudo), e a redução da dispneia constatada através do BDI.

É importante ressaltar que este estudo selecionou apenas pesquisas que utilizaram TMI isoladamente, para excluir a influência de outras técnicas de reabilitação pulmonar dos resultados.

Como limitações do estudo é possível citar o número de participantes e de estudos, que foi reduzido devido à exclusão de outras técnicas que não o TMI. Os estudos utilizaram várias intervenções, com diferentes cargas, intensidades e dispositivos, bem como tempo de tratamento, o que dificulta uma conclusão de qual a melhor forma para fazer o fortalecimento muscular inspiratório em indivíduos com DPOC. Desta forma, novos ensaios clínicos randomizados e controlados ainda são necessários para uma conclusão mais assertiva sobre o TMI para tratamento da DPOC.

CONCLUSÃO

A maioria dos estudos escolheu o dispositivo *Threshold* para realizar o TMI, com carga estabelecida de acordo com a porcentagem da Pimáx (30-80%), reajustada conforme novas medições a cada uma ou duas semanas. Um achado importante é a equivalência de resultados positivos encontrados tanto em treinamentos com cargas baixas

quanto com cargas altas, pois o uso de resistência elevada pode comprometer a adesão dos pacientes ao tratamento. A força muscular inspiratória, a capacidade funcional e a dispnéia melhoram com a realização do treinamento muscular inspiratório em indivíduos com DPOC.

REFERÊNCIAS

- Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: 2021 report [Internet]. Fontana: GOLD; 2020 [cited 2021 Feb 5]. Available from: https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2020/11/GOLD-REPORT-2021-v1.1-25Nov20_WMV.pdf
- Chuang HY, Chang HY, Fang YY, Guo SE. The effects of threshold inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomised experimental study. *J Clin Nurs*. 2017;26(23-24):4830-8. doi: 10.1111/jocn.13841.
- Charususin N, Gosselink R, McConnell A, Demeyer H, Topalovic M, Decramer M, et al. Inspiratory muscle training improves breathing pattern during exercise in COPD patients. *Eur Respir J*. 2016;47(4):1261-4. doi: 10.1183/13993003.01574-2015.
- Tout R, Tayara L, Halimi M. The effects of respiratory muscle training on improvement of the internal and external thoraco-pulmonary respiratory mechanism in COPD patients. *Ann Phys Rehabil Med*. 2013;56(3):193-211. doi: 10.1016/j.rehab.2013.01.008.
- Alter A, Aboussouan LS, Mireles-Cabodevila E. Neuromuscular weakness in chronic obstructive pulmonary disease: chest wall, diaphragm, and peripheral muscle contributions. *Curr Opin Pulm Med*. 2017;23(2):129-38. doi: 10.1097/MCP.0000000000000360.
- Jaitovich A, Barreiro E. Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. What we know and can do for our patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2018;198(2):175-86. doi: 10.1164/rccm.201710-2140CI.
- Marklund S, Bui KL, Nyberg A. Measuring and monitoring skeletal muscle function in COPD: current perspectives. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2019;14:1825-38. doi: 10.2147/COPD.S178948.
- Göhl O, Walker DJ, Waltersbacher S, Langer D, Spengler CM, Wanke T, et al. Atemmuskultraining: State-of-the-Art. *Pneumologie*. 2016;70(1):37-48. doi: 10.1055/s-0041-109312.
- Paiva DN, Assmann LB, Bordin DF, Gass R, Jost RT, Bernardo-Filho M, et al. Inspiratory muscle training with threshold or incentive spirometry: which is the most effective? *Rev Port Pneumol (2006)*. 2015;21(2):76-81. doi: 10.1016/j.rppnen.2014.05.005.
- Langer D, Charususin N, Jácome C, Hoffman M, McConnell A, Decramer M, et al. Efficacy of a novel method for inspiratory muscle training in people with chronic obstructive pulmonary disease. *Phys Ther*. 2015;95(9):1264-73. doi: 10.2522/ptj.20140245.
- Wu W, Guan L, Zhang X, Li X, Yang Y, Guo B, et al. Effects of two types of equal-intensity inspiratory muscle training in stable patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomised controlled trial. *Respir Med*. 2017;132:84-91. doi: 10.1016/j.rmed.2017.10.001.
- Cutrim ALC, Duarte AAM, Silva-Filho AC, Dias CJ, Urtado CB, Ribeiro RM, et al. Inspiratory muscle training improves autonomic modulation and exercise tolerance in chronic obstructive pulmonary disease subjects: a randomized-controlled trial. *Respir Physiol Neurobiol*. 2019;263:31-7. doi: 10.1016/j.resp.2019.03.003.
- 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* (1985). 2018;125(2):381-92. doi: 10.1152/jappphysiol.01078.2017.
- Mehani SHM. Comparative study of two different respiratory training protocols in elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Interv Aging*. 2017;12:1705-15. doi: 10.2147/CIA.S145688.
- Xu W, Li R, Guan L, Wang K, Hu Y, Xu L, et al. Combination of inspiratory and expiratory muscle training in same respiratory cycle versus different cycles in COPD patients: a randomized trial. *Respir Res*. 2018;19(1):225. doi: 10.1186/s12931-018-0917-6.
- Heydari A, Farzad M, Ahmadi hosseini SH. Comparing inspiratory resistive muscle training with incentive spirometry on rehabilitation of COPD patients. *Rehabil Nurs*. 2015;40(4):243-8. doi: 10.1002/rnj.136.
- Nikoleitou D, Man WDC, Mustfa N, Moore J, Rafferty G, Grant RL, et al. Evaluation of the effectiveness of a home-based inspiratory muscle training programme in patients with chronic obstructive pulmonary disease using multiple inspiratory muscle tests. *Disabil Rehabil*. 2016;38(3):250-9. doi: 10.3109/09638288.2015.1036171.
- Petrovic M, Reiter M, Zipko H, Pohl W, Wanke T. Effects of inspiratory muscle training on dynamic hyperinflation in patients with COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2012;7:797-805. doi: 10.2147/COPD.S23784.
- Figueiredo RIN, Azambuja AM, Cureau FV, Sbruzzi G. Inspiratory muscle training in COPD. *Respir Care*. 2020;65(8):1189-201. doi: 10.4187/respcare.07098.
- Beaumont M, Forget P, Couturaud F, Reyckler G. Effects of inspiratory muscle training in COPD patients: a systematic review and meta-analysis. *Clin Respir J*. 2018;12(7):2178-88. doi: 10.1111/crj.12905.