

Artigo de Revisão

O efeito do treinamento muscular inspiratório em pacientes com insuficiência cardíaca crônica

The effect of inspiratory muscle training in chronic heart failure patients

Mateus Souza Esquível¹, André Luiz Lisboa Cordeiro², Daniel Lago Borges³, Danilo Rocha⁴,
Pablo Calmon⁵, Gustavo dos Santos Ribeiro⁶

Resumo

Introdução: Pacientes com Insuficiência Cardíaca Crônica (ICC) apresentam redução de força e endurance muscular inspiratório. O Treinamento Muscular Inspiratório (TMI) tem se mostrado benéfico em amenizar a sintomatologia da ICC. **Objetivo:** Resumir os principais achados do TMI em pacientes com ICC entre os anos de 2000 a 2017. **Metodologia:** Foi realizada uma busca em diferentes bases para selecionar ensaios clínicos randomizados ou não comparando o TMI com placebo ou outra intervenção em pacientes com ICC. **Resultados/Considerações finais:** O TMI melhora a resposta ventilatória e o mecanismo metaborreflexo de pacientes com ICC, proporcionando incremento na força muscular inspiratória, tolerância ao esforço, sensação de dispneia e qualidade de vida.

Descritores: Exercícios respiratórios, Reabilitação cardíaca, Insuficiência cardíaca.

Abstract

Introduction: Chronic Heart Failure (CHF) patients exhibit loss of inspiratory muscle strength and endurance. Inspiratory Muscle Training (IMT) has been shown to be beneficial in soften the CHF symptoms. **Purpose:** to synthesize the main findings of IMT in CHF patients between 2000-2017. **Methodology:** A search was performed on different bases to select randomized clinical trials or non-randomized comparing IMT vs placebo in CHF patients. **Results/ Final considerations:** IMT improves the ventilatory response and meta-reflex mechanism of CHF patients, providing an increase in inspiratory muscle strength, exercise tolerance, dyspnea perception and quality of life.

Key words: Breathing exercises, Cardiac rehabilitation, Heart failure.

1. Fisioterapeuta, Especialista em Fisioterapia Respiratória e Fisioterapia em UTI pelo sistema ASSOBRAFIR/COFFITO, Salvador/BA – Brasil.
2. Fisioterapeuta, Mestre em Medicina e Saúde Humana pela Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública, Docente na Faculdade Nobre, Salvador/BA – Brasil.
3. Fisioterapeuta, Doutor em Ciências Médicas pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Hospital Universitário da Universidade Federal do Maranhão, São Luís/MA – Brasil.
4. Fisioterapeuta, Mestre em Medicina e Saúde Humana pela Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública, Especialista em Fisioterapia em Terapia Intensiva pelo sistema ASSOBRAFIR/COFFITO e Coordenador do Serviço de Fisioterapia do Hospital Unimec, Vitória da Conquista/BA - Brasil.
5. Fisioterapeuta, Especialista em Fisioterapia Intensiva pelo sistema ASSOBRAFIR COFFITO, Gestor técnico do grupo GNAP, Salvador/BA – Brasil.
6. Educador Físico, Mestre em Ciências da Reabilitação pela Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre/RS – Brasil.

Artigo recebido para publicação em 30 de outubro de 2017.

Artigo aceito para publicação em 30 de outubro de 2017.



Introdução

A insuficiência cardíaca (IC) é uma síndrome caracterizada por sintomas como dispneia, edema de tornozelo e fadiga, que podem estar acompanhados por outros sinais como pressão venosa jugular elevada, creptos pulmonares e edema periférico. Estes sintomas são reflexos de anormalidades estruturais ou funcionais no músculo cardíaco, levando a incapacidade do miocárdio manter o débito cardíaco adequado, inclusive durante o repouso¹.

Estudos têm evidenciado que pacientes com IC apresentam redução na força muscular respiratória²⁻⁶, contribuindo para maior sensação de dispneia em atividades da vida diária, o que, conseqüentemente, aumenta os índices de morbidade². Entretanto, estes indivíduos podem obter alívio na sintomatologia presente na IC, melhora na função muscular respiratória e maior tolerância ao esforço ao realizar o treinamento isolado da musculatura ventilatória^{3,4}.

O treinamento muscular inspiratório (TMI) tem sido apontado como uma alternativa para melhorar a *performance* e amenizar o quadro clínico destes pacientes, uma vez que retarda o surgimento do metaborreflexo dos músculos inspiratórios, melhorando a eficiência ventilatória e diminuindo a sensação de dispneia^{5,6}. O crescente número de publicações respaldando esta terapêutica²⁻⁸ fez com que o TMI fosse incluído no protocolo de reabilitação cardiovascular de pacientes com IC⁹.

Existem diferentes protocolos de TMI, alguns feitos de forma contínua (ex.: 30 min)¹⁰ e outros de forma intervalada (ex: seis repetições com intervalo regressivo)¹¹. De todo modo, a prescrição é feita considerando um percentual da Pressão Inspiratória Máxima (PI_{máx}) obtida na manovacuometria^{10,11}. De acordo com a literatura, é considerado fraco todo paciente que exibir a PI_{máx} inferior a 70% do previsto para sexo e idade¹⁰. Esta medida tem sido apontada como fator de risco independente para infarto do miocárdio e morte por IC¹².

Recentemente, Gomes Neto *et al.*⁴ mostraram que o TMI é um recurso terapêutico que melhora a PI_{máx} e a qualidade de vida de pacientes com IC. Portanto, este estudo busca em sintetizar, por meio de revisão das evidências atuais disponíveis, os efeitos do TMI em pacientes com insuficiência cardíaca.



Metodologia

O presente estudo se caracteriza como uma revisão de literatura sobre o uso do treinamento muscular inspiratório em pacientes cardiopatas. Uma busca foi conduzida nas principais bases eletrônicas (*PUBMED*, *LILACS*, *SCOPUS* e *EMBASE*) visando identificar estudos de relevância na área que auxiliassem a descrever o estado da arte. Para isso, diferentes estratégias foram utilizadas aplicando os seguintes descritores: “*heart failure*”, “*heart diseases*”, “*breathing exercise*”, “*respiratory muscles*” e suas formas correlatas.

Resultados

Os principais estudos identificados em nossa busca, seus respectivos protocolos e desfechos estão sumarizados na Tabela 1.

TABELA 1. Delineamento, métodos e principais desfechos dos estudos selecionados.

Referência	Objetivos	Métodos	Conclusão
Johnson 1998	Avaliar se um programa domiciliar de TMI melhora a tolerância ao exercício ou a qualidade de vida de sujeitos com ICC estável.	18 pacientes (67 ± 6 anos), classe funcional NYHA II-III foram randomizados em grupo TMI e Sham. Ambos realizaram 30 min de TMI 2x ao dia, por 8 semanas. A carga do dispositivo foi ajustada em 30% (TMI) e 15% (Sham) da P _{lmax} .	Aumento na força muscular inspiratória sem influência na tolerância ao exercício e na qualidade de vida.
Weiner 1999	Investigar a influência do TMI no desempenho dos músculos inspiratórios, tolerância ao exercício, função pulmonar e sensação de dispneia em pacientes com ICC moderada.	20 pacientes (66 ± 5 anos), classe funcional NYHA II-III foram randomizados em grupo TMI e Sham. Ambos treinaram 6x/sem, ao longo de três meses. A carga do dispositivo foi ajustada em 60% da P _{lmax} ou perma-neceu sem resistência.	Incremento na força e na resistência dos músculos inspiratórios, na capacidade submáxima de exercício e menor de dispneia. Sem alterações na capacidade máxima de exercício.
Martínez 2001	Avaliar os efeitos do TMI em pacientes com ICC.	20 pacientes (58 ± 3 anos), classe funcional NYHA II-III foram randomizados em grupo TMI e Sham. Ambos treinaram por 15 min, 2x ao dia, seis vezes por semana, por seis semanas. A carga do dispositivo foi fixada em 30% (intervenção) e 10% da P _{lmax} (sham).	Incremento na capacidade funcional (VO ₂ máximo e DPTC ₆), menor sensação de dispneia e aumento na força e na resistência dos músculos inspiratórios.
Loutaris 2004	Avaliar se o TMI modifica o limiar de dispneia, aumenta a capacidade de exercício e melhora a qualidade de vida de pacientes com ICC.	20 pacientes (58 ± 2 anos), classe funcional NYHA II-III foram submetidos a seis inspirações resistidas com pausa regressiva (60, 45, 30, 15, 10 e 5 segundos). O protocolo foi aplicado 3x por semana por 10 semanas. A carga do dispositivo foi ajustada em 60% e 15% da P _{lmax} .	Incremento na capacidade funcional (DPTC ₆ e VO ₂ pico), menor sensação de dispneia e aumento na força e na resistência dos músculos inspiratórios.



TABELA 1. Delineamento, métodos e principais desfechos dos estudos selecionados (continuação).

Referência	Objetivos	Métodos	Conclusão
Dal Lago 2006	Avaliar o efeito do TMI na resposta ventilatórias ao exercício, capacidade funcional, cinética de absorção de oxigênio e qualidade de vida.	32 pacientes foram randomizados e submetidos a 12 semanas de TMI, 7x p/sem, durante 30 min, mantendo a respiração diafragmática de 15 a 20 inspirações por minuto. A carga foi ajustada em 30% (TMI) da P _{lmax} ou permaneceu sem carga.	Melhora na força muscular inspiratória, consumo de oxigênio, eficiência ventilatória, capacidade funcional (DPTC6), qualidade de vida e função pulmonar.
Laoutaris 2007	Verificar se o TMI de alta ou baixa intensidade pode melhorar força e resistência inspiratória, capacidade de exercício, resposta imune e sensação de dispneia de pacientes com ICC.	38 pacientes (57 ± 2 anos), classe funcional NYHA II-III foram randomizados em TMI de alta intensidade e baixa intensidade. Ambos realizaram o treinamento 3x p/sem durante 10 semanas. A carga do dispositivo foi ajustada em 60% (alta) ou 15% (baixa) da P _{lmax} .	O TMI de alta intensidade incrementa a força e a resistência da musculatura inspiratória, a capacidade funcional (DPTC6 e VO2 pico) e reduz a sensação de dispneia. Sem influência na resposta imune. Baixa intensidade melhora a força muscular inspiratória.
Chiappa 2008	Investigar se o TMI pode atenuar a vasoconstrição periférica exacerbada de pacientes com ICC.	18 sujeitos (57 ± 11 anos), classe funcional NYHA I-IV foram submetidos a 30 min de TMI diariamente (7x p/ sem), por quatro semanas. A carga do dispositivo foi fixa em 60% da P _{lmax} .	Aumento na força muscular inspiratória, na espessura diafragmática e atenuação no processo de vasoconstrição periférica.
Loutaris 2008	Avaliar o efeito do TMI na função autonômica, função endotelial e nos níveis de NT-proBNP em pacientes com ICC.	14 pacientes (53 ± 2 anos), classe funcional NYHA II-III foram submetidos a seis inspirações resistidas com pausa regressiva (60, 45, 30, 15, 10 e 5 segundos). O protocolo foi aplicado 3x p/ sem durante 10 semanas. A carga foi ajustada em 60% ou 15% da P _{lmax} .	Os marcadores de função endotelial, níveis de NT-proBNP e variabilidade da frequência cardíaca não se associaram com a melhora na sensação de dispneia e tolerância ao esforço (VO2 e potência circulatória).
Padula 2009	Avaliar se pacientes com ICC melhoram a força de MSLs, dispneia e qualidade e vida.	32 sujeitos (32 a 95 anos), classe funcional NYHA II-III foram randomizados em dois grupos: TMI e controle. O grupo intervenção (n=15) realizou 12 semanas de TMI, 10-20 minutos por dia, 6-7 dias por semana com carga fixa a 30% da P _{lmax} .	Melhora na força muscular inspiratória e sensação de dispneia.
Stein 2009	Avaliar se o TMI melhora a resposta ventilatória e a tolerância ao exercício em pacientes com ICC.	32 pacientes foram randomizados em grupo TMI e Sham. Ambos realizaram o protocolo por 30 minutos, 7x p/ sem, ao longo de 12 semanas. O dispositivo foi ajustado em 30% da P _{lmax} ou permaneceu sem carga.	Incremento na eficiência de absorção de oxigênio e na força muscular inspiratória.
Winkelmann 2009	Verificar se o TMI resulta em melhora adicional na tolerância ao exercício e na força muscular inspiratória de pacientes com ICC.	12 pacientes (54 ± 12 anos) realizaram 12 semanas de TMI, 30 minutos por dia, 7x p/ semana e carga fixa em 30% da P _{lmax} , de forma complementar ao treino aeróbio (36 sessões em cicloergometro, 3x p/ sem).	Maior incremento na força e resistência dos músculos inspiratórios, VO2 de pico, eficiência ventilatória, curva de absorção de oxigênio (OUES), potência circulatória e demais respostas ventilatórias submáximas. Houve melhora similar na capacidade funcional e na qualidade de vida.
Bosnak-Guclu 2011	Investigar o efeito do TMI na capacidade funcional, equilíbrio, força muscular inspiratória e periférica, função pulmonar e sensação de dispneia, fadiga, depressão e qualidade de vida de pacientes com ICC.	30 pacientes (70 ± 8 anos), classe funcional NYHA II-III foram randomizados em grupo TMI e Sham. Ambos treinaram 7x por semana, 30 min por dia (6x p/ sem). O dispositivo foi ajustado em 40% e 15% da P _{lmax} .	Incremento na capacidade funcional, força muscular (respiratória e periférica), sensação de dispneia e depressão no grupo TMI. Fadiga e qualidade de vida tiveram resultados similares ao grupo sham.



TABELA 1. Delineamento, métodos e principais desfechos dos estudos selecionados (continuação).

Referência	Objetivos	Métodos	Conclusão
Mello 2012	Averiguar o efeito do TMI na função autonômica e na atividade simpática periférica de pacientes com ICC.	12 pacientes foram submetidos a 10 min de TMI 3x ao dia (7x p/ sem), ao longo de 12 semanas. O dispositivo foi fixo em 30% da P _{lmax} . O grupo sham realizou o mesmo protocolo, mas sem resistência no dispositivo.	Maior eficiência ventilatória, força muscular inspiratória, VO ₂ de pico e qualidade de vida. Menor atividade simpática (VFC) e ativação do nervo periférico, resultando em melhora na modulação autonômica.
Palau 2013	Avaliar se o TMI melhora a função diastólica do VE, capacidade de exercício e qualidade de vida de pacientes com ICC.	27 pacientes NYHA III-IV foram aleatorizados e submetidos a 20 min de TMI, 2x ao dia por 12 semanas. O dispositivo foi ajustado em 40% ou 15% da P _{lmax} .	Incremento no VO ₂ pico, limiar anaeróbio, DPTC6, eficiência ventilatória e na qualidade de vida. Não foi observada alterações na função diastólica do VE e na concentração de NT-proBNP.
Adamopoulos 2014	Investigar o impacto do TMI paralelo ao treino aeróbio em pacientes com ICC.	43 sujeitos (58 ± 12 anos), classe funcional NYHA II-III foram randomizados em TA e TMI+TA. O protocolo foi ministrado em ciclo ergométrico (45 min, 70-80% da FC _{max} , 3x p/ sem). O TMI consistiu em 6 inspirações a 60% ou 10% da SP _{lmax} em intervalos regressivos (45, 30, 15, 10 e 5 seg).	O treinamento combinado proporciona benefícios adicionais na função muscular e na capacidade funcional, tolerância ao esforço, VO ₂ pico, FEVE, sensação de dispneia e concentração de proteína C reativa.
Zeren 2016	Investigar o efeito do TMI na função pulmonar, força muscular respiratória e capacidade funcional de pacientes com fibrilação atrial.	33 pacientes (66 ± 9 anos), classe funcional NYHA I-II foram randomizados TMI e controle. O grupo TMI realizou 15 min diários de TMI, 2x ao dia ao longo de 12 semanas com carga fixa em 30% da P _{lmax} .	Aumento na força muscular respiratória, função pulmonar e capacidade funcional.
Moreno 2017	Avaliar o impacto do TMI na saturação de oxigênio da hemoglobina intercostal e do músculo do antebraço durante fadiga respiratória em pacientes com ICC.	26 pacientes (NYHA III-IV) foram randomizados em dois grupos e realizaram o TMI por 30 min, 6x p/ sem, ao longo de oito semanas. O dispositivo do grupo TMI foi fixo em 30% da P _{lmax} ou permaneceu sem carga para o grupo sham.	Melhora na oxigenação do músculo intercostal e do antebraço. Atenuação dos mecanismos envolvidos na resposta barorreflexa e da incompatibilidade de entrega de oxigênio no músculo respiratório durante a fadiga respiratória.

ICC=insuficiência cardíaca crônica; NYHA=new york heart association; TMI=treinamento muscular inspiratório; P_{lmax}=pressão inspiratória máxima; VO₂=consumo de oxigênio; DPTC6=distância percorrida no teste de seis minutos; Msls=membros inferiores; OUES=inclinação de eficiência de absorção de oxigênio; MLHFQ=*minnesota living with heart failure questionnaire*; VFC=variabilidade da frequência cardíaca; NT-proBNP=porção N-terminal do pró-hormônio do peptídeo natriurético do tipo B; TA=treino aeróbio; FC_{max}=frequência cardíaca máxima; SP_{lmax}=pressão inspiratória máxima sustentada; FEVE=fração de ejeção do ventrículo esquerdo; VE=ventrículo esquerdo.

Discussão

É comum indivíduos com insuficiência cardíaca crônica (ICC) apresentarem fraqueza nos músculos respiratórios¹³, dispneia aos esforços habituais¹⁰⁻¹⁵ e perda de capacidade funcional¹⁴⁻¹⁸. Fatores que impactam diretamente na qualidade de vida¹⁶⁻¹⁸. O TMI é um recurso utilizado para amenizar estes sintomas. Os resistores lineares são os equipamentos mais usados nos ensaios



clínicos por aplicarem uma carga fixa ajustada em níveis pré-estabelecidos da P_{Imáx} e não exibirem fluxo-dependência do paciente, o que facilita a reprodução da técnica e sua prescrição.

Grande parte dos estudos envolvendo TMI na ICC utilizou o resistor linear pressórico (RLP) na prescrição do treino. Basicamente, os protocolos oscilaram de uma a três sessões diárias com duração de 10 a 30 minutos e carga ajustada até 60% da P_{Imáx}. Os únicos trabalhos que divergiram deste desenho aplicaram o método progressivo que incrementa a carga até a falha dos músculos inspiratórios fazendo uso de um dispositivo híbrido, que depende do fluxo inspiratório e apresenta resistência durante todo o ciclo inspiratório^{11,19,20}. De todo modo, os resultados no grupo intervenção foram superiores em aumentar a P_{Imáx}^{10,11,14-16,20-26} evidenciando a alta especificidade do TMI. Adicionalmente, cinco investigações observaram incremento na *endurance* ventilatória^{11,20-22,25}. Nos grupos sham e controle não houve tal efeito.

O principal benefício relacionado à maior força e *endurance* ventilatória é a atenuação do metaborreflexo (MTB) dos músculos inspiratórios (MMINSP). O MTB é o sequestro sanguíneo dos músculos periféricos ativos em direção ao diafragma. No indivíduo com ICC, este reflexo merece atenção especial por ser responsável pela diminuição no desempenho físico-funcional. Chiappa *et al.*²³ foram pioneiros em demonstrar nos sujeitos com ICC que o MTB dos MMINSP acontece de forma superior ao observado em indivíduos saudáveis. Estes autores demonstraram que o TMI era capaz de melhorar a perfusão de sangue para os membros inferiores, proporcionando maior tolerância ao exercício.

Complementarmente, Moreno *et al.*²⁷ induziram os músculos inspiratórios a fadiga utilizando um protocolo incremental e demonstram que havia redução na saturação periférica de oxigênio nos músculos intercostais. Os autores ratificaram que o TMI era capaz de atenuar a desoxigenação ocorrida no teste incremental, que culminava na fadiga dos músculos inspiratórios. Assim, ficava claro o modo pelo qual o MTB dos músculos inspiratórios reduzia o desempenho nos pacientes. Estes achados mostram que os músculos inspiratórios, apesar da prioridade do sistema cardiovascular durante o MTB, apresentam limitações fisiológicas que vão interferir na sua função.

Os efeitos do MTB explicam, em parte, a percepção subjetiva do esforço e a dispneia nos pacientes com ICC. Utilizando a escala de BORG para avaliar a dispneia, Laoutaris *et al.*¹¹ aplicaram protocolo de alta intensidade e observaram redução significativa na sensação de dispneia após o teste de caminhada de seis minutos (TC6min). Adicionalmente, Padula *et al.*¹⁴ aplicaram a *Medical Research Council* (MRC) junto a escala de BORG para avaliar a sensação de dispneia em pacientes com ICC



submetidos à um programa de TMI domiciliar. Os resultados mostraram melhora significativa em ambos os escores no grupo intervenção, sem que houvesse mudanças no grupo controle. Estes dados demonstram que mesmo uma pequena porcentagem da $P_{Imáx}$ é capaz de alterar a percepção de esforço.

O fortalecimento da musculatura inspiratória também contribuiu para melhor qualidade de vida dos sujeitos^{10,16,17}. Isso ocorre, independente se o TMI for realizado por 20 ou 30 minutos, uma ou duas vezes ao dia, com 30 ou 40% da $P_{Imáx}$ e ao longo de 8 ou 12 semanas. Adicionalmente, Bosnak-Guglu *et al.*¹⁵ observaram redução nos níveis de fadiga e sintomas depressivos após seis semanas de TMI (30 min diários). Estes achados demonstram que o sistema respiratório é um limitador primário para as atividades de vida diária nos pacientes com ICC, causando um impacto psicológico que não pode ser desprezado.

A melhora sensorial^{10,13,15}, na redistribuição sanguínea^{16,23} e na qualidade de vida dos pacientes com ICC também vem acompanhada de melhora em testes físico-funcionais. Dal Iago *et al.*¹⁰ observaram incremento de 17% no consumo de oxigênio de pico (VO_{2PICO}) e de 25% na potência circulatória após 12 semanas de TMI. Essa investigação foi pioneira em avaliar as variáveis respiratórias obtidas diretamente no teste de esforço cardiopulmonar (TECP). Dal Iago *et al.*¹⁰ ainda evidenciaram que pacientes com ICC aumentavam 19% a distância percorrida no TC6min. Reforçando este achado, Mello *et al.*¹⁶ e Palau *et al.*¹⁷ também obtiveram incremento no VO_{2PICO} e na eficiência ventilatória após 12 semanas de TMI.

Se observarmos de forma acurada os protocolos de prescrição, o aumento da força muscular inspiratória pode ser creditado ao aprendizado técnico. Uma vez que existe, na maioria dos trabalhos, reavaliação semanal da $P_{Imáx}$. Entretanto, Chiappa *et al.*²³ observaram incremento na espessura do diafragma após quatro semanas de TMI com RLP em indivíduos com ICC. Neste estudo, a carga de treino foi ajustada em 60% da $P_{Imáx}$. Um aspecto relevante é que todos os pacientes exibiam fraqueza nos músculos inspiratórios, ou seja, uma $P_{Imáx}$ menor do que 70% da predita. Complementarmente, Downey *et al.*²⁸ observaram aumento na espessura do diafragma após quatro semanas de TMI em sujeitos saudáveis. Além disso, correlacionaram a hipertrofia diafragmática (8 a 12%) com o incremento na $P_{Imáx}$ (24%), demonstrando que o TMI proporciona alterações na arquitetura dos músculos inspiratórios, melhorando sua eficiência.

Considerando o desfecho destes dois achados, especulou-se que o padrão respiratório diafragmático era o principal fator que desencadeava esta adaptação. Por este motivo, era consensual



solicitar aos pacientes que mantivessem o padrão diafragmático durante a sessão de TMI. No entanto, diversas pesquisas realizadas com sujeitos saudáveis²⁹⁻³¹ evidenciaram que é possível aumentar a P_{lmáx} com inspirações dinâmicas usando o método de repetições, semelhante ao prescrito no treino de força para músculos periféricos. Diferentemente do modelo tradicional, no método por repetições o tempo máximo de cada sessão é cinco minutos e, ainda assim, exibem resultados similares aos estudos que utilizaram o padrão muscular ventilatório de predomínio diafragmático.

Buscando elucidar esta questão, Romer e McConnel³² conduziram um experimento modificando apenas o padrão respiratório dos indivíduos. O grupo que realizou contração rápida e sustentada obteve incremento superior na P_{lmáx} do que aqueles que fizeram a contração mais lenta. Além disso, os autores identificaram platô no ganho de força na sexta semana, com ganhos mínimos até a nona semana. Os motivos pelos quais este platô ocorreu não foram elucidados. É importante frisar que este estudo foi conduzido com indivíduos saudáveis, porém abre novas perspectivas para revermos os modelos de prescrição e periodização utilizada em sujeitos doentes.

Como descrito anteriormente, os modelos de prescrição exibiram pequena variação na frequência (6 a 7 vezes na semana) e período de intervenção (4 a 12 semanas). A prescrição do TMI em indivíduos com IC tem parâmetros diferentes daqueles utilizados em outros músculos esqueléticos, devido à especificidade das propriedades anatômica, histológica e fisiológica que lhe confere maior resistência à fadiga. Resumidamente, a variação observada nos parâmetros de prescrição (carga, duração e frequência) objetivava minimizar um possível efeito inflamatório, o qual já está exacerbado neste grupo de pacientes. Assim, priorizou-se o modelo de TMI com baixas cargas e maior tempo de exposição devido à redução de fibras diafragmáticas tipo I e à fraqueza muscular inspiratória^{10,23,26}.

Frente ao exposto, é provável que novos modelos de prescrição com tempo menor, maior período de reavaliação para recarga e, também, momento de reduzir a frequência do TMI sejam testados. Há ainda a utilização equipamentos digitais com softwares avançados em doentes com ICC. Neste sentido, Laoutaris *et al.*¹⁹⁻²⁰ usaram equipamento digital (TrainAir[®], Project Electronics, UK) em seus ensaios. Outra linha com característica similar disponível no mercado é o POWERbreathe K series[®]. Embora seu uso seja frequente no âmbito esportivo, nenhum trabalho foi encontrado utilizando este equipamento na ICC.

Os equipamentos digitais são relativamente novos, superam em eficiência as válvulas passivas dos dispositivos mecânicos e proporcionam avaliação ativa a cada sessão. São considerados híbridos por dependerem do fluxo inspiratório ao mesmo tempo em que apresentam resistência durante toda a



inspiração de forma dinâmica. Estas características possibilitam maior tolerância às cargas elevadas, e assim, proporcionam incremento na $PI_{máx}$ superior aos modelos mecânicos³³. Esses dispositivos exibem modo específico de treinamento e prescrição. O treino de alta intensidade¹⁹⁻²⁰ tem menor frequência (3x p/ sem), duração indeterminada (até a fadiga muscular) e período total de 10 semanas.

Se analisarmos o desfecho dos estudos que usaram os dispositivos digitais iremos observar similaridade ao dispositivo manual. Podemos destacar incremento na $PI_{máx}$ ^{11,19,20}, $PI_{máx}$ sustentada^{11,19,20}, *endurance* ventilatória¹¹, capacidade vital forçada¹¹, VO_{2PICO} ^{11,20}, tempo de permanência no $TECP$ ¹¹, distância percorrida no $TC6min$ ^{11,19}, pulso de oxigênio²⁰, potência circulatória²⁰ e qualidade de vida¹¹. Além de redução na frequência cardíaca de repouso¹¹ e na sensação de dispneia^{11,19,20}. Estes estudos ainda investigaram marcadores inflamatórios¹⁹⁻²⁰, função endotelial²⁰ e ecocardiográfica¹¹, não sendo observada alteração nestes parâmetros.

É importante salientar que, em todos os estudos citados, o único tratamento realizado foi o treinamento da musculatura inspiratória. Sabemos que nem todos os doentes apresentam adesão ao programa de reabilitação cardiovascular pelos mais variados motivos, e que assim, o TMI seria uma excelente alternativa para os sujeitos que não aderem aos programas convencionais de reabilitação. E, mesmo que a aderência dos pacientes seja positiva, é possível obter benefícios adicionais ao incluir o TMI no programa de reabilitação convencional³⁴.

Conclusão

Estudos têm confirmado a eficácia do treinamento muscular inspiratório em pacientes com insuficiência cardíaca crônica, principalmente se estes apresentarem fraqueza neste grupo muscular. Os achados têm evidenciado ganho de força muscular inspiratória, tolerância ao esforço, menor sensação de dispneia e maior qualidade de vida. Além disso, estudos mostram benefícios na classificação NYHA, força muscular expiratória, resistência muscular periférica e perfusão sanguínea. Estes benefícios são atrelados à melhor resposta ventilatória (consumo de oxigênio e potência circulatória) e do mecanismo de metaborreflexo.

Na prescrição recomenda-se utilização de cargas superiores a 30% da $PI_{máx}$, com maiores evidências para treinos de alta intensidade, com cargas de 60% da $PI_{máx}$, exercitados diariamente, pelo menos 30 minutos diários. O TMI apresenta-se como uma terapia segura e eficaz no processo de reabilitação cardíaca em pacientes com ICC, potencializando os efeitos de adaptação da musculatura central e periférica. Embora os resultados se mostrem positivos à terapia, necessita de mais estudos a fim de esclarecer efeitos fisiológicos em seus diferentes modelos de prescrição.



Referências

1. Ponikowski P, Voors A, Anker S, Bueno H, Cleland J, Coats A, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur J Heart Fail.* 2016;18(8):891-975.
2. Forestieri P, Guizzilini S, Peres M, Bublitz C, Bolzan D, Rocco I, et al. A cycle ergometer exercise program improves exercise capacity and inspiratory muscle function in hospitalized patients awaiting heart transplantation: a pilot study. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2016;31(5):389-95.
3. Granville D, Grünwald P, Leguisamo C. Treinamento muscular inspiratório em pacientes com insuficiência cardíaca: estudo de caso. *Fisioter Pesqu.* 2007;14(3):62-8.
4. Gomes Neto M, Martinez B, Conceição C, Silva P, Carvalho V. Combined exercise and inspiratory muscle training in patients with heart failure: a systematic review and meta-analysis. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2016;36(6):395-401.
5. Laoutaris I, Adamopoulos S, Manginas A, Panagiotakos D, Cokkinos D, Dritsas A. Inspiratory work capacity is more severely depressed than inspiratory muscle strength in patients with heart failure: Novel applications for inspiratory muscle training. *Int J Cardiol.* 2016;221:622-6.
6. Forgiarini J, Rubleski A, Garcia D, Tieppo J, Vercelino R, Dal Basco A, et al. Avaliação da força muscular respiratória e da função pulmonar em pacientes com insuficiência cardíaca. *Arq Bras Cardiol.* 2007;89(1):36-41.
7. Silva P, Almeida KM, Dias VS, Andrade FMD, Almeida MLO. Treinamento muscular inspiratório com incentivador a fluxo Respirom® no pós-operatório tardio de cirurgia cardíaca pode melhorar desfechos funcionais? Um estudo duplo-cego, randomizado e *sham* controlado. *ASSOBRAFIR Ciência.* 2015;6(2):43-54.
8. França N, Barreto Filho A, Cunha E, Silva C, Cordeiro A. Efeitos do treinamento muscular inspiratório associado ao aeróbico na capacidade funcional em paciente com insuficiência cardíaca crônica: relato de caso. *Rev Pesqu Fisioter.* 2015;5(2):108-13.
9. Herdy A, López-Jimenez F, Terzic C, Milani M, Stein R, Carvalho T, et al. Brazilian Society of Cardiology. South American Guidelines for Cardiovascular Disease Prevention and Rehabilitation. *Arq Bras Cardiol.* 2014;103:1-31.
10. Dall'Ago P, Chiappa GR, Guths H, Stein R, Ribeiro JP. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: a randomized trial. *J Am Coll Cardiol.* 2006;47(4):757-63.
11. Laoutaris I, Dritsas A, Brown M, Manginas A, Kallistratos M, Degiannis D, et al. Immune response to inspiratory muscle training in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2007;14(5):679-85.
12. Van der Palen J, Rea T, Manolio T, Lumley T, Newman A, Tracy R, et al. Respiratory muscle strength and the risk of incident cardiovascular events. *Thorax.* 2004; 59(12):1063-7.
13. Verissimo P, Timenetsky KT, Casalaspò T, Gonçalves L, Yang A, Eid RC. High prevalence of respiratory muscle weakness in hospitalized acute heart failure elderly patients. *PLoS ONE.* 2015;10(2):e0118218.
14. Padula CA, Yeaw E, Mistry S. A home-based nurse-coached inspiratory muscle training intervention in heart failure. *Appl Nurs Res.* 2009;22(1):18-25.
15. Bosnak-Guclu M, Arikan H, Savci S, Inal-Ince D, Tulumen E, Aytemir K, et al. Effects of inspiratory muscle training in patients with heart failure. *Respir Med.* 2011;105(11):1671-81.



16. Mello P, Guerra G, Borile S, Rondon M, Alves M, Negrão C, et al. Inspiratory muscle training reduces sympathetic nervous activity and improves inspiratory muscle weakness and quality of life in patients with chronic heart failure. *J Cardiopulm Rehabil and Prev.* 2012;32(5):255-61.
17. Palau P, Domínguez E, Núñez E, Schmid J, Vergara P, Ramón J, et al. Effects of inspiratory muscle training in patients with heart failure with preserved ejection fraction. *Eur J Prev Cardiol.* 2014;21(12):1465-73.
18. Johnson PH, Cowley AJ, Kinnear WJ. A randomized controlled trial of inspiratory muscle training in stable chronic heart failure. *Eur Heart J.* 1998; 19(8):1249-53.
19. Laoutaris I, Dritsas A, Brown M, Manginas A, Kallistratos M, Chaidaroglou A, et al. Effects of inspiratory muscle training on autonomic activity, endothelial vasodilator function, and N-terminal pro-brain natriuretic peptide levels in chronic heart failure. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2008;28(2):99-106.
20. Laoutaris I, Dritsas A, Brown M, Manginas A, Alivizatos P, Cokkinos D. Inspiratory muscle training using an incremental endurance test alleviates dyspnea and improves functional status in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2004;11(6):489-96.
21. Weiner P, Waizman J, Magadle R, Berar-Yanay N, Pelled B. The effect of specific inspiratory muscle training on the sensation of dyspnea and exercise tolerance in patients with congestive heart failure. *Clin Cardiol.* 1999; 22(11):727-32.
22. Martínez A, Lisboa C, Jalil J, Muñoz V, Díaz O, Casanegra P, et al. Selective training of respiratory muscles in patients with chronic heart failure. *Rev Med Chil.* 2001;129(2):133-9.
23. Chiappa GR, Roseguini BT, Vieira PJ, Alves CN, Tavares A, Winkelmann ER, et al. Inspiratory muscle training improves blood flow to resting and exercising limbs in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 2008;51(17):1663-71.
24. Stein R, Chiappa GR, Guths H, Dall'Ago P, Ribeiro JP. Inspiratory muscle training improves oxygen uptake efficiency slope in patients with chronic heart failure. *J Cardiopulmon Rehabil Prev.* 2009; 29(6): 392-5.
25. Winkelmann E, Chiappa G, Lima C, Vecili P, Stein R and Ribeiro J. Addition of inspiratory muscle training to aerobic training improves cardiorespiratory responses to exercise in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness. *Am Heart J.* 2009; 158(5): 768.e1-7.
26. Zeren M, Demir R, Yigit Z, Gurses H. Effects of inspiratory muscle training on pulmonary function, respiratory muscle strength and functional capacity in patients with atrial fibrillation: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2016;30(12):1165-74.
27. Moreno A, Toledo-Arruda A, Lima J, Duarte C, Villacorta H, Nóbrega A. Inspiratory muscle training improves intercostal and forearm muscle oxygenation in patients with chronic heart failure: evidence of the origin of the respiratory metaboreflex. *J Card Fail.* 2017;23(9):672-79.
28. Downey AE, Chenoweth LM, Townsend DK, Ranum JD, Ferguson CS, Harms CA. Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hypoxia. *Respir Physiol Neurobiol.* 2007;156(2):137-46.
29. Lomax M, McConnell A. Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200 m swim. *J Sports Sci.* 2003;21(8):659-64.



30. Edwards AM, Cooke CB. Oxygen uptake kinetics and maximal aerobic power are unaffected by inspiratory muscle training in healthy subjects where time to exhaustion is extended. *Eur J Appl Physiol.* 2004;93(1-2):139-44.
31. Edwards A, Wells C, Butterly R. Concurrent inspiratory muscle and cardiovascular training differentially improves both perceptions effort and 5000 m running performance compared with cardiovascular training alone. *Br J Sports Med.* 2008;42(10):823-7.
32. Romer L, McConnell A. Specificity and reversibility of inspiratory muscle training. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(2):237-44.
33. Charususin N, Gosselink R, Decramer M, McConnell A, Saey D, Maltais F, et al. Inspiratory muscle training protocol for patients with chronic obstructive pulmonary disease (IMTCO study): a multicentre randomised controlled trial. *BMJ Open.* 2013; 3(8):e003101.
34. Adamopoulos S, Schmid J, Dendale P, et al. Combined aerobic/inspiratory muscle training vs aerobic training in patients with chronic heart failure: European prospective multicentre randomized trial. *Eur J Heart Fail.* 2014; 16(5): 574-82.

Endereço para correspondência:

Mateus Souza Esquivel

Condomínio Portal do Stella, N^o 7, Alameda Dilson Jatahy Fonseca, 736,

Condomínio Portal do Stella, Stella Maris

Salvador – BA

CEP: 41600-100

e-mail: mateusesquivel@yahoo.com.br