

Treinamento muscular inspiratório em crianças e adolescentes com condições crônicas de saúde: revisão integrativa da literatura

Inspiratory muscle training in children and adolescents with chronic conditions of health: integrative literature review

Entrenamiento de la musculatura inspiratoria en niños y adolescentes con enfermedades crónicas de la salud: revisión integrativa de la literatura

Recebido: 21/04/2023 | Revisado: 30/04/2023 | Aceitado: 03/05/2023 | Publicado: 07/05/2023

Maria Eduarda Pinto Cavalcanti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5505-2658>

Centro Universitário Tiradentes de Pernambuco, Brasil

E-mail: eduardacavalcanti89@outlook.com

Adalberto Rodrigues Pinto Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4518-1656>

Centro Universitário Tiradentes de Pernambuco, Brasil

E-mail: adalbertorodriguesjr@gmail.com

Aline Lima Brito

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1444-2921>

Hospital das Clínicas, Brasil

E-mail: aline.limabrito@hotmail.com

Guilherme José de Azevedo Guedes Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4561-7163>

Prefeitura do Recife, Brasil

E-mail: guilhermejagj@yahoo.com.br

Bárbara Bernardo Figueirêdo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4949-6268>

Centro Universitário Tiradentes de Pernambuco, Brasil

E-mail: prof.barbarabernardo@gmail.com

Resumo

Introdução: O treinamento muscular inspiratório (TMI) é utilizado para ganho de força e/ou resistência muscular inspiratória. No entanto, em crianças e adolescentes com condições crônicas de saúde, os estudos são escassos, além de não haver consenso na literatura acerca da sua aplicação. **Objetivo:** Revisar a literatura a respeito da aplicação do TMI em crianças e adolescentes com condições crônicas de saúde. **Método:** Foi realizada uma revisão integrativa da literatura nas bases de dados PubMed, SciELO, Cochrane Library, PEDro, BVS e CAPES, selecionando ensaios clínicos publicados a partir de 2010, que aplicaram o TMI sem associação a outras técnicas de fisioterapia respiratória e com amostra composta por menores de 18 anos de idade com alguma morbidade. **Resultados:** Foram incluídos nesta revisão 4 estudos publicados entre 2010 e 2021, com amostras que variaram de 8 a 31 participantes, faixa etária de 5 a 18 anos, as quais apresentam doenças neurodegenerativas, neuromusculares, oncológicas ou pós- transplante de rim. **Conclusão:** O TMI se mostrou seguro e viável nos estudos revisados e parece ser eficaz para o fortalecimento muscular, melhora da capacidade funcional, função pulmonar e qualidade de vida nestas populações específicas. Contudo, foram encontrados poucos estudos com protocolos de TMI na população pediátrica, sendo necessário mais estudos com essa população específica.

Palavras-chave: Exercícios respiratórios; Treinamento de força; Músculos respiratórios; Criança; Adolescente.

Abstract

Introduction: Inspiratory muscle training (IMT) is used to gain strength and/or inspiratory muscle endurance. However, in children and adolescents with chronic health conditions, studies are scarce, in addition to there being no consensus in the literature regarding its application. **Objective:** To review the literature regarding the application of IMT in children and adolescents with chronic health conditions. **Method:** An integrative literature review was carried out in the PubMed, SciELO, Cochrane Library, PEDro, BVS and CAPES databases, selecting clinical trials published from 2010 onwards, which applied IMT without association with other respiratory physiotherapy techniques and with a sample made up of children under 18 years of age with some morbidity. **Results:** This review included 4 studies published between 2010 and 2021, with samples ranging from 8 to 31 participants, aged 5 to 18 years, who have neurodegenerative, neuromuscular, oncological or post-kidney transplant diseases. **Conclusion:** IMT proved to be safe and feasible in the reviewed studies and seems to be effective for muscle strengthening, improving functional capacity, lung function and

quality of life in these specific populations. However, few studies were found with IMT protocols in the pediatric population, requiring further studies with this specific population.

Keywords: Breathing exercises; Resistance training; Respiratory muscles; Child; Adolescent.

Resumen

Introducción: El entrenamiento de los músculos inspiratorios (IMT) se utiliza para ganar fuerza y/o resistencia de los músculos inspiratorios. Sin embargo, en niños y adolescentes con condiciones de salud crónicas, los estudios son escasos, además de que no existe consenso en la literatura respecto a su aplicación. **Objetivo:** Revisar la literatura sobre la aplicación de la TMI en niños y adolescentes con condiciones crónicas de salud. **Método:** Se realizó una revisión integrativa de la literatura en las bases de datos PubMed, SciELO, Cochrane Library, PEDro, BVS y CAPES, seleccionando ensayos clínicos publicados a partir de 2010, que aplicaran IMT sin asociación con otras técnicas de fisioterapia respiratoria y con una muestra conformada por niños menores de 18 años con alguna morbilidad. **Resultados:** Esta revisión incluyó 4 estudios publicados entre 2010 y 2021, con muestras que oscilan entre 8 y 31 participantes, con edades entre 5 y 18 años, que presentan enfermedades neurodegenerativas, neuromusculares, oncológicas o postrasplante renal. **Conclusión:** IMT demostró ser seguro y factible en los estudios revisados y parece ser efectivo para el fortalecimiento muscular, mejorando la capacidad funcional, la función pulmonar y la calidad de vida en estas poblaciones específicas. Sin embargo, se encontraron pocos estudios con protocolos IMT en la población pediátrica, lo que requiere más estudios con esta población específica.

Palabras clave: Ejercicios respiratorios; Entrenamiento de fuerza; Músculos respiratorios; Niño; Adolescente.

1. Introdução

O treinamento muscular inspiratório (TMI) tem como objetivo o aumento da força muscular inspiratória e/ou *endurance*, quando identificada fraqueza dos músculos inspiratórios (Gosselink et al., 2011; Human et al., 2017; Lee et al., 2014). O TMI promove hipertrofia da fibra muscular por meio de uma sobrecarga de trabalho, recrutando fibras musculares do tipo II (de contração rápida e pouco resistente à fadiga) quando para aumento da força, ou fibras musculares tipo I (de contração lenta e resistente à fadiga) quando para melhora da *endurance*, consequentemente contribuindo para uma tosse mais eficaz e diminuição das internações hospitalares (Gosselink et al., 2011).

Os músculos da mecânica respiratória respondem aos estímulos do treinamento de forma semelhante aos músculos esqueléticos periféricos, fundamentando-se em três pilares: sobrecarga imposta ao músculo, especificidade do treino e reversibilidade da atrofia muscular (Elnaggar, 2021). Contudo, os protocolos de TMI são mais bem fundamentados na população adulta, na pediatria sua aplicação ainda é controversa (Woszezenki et al., 2017; Félix et al., 2014).

São várias as especificidades anatômicas e funcionais que impedem que resultados de estudos em adultos possam ser extrapolados a essa população, sendo a principal diferença o fato de que o sistema respiratório da criança é imaturo e com menor proporção de fibras musculares oxidativas no músculo diafragma, o que gera maior tendência ao desenvolvimento de insuficiência respiratória (Pinto, 2018; Lin et al., 2022; Kepenek-Varol et al., 2022).

No entanto, os estudos envolvendo essa população são escassos, além de não haver um consenso na literatura científica acerca de sua aplicação e eficácia (Woszezenki et al., 2017). Dessa forma, é necessário a ampliação do conhecimento sobre os protocolos utilizados em crianças e adolescentes com condições crônicas de saúde, a fim de favorecer a melhor compreensão e monitorização desse grupo específico para auxiliar os profissionais da área no acompanhamento de pacientes pediátricos (Zeren et al., 2019; Emirza et al., 2021). Sendo assim, o objetivo desse estudo foi realizar uma revisão integrativa a respeito da aplicação do treinamento muscular inspiratório em crianças e adolescentes com condições crônicas de saúde.

2. Metodologia

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura de abordagem qualitativa e caráter descritivo (Pereira et al., 2018). De acordo com De Souza (2010), a revisão integrativa consiste em um método amplo que analisa e sintetiza resultados de estudos com delineamentos diversificados disponíveis sobre a temática em comum, a qual contribui para uma prática baseada em evidências científicas.

A busca foi realizada nas bases de dados eletrônicas *National Library of Medicine* (PubMed), Biblioteca Virtual em Saúde (Portal Regional da BVS), *Scientific Eletronic Library Online* (SciELO), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Periódicos CAPES), *Physiotherapy Evidency Database* (PEDro) e *Cochrane Library*, utilizando descritores do sistema descritor *Medical Subject Headings* (MeSH). Após a definição dos termos, foram adotadas as seguintes combinações junto aos operadores booleanos “AND” e “OR”, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Combinações de descritores utilizadas na busca.

Descritores em Português	Descritores em Inglês	Descritores em Espanhol
Criança OR Adolescente AND Treinamento muscular inspiratório AND Fisioterapia AND Músculos respiratórios	Child OR Adolescent AND Inspiratory muscle training AND Physical therapy AND Respiratory muscles	Niño OR Adolescente AND Entrenamiento muscular inspiratório AND Fisioterapia AND Músculos respiratorios
Criança OR Adolescente AND Treinamento muscular inspiratório	Child OR Adolescent AND Inspiratory muscle training	Niño OR Adolescente AND Entrenamiento muscular inspiratório

Fonte: Autores.

Além disso, a busca nas bases de dados eletrônicas foi limitada, de acordo com os filtros disponíveis em cada uma, para trazer resultados com base no tipo de estudo elegível, no ano de publicação e idioma. Também foi feita a análise das referências dos estudos selecionados em busca de possíveis estudos elegíveis a serem acrescentados na presente revisão. A busca na literatura foi realizada no período entre 07 e 14 de novembro de 2021.

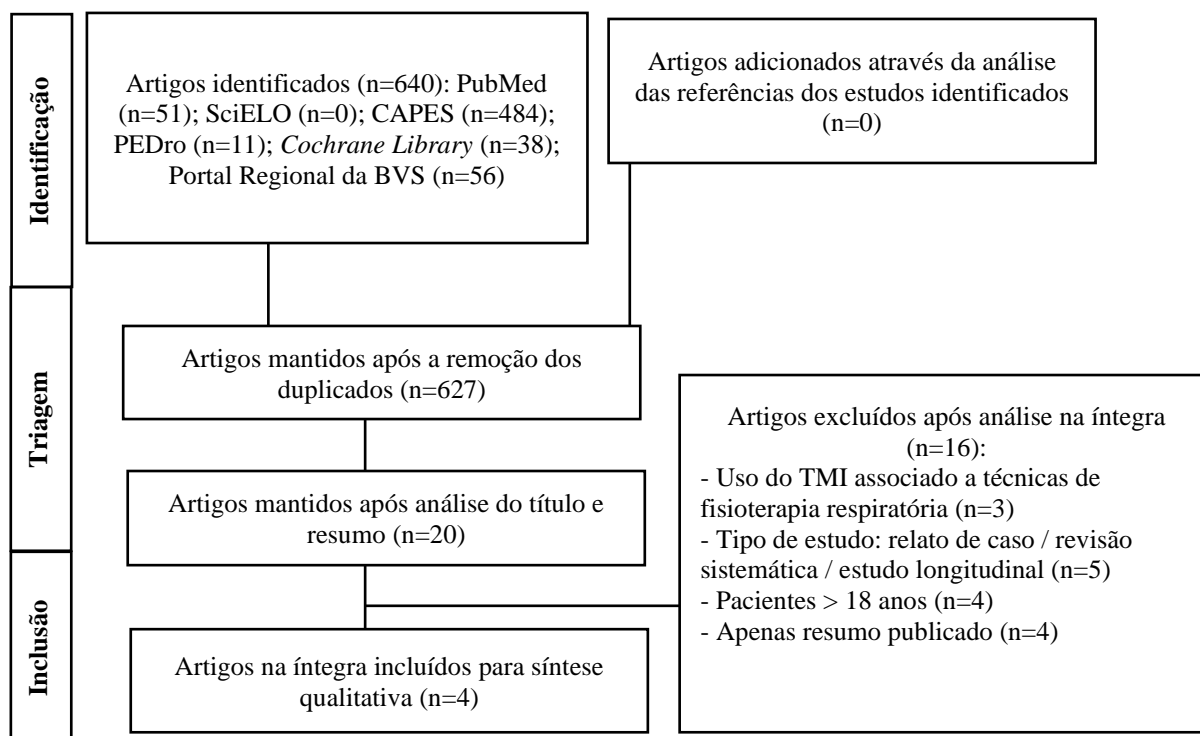
Os critérios de elegibilidade do presente estudo foram: a) artigos do tipo ensaio clínico; b) amostra composta por menores de 18 anos de idade em com condição crônica de saúde; c) estudos que aplicaram o TMI sem associação a outra técnica de fisioterapia respiratória convencional; d) estudos publicados a partir de 2010; e) publicados nos idiomas português, inglês ou espanhol. Os estudos que não apresentaram essas características foram descartados.

Dois revisores independentes (M.E.P.C. e A.R.P.J.) realizaram o processo de seleção dos estudos de acordo com os critérios de elegibilidade pré-estabelecidos e o consenso entre eles foi adotado. Na análise preliminar, os estudos foram selecionados com base nas informações contidas nos títulos e resumos. Em seguida, foi feita a análise dos textos na íntegra e, somente os estudos que restaram ao final dessa avaliação, foram incluídos para a síntese qualitativa. Nos casos de discordância entre as partes, um terceiro revisor foi consultado (B.B.F.).

3. Resultados

Foram identificados 640 estudos nas bases de dados a partir da estratégia de busca definida, dos quais 13 estavam duplicados e 623 foram excluídos por não preencherem os critérios de elegibilidade, restando apenas quatro estudos elegíveis para essa revisão. A seguir, na Figura 1, está representado o fluxograma do processo de identificação, triagem e inclusão dos estudos.

Figura 1 - Fluxograma da estratégia de busca e seleção dos artigos.



Fonte: Dados da pesquisa.

Os quatro artigos considerados no presente estudo foram publicados entre os anos de 2010 e 2021, com amostras que variaram de 8 a 31 participantes, faixa etária entre 5 e 18 anos e média de idade de 11,5 anos, sendo as condições de saúde dos participantes a leucemia em manutenção de tratamento quimioterápico, pós-transplante renal, paralisia cerebral e doenças neuromusculares (miopatia, distrofia muscular de Duchenne e atrofia muscular espinhal).

Na Tabela 1, estão descritas as características dos estudos selecionados referentes ao tamanho amostral, faixa etária e condição clínica dos participantes, bem como o dispositivo utilizado no programa de TMI.

Tabela 1 - Características dos estudos incluídos quanto ao tamanho amostral, faixa etária, condição de saúde dos participantes e dispositivo utilizado no TMI.

Autor/ ano	Tamanho amostral	Faixa etária	Condição de saúde	Dispositivo utilizado
Human et al. 2021	8	5 a 18 anos	Doenças neuromusculares (DMD, AME e miopatia)	POWERbreathe K3 (Reino Unido)
Carbonera et al. 2020	31	6 a 18 anos	Pós-transplante renal	Threshold IMT (Philips Respironics- Reino Unido)
Macedo et al. 2010	14	5 a 14 anos	Leucemia aguda	Threshold IMT (Respironics – EUA)
Keles et al., 2018	25	7 a 14 anos	Paralisia Cerebral	Threshold IMT (Philips Respironics – EUA)

DMD: Distrofia muscular de Duchenne. AME: Atrofia muscular espinhal. EUA: Estados Unidos da América. Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 2, estão descritos os protocolos de treinamento utilizados nos estudos revisados (carga de treinamento, número de respirações, duração das sessões, frequência e duração total do TMI.

Tabela 2 - Descrição do protocolo de treinamento utilizado nos estudos elegíveis.

Autor/ ano	Carga de treinamento (% Pimáx)	Número de respirações	Duração das sessões e frequência	Duração total do treinamento
Human et al., 2021	30%	30 respirações, com intervalo <60 s a cada 10 respirações	2 vezes ao dia, 5 dias/semana	6 semanas
Carbonera et al., 2020	40%	20 a 30, com intervalo de 1 min em caso de fadiga	20 minutos, 7 dias por semana	6 semanas
Macedo et al., 2010	30%	Respiração normal, com intervalo de 1 min a cada 10 respirações	15 min, 2x ao dia, 7 dias por semana	10 semanas
Keles et al., 2018	30%	10 a 15, com intervalo de 5 a 10 s entre as respirações	15 min, 2x ao dia, 7 dias por semana	6 semanas

% Pimáx: Percentual da pressão inspiratória máxima; s: segundos. min: minutos. Fonte: Dados da pesquisa.

No Quadro 2, estão apresentadas as características dos estudos quanto aos objetivos e instrumentos de avaliação utilizados no pré e pós-intervenção. Ademais, no Quadro 3 estão descritas as características dos artigos revisados em relação aos resultados e conclusão dos autores.

Quadro 2 - Características dos estudos elegíveis quanto aos objetivos e instrumentos de avaliação.

Autor/ ano	Objetivos	Instrumentos de avaliação pré e pós-intervenção
Human et al., 2021	Avaliar a segurança, viabilidade e eficácia de um programa de 6 semanas de TMI em crianças com DNM.	Escala de Vignos, escala MFM (itens 14-23), escala de Brooke, escala de Borg, EVA, PedsQL, espirômetro, medidor de pico de fluxo (Mini-Wright), medidor de pressão bucal eletrônico portátil (MicroRPM) e POWERbreathe.
Carbonera et al., 2020	Avaliar os efeitos do TMI sobre a força muscular respiratória, capacidade funcional e função pulmonar em crianças nefropáticas pós-transplante renal.	Manovacuômetro, espirômetro digital e TC6'.
Macedo et al., 2010	Avaliar o efeito do TMI sobre a força muscular inspiratória em crianças com leucemia aguda em tratamento quimioterápico.	Manovacuômetro digital.
Keles et al., 2018	Investigar os efeitos do TMI sobre o controle de tronco, função pulmonar, força muscular respiratória, AVDs, capacidade de exercício e qualidade de vida em crianças com PC.	Escala TCMS, espirômetro, transdutor de pressão MicroRPM, escala PEDI, TC6', questionário CP QOL-Child.

TMI: Treinamento Muscular Inspiratório. DNM: Doenças neuromusculares. MFM: Medida da Função Motora. PedsQL: Questionário de Qualidade de Vida Pediátrica. EVA: Escala Visual Analógica. TC6': Teste de caminhada de 6 minutos. Pimáx: pressão inspiratória máxima. Pemáx: pressão expiratória máxima. SF-36: Questionário de Qualidade de Vida-36. PC: Paralisia Cerebral. AVDs: atividades de vida diária. CP QOL-Child: Questionário de Qualidade de Vida Pediátrica para Paralisia Cerebral. TCMS: *Trunk Control Measurement Scale*. PEDI: *Pediatric Evaluation of Disability Inventory*. Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 3 - Características dos estudos elegíveis quanto aos resultados e conclusão dos autores.

Autor/ ano	Resultados	Conclusão
Human et al., 2021	Observou-se aumento da força muscular inspiratória e PFI e não houve efeitos adversos. A pontuação da escala de Borg foi baixa. O resultado do PedsQL foi positivo.	Se mostrou seguro, viável e eficaz para o aumento da força muscular inspiratória, PFI, redução da dispneia e melhora da função e qualidade de vida.
Carbonera et al., 2020	A Pimáx aumentou 35% e a Pemáx apresentou aumento de 26% após o TMI. Os valores de capacidade funcional e função pulmonar não foram estatisticamente diferentes entre os grupos.	Houve aumento da força muscular respiratória, contudo não foram observadas alterações na capacidade funcional e função pulmonar.
Macedo et al., 2010	Após o TMI, a Pimáx sofreu incremento de 35% e Pemáx um aumento de 36%.	Houve aumento significativo da Pimáx após TMI, além de ganho real na Pemáx.
Keles et al., 2018	A Pimáx foi maior no GT, mas não houve aumento significativo na Pemáx entre os grupos. Os escores da TCMS-total, da PEDI e do questionário CP QOL-Child foram maiores no GT. A distância percorrida no teste TC6' foi maior no GT.	Observou-se melhora do controle de tronco, AVDs, capacidade de exercício e qualidade de vida e aumento significativo da força muscular inspiratória. Na função pulmonar não houve alterações relevantes.

PFI: pico de fluxo inspiratório nasal. PedsQL: Questionário de Qualidade de Vida Pediátrica. Pimáx: pressão inspiratória máxima. Pemáx: pressão expiratória máxima. TMI: Treinamento Muscular Inspiratório. GT: grupo tratamento. TCMS: *Trunk Control Measurement Scale*. PEDI: *Pediatric Evaluation of Disability Inventory*. CP QOL-Child: Questionário de Qualidade de Vida Pediátrica para Paralisia Cerebral. TC6': Teste de caminhada de 6 minutos. AVDs: atividades de vida diária. Fonte: Dados da pesquisa.

Do total de artigos incluídos, um consiste em ensaio clínico pré-experimental, dois consistem em ensaio clínico randomizado e controlado e um consiste em ensaio clínico quase experimental com grupo controle.

4. Discussão

Foi identificada grande variabilidade entre os protocolos aplicados de treinamento muscular inspiratório em crianças e adolescentes nos artigos revisados e os principais desfechos investigados nos estudos foram a força muscular respiratória (Human et al.,2021; Carbonera et al., 2020; Macedo et al., 2010; Keles et al., 2018), controle de tronco (Keles et al., 2018), função pulmonar (Carbonera et al., 2020; Keles et al.,2018), capacidade funcional (Human et al., 2021; Carbonera et al., 2020; Keles et al., 2018) e qualidade de vida (Human et al., 2021; Keles et al., 2018). Nenhum estudo investigou a resistência muscular.

No TMI o paciente respira contra uma determinada resistência, essa resistência fornecida pode variar entre os dispositivos disponíveis para o treinamento (Kock et al.,2015). O TMI para aumento da força muscular inspiratória pode ser realizado com dispositivos de carga linear ou alinear. Nos estudos incluídos nesta revisão, os protocolos de treinamento foram realizados com dispositivos de carga linear, sendo eles: POWERbreathe K3® (HaB International Ltd, Reino Unido) em Human et al. (2021), Threshold IMT® (Philips Respironics, Reino Unido) em Carbonera et al. (2020), *Threshold IMT® (Respironics*, Cedar Grove, Nova Jersey, Estados Unidos) em Macedo et al. (2010) e *Threshold IMT® (Philips-Respironics*, Pittsburgh, Estados Unidos) em Keles et al. (2018).

Os dispositivos de carga linear funcionam com uma carga fixa ajustada em níveis de pressão pré-estabelecidos, variando de 4 a 41 cmH₂O, onde a resistência é dada através de válvulas com molas. Já os dispositivos de carga alinear promove uma resistência por meio de orifícios que podem variar de 2 mm a 7 mm, esta por sua vez tem sua carga definida pelo tamanho do orifício e pela taxa de fluxo inspiratório do paciente, ou seja, o padrão respiratório irá definir a resistência aplicada aos músculos inspiratórios (Kock et al.,2015).

Com o objetivo de melhorar o desempenho respiratório e reverter a fraqueza muscular, os músculos inspiratórios são treinados através do incremento de carga do sistema respiratório para um nível maior que o nível habitual de funcionamento, gerando assim, uma sobrecarga de trabalho. Para isso, a frequência e o número de repetições necessitam ser bem prescritos, caso contrário o exercício não será suficiente para criar um efeito de treinamento e consequente desenvolvimento de força e resistência muscular (Valkenet et al., 2014).

A frequência do TMI foi de 7 dias por semana em três artigos (Carbonera et al., 2020; Macedo et al., 2010; Keles et al. 2018) e apenas um artigo realizou o treinamento com frequência de 5 dias por semana (Human et al., 2021). A duração total do treinamento variou de 6 a 10 semanas, com intensidade moderada em ambos os estudos, variando de 30% a 40% da pressão inspiratória máxima (P_{imáx}), demonstrando a divergência de prescrição da carga imposta entre os protocolos de TMI na população pediátrica.

Porém, um período maior que quatro semanas de TMI é sugerido para alcançar resultados benéficos nesta população (Woszezenki et al., 2017) e o treinamento deve ser realizado com a maior pressão tolerada, pelo menos uma vez por dia, cinco dias na semana, visto que, estudos que realizaram o TMI cinco vezes na semana, apresentaram ganhos mais significativos (Langer et al., 2015).

Além disso, uma revisão sistemática (Woszezenki et al., 2017) sugere que a carga de treinamento, frequência e tempo das sessões devem ser ajustados de acordo com o tipo de doença e grau de severidade, a fim de evitar a fadiga muscular ou progressão da doença. Human et al. (2021) justificaram a escolha da intensidade do treinamento – 30% da P_{imáx} – baseados em evidências e diretrizes do fabricante do aparelho POWERbreathe K3® utilizado nesse estudo, as quais demonstraram que carga inferiores a 30% da P_{imáx} são insuficientes para promover a melhora da P_{imáx} (Human et al., 2021; Human et al., 2017). Os demais estudos não fundamentaram a escolha da carga imposta no TMI.

Em Human et al. (2021), a carga de treino foi ajustada a cada 2 semanas, mediante avaliação dos valores da P_{imáx} com um equipamento MicroRPM (medidor de pressão respiratória) (Human et al., 2021). E, este protocolo de treino e ajuste, aplicado a crianças com doenças neuromusculares (DNM) foi suficiente para incremento da P_{imáx}, mostrando resultado positivo sobre a função pulmonar, especialmente no pico de fluxo inspiratório, e sobre a qualidade de vida. Nenhum efeito adverso foi observado durante a intervenção e os escores obtidos com a escala de Borg indicaram baixos níveis de esforço e dispnéia durante as sessões (Human et al., 2021). Os resultados alcançados também sugeriram melhora da capacidade funcional, como em estudos anteriores (Human et al., 2019).

Além disso, nesse estudo os autores afirmaram que o TMI parece seguro e viável a uma carga fixa de 30% da P_{imáx} para essa população específica. Contudo, o mesmo apresentou diversas limitações como amostra pequena e heterogênea, além de curta duração do estudo e ausência de grupo controle, sendo necessários estudos maiores, controlados e randomizados para confirmação dos reais efeitos do TMI em crianças e adolescentes com DNM (Human et al., 2021).

Em Carbonera et al. (2020), os participantes e seus responsáveis foram instruídos para realizarem o protocolo em casa e preencherem diariamente um diário sobre a adesão ao protocolo, sendo acompanhados semanalmente via contato telefônico. Os ajustes a carga foram realizados quinzenalmente, durante visita dos pesquisadores através de manovacuômetro digital. No grupo controle a intensidade aplicada foi mínima (9 cmH₂O), atuando como placebo (Carbonera et al., 2020).

Com esse protocolo aplicado a crianças nefropáticas pós-transplante renal, obteve-se ganho significativo da P_{imáx} e da P_{emáx}, apesar de ter sido direcionado ao fortalecimento da musculatura inspiratória (Carbonera et al., 2020). Estudos sugerem que a otimização da P_{emáx} está relacionada à hipótese de que o fortalecimento dos músculos envolvidos na inspiração promove maior mobilidade tóraco-abdominal e reorganização mecânica de todos os demais músculos respiratórios (Macedo et al., 2010; Carbonera et al., 2020).

Em Keles et al. (2018), os ajustes a carga foram realizados semanalmente pelos pesquisadores com um transdutor de pressão MicroRPM, assim como no estudo de Macedo et al. (2010). Keles et al. (2018) aplicou no grupo controle a carga de 5% da P_{imáx}, atuando como placebo. Os participantes foram acompanhados três vezes por semana via contato telefônico e preencheram diariamente um diário com informações sobre cada sessão.

Em crianças com paralisia cerebral nível I e II na escala *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS), a adesão a esse programa de TMI foi aceitável e todos os participantes toleraram bem. O protocolo foi suficiente para gerar

aumento da PImáx, mas não foram observadas diferenças significativas na PEmáx (Keles et al. 2018). Além disso, houve melhora significativa na capacidade de exercício, avaliada pelo teste de caminhada de seis minutos, e na qualidade de vida dos participantes, medida pelo Questionário de qualidade de vida pediátrica para Paralisia Cerebral (CP QOL-Child). Referente à função pulmonar não foram observadas mudanças significativamente relevantes (Keles et al. 2018).

Ademais, este estudo foi pioneiro em investigar os efeitos sobre o controle de tronco e os achados demonstraram melhora significativa no controle seletivo de movimento e no equilíbrio dinâmico na posição sentada, reforçando a hipótese de que os músculos inspiratórios, sobretudo o diafragma, desempenham um papel crucial na estabilidade do *core* e no controle postural pela modulação da pressão intra-abdominal (Hodges et al., 2002; Keles et al., 2018). Sob as atividades de vida diária, o TMI foi capaz de melhorar habilidades funcionais. Esse achado pode estar relacionado à melhora do controle de tronco e capacidade de exercício (Keles et al. 2018).

Os desfechos encontrados por esse estudo possuem menor risco de viés, uma vez que foi realizado com um adequado tamanho amostral, de forma randomizada e controlada com placebo, contudo estudos com alta intensidade e longa duração devem ser investigados para avaliar os efeitos em longo prazo (Keles et al. 2018).

Dos estudos revisados foi possível identificar na escala de qualificação disponível na base de dados eletrônica PEDro (*Physiotherapy Evidency Database*) a qualidade da evidência de Carbonera et al. (2020), Macedo et al. (2010) e Keles et al. (2018), os quais apresentam escore de 9/10, 3/10 e 7/10, respectivamente. Sendo Carbonera et al. (2020) e Keles et al. (2020) os únicos ensaios clínicos randomizados e controlados com placebo dentre os artigos que compõe essa revisão, faz-se necessário o desenvolvimento de mais ensaios clínicos de alta qualidade a fim de potencializar as evidências a respeito da aplicabilidade do TMI na população pediátrica.

5. Conclusão

O TMI vem sendo amplamente utilizado e mostrando-se uma intervenção segura, viável e eficaz em melhorar a força muscular respiratória, função pulmonar, capacidade funcional e qualidade de vida da população pediátrica com condições crônicas de saúde. No entanto, há uma lacuna na literatura sobre a prescrição da carga e os métodos de aplicação. Neste sentido, fazem-se necessários a realização de estudos maiores com amostras homogêneas quanto à patologia, grau de severidade e características antropométricas da população para melhor investigar os efeitos a curto, médio e longo prazo, bem como a segurança do treinamento.

Referências

- Carbonera, R. P., Barbosa, A. P. O., Normann, T. C., Lago, P. D., Garcia, C. D., & Lukrafka, J. L. (2020). Home-based inspiratory muscle training in pediatric patients after kidney transplantation: a randomized clinical trial. *Pediatric Nephrology* (Berlin, Germany), 35(8), 1507–1516. <https://doi.org/10.1007/s00467-020-04539-x>
- De Souza, T. M., Da Silva, D. M., & De Carvalho, R. (2010). Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein*, 8 (1). <https://doi.org/10.1590/S1679-45082010RW113>
- Elnaggar R. K. (2021). A randomized placebo-controlled study investigating the efficacy of inspiratory muscle training in the treatment of children with bronchial asthma. *The Journal of Asthma : official journal of the Association for the Care of Asthma*, 58(12), 1661–1669. <https://doi.org/10.1080/02770903.2020.1821058>
- Emirza, C., Aslan, G. K., Kilinc, A. A., & Cokugras, H. (2021). Effect of expiratory muscle training on peak cough flow in children and adolescents with cystic fibrosis: A randomized controlled trial. *Pediatric Pulmonology*, 56(5), 939–947. <https://doi.org/10.1002/ppul.25259>
- Félix, E., Gimenes, A. C., & Costa-Carvalho, B. T. (2014). Effects of inspiratory muscle training on lung volumes, respiratory muscle strength, and quality of life in patients with ataxia telangiectasia. *Pediatric Pulmonology*, 49(3), 238–244. <https://doi.org/10.1002/ppul.22828>
- Gosselink, R., De Vos, J., van den Heuvel, S. P., Segers, J., Decramer, M., & Kwakkel, G. (2011). Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence?. *The European Respiratory Journal*, 37(2), 416–425. <https://doi.org/10.1183/09031936.00031810>
- Hodges, P. W., Gurfinkel, V. S., Brumagne, S., Smith, T. C., & Cordo, P. C. (2002). Coexistence of stability and mobility in postural control: evidence from postural compensation for respiration. *Experimental Brain Research*, 144(3), 293–302. <https://doi.org/10.1007/s00221-002-1040-x>

- Human, A., & Morrow, B. M. (2021). Inspiratory muscle training in children and adolescents living with neuromuscular diseases: A pre-experimental study. *The South African journal of physiotherapy*, 77(1), 1577. <https://doi.org/10.4102/sajp.v77i1.1577>
- Human, A., Corten, L., Jelsma, J., & Morrow, B. (2017). Inspiratory muscle training for children and adolescents with neuromuscular diseases: A systematic review. *Neuromuscular Disorders : NMD*, 27(6), 503–517. <https://doi.org/10.1016/j.nmd.2017.03.009>
- Keles, M. N., Elbasan, B., Apaydin, U., Aribas, Z., Bakirtas, A., & Kokturk, N. (2018). Effects of inspiratory muscle training in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 22(6), 493–501. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.03.010>
- Kepek-Varol, B., Gürses, H. N., & İçağasioğlu, D. F. (2022). Effects of Inspiratory Muscle and Balance Training in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial. *Developmental Neurorehabilitation*, 25(1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/17518423.2021.1905727>
- Kock, K. S., Caiônico, J. C., Luiz, A. R., Arent, Y. A., Fernandes, I. (2015). Análise da pressão inspiratória com alto e baixo fluxos em resistor alinear. *Assobrafir Ciência*, 6(1), 13-20.
- Langer, D., Charusisin, N., Jácome, C., Hoffman, M., McConnell, A., Decramer, M., & Gosselink, R. (2015). Efficacy of a Novel Method for Inspiratory Muscle Training in People With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Physical Therapy*, 95(9), 1264–1273. <https://doi.org/10.2522/ptj.20140245>
- Lee, H. Y., Cha, Y. J., & Kim, K. (2014). The effect of feedback respiratory training on pulmonary function of children with cerebral palsy: a randomized controlled preliminary report. *Clinical Rehabilitation*, 28(10), 965–971. <https://doi.org/10.1177/0269215513494876>
- Lin, C. H., Lee, C. W., & Huang, C. H. (2022). Inspiratory Muscle Training Improves Aerobic Fitness in Active Children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 14722. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214722>
- Macedo, T. F., Oliveira, K. M. C., Melo, J. B. C., & Mendonça, K. M. P. P. (2010). Treinamento muscular inspiratório em crianças com leucemia: resultados preliminares. *Revista Paulista Pediatria*, 28 (4), 252-358. <https://doi.org/10.1590/S0103-05822010000400011>
- Pereira, A. S. & Shitsuka, R. (2018) Metodologia da pesquisa científica. UFSM/NTE. https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf. Estrela, C. *Metodologia Científica: Ciência, Ensino, Pesquisa*. Editora Artes Médicas.
- Pinto, A., Barbosa, J., Johnston, C. (2018). Treinamento muscular inspiratório em crianças sob ventilação mecânica: revisão da literatura. *Assobrafir Ciência*, 9(2), 45-54.
- Valkenet, K., Trappenburg, J. C., Gosselink, R., Sosef, M. N., Willms, J., Rosman, C., Pieters, H., Scheepers, J. J., de Heus, S. C., Reynolds, J. V., Guinan, E., Ruurda, J. P., Rodrigo, E. H., Naftex, P., Fontaine, M., Kouwenhoven, E. A., Kerkemeyer, M., van der Peet, D. L., Hania, S. W., van Hillegersberg, R., ... Backx, F. J. (2014). Preoperative inspiratory muscle training to prevent postoperative pulmonary complications in patients undergoing esophageal resection (PREPARE study): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 15, 144. <https://doi.org/10.1186/1745-6215-15-144>
- Woszezenki, C., Heinzmann-filho, J., Donadio, M. (2017). Inspiratory muscle training in pediatrics: main indications and technical characteristics of the protocols. *Fisioter mov*, 30(1), S317-24. <https://doi.org/10.1590/1980-5918.030.S01.AR01>
- Zeren, M., Cakir, E., & Gurses, H. N. (2019). Effects of inspiratory muscle training on postural stability, pulmonary function and functional capacity in children with cystic fibrosis: A randomised controlled trial. *Respiratory Medicine*, 148, 24–30. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2019.01.013>