

Treinamento muscular inspiratório em crianças sob ventilação mecânica: revisão da literatura

Inspiratory muscle training in children under mechanical ventilation: literature review

PINTO, Ana Carolina Pereira Nunes¹; BARBOSA, José Luis Rodrigues²;
JOHNSTON, Cintia³.

Resumo

Introdução: Apesar de salvar inúmeras vidas, a ventilação mecânica, por períodos prolongados, está frequentemente associada a vários riscos e efeitos adversos. Várias intervenções, visando à otimização do desmame de pacientes sob ventilação mecânica, têm sido propostas. **Objetivo:** Realizar uma revisão da literatura para identificar os efeitos do treinamento muscular inspiratório (TMI) em crianças sob ventilação pulmonar mecânica. **Métodos:** Revisão bibliográfica realizada em cinco bases de dados eletrônicas: *PubMed/Medline*, *Lilacs*, *PEдро*, *SciELO* e *Cochrane Library*, utilizando os descritores “*respiration, artificial*”, “*breathing exercises*” “*ventilator weaning*” e “*child*”, em inglês, espanhol e português. Foram incluídos estudos que utilizavam o TMI, em pacientes na faixa etária pediátrica, sob ventilação pulmonar mecânica, publicados até o mês de janeiro de 2017. A pesquisa não impôs data mínima de publicação. Os estudos encontrados foram classificados por nível de evidência, mediante o método GRADE. **Resultados:** Após a análise dos títulos, resumos e conteúdo, dos 832 artigos encontrados, 830 foram excluídos, por não estarem de acordo com os critérios de inclusão, restando dois artigos. Os estudos incluíram três crianças com média de idade de 5,5 meses + 2,02, que foram submetidas ao TMI. Todas as crianças evoluíram com o sucesso do desmame da ventilação mecânica, não tendo apresentado efeitos adversos durante o treinamento. **Conclusão:** Há evidências de muito baixa qualidade de que o TMI pode ser aplicado em crianças sob ventilação mecânica prolongada, com critérios de inclusão/exclusão, avaliação e interrupção determinadas, individualmente, por um fisioterapeuta treinado. O assunto precisa ser melhor investigado, por meio de ensaios clínicos randomizados que utilizem dispositivos terapêuticos desenvolvidos, especificamente, para essa população.

Palavras-chave: Respiração Artificial; Exercício Respiratório; Desmame do Respirador; Criança.

¹ Universidade Federal do Amapá – UNIFAP – Macapá (AP), Brasil.

² Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP - São Paulo (SP), Brasil.

³ Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP - São Paulo (SP), Brasil. E-mail: cintiajohnston@terra.com.br

Abstract

Introduction: Despite saving countless lives, prolonged mechanical ventilation is often associated with several risks and adverse effects. Several interventions aiming to optimize the weaning of patients under mechanical ventilation have been proposed. **Objective:** To perform a literature review to identify the effects of inspiratory muscle training in children under mechanical ventilation. **Methods:** Bibliographic review in five electronic databases: PubMed / Medline, Lilacs, PEDro, SciELO and Cochrane Library, using the descriptors “respiration, artificial”, “breathing exercises” and “ventilator weaning” and “child”, in English, Spanish and Portuguese. We included studies that used inspiratory muscle training (IMT) in pediatric patients under pulmonary mechanical ventilation published until January 2017. The research did not impose a minimum publication date. The studies found were classified by level of evidence using the GRADE method. **Results:** After analyzing the titles, abstracts and content, of the 832 articles found, 830 were excluded because they did not meet the inclusion criteria, with two articles remaining. The studies included 3 children with mean age of 5.5 ± 2.02 months who underwent IMT. All children evolved with successful weaning from mechanical ventilation and did not present adverse effects during training. **Conclusions:** There is very low quality of evidence that IMT can be applied to children under prolonged mechanical ventilation, with inclusion/exclusion criteria, assessment and interruption individually determined by a trained physiotherapist. The subject needs to be better investigated through randomized clinical trials using therapeutic devices specifically developed for this population.

Keywords: Artificial respiration; Breathing exercises; Ventilator weaning; Child.

Introdução

A ventilação pulmonar mecânica (VPM) é um suporte ventilatório invasivo indicado para pacientes graves sem condições de manter adequada função respiratória.¹ Apesar de salvar inúmeras vidas, a VPM, por períodos prolongados, está, frequentemente, associada a vários riscos e efeitos adversos, as quais podem levar à elevação dos custos hospitalares e da morbimortalidade em Unidades de Terapia Intensiva (UTI).² Dentre estes, merecem destaque, a fraqueza muscular e a disfunção diafragmática associada à VPM, pois representam importante papel no atraso do desmame da VPM.³

Neste sentido, várias intervenções, visando à otimização do desmame de pacientes sob VPM, têm sido propostas.⁴ O treinamento muscular inspiratório (TMI), em adultos, é uma estratégia que tem demonstrado resultados promissores no processo de desmame de pacientes da VPM, pois, nesses pacientes, o TMI melhora a força muscular inspiratória,⁵ pode facilitar o desmame ventilatório e reduzir o tempo de internação.⁶ Entretanto, publicações incluindo a população pediátrica são escassas.⁷

Teoricamente, pode-se realizar o TMI, em pacientes sob VPM, de diversas maneiras. Como exemplos, vale citar: TMI por meio da aplicação de dispositivos que impõem resistência ao fluxo inspiratório; TMI com dispositivos que impõem uma carga, como o *threshold*; TMI com estimulação elétrica do diafragma e por meio do ajuste dos parâmetros da VPM.⁸

No entanto, não é possível, afirmar qual a forma de TMI é mais apropriada, ou mesmo se algum tipo de TMI pode ser realizado com segurança em crianças intubadas.

Desta forma, esta revisão de literatura teve o objetivo de identificar os efeitos do TMI em crianças sob VPM.

Método

Revisão bibliográfica realizada em cinco bases de dados eletrônicas: *PubMed/Medline*, *Lilacs*, *PEDEro*, *SciELO* e *Cochrane library*, utilizando os descritores “*respiration, artificial*”, “*breathing exercises*” “*ventilator weaning*” e “*child*”, em inglês, espanhol e português. Para a busca, utilizou-se o método PICO (*population, interventions, comparisons, outcomes*).⁹

Para selecionar o artigo, as bases de dados foram acessadas por um pesquisador, que realizou uma primeira seleção dos artigos relacionados com o tema da pesquisa. Uma segunda seleção foi feita, de forma independente, por outro pesquisador, com base nos critérios de inclusão e exclusão pré-estabelecidos. Os estudos que preencheram os critérios de inclusão foram, então, selecionados. As referências bibliográficas de cada artigo com os critérios de elegibilidade desta revisão da literatura foram cuidadosamente examinadas, com o intuito de verificar a existência de estudos adicionais para inclusão nesta pesquisa.

Os estudos encontrados foram classificados, segundo o nível de evidência, por meio do método GRADE,¹⁰ por dois avaliadores com mais de cinco anos de experiência na área. As eventuais discordâncias foram resolvidas mediante análise de um terceiro examinador com mais de 15 anos de experiência na área.

Foram excluídos: cartas ao editor, artigos históricos, editoriais, comentários, apresentações de pôster e orais, revisões de literatura e estudos em modelos artificiais. Foram incluídos: ensaios controlados (randomizados ou quase randomizados) e estudos observacionais (coorte, caso-controle, transversal e relatos de casos) que abordassem a utilização do TMI em pacientes na faixa etária pediátrica (do nascimento aos 18 anos de idade) sob VPM, devido ao desmame prolongado, publicados até o mês de janeiro de 2017. A pesquisa não impôs data mínima de publicação.

Resultados

Após exclusão dos artigos duplicados, análise dos títulos, resumos e conteúdo, e, também, de estudos não enquadrados nos critérios de inclusão. Dos 832 artigos rastreados, apenas dois foram inclusos nesta revisão da literatura (Figura 1). Não houve discordâncias, quanto à inclusão dos estudos entre os dois examinadores. O terceiro examinador não encontrou qualquer outro estudo, além dos encontrados pelos dois pesquisadores, e, ao refazer a análise dos estudos encontrados, houve concordância com o nível de evidência dos estudos inclusos.

Figura 1 | Fluxograma descrevendo o processo de seleção do estudo.

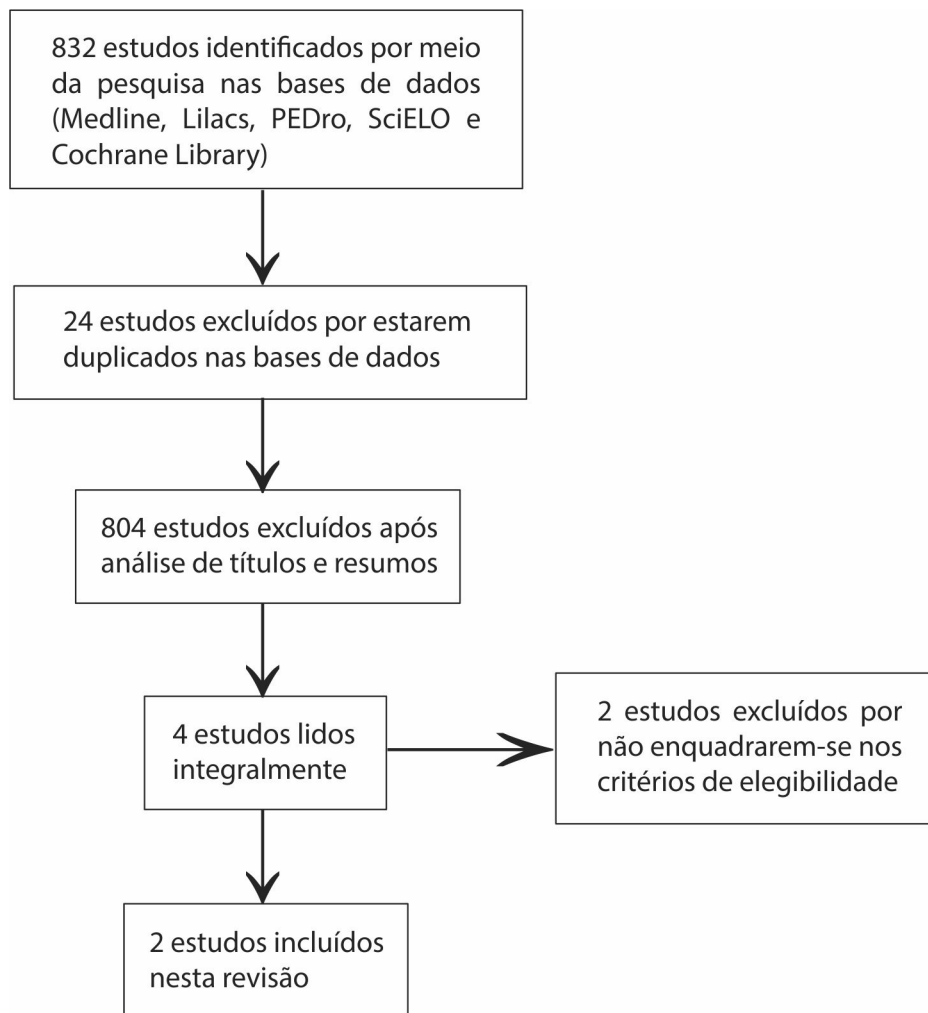


Tabela 1 | Estudos abordando o treinamento muscular inspiratório em crianças sob ventilação pulmonar mecânica prolongada.

Autor/ano	Tipo de estudo	Classificação	Participantes	Método de TMI	Evolução do TMI	Resultados / Comentários
Smith et al. 2013 ⁷	Relato de caso	GRADE 2D	<p>1 criança do sexo feminino, com cardiopatia congênita. No 55º dia de vida, realizou abordagem cirúrgica. Passou por 3 falhas de extubação, sendo no 147º dia de vida indicado TMI. A criança estava intubada. Sua Pimax inicial era de 55,4 cmH₂O (redução de aproximadamente 30% dos valores de referência).</p> <p>1 criança do sexo masculino, com Tetralogia de Fallot. No 49º dia de vida foi intubado, 66º submetido a reparação da Tetralogia de Fallot. Teve várias falhas de desmame e aos 112 dias de vida foi indicado o TMI. A criança estava intubada. Sua Pimax inicial era de 31,7cmH₂O (redução de aproximadamente 60% dos valores de referência).</p>	<p>Criança 1: Dispositivo: válvula unidirecional exalatória, acoplada a cânula intratraqueal</p> <p>Criança 2: Dispositivo: válvula de pressão expiratória final positiva invertida conectada no final do cânula intratraqueal</p>	<p>Criança 1 - 13 sessões ao longo de 15 dias. Com 4 oclusões de 15 segundos, com no mínimo 3 minutos de descanso entre as oclusões</p> <p>Criança 2 - TMI - 5 sessões de TMI durante 7 dias, com intervalos de 3 minutos de descanso.</p>	<p>Criança 1:</p> <p>Aumento da Pimax em 14% (Pimax final = -63,3cmH₂O)</p> <p>Redução do tempo para alcançar a Pimax em 27%</p> <p>Aumento da dP/dt em 43%</p> <p>Redução da frequência respiratória (FR) em 34%</p> <p>Aumento do V_T de repouso em 60%</p> <p>Desmame e extubação, evoluindo para oxigenioterapia, sem necessidade de reintubação posterior.</p> <p>Criança 2:</p> <p>Aumento da Pimax em 76% (Pimax final = 56,0 cmH₂O)</p> <p>Redução do tempo para alcançar a Pimax em 7%</p> <p>Aumento da dP/dt em 75%</p> <p>Redução na FR em 25%</p> <p>Aumento no V_T de repouso em 28%</p> <p>Desmame e extubação, evoluindo para um catéter nasal de alto fluxo, sem necessidade de reintubação posterior.</p> <p>Comentários: Ambas as crianças – Nenhum efeito adverso, com sinais vitais permaneceram estáveis durante o treinamento.</p>
Brunherot et al. 2012 ¹¹	Relato de caso	GRADE 2D	<p>1 criança nascida de parto cesárea, teve anoxia neonatal e permaneceu em VPM desde então. Teve 10 falhas de desmame da VPM. Aos 8 meses de idade, foi traqueostomizada e iniciou o TMI.</p>	<p>Dispositivo: <i>Threshold IMT</i></p>	<p>TMI 2 vezes ao dia, exceto aos domingos, com carga inicial de 7 cmH₂O, com 4 séries de 30 repetições e intervalo de 3 minutos entre séries. A carga e número de repetições foram progressivamente aumentados até atingir um total de 8 séries de 70 repetições, com carga de 13cmH₂O. A criança realizou 8 semanas de treinamento.</p>	<p>Após uma semana de TMI, iniciou-se o desmame (1 hora de respiração espontânea intercalada com 2 horas de VPM), que foi progredido até alcançar 10 horas de respiração espontânea e 2 horas de VPM.</p> <p>Aos 11 meses de vida e após 8 semanas de TMI - desmame do suporte ventilatório, alta hospitalar com O₂ suplementar de 0,5l/min.</p> <p>Comentários: Boa tolerância ao TMI, mantendo os sinais vitais estáveis.</p>

FR – Frequência respiratória; dP/dt - taxa de desenvolvimento de pressão

Discussão

Embora bem fundamentados na população adulta,^{5,6} poucos estudos^{7,11} abordaram o TMI, visando ao ganho de força muscular inspiratória, *endurance* e auxílio no processo de desmame da VPM em pediatria.

A população pediátrica; no entanto, apresenta especificidades anatômicas e funcionais que impedem que resultados de estudos em adultos possam ser extrapolados a essa população. Dentre as várias particularidades de um sistema respiratório imaturo, a menor proporção de fibras musculares oxidativas no diafragma é uma das maiores responsáveis pela maior tendência ao desenvolvimento de insuficiência respiratória em crianças.¹²

Os resultados encontrados, nesta revisão da literatura^{7,11}, apontam para um efeito positivo do TMI nestes parâmetros em pediatria. Entretanto, os estudos existentes evidenciam várias limitações.

No estudo de Smith et al.,⁷ o TMI foi bem tolerado por duas crianças, no pós-operatório de correção de cardiopatia cianogênica, com uso prolongado de VPM e disfunção da musculatura inspiratória. A indicação para o TMI pareceu basear-se em critérios adequados. A fraqueza muscular foi confirmada através dos resultados reduzidos encontrados nos testes de força muscular. A primeira criança, inicialmente, tinha Pimáx de -55,4 cmH₂O, indicando uma redução de, aproximadamente, 30% do valor de referência para a idade e a segunda criança tinha Pimáx de -31,7 cmH₂O, com redução de 60% do valor de referência para a idade.¹³ Além disso, as crianças apresentavam sustentado declínio da função respiratória, tendo passado por repetidos episódios de insuficiência respiratória hipercápnica, sugerindo disfunção muscular.

Observou-se que ambas as crianças demonstraram aumento da Pimáx (14% e 76%, respectivamente). Apesar disso, o tempo de TMI (15 dias e 7 dias, respectivamente) foi curto. É provável que tenha ocorrido uma adaptação neural, que causou melhor recrutamento das unidades motoras e melhora do padrão respiratório, permitindo a evolução do desmame, ao invés de uma hipertrofia da musculatura e/ou mudança do tipo de fibra muscular, que seriam efeitos mais desejáveis do TMI.

O estudo de Brunherotti et al.¹¹, também, descreveu resultados positivos quanto ao uso do TMI em uma criança com anóxia neonatal, sob VPM prolongada. Estes autores utilizaram o dispositivo *Threshold* IMT para realização do treinamento. Com o TMI, a criança apresentou progressiva melhora da tolerância à respiração espontânea e consequente sucesso do desmame da VPM. No entanto, os autores não avaliaram a força muscular inspiratória da criança, não sendo possível inferir a porcentagem da Pimáx utilizada nas cargas de treinamento. Além disso, o TMI poderia ter sido indicado mais precocemente à criança, tendo sido indicado apenas após dez falhas de desmame da VPM.

Nenhum efeito adverso ao TMI foi descrito em ambos os estudos^{7,11} e nenhum sinal de intolerância ao exercício foi citado, indicando que o TMI é, provavelmente, um método seguro a ser utilizado, diariamente, em crianças clinicamente estáveis, como as crianças dos casos supracitados, embora mais estudos sejam necessários para ratificar esta hipótese.

Em ambos os estudos,^{7,11} após o TMI, as crianças demonstraram um aumento da tolerância à respiração espontânea e aparente facilitação progressiva do desmame, até retirada total da VPM. Entretanto, existiam importantes limitações, em ambos os estudos, como o pequeno tamanho das amostras e o fato de o delineamento dos estudos indicarem muito baixo nível de evidência na avaliação

da eficácia de intervenções. Além disso, as diferenças entre os diagnósticos das crianças dos dois estudos, tipos de dispositivos aplicados para o TMI, modo de adaptação dos dispositivos e protocolo de treinamento (frequência, período e carga; critérios para progressão de cargas e repetições, tempo de treinamento, tempo de descanso), são importantes aspectos a serem considerados.

Não foram encontrados, relatos de restrições para o uso dos dispositivos utilizados no TMI apresentados nestes estudos. O método melhor aceito pelos pesquisadores é o da resistência linear fornecida pelo dispositivo pressórico *threshold*, tendo em vista que este dispositivo é capaz de manter uma resistência fixa e conhecida, por um período de tempo maior e, assim, pode ser mais efetivo para o TMI.¹⁴

Cabe ressaltar, também, que os dispositivos, atualmente, comercializados são confeccionados para adultos. A exemplo disso, o dispositivo para treinamento das duas crianças do estudo de Smith et al.⁷, tinha 30 a 40 ml de espaço morto. Em contraste, os volumes correntes (VT) espontâneos das crianças eram de aproximadamente 20ml. Não obstante, o *Threshold* utilizado por Brunherotti et al.¹¹, também, era um dispositivo elaborado para adultos e tinha carga mínima de 7cmH₂O. Portanto, a confecção de dispositivos com fins específicos de uso para o TMI em crianças parece ser de grande valia para a execução de novas pesquisas.

Outro ponto importante é que, em ambos os estudos, em adição ao TMI, foram realizadas tentativas diárias de desmame dos parâmetros ventilatórios. Sabe-se que o desmame da VPM pode envolver uma redução da taxa de ventilação mandatória programada ou uma redução gradual da pressão de suporte. Isso talvez tenha funcionado como um treinamento de *endurance* associado ao TMI, que, também, pode ter contribuído para o sucesso do desmame.

Um extensivo esforço tem sido realizado, com o intuito de identificar as variáveis preditivas de sucesso do desmame e da extubação em pacientes pediátricos. A maioria das variáveis preditoras da extubação está relacionada à eficácia do esforço respiratório e/ou sobrecarga dos músculos respiratórios. Um preditor importante de sucesso do desmame em crianças é o índice tensão-tempo.¹⁵ Ele é derivado da relação média da pressão transdiafragmática pela respiração, da pressão inspiratória máxima transdiafragmática e tempo inspiratório sobre o ciclo tempo total respiratório. Tem relação com a capacidade de carga que o diafragma pode tolerar.

Paralelamente, o TMI parece ser preditivo da habilidade de sustentar respiração espontânea, quando a respiração requer importante capacidade de gerar pressão dos músculos respiratórios. Quando o índice tensão-tempo diminui, ou a capacidade de gerar pressão inspiratória aumenta, a habilidade de sustentar uma respiração espontânea, também, aumenta. Essa condição pode contribuir para sustentar a musculatura respiratória, durante a respiração espontânea e, conseqüentemente, pode favorecer o desmame ventilatório¹¹. Diante disso, pesquisas futuras não podem isolar o papel do TMI do desmame de crianças sob VPM prolongada e nem podem deixar de refletir sobre as adaptações neuromusculares específicas passíveis de ocorrer com este tipo treinamento.

Quanto ao efeito do TMI em adultos, a literatura é mais abrangente. Vários estudos¹⁶⁻²¹ com o uso do dispositivo *Threshold* mostram que este é capaz de melhorar a força muscular inspiratória e deve ser considerado no processo de desmame de pacientes sob VPM. Duas revisões sistemáticas da literatura^{5,6} encontraram relação entre o TMI e o aumento da P_{imáx} em adultos. Dentre estas, a mais recente⁶ verificou que há, também, relação do TMI com a redução no tempo de desmame da VPM, do tempo de internação e da duração do suporte ventilatório não invasivo, após a extubação.

Pires et al.²⁰ compararam três grupos de pacientes adultos: o grupo 1 realizou o TMI com o ajuste da sensibilidade do respirador, o grupo 2 com o uso do *Threshold* e o grupo 3 não realizou TMI. Neste estudo, não houve diferenças significativas na evolução das variáveis entre os grupos 1 e 2, na maior parte das comparações, e os dois grupos diferenciaram-se do grupo 3, tendo sido observado: um aumento significativo da Pimáx, pressão expiratória máxima (Pemáx), VT e a relação pressão parcial de oxigênio/fração inspirada de oxigênio ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$); e uma redução do Índice de Tobin nos grupos 1 e 2.

Caruso et al.²¹ avaliaram 12 pacientes que realizaram TMI, por meio do ajuste da sensibilidade do ventilador, baseando-se na Pimáx, duas vezes ao dia, e treze que não treinaram. O TMI não melhorou a Pimáx, não abreviou o desmame e nem diminuiu a taxa de reintubação. Os autores relataram 23 casos de efeitos adversos, com desaturação, taquipneia, instabilidade hemodinâmica e arritmia cardíaca. Esse método de realização de TMI não tem sido, então, recomendado e, sim, sugerido que sua ineficácia deve-se ao fato de que, por meio do ajuste da sensibilidade do ventilador mecânico, a resistência oferecida não é mantida ao longo de toda a inspiração, sendo realizada apenas em seu início.¹⁸

É sabido que a VPM prolongada causa alterações na morfologia e função do diafragma, incluindo o rápido desenvolvimento de atrofia da fibra muscular, reduzida tensão muscular específica, proteólise aumentada e redução da atividade anabólica, que levam à disfunção diafragmática induzida pela ventilação (VIDD).³ No entanto, em contraste com os adultos, a VIDD em crianças foi menos estudada.

Uma técnica pouco explorada em pediatria, e que talvez seja útil no tratamento da VIDD, é a estimulação elétrica do diafragma. A contração muscular através dessa técnica é obtida mediante o uso de eletrodos cutâneos fixados em pontos motores específicos, capazes de recrutar as unidades motoras íntegras existentes nesse músculo. No caso de a transmissão do impulso nervoso estar preservada, mesmo que parcialmente, a estimulação elétrica funcional pode resgatar a atividade de fibras musculares íntegras e beneficiar pacientes com algum grau de atrofia muscular, por desuso ou algum outro comprometimento muscular diafragmático.²²

A atrofia diafragmática pode contribuir para o atraso do desmame da VPM, também, em crianças.⁷ Portanto, é possível que estratégias como o TMI possam facilitar o processo de desmame de crianças em VPM.

Devido à ausência de ensaios clínicos randomizados encontrados na literatura sobre o uso do TMI em crianças sob VPM, essa intervenção continua sendo uma incógnita na prática clínica pediátrica.

O modo do TMI e o dispositivo a ser utilizado no treinamento devem ser cuidadosamente escolhidos para a população pediátrica. Isto porque os dispositivos, atualmente, comercializados são apropriados para o uso em adultos e não há garantias de que não possa haver intolerância ao exercício ou não possam surgir efeitos adversos.

Também, devido à escassez de estudos e às importantes limitações encontradas nos estudos, não é possível afirmar com segurança que o TMI seja capaz de influenciar, positivamente, na efetividade do desmame da VPM de crianças em desmame prolongado. No entanto, as poucas evidências são promissoras e os achados apontam que o TMI talvez seja uma ferramenta com potencial para a recuperação de força, *endurance* e tratamento da disfunção diafragmática associada à VPM em pediatria.

Ressalta-se que existem muitas questões não respondidas, quanto à aplicação do TMI em crianças sob VPM. Novos estudos, preferencialmente ensaios clínicos randomizados, devem ser conduzidos e melhor relatados. Esses estudos devem incluir a padronização e o relato de maiores detalhes a respeito do protocolo de treinamento utilizado e de variáveis importantes, como o VT predito e avaliações periódicas padronizadas de Pimáx anteriores e posteriores ao treinamento. Entretanto, por tratar-se de um método de fácil acesso e baixo custo, pode ser vantajoso inseri-lo na prática clínica diária em UTI's pediátricas. Portanto, até que sejam publicados estudos de maior evidência científica, sugere-se estipular, individualmente, os critérios para indicação, avaliação, monitorização e interrupção do TMI, assim como a padronização da carga, intensidade, duração do treinamento e intervalo de repouso.

Conclusão

Esta revisão da literatura mostra a escassez de estudos a respeito do uso do TMI em crianças sob VPM. O TMI pode ser aplicado em crianças em VPM prolongada, com critérios de inclusão/exclusão, avaliação e interrupção determinados, individualmente, por um fisioterapeuta treinado. As evidências a respeito de sua eficácia são de muito baixa qualidade, indicando que o seu uso precisa ser melhor investigado, por meio de ensaios clínicos randomizados, que utilizem dispositivos terapêuticos desenvolvidos, especificamente, para essa população.

Referências

1. Moodie LH, Reeve JC, Vermeulen N, Elkins MR. Inspiratory muscle training to facilitate weaning from mechanical ventilation: protocol for a systematic review. *BMC Research Notes*. 2011 Aug 11;4:283.
2. Gizzi C, Moretti C, Agostino R. Weaning from mechanical ventilation. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2011 Oct;24 (Suppl 1):61-3.
3. Jaber S, Petrof BJ, Jung B, Chanques G, Berthet JP, Rabuel C, et al. Rapidly progressive diaphragmatic weakness and injury during mechanical ventilation in humans. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011 Feb 1;183(3):364–71.
4. Bancalari E, Claure N. Strategies to accelerate weaning from respiratory support. *Early Hum Dev*. 2013 Jun;89(Suppl 1):S4-6.
5. Moodie L, Reeve J, Elkins M. Inspiratory muscle training increases inspiratory muscle strength in patients weaning from mechanical ventilation: a systematic review. *J Physiother*. 2011;57(4):213-21.
6. Elkins M, Dentice R. Inspiratory muscle training facilitates weaning from mechanical ventilation among patients in the intensive care unit: a systematic review. *J Physiother*. 2015 Jul;61(3):125–134.
7. Smith BK, Bleiweis MS, Neel CR, Martin AD. Inspiratory muscle strength training in infants with congenital heart disease and prolonged mechanical ventilation: a case report. *Phys Ther*. 2013 Feb;93(2): 229-36.
8. Hill K, Cecins NM, Eastwood PR, Jenkins SC. Inspiratory muscle training for patients with chronic obstructive pulmonary disease: a practical guide for clinicians. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010 Sep;91(9):1466-70.
9. Jensen, J. PICO Search Strategies. *Online J Nurs Inform*. 2013;17(3).

10. Schünemann H, Brożek J, Guyatt G, Oxman A (editors). GRADE Handbook [Internet]. 2013. Available from: <https://gdt.gradepro.org/app/handbook/handbook.html>
11. Brunherotti MA, Bezerra PP, Bachur CK, Jacometti CR. Inspiratory muscle training in a newborn with anoxia who was chronically ventilated. *Phys Ther*. 2012 Jun;92(6):865-71.
12. Lima AV, Muniz LS, Libório SC. Anatomia e fisiologia respiratória funcional. In: Johnston C, Zanetti NM. *Fisioterapia Pediátrica Hospitalar*. 1. ed. São Paulo: Atheneu; 2012. p. 1-17.
13. American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS). ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002 Aug 15;166(4):518-624.
14. Cader S, Vale E, Dantas E. Effect of inspiratory muscle training on weaning success in critically ill intubated patients. In: Bettany-Saltikov J (editor). *Physical Therapy Perspectives in 21st century – Challenges and possibilities*. [Rijeka, Croatia]: IntechOpen; 2012. p. 283-304. Available from: <https://www.intechopen.com/books/physical-therapy-perspectives-in-the-21st-century-challenges-and-possibilities/effect-of-inspiratory-muscle-training-on-weaning-success-in-critically-ill-intubated-patients>
15. Harikumar G, Egderongbe Y, Nadel S, Wheatley E, Moxham J, Greenough A, et al. Tension-time index as a predictor of extubation outcome in ventilated children. *Am J Respir Crit Care Med*. 2009 Nov 15;180(10):982-8.
16. Bisset B, Leditschke A, Green M. Specific inspiratory muscle training is safe in selected patients who are ventilator-dependent: A case series. *Intensive Crit Care Nurs*. 2012 Apr;28(2):98-104.
17. Dixit A, Prakash S. Effects of threshold inspiratory muscle training versus conventional physiotherapy on the weaning period of mechanically ventilated patients: A comparative study. *Int J Physiother Res*. 2014 Apr;2(2):424-8.
18. Cader AS, Vale RGS, Castro JC, Bacelar SC, Biehl C, Gomes MC, et al. Inspiratory muscle training improves maximal inspiratory pressure and may assist weaning in older intubated patients: a randomised trial. *J Physiother*. 2010;56(3):171-7.
19. Cader AS, Vale RGS, Zamora VE, Costa CH, Dantas EHM. Extubation process in bed-ridden elderly intensive care patients receiving inspiratory muscle training: a randomized clinical trial. *Clin Interv Aging*. 2012;7:437-43.
20. Pires VA, Costa D, Jamami M, Oishi J, Baldissera V. Comparação de duas técnicas de treinamento muscular respiratório em pacientes sob ventilação mecânica com insucesso de desmame. *Rev Bras Fisioter/Braz J Phys Ther*. 2000 Jan-Jun;4(2):93-104.
21. Caruso P, Denari SDC, Ruiz SAL, Bernal KG, Manfrin GM, Friedrich C, et al. Inspiratory muscle training is ineffective in mechanically ventilated critically ill patients. *Clinics (São Paulo)*. 2005 Dec;60(6):479-84.
22. Cancellero-Gaiad KM, Ike D, Costa D. Efeito da estimulação diafragmática elétrica transcutânea em parâmetros respiratórios de pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica. *Fisioter Pesq*. 2013 Out-Dec;20(4):322-9.

Submissão em: 03/06/2017

Aceito em: 11/07/2019