

---

# Efeitos do treinamento muscular inspiratório em pacientes tetraplégicos: uma revisão da literatura

## *Effects of inspiratory muscle training for quadriplegic patients: literature review*

Rodrigo Nogueira Ribeiro<sup>1</sup>, Ana Maria Neiva de Menezes<sup>1</sup>, Luciane Corrêa Goretti<sup>1</sup>, Jacqueline Maria Alves Lanschi<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Fisioterapeutas

<sup>2</sup> Fisioterapeuta; Profa. do Curso de Fisioterapia da PUC-MG (Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais)

ENDEREÇO PARA  
CORRESPONDÊNCIA

Rodrigo Nogueira Ribeiro  
R. Couropita 1557 apto. 101  
Eldorado  
32310-520 Contagem MG  
e-mail:  
rodrigonog@hotmail.com

APRESENTAÇÃO  
out. 2004

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO  
fev. 2006

**RESUMO:** O objetivo desta revisão bibliográfica foi investigar a efetividade do treinamento muscular inspiratório (TMI) em pacientes tetraplégicos. Devido à restrição ventilatória provocada pela paresia ou plegia dos músculos da caixa torácica, os indivíduos tetraplégicos formam um grupo apropriado para receber tal treinamento. A melhora da força e resistência da musculatura respiratória ou melhora do padrão respiratório é evidenciada após esse treinamento. Mas não há estudos que permitam esclarecer qual dos fatores é responsável pela melhora dos parâmetros mensurados, relativos à força, resistência e função ventilatória. A revisão dos estudos consultados demonstra que o papel do TMI no tratamento de pacientes tetraplégicos com a função ventilatória alterada ainda não está claro, mas é inquestionável que proporciona melhora na qualidade de vida e diminuição das complicações respiratórias.

**DESCRIPTORIOS:** Exercícios respiratórios; Literatura de revisão; Quadriplegia/reabilitação

**ABSTRACT:** The aim of this literature review is to inquire on the effectiveness of inspiratory muscle training (IMT) for quadriplegic patients. Due to ventilation restriction caused by chest wall muscles paralysis or paresis, quadriplegic subjects form an appropriate group to receive IMT. An improvement in respiratory muscle strength and endurance, as well as in breathing pattern, is evidenced, but no controlled studies could be found that explain which factors are responsible for such improvements concerning force, endurance and ventilatory function. This review shows that, although the precise role of IMT in the treatment of quadriplegic patients is not clear, it is unquestionable that such training brings about improvement in quality of life and a reduction in breathing complications.

**KEY WORDS:** Breathing exercises; Quadriplegia/rehabilitation; Literature review

## INTRODUÇÃO

A lesão da medula espinal de origem traumática é uma causa importante de morbidade e mortalidade de suas vítimas. No Brasil, não existe um estudo epidemiológico amplo e completo acerca dessa lesão, embora, como revela Paz, citado por Rangel (2001)<sup>1</sup>, em estudo realizado em 36 hospitais da rede pública de sete capitais brasileiras, do total de 1.255 pacientes hospitalizados por patologias ligadas ao aparelho locomotor, no período de março a setembro de 1988, 158 (12%) eram portadores de lesões medulares de etiologia traumática, causadas principalmente por acidentes automobilísticos (42%), perfuração por arma de fogo (27%), queda de altura (15%), mergulho em águas rasas (9%), entre outras. Os pacientes com traumatismo raquimedular (TRM) apresentam seqüelas motora e sensitiva. A maioria deles fica com incapacidade motora moderada ou severa e 60% dos pacientes requerem alguma assistência para realização de atividades da vida diária. O quadro neurológico é definido principalmente pelo nível da lesão (se é completa ou incompleta) e pela região da medula atingida. A lesão completa resulta inicialmente em paralisia flácida, com perda total da sensibilidade e da função motora abaixo do nível da lesão, evoluindo posteriormente para um quadro de paralisia espástica.

A função pulmonar do paciente com TRM cervical encontra-se comprometida pela alteração da biomecânica da caixa torácica devido à paralisia da musculatura abdominal e intercostal e, em alguns casos, devido à perda total ou parcial da função do diafragma<sup>2-5</sup>. Ledsome e Sharp<sup>6</sup> concluem que, dependendo do nível da lesão e do estágio em que o paciente se encontra, o volume corrente (VC) do tetraplégico na posição supino reduz-se para 55% a 60% dos valores previstos, e em indivíduos com lesão abaixo do quinto segmento cervical, o VC reduz-se a 30% do previsto durante a primeira semana após o trauma.

Essas alterações podem ser demonstradas em testes usados para verificar a função pulmonar do paciente tetraplégico, pela redução dos parâmetros da espirometria. Similarmente, valores de pressão inspiratória máxima (PI<sub>máx</sub>), pressão expiratória máxima (PE<sub>máx</sub>) e de resistência (endurance - que aqui será mantido, devido ao uso consagrado) da musculatura respiratória encontram-se diminuídos em relação aos valores normais previstos<sup>6</sup>. Essas disfunções respiratórias geram superficialização do padrão respiratório e alteração do mecanismo da tosse, com conseqüente acúmulo de secreções levando a complicações respiratórias secundárias.

DeVivo *et al.*<sup>7</sup>, Linn *et al.*<sup>8</sup>, Aito *et al.*<sup>9</sup> e Brown *et al.*<sup>5</sup> relatam que as complicações pulmonares são as maiores causas de morbidade e mortalidade em indivíduos com TRM. Em estudo feito com 9.135 pessoas pós-trauma raquimedular entre os anos 1973 e 1984, DeVivo *et al.* (1993)<sup>7</sup> concluíram que doenças do sistema respiratório (incluindo a pneumonia) são as principais causas de morte em indivíduos com TRM (23,9%). A incidência de mortalidade é maior nos primeiros seis meses até um ano pós-trauma; de um a dois anos pós-lesão, a curva de mortalidade desses indivíduos iguala-se à dos indivíduos normais<sup>7,10,11</sup>. Ledsome e Sharp<sup>6</sup>, Haas *et al.*<sup>12</sup>, Loveridge e Dubo<sup>13</sup> e Brown *et al.*<sup>5</sup> afirmam que o resultado da paralisia da musculatura inspiratória é marcado pela incapacidade do indivíduo de realizar um fluxo inspiratório longo, predispondo ao desenvolvimento de hipoventilação alveolar. Kirshblum *et al.*<sup>14</sup> concluem que, entre as principais complicações respiratórias, estão atelectasias (36,4%), pneumonia (31,4%) e falência respiratória (22,6%).

Devido à restrição ventilatória provocada pela paresia ou plegia dos músculos da caixa torácica, os pacientes tetraplégicos formam um grupo apropriado para receber o treinamento muscular inspiratório (TMI), objetivando o aumento da força e endurance da musculatura inspiratória durante o

processo de reabilitação. A literatura a esse respeito tem questionado os efeitos, a eficácia e os tipos de técnicas usadas no treinamento. Ademais, estudos recentes<sup>2,5</sup> têm demonstrado que o papel do TMI no acompanhamento de pacientes com a função ventilatória alterada ainda não está claro. Entretanto, essa técnica tem sido cada vez mais difundida na prática fisioterapêutica, concomitante ao aumento do número de pesquisas realizadas.

## METODOLOGIA

Pretende-se com esta revisão evidenciar a efetividade do TMI em pacientes tetraplégicos. Foram pesquisados estudos que abordam aspectos como: o aumento de força e endurance dos músculos inspiratórios; a mudança do padrão respiratório durante e após o período de treinamento, o papel do TMI na diminuição de complicações pulmonares secundárias e a melhora da qualidade de vida dos pacientes tetraplégicos.

Foram pesquisados os bancos de dados dos portais LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde), PubMed e PEDro (The Physiotherapy Evidence Database) até setembro de 2006. Foram selecionados artigos escritos em português e inglês de pesquisas sobre treinamento muscular inspiratório, padrão respiratório e traumatismo raquimedular cervical. As referências bibliográficas dos artigos selecionados foram examinadas e os artigos relevantes identificados também foram adicionados.

Dentre o total de 35 estudos localizados, dez correspondem a estudos clínicos randomizados, publicados entre 1980 e 2002, cujos achados são resumidos nos Quadros 1 e 2. O número máximo de pacientes participantes nos estudos foi 35, totalizando 148 pacientes nos dez trabalhos. Os protocolos de atendimento variavam de 15 a 20 minutos, 1 a 3 vezes por dia, 5 a 7 dias na semana e duração de 6 a 48 semanas. Pôde-se observar melhora da força e/ou endurance da musculatura

**Quadro 1** Sumário dos estudos clínicos randomizados sobre a efetividade do TMI na melhora da respiração de pacientes tetraplégicos com menos de um ano de lesão

Autoria	Nível, classificação e duração da lesão	Descrição do tratamento	Resultados
Huldtgren <i>et al.</i> 1980 <sup>15</sup>	C4-C8; lesão completa; 3 meses a 3 anos de lesão	Grupo controle: 23 ptes; Grupo treino: 12 ptes. TMI: cargas inspiratórias e expiratórias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumento significativo da PImáx e PEmáx no grupo treino.</li> <li>▪ Aumento da CPT e CV e diminuição do VR no grupo treino.</li> </ul>
Hornstein & Ledsome 1986 <sup>16</sup>	C4-C7; lesão completa; menos de 4 meses de lesão	Resistor de orifício. TMI: 15 minutos, 2 vezes ao dia, 2 a 3 dias na semana.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumento de 13% da PImáx em 3,5 semanas e de 48% após 4 meses.</li> </ul>
Derrickson <i>et al.</i> 1992 <sup>17</sup>	C4-C7; lesão completa; menos de 3 meses de lesão	Resistor de orifício: 5 ptes; Pesos abdominais: 6 ptes. TMI começou com menor resistência e aumentou quando o paciente completou 3 sessões seguidas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumento PImáx 66% com resistores e 105% com pesos abdominais; da VVM em 40% com resistores e em 25% com pesos abdominais.</li> </ul>
Liaw <i>et al.</i> 2000 <sup>18</sup>	C4-C7; lesão completa; até 6 meses de lesão	Resistor de orifício. Grupo controle: 10 ptes; Grupo treino: 10 ptes. TMI começou com menor resistência e aumentou após 3 dias seguidos sem alteração.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CVF, VEF<sub>1</sub>, PImáx, PEmáx, Borg, CV e VR/CPT aumentaram nos dois grupos.</li> </ul>
Wang <i>et al.</i> 2002 <sup>19</sup>	C3-C7; lesão completa; mais de 6 meses de lesão	Resistor de orifício. TMI: 60% da PImáx e não aumentou depois.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumento de PImáx e VVM em 10%.</li> <li>▪ Sem alteração em PFE, CVF e PEmáx, SatO<sub>2</sub> e ETCO<sub>2</sub>.</li> </ul>

CPT = capacidade pulmonar total  
 CV = capacidade vital  
 CVF = capacidade vital forçada  
 ETCO<sub>2</sub> = tensão de dióxido de carbono  
 FR = frequência respiratória  
 Pcte = paciente  
 PEmáx = pressão expiratória máxima  
 PImáx = pressão inspiratória máxima

PFE = pico de fluxo expiratório  
 SatO<sub>2</sub> = saturação de oxigênio  
 SIP = pressão inspiratória sustentada  
 TMI = treinamento muscular inspiratório  
 VEF<sub>1</sub> = volume expiratório forçado do 1º segundo  
 VR = volume residual  
 VR/CPT = índice de Tífenó  
 VVM = ventilação voluntária máxima

**Quadro 2** Sumário dos estudos clínicos randomizados sobre a efetividade do TMI na melhora da respiração de pacientes tetraplégicos com mais de um ano de lesão

Autoria	Nível, classificação e duração da lesão	Descrição do tratamento	Resultados
Gross <i>et al.</i> 1980 <sup>20</sup>	C3-T1; lesão completa; mais de 1 ano de lesão	Resistor de orifício. TMI iniciou com resistência necessária para provocar fadiga detectável no eletromiógrafo; após 8 semanas recalculava-se a resistência e repetia-se protocolo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumentou PImáx em 37% e Pmcrit.</li> </ul>
Loveridge <i>et al.</i> 1989 <sup>21</sup>	C6-C7; lesão completa; mais de 1 ano de lesão	Grupo controle: 6 ptes; Grupo treino: 6 ptes. TMI: 85% da SIP. Pctes podiam fazer sua própria FR. Aumento da resistência com aumento de SIP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumento PImáx e SIP nos 2 grupos.</li> <li>▪ Sem alteração em gasometria, CRF, CPT, CI e VR.</li> </ul>
Bering-Sorensen <i>et al.</i> 1991 <sup>22</sup>	C4-C8; lesão completa; 5 a 15 anos de lesão	Resistor de orifício. TMI começou com menor resistência inspiratória e aumentou quando pcte completou 2 dias seguidos de treino.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumento do PFE 11% (371 para 412 l/min) p&lt;0,025.</li> <li>▪ Demais valores não tiveram alteração significativa.</li> </ul>
Ehrlich <i>et al.</i> 1999 <sup>23</sup>	C3-C4; lesão completa; 4 anos de lesão	<i>Threshold.</i> TMI iniciou com a menor carga, recalculada quando necessário. Tempo evoluiu de 5 para 15 min. de acordo com a tolerância do pcte. Diminuiu-se o número de repetições e aumentava-se o número de séries gradualmente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Houve diminuição progressiva das infecções, internações e aspirações e um aumento do nº de passeios.</li> </ul>
Lin <i>et al.</i> 1999 <sup>24</sup>	C4-T1; lesão completa; média de 72,8 meses após lesão	Resistor de orifício e pesos abdominais. TMI: ptes realizaram 6 ciclos respiratórios com 60% PImáx com 30 min de intervalo entre cada um.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Maior atividade elétrica de diafragma e maior fluxo e volume inspiratório com o uso de pesos abdominais.</li> </ul>

CI = capacidade inspiratória  
 CPT = capacidade pulmonar total  
 CRF = capacidade residual funcional  
 FR = frequência respiratória  
 PEmáx = pressão expiratória máxima  
 PImáx = pressão inspiratória máxima

Pcte = paciente; PFE = pico de fluxo expiratório  
 Pmcrit = pressão inspiratória mínima necessária para produzir fadiga muscular detectável no eletromiógrafo  
 SIP = pressão inspiratória sustentada  
 TMI = treinamento muscular inspiratório  
 VR = volume residual

inspiratória em dez estudos investigados; melhora da função ventilatória em sete; mudança do padrão respiratório em dois; melhora da gasometria em um; e todos relatam melhora da qualidade de vida.

## RESULTADOS

Os achados dos estudos consultados são aqui apresentados focalizando-se (1) o aumento de força e/ou resistência dos músculos inspiratórios e mudanças no padrão respiratório decorrentes do TMI; e (2) os efeitos deste na diminuição de complicações pulmonares secundárias, levando à melhora da qualidade de vida dos pacientes tetraplégicos.

### Força e resistência dos músculos inspiratórios

Os primeiros estudos a respeito do TMI foram realizados em indivíduos hígidos e com doença pulmonar obstrutiva crônica. O estudo pioneiro sobre o TMI em tetraplégicos foi realizado por Gross e colaboradores em 1980<sup>20</sup>. Seis tetraplégicos crônicos foram submetidos a um programa de 16 semanas, com um tempo de 15 minutos de treinamento, 2 vezes ao dia durante 6 dias por semana, utilizando o resistor de orifício com uma carga suficiente para produzir fadiga detectável no eletromiograma. Após o término do treinamento, os autores associaram ao aumento dos valores pré-teste de P<sub>lmáx</sub> e da pressão inspiratória mínima necessária para produzir fadiga muscular detectável no eletromiograma (P<sub>mcrit</sub>), respectivamente, um ganho de força e endurance. Eles sugerem que os ganhos obtidos são resultado da resposta diafragmática ao treinamento pela mudança das fibras de contração rápida, facilmente fatigáveis, em fibras resistentes à fadiga, potencializando a capacidade de oxidação do músculo.

O estudo de Loveridge *et al.* (1989)<sup>21</sup> segue caminho contrário e aponta para a alteração do padrão respiratório como resultado do TMI. Esses pesqui-

sadores dividiram 12 sujeitos com tetraplegia crônica em dois grupos iguais: um controle, que realizou apenas os testes propostos a cada duas semanas, e um experimental que, além dos testes, recebeu treinamento da musculatura inspiratória de 15 minutos de duração, duas vezes ao dia, 5 dias por semana, durante 8 semanas com um resistor de carga linear (threshold). No teste relativo à endurance, a carga inicial, equivalente a 85% da pressão inspiratória sustentada (SIP), era aumentada proporcionalmente ao aumento do valor da SIP. Ao término do estudo observaram não só um aumento significativo da P<sub>lmáx</sub> e da pressão inspiratória sustentada (SIP), mas também uma mudança no padrão respiratório em ambos os grupos. Ocorreu uma diminuição na frequência respiratória associada a um aumento do volume corrente que resultou, portanto, na razão volume/minuto inalterada. Os autores concluem que as mudanças histoquímicas intrínsecas ao músculo não podem ser atribuídas aos ganhos observados ao término do treinamento e que o estímulo dos testes realizados a cada duas semanas foi suficiente para alterar o padrão respiratório no grupo controle.

Os estudos subseqüentes utilizaram essas duas correntes como substrato teórico para justificar os efeitos do TMI em tetraplégicos.

Rutchik *et al.* (1998)<sup>25</sup> afirmam que o aumento dos valores de P<sub>lmáx</sub> e de alguns valores da espirometria em relação aos valores pré-treino está relacionado ao ganho de força muscular. Os autores concluem, portanto, que todas as alterações das variáveis pulmonares são resultado do efeito do treinamento e que elas se perdem quando o treino é interrompido por longo tempo.

Com o propósito de avaliar o TMI na abordagem das desordens do sono em tetraplégicos, Wang *et al.* (2002)<sup>19</sup> verificaram um aumento da P<sub>lmáx</sub> e da ventilação voluntária máxima (VVM) em relação aos valores iniciais e afirmam que houve um ganho de força e endurance, respectivamente.

Eles analisam as teses de mudanças histoquímicas da musculatura ou mudança na estratégia respiratória e sugerem que ambos os mecanismos podem ser atribuídos aos resultados obtidos.

Gutierrez *et al.*<sup>26</sup>, na tentativa de interromper a ventilação mecânica em pacientes com TRM em diferentes níveis cervicais, utilizaram o TMI para ganho de força e resistência nesses pacientes. Após a aplicação do protocolo, a P<sub>lmáx</sub> para os pacientes tetraplégicos em níveis baixos melhorou em 75%, a P<sub>Emáx</sub> melhorou em 71%, a capacidade vital (CV) aumentou em 59% e o tempo respirando fora do ventilador aumentou em média 76,7%. Os pacientes tetraplégicos em diferentes níveis conseguiram ganhos na força dos músculos inspiratórios e expiratórios, melhora da CV e diminuição na dependência da ventilação mecânica. Além disso, pacientes tetraplégicos com lesão alta melhoraram suas habilidades em ventilar espontaneamente por períodos curtos em caso da desconexão acidental do ventilador e os que tinham lesão baixa eram capazes de interromper a ventilação mecânica.

Liaw e colegas (2000)<sup>18</sup> estudaram 20 pacientes com lesão cervical completa, divididos em dois grupos: grupo controle, que realizou apenas os testes, e um grupo treinado submetido a um protocolo de TMI baseado no uso do resistor de orifício. Observaram melhora nos valores da função pulmonar no grupo treino e não encontraram diferenças significativas dos valores de P<sub>lmáx</sub> e P<sub>Emáx</sub> entre os grupos. Quanto à mudança do padrão respiratório, concluem que o efeito do treinamento na função ventilatória e na força dos músculos respiratórios não pode ser negligenciado.

Huldtgren *et al.* (1980)<sup>15</sup>, que analisaram seus pacientes compondo-os em um grupo-treino e um grupo-controle, constataram aumento da P<sub>Emáx</sub> e aumento imediato da P<sub>lmáx</sub> no grupo-treino, cujo valor chegou próximo aos valores considerados normais. Esses ganhos, entretanto, não foram mantidos após cinco anos de treino, segundo mostra o decréscimo dos va-

lores de P<sub>l</sub>máx e P<sub>E</sub>máx. O grupo-controle apresentou uma discreta melhora nos valores relativos à prova de função pulmonar, isto é, aumento da CV e CPT e diminuição do VR, e esta melhora foi mantida após cinco anos de interrupção do treinamento, fato que pode ser atribuído a uma melhora espontânea. Eles afirmam não haver diferenças significativas entre os pacientes que receberam o tratamento poucos meses após a lesão ou após anos de trauma.

É interessante notar que vários trabalhos se limitam a mostrar, apenas, o aumento dos valores da P<sub>l</sub>máx<sup>15,16,23</sup> e das provas de função pulmonar<sup>22</sup>.

### Diminuição de complicações pulmonares secundárias

A dispnéia, presente em 65% dos sujeitos com TRM cervical<sup>5,27-31</sup> resulta da perda da função dos músculos inspiratórios e aumento do trabalho respiratório. Como os pacientes tetraplégicos dependem primariamente da função diafragmática, uma grande quantidade de energia é necessária para atender às demandas metabólicas; além disso, em virtude do movimento paradoxal da caixa torácica e da diminuição de sua complacência, a eficiência dos músculos respiratórios fica diminuída<sup>5,25,32-35</sup>.

O padrão respiratório reflete, portanto, a disfunção dos músculos respiratórios e as anormalidades intrapulmonares, aumentando a frequência respiratória com uma diminuição do tempo expiratório, predispondo à fadiga muscular. Partindo desse pressuposto, Rutchik *et al.*<sup>25</sup> afirmam que o fortalecimento dos músculos respiratórios seria responsável pela diminuição da fadiga e da dispnéia, com ganho na qualidade de vida. Liaw *et al.*<sup>18</sup> e Rutchik *et al.*<sup>25</sup> utilizaram a escala de Borg para quantificação da dispnéia em tetraplégicos e afirmam que o TMI é eficaz na melhora da percepção subjetiva do esforço nesses pacientes.

Wang *et al.*<sup>19</sup> afirmam que o TMI é um método efetivo para corrigir as desordens do sono em tetraplégicos e

para aumento da força e endurance dos músculos respiratórios, resultando em maior capacidade para realização de atividades de vida diária e diminuição das complicações pulmonares secundárias.

Embora de forma subjetiva, muitos autores referem-se aos ganhos advindos do TMI<sup>15,16, 22,36-38</sup>. A melhora qualitativa da função ventilatória, uma maior eficácia da tosse com concomitante melhora da limpeza (clearance) brônquica e incremento na qualidade da fala são ganhos observados que melhoraram, de forma considerável, a qualidade de vida do paciente, diminuindo as complicações pulmonares secundárias.

Ehrlich *et al.* (1999)<sup>23</sup> são contundentes em afirmar que o TMI melhora, de forma considerável, a qualidade de vida dos tetraplégicos. Em um estudo de caso, comprovam com dados quantitativos que, durante e logo após o treinamento, ocorreu diminuição do número de infecções do trato respiratório inferior, diminuição do número de hospitalizações, cessação da necessidade de aspiração traqueal, diminuição do tempo despendido nas sessões de fisioterapia e aumento do número de passeios fora do centro de reabilitação. Esses pesquisadores afirmam que os ganhos mais importantes são os obtidos em aspectos subjetivos da vida. Afirmam, ainda, que fatos simples tais como melhora da fala e aumento da capacidade de manter-se sentado na cadeira de rodas por longos períodos favorecem a integração do sujeito com a família e promovem maior acessibilidade ao meio externo.

Gross *et al.*<sup>20</sup> sugerem que o TMI deva ser contínuo em tetraplégicos. Além disso, tem especial importância na proteção contra a fadiga numa situação de infecção respiratória aguda que, freqüentemente, pode levar ao óbito por falência respiratória.

## DISCUSSÃO

O ganho de força ou de resistência muscular inspiratória é uma questão que ainda não está inteiramente esclarecida, apesar das muitas pesquisas

realizadas. Isso se deve à adoção de uma variedade de técnicas e protocolos pelos diferentes estudos, além da falta de metodologia consistente e de testes padronizados e referenciados internacionalmente pela literatura científica. Segundo Hornstein e Ledson<sup>16</sup>, alguns estudos apresentam dados referentes a amostras pequenas, não utilizam grupo controle e não realizam análises estatísticas. Loveridge e colegas<sup>21</sup>, por exemplo, afirmam que o TMI não propicia ganho real de endurance muscular. Ainda, segundo Martyn *et al.*<sup>39</sup> e Van Houtte *et al.*<sup>40</sup>, dependendo do teste usado para avaliação, pacientes podem apresentar melhora de performance apenas pelo efeito do aprendizado.

Por outro lado, se o TMI provoca realmente alteração na configuração histoquímica do músculo, a mudança relativa às fibras musculares ainda é uma incógnita. Gross *et al.*<sup>20</sup> afirmam que o treinamento resulta numa mudança de fibras de contração rápida, facilmente fadigáveis, em fibras de contração lenta, que têm uma alta capacidade de oxidação e um maior número de mitocôndrias. Goldstein<sup>41</sup>, entretanto, em sua revisão sobre o assunto, relata que a porcentagem de fibras de contração lenta e contração rápida no músculo é mantida constante e que o treinamento provoca uma maximização das características de comprimento-tensão pela alteração do número de sarcômeros.

Em relação ao uso dessas modalidades fisioterapêuticas, é importante citar o trabalho realizado por Lin e colegas (1999)<sup>24</sup> com nove homens com TRM cervical completo. Esses autores avaliaram a atividade eletromiográfica de esternocleidomas-tóideo (ECM), intercostais e diafragma durante uma respiração voluntária máxima sem carga, com o uso de resistores e pesos abdominais. Observou-se nesse caso maior atividade elétrica de diafragma e ECM com o uso de pesos abdominais e resistores de orifício, respectivamente. Esse fato sugere que os pesos seriam mais eficazes no treinamento do diafragma e que o uso dos resistores provocaria maior recrutamento de mus-

culatura acessória, menor inalação de O<sub>2</sub> e exalação de CO<sub>2</sub> com, conseqüente maior risco de desenvolvimento de fadiga muscular e diminuição da resposta ventilatória à hipercapnia. Além disso, os autores constataram que o fluxo e o volume inspiratórios eram menores com os resistores de orifício devido à maior resistência externa ao fluxo aéreo.

A supervisão do TMI pelo fisioterapeuta é um fato ressaltado em poucos artigos<sup>18,22,23</sup>. A utilização da musculatura acessória durante o uso de uma carga inspiratória, como foi observado no trabalho de Lin *et al.*<sup>24</sup>, poderia não ter ocorrido se o paciente fosse corretamente orientado e fosse realizada propriocepção diafragmática.

Talvez esse seja um dos fatores que levaram a um maior recrutamento do diafragma na utilização dos pesos abdominais. O treinamento deve, portanto, independente da técnica utilizada, ser bem orientado e supervisionado para que se tenha certeza de que a carga imposta está sendo vencida pelo diafragma e não pelos músculos acessórios da inspiração, tais como esternocleidomastóideo e trapézio fibras superiores.

## CONCLUSÃO

Seja pela mudança na capacidade de oxidação dos músculos ou na alteração do padrão respiratório, os ganhos em qualidade de vida e a diminuição

das complicações pulmonares dos pacientes submetidos a treinamento muscular inspiratório são inquestionáveis. De forma qualitativa ou quantitativa, segundo os artigos avaliados, os ganhos obtidos promoveram melhora da capacidade ventilatória, maior eficácia no mecanismo da tosse, melhora na qualidade da fala, melhora da dispnéia, colaborando para a integração desse paciente ao ambiente familiar e social.

Estudos subseqüentes que visem esclarecer as controvérsias aqui aventadas são de vital importância para que o uso de uma carga inspiratória na abordagem de um paciente com lesão cervical se dissemine na prática clínica e se consolide de maneira irrefutável na comunidade científica.

## REFERÊNCIAS

- Rangel LM. A inclusão pelo cuidado: manual teórico prático para o cuidado de portadores de deficiência física. Belo Horizonte: Ed. PUC-MG; 2001.
- Stiller K, Huff N. Respiratory muscle training for tetraplegic patients: a literature review. *Aust J Physiother.* 1999;45(4):291-9.
- McKinley WO, Gittler MS, Kirshblum SC, Stiens SA, Groah SL. Spinal cord injury medicine 2: medical complications after spinal cord injury; Identification and management. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002; 83(3 Suppl 1):S58-64.
- Brooks D, O'Brien K, Geddes EL, Crowe J, Reid WD. Is inspiratory muscle training effective for individuals with cervical spinal cord injury? A qualitative systematic review. *Clin Rehabil.* 2005;19(3):237-46.
- Brown R, DiMarco AF, Hoit JD, Garshick E. Respiratory dysfunction and management in spinal cord injury. *Respir Care.* 2006;51(8):853-68.
- Ledsome JR, Sharp JM. Pulmonary function in acute cervical cord injury. *Am Rev Respir Dis.* 1981;124(1):41-4.
- DeVivo MJ, Black KJ, Stover SL. Causes of death during the first 12 years after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993 Mar;74(3):248-54.
- Linn WS, Spungen AM, Gong H Jr, Adkins RH, Bauman WA, Waters RL. Forced vital capacity in two large outpatient populations with chronic spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2001;39(5):263-8.
- Aito S, Gruppo Italiano Studio Epidemiologico Mielolesioni GISEM. Complications during the acute phase of traumatic spinal cord lesions. *Spinal Cord.* 2003;41(11):629-35.
- Stiens SA, Kirshblum SC, Groah SL, McKinley WO, Gittler MS. Spinal cord injury medicine, 4: optimal participation in life after spinal cord injury; physical, psychosocial and economic reintegration into the environment. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(3 Suppl 1):S72-81.
- Cardenas DD, Hoffman JM, Kirshblum S, McKinley W. Etiology and incidence of rehospitalization after traumatic spinal cord injury: a multicenter analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(11):1757-63.
- Haas F, Axen K, Pineda H, Gandino D, Haas A. Temporal pulmonary function changes in cervical cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 1985;66(3):139-44.
- Loveridge BM, Dubo HI. Breathing pattern in chronic quadriplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* 1990;71(7):495-9.
- Kirshblum SC, Groah SL, McKinley WO, Gittler MS, Stiens SA. Spinal cord injury medicine, 1: etiology, classification, and acute medical management. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(3 Suppl 1):S50-7.
- Huldtgren AC, Fugl-Meyer AR, Jonasson E, Bake B. Ventilatory dysfunction and respiratory rehabilitation in post-traumatic quadriplegia. *Eur J Respir Dis.* 1980;61(6):347-56.

## Referências (cont.)

- 16 Hornstein S, Ledsome JR. Ventilatory muscle training in acute quadriplegia. *Physiother Can.* 1986;38(3):145-9.
- 17 Derrickson J, Ciesla N, Simpson N, Imle PC. A comparison of two breathing exercise programs for patients with quadriplegia. *Phys Ther.* 1992;72(11):763-9.
- 18 Liaw MY, Lin MC, Cheng PT, Wong MK, Tang FT. Resistive inspiratory muscle training: its effectiveness in patients with acute complete cervical cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(6):752-6.
- 19 Wang TG, Wang YH, Tang FT, Lin KH, Lien IN. Resistive inspiratory muscle training in sleep-disordered breathing of traumatic tetraplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(4):491-6.
- 20 Gross D, Ladd HW, Riley EJ, Macklem PT, Grassino A. The effect of training on strength and endurance of the diaphragm in quadriplegia. *Am J Med.* 1980;68(1):27-35.
- 21 Loveridge B, Badour M, Dubo H.. Ventilatory muscle endurance training in quadriplegia: effects on breathing pattern. *Paraplegia.* 1989;27(5):329-39.
- 22 Biering-Sorensen F, Lehmann Knudsen J, Schmidt A, Bundgaard A, Christensen I. Effect of respiratory training with a mouth-nose-mask in tetraplegics. *Paraplegia.* 1991;29(2):113-9.
- 23 Ehrlich M, Manns PJ, Poulin C . Respiratory training for a person with C3-C4 tetraplegia. *Aust J Physiother.* 1999;45(4):301-7.
- 24 Lin KH, Chuang CC, Wu HD, Chang CW, Kou YR. Abdominal weight and inspiratory resistance: their immediate effects on inspiratory muscle functions during maximal voluntary breathing in chronic tetraplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(7):741-5.
- 25 Rutchik A, Weissman AR, Almenoff PL, Spungen AM, Bauman WA, Grimm DR. Resistive inspiratory muscle training in subjects with chronic cervical spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79(3):293-7.
- 26 Gutierrez CJ, Harrow J, Haines F. Using an evidence-based protocol to guide rehabilitation and weaning of ventilator-dependent cervical spinal cord injury patients. *J Rehabil Res Dev.* 2003;40(5):99-110.
- 27 Spungen AM, Grimm DR, Schilero G, Lenner R, Oei E, Bauman WA, et al. Relationship of respiratory symptoms with smoking status and pulmonary function in chronic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2002;25(1):23-7.
- 28 Bach JR, Hunt D, Horton JA 3rd. Traumatic tetraplegia: noninvasive respiratory management in the acute setting. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;81(10):792-7.
- 29 Bernard PL, Mercier J, Varray A, Prefaut C. Influence of lesion level on the cardioventilatory adaptations in paraplegic wheelchair athletes during muscular exercise. *Spinal Cord.* 2000;38(1):16-25.
- 30 Gittler MS, McKinley WO, Stiens SA, Groah SL, Kirshblum SC. Spinal cord injury medicine. 3. Rehabilitation outcomes. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(3 Suppl 1):S65-71.
- 31 Groah SL, Stiens SA, Gittler MS, Kirshblum SC, McKinley WO. Spinal cord injury medicine, 5: preserving wellness and independence of the aging patient with spinal cord injury; a primary care approach for the rehabilitation medicine specialist. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(3 Suppl 1):S82-9.
- 32 Bodin P, Kreuter M, Bake B, Olsen MF. Breathing patterns during breathing exercises in persons with tetraplegia. *Spinal Cord.* 2003;41(5):290-5.
- 33 Derenne JP, Macklem PT, Roussos C. The respiratory muscles: mechanics, control and pathophysiology. *Am Rev Respir Dis.* 1978;118(3):119-33.
- 34 Frisbie JH. Breathing pattern in tetraplegic patients. *Spinal Cord.* 2002;40(8):424-5.
- 35 Loveridge B, Sanii R, Dubo HI. Breathing pattern adjustments during the first year following cervical spinal cord injury. *Paraplegia.* 1992;30(7):479-88.
- 36 Crane L, Klerk K, Ruhl A, Warner P, Ruhl C, Roach KE. The effect of exercise training on pulmonary function in persons with quadriplegia. *Paraplegia.* 1994;32(7):435-41.
- 37 Kirshblum SC. New rehabilitation interventions in spinal cord injury. *Spinal Cord Med.* 2004;27(4):342-50.
- 38 Uijl SG, Houtman S, Folgering HT, Hopman MT. Training of the respiratory muscles in individuals with tetraplegia. *Spinal Cord.* 1999;37(8):575-9.
- 39 Martyn JB, Moreno RH, Pare PD, Pardy RL. Measurement of inspiratory muscle performance with incremental threshold loading. *Am Rev Respir Dis.* 1987;135(4):919-23.
- 40 Van Houtte S, Vanlandewijck Y, Gosselink R. Respiratory muscle training in persons with spinal cord injury: a systematic review. *Respir Med.* 2006;112:1886-95.
- 41 Goldstein RS. Ventilatory muscle training. *Thorax.* 1993;48:1025-33.