

Treinamento de músculos inspiratórios em pacientes com quadriplegia*

Inspiratory muscle training in quadriplegic patients

Janne Marques Silveira, Ada Clarice Gastaldi,
Cristina de Matos Boaventura, Hugo Celso Souza

Resumo

Objetivo: Determinar se o treinamento de músculos inspiratórios pode aumentar a força e endurance desses músculos em pacientes com quadriplegia. **Métodos:** Oito pacientes quadriplégicos (7 homens e 1 mulher) com lesão medular cervical entre C4 e C7 foram submetidos ao treinamento de músculos inspiratórios utilizando-se um resistor de carga linear ajustado em 30% da P_{lmáx}. As sessões de treinamento foram realizadas com os pacientes sentados 5 vezes por semana por 8 semanas. Tempo de *endurance*, P_{lmáx}, P_{Emáx} e CVF foram medidos antes do treinamento e nas semanas 4 e 8. **Resultados:** Em comparação ao valor basal médio, houve um aumento da P_{lmáx}, mensurada na posição sentada, nas semanas 4 e 8 ($-83,0 \pm 18,9$ cmH₂O vs. $-104,0 \pm 19,4$ e $-111,3 \pm 22,7$ cmH₂O). Houve aumento da P_{Emáx}, também na posição sentada, na semana 4 (de $36,8 \pm 8,1$ a $42,6 \pm 8,8$ cmH₂O). Houve uma melhora na FVC na 4ª semana (de $2,1 \pm 0,8$ a $2,5 \pm 0,6$ L, representando um incremento de $24 \pm 22\%$). O tempo de *endurance* (sentado) não apresentou um aumento significativo entre o momento basal e a semana 8 ($29,8 \pm 21,0$ min vs. $35,9 \pm 15,5$ min; aumento de $173 \pm 233\%$). **Conclusões:** Pacientes com quadriplegia podem se beneficiar com o treinamento com baixas cargas (30% da P_{lmáx}), com melhora da força dos músculos inspiratórios, CVF e efetividade dos músculos expiratórios.

Descritores: Mecânica respiratória; Quadriplegia; Exercícios respiratórios.

Abstract

Objective: To determine whether inspiratory muscle training can increase strength and endurance of these muscles in quadriplegic patients. **Methods:** Eight quadriplegic patients (7 males and 1 female) with injury to the lower cervical spine (segments C4-C7) were submitted to inspiratory muscle training with a threshold inspiratory muscle trainer adjusted to 30% of MIP. The training sessions were carried out with the patients in a sitting position, 5 days a week for 8 weeks. Endurance time, MIP, MEP and FVC were determined at baseline, week 4 and week 8. **Results:** In comparison with the mean baseline value, there was an increase in MIP, measured in the sitting position, at weeks 4 and 8 (-83.0 ± 18.9 cmH₂O vs. -104.0 ± 19.4 cmH₂O and -111.3 ± 22.7 cmH₂O). There was an increase in MEP, also in the sitting position, at week 4 (from 36.8 ± 8.1 to 42.6 ± 8.8 cmH₂O). There was an improvement in FVC at week 4 (from 2.1 ± 0.8 to 2.5 ± 0.6 L, representing an increase of $24 \pm 22\%$). Although there was an increase in endurance (sitting) at week 8, the difference was not significant in comparison with the baseline value (29.8 ± 21.0 vs. 35.9 ± 15.5 min, an increase of $173 \pm 233\%$). **Conclusions:** Quadriplegic patients can benefit from training at low loads (30% of MIP), which can improve inspiratory muscle strength, FVC and expiratory muscle performance.

Keywords: Respiratory mechanics; Quadriplegia; Breathing exercises.

Introdução

A quadriplegia é resultante de lesão da medula espinhal, a qual pode causar grave insuficiência respiratória dependendo do nível em que a lesão ocorre.^(1,2) As lesões acima de C3 implicam risco de morte, causando paralisia dos músculos diafragmáticos, intercostais,

escalenos e abdominais, o que resulta em falta de suporte ventilatório e necessidade de ventilação mecânica. Se a lesão ocorre abaixo de C3, o diafragma permanece totalmente ou parcialmente inervado.⁽³⁾ Entretanto, a função diafragmática é prejudicada em razão da paralisia

* Trabalho realizado no Centro Universitário do Triângulo, Uberlândia (MG) Brasil.

Endereço para correspondência: Janne Marques Silveira. Departamento de Fisioterapia e Medicina, Rua Rio de Janeiro entre as ruas 9 e 10, Campus II, CEP 77400-000, Gurupi, TO, Brasil.

Tel 55 63 3612-7608 or 3612-7684. E-mail: jannefisio@yahoo.com.br

Apoio financeiro: Nenhum.

Recebido para publicação em 9/9/2009. Aprovado, após revisão, em 12/2/2010.

de outros músculos respiratórios, incluindo os músculos abdominais.

Pacientes com quadriplegia têm insuficiência respiratória restritiva, juntamente com diminuição da CV, CPT, P_{lmáx}, PEmáx, capacidade inspiratória e tempo de *endurance*, assim como da capacidade de tossir, especialmente na posição sentada. Portanto, esses pacientes são altamente suscetíveis a fadiga dos músculos inspiratórios e complicações pulmonares.^(4,5)

O treinamento específico no qual os músculos inspiratórios são sobrecarregados utilizando-se um resistor de carga linear ou um sistema de carga resistiva pode aumentar a P_{lmáx}. Quando um sistema de carga resistiva é empregado, a carga inspiratória depende do diâmetro do orifício e do padrão respiratório do paciente, o que não permite que cargas constantes sejam atingidas.^(6,7) Entretanto, quando o treinamento de músculos inspiratórios é realizado utilizando-se um resistor de carga linear, é possível estabelecer uma carga inspiratória constante (graduada em cmH₂O) uma vez que o fluxo inspiratório ocorre somente se o paciente produzir uma pressão maior do que a ajustada, o que abre a válvula. Alcançado o limiar, a resistência permanece constante independentemente do fluxo inspiratório.^(1,8)

Vários estudos têm demonstrado que os músculos inspiratórios de pacientes com quadriplegia podem ser treinados por meio do aumento da P_{lmáx}, da *endurance* dos músculos inspiratórios e do volume e capacidade pulmonares.^(6,8-16) Esses estudos empregam métodos diferentes para sobrecarregar os músculos inspiratórios, tais como a utilização de resistores de carga linear, sistemas de carga resistiva ou pesos abdominais, assim como a utilização da técnica de hiperpneia normocápnica e de protocolos de treinamento envolvendo cargas altas ou desconhecidas.⁽¹¹⁻¹³⁾

Alguns estudos incluem um grupo controle,^(2,11,16,17) ao passo que outros incluem apenas um grupo de treinamento ou comparam o tipo de treinamento utilizado ao do de um outro protocolo. Embora duas revisões sistemáticas recentes apontem algumas “tendências”, não foi encontrada nenhuma evidência da eficácia do treinamento de músculos respiratórios em pacientes com lesão da medula espinhal.^(18,19)

Os benefícios resultantes desse treinamento, o qual é geralmente associado a cargas altas, depende tanto da intensidade quanto da duração. Entretanto, o treinamento de músculos inspiratórios com cargas altas é difícil de se realizar e pode causar fadiga muscular.⁽⁶⁾

Em relação a pacientes com DPOC, dois estudos demonstraram que os protocolos de treinamento com cargas de 12% e 15% da P_{lmáx} não foram eficazes, ao passo que 30% da P_{lmáx} foram suficientes para produzir os efeitos do treinamento.^(6,7) Entretanto, não há estudos avaliando os benefícios desse protocolo em pacientes com quadriplegia. Portanto, o objetivo do presente estudo foi determinar se o treinamento de músculos inspiratórios utilizando-se resistores de carga linear ajustados com carga baixa (30% da P_{lmáx}) pode aumentar a força e *endurance* dos músculos inspiratórios em pacientes com quadriplegia.

Métodos

Nossa amostra foi composta por oito pacientes quadriplégicos (7 homens e 1 mulher entre 19 e 52 anos de idade) com lesão medular cervical entre C4 e C7 e classificados como grau A segundo a *American Spinal Injury Association Impairment Scale*.⁽²⁰⁾

Todos os pacientes da amostra estavam em tratamento na Faculdade de Fisioterapia do Centro Universitário do Triângulo (UNITRI), Uberlândia, MG. Os critérios de inclusão foram os seguintes: ter lesão completa da coluna cervical há mais de 12 meses, estar clinicamente estável, ser não fumante e não ter história de doença respiratória crônica.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do UNITRI. Todos os pacientes ou seus representantes legais assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Antes do estudo, quatro assistentes foram selecionados e treinados nas técnicas aplicadas durante os testes (força e *endurance* dos músculos respiratórios, CVF e treinamento de músculos inspiratórios).

Além disso, P_{lmáx}, PEmáx, CVF e *endurance* foram determinadas antes da primeira medição registrada para evitar o efeito aprendido. Essas medições foram então realizadas de forma aleatória, nas posições sentada e supina, no período de pré-treinamento e nas semanas 4 e 8 de treinamento. O estudo foi realizado durante 8 semanas consecutivas.

Os pacientes receberam treinamento de músculos inspiratórios na posição sentada, com seu padrão respiratório natural, 30 min/dia, 5 dias por semana, durante 8 semanas consecutivas. O resistor de carga linear (HealthScan Products Inc., Cedar Grove, NJ, EUA) foi sempre ajustado

em 30% da $Pl_{m\acute{a}x}$ ou até alcançar a carga de 41 cmH_2O , que é a carga máxima para o aparelho. Todas as sessões de treinamento foram supervisionadas por um dos membros da equipe de estudo, e as cargas de exercício foram ajustadas no início de cada semana.

As pressões respiratórias máximas de platô foram medidas utilizando-se um manômetro (OEM Medical, Marshalltown, IA, EUA) conectado a um bocal plástico com diâmetro interno de 2 cm e um orifício de 1 mm na parte superior para evitar qualquer interferência que pudesse ser causada pela pressão extra dos músculos bucinadores na medição final.^(21,22)

No total, a $Pl_{m\acute{a}x}$ e a $PE_{m\acute{a}x}$ foram medidas, com base no VR e na CPT, respectivamente, dez vezes cada, com o paciente usando um clipe nasal. Houve um intervalo de descanso de 2 min entre as medições.

Apenas as pressões sustentadas por pelo menos 2 s foram registradas, e a $Pl_{m\acute{a}x}$ foi definida como o maior valor obtido.

Os resultados foram analisados em valores absolutos e em porcentagem, de acordo com a equação estabelecida por Neder et al.⁽²⁰⁾

Utilizou-se um espirômetro Wright (Mark 8; Ferraris Medical Ltd., Enfield, Reino Unido) para medir a CVF com os pacientes nas posições sentada e supina.

Os pacientes foram instruídos a inspirar até a CPT e então expirar no bocal de um resistor de resistência de 21 cm, feito de plástico, com diâmetro interno de 2 cm. De acordo com as recomendações da *American Thoracic Society* (ATS),⁽²¹⁾ realizaram-se pelo menos três medições, e o maior valor foi escolhido para a análise estatística. Os resultados foram analisados em valores absolutos.

O teste de *endurance* foi um teste de estado estacionário ajustado de acordo com os dados apresentados graficamente por Bellemare & Grassino⁽²²⁾ e baseados no índice tensão-tempo. Esses autores utilizaram a pressão transdiafragmática (P_{di}) como a tensão máxima produzida pelo diafragma. No presente estudo, a determinação da força dos músculos inspiratórios foi realizada utilizando-se a $Pl_{m\acute{a}x}$ e não a P_{di} .

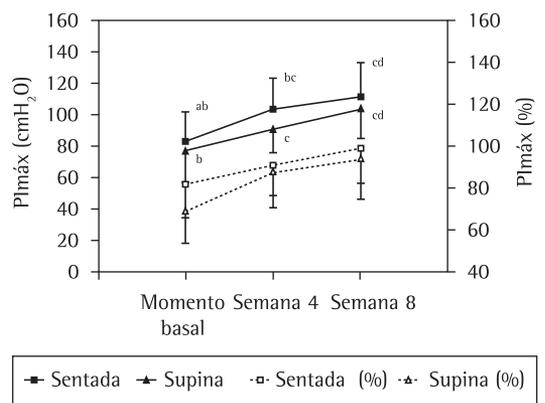
O padrão respiratório foi controlado por um sinal sonoro baseado na razão entre tempo inspiratório e tempo respiratório total (T_I/T_{tot}) a 0,6, e a carga foi aplicada aos músculos respiratórios utilizando-se o resistor de carga linear (% $Pl_{m\acute{a}x}$). Os testes foram realizados com os pacientes na posição sentada.

Tabela 1 – $Pl_{m\acute{a}x}$, $PE_{m\acute{a}x}$, CVF e tempo de *endurance* determinados nos pacientes do estudo nas posições sentada e supina no momento basal e nas semanas 4 e 8 de treinamento.

Variável	Semana	Posição	
		sentada	supina
		Média ± dp	Média ± dp
$Pl_{m\acute{a}x}$, cmH_2O	momento basal	-83,0 ^b ± 18,9	-97,6 ^{ab} ± 17,7
	4	-104,0 ^{bc} ± 19,4	-108,0 ^c ± 13,4
	8	-111,3 ^{cd} ± 21,7	-117,3 ^{cd} ± 14,8
$PE_{m\acute{a}x}$, cmH_2O	momento basal	36,8 ^b ± 8,1	37,0 ^b ± 4,8
	4	42,6 ^{bc} ± 8,8	40,9 ^{bc} ± 5,7
	8	42,9 ^b ± 9,1	38,3 ^b ± 6,9
CVF, L	momento basal	2,1 ± 0,8	2,3 ± 0,7
	4	2,6 ^c ± 0,6	2,5 ± 0,6
	8	2,4 ± 0,6	2,5 ± 0,4
<i>Endurance</i> , min	momento basal	29,8 ± 21,0	33,9 ± 16,9
	4	33,9 ± 17,7	37,4 ± 14,3
	8	35,9 ± 15,5	42,7 ± 6,0

^aSupina > sentada ($p < 0,05$). ^bValores obtidos < valores preditivos ($p < 0,05$). ^cSemanas 4 e 8 > momento basal ($p < 0,05$). ^dSemana 4 vs. semana 8 ($p < 0,05$).

A carga foi mantida constante durante todo o período de testes mediante o controle do T_I e da pressão inspiratória para cada ciclo respiratório, e os resultados foram expressos em minutos. O teste respiratório era interrompido sempre que o paciente apresentava fluxo inspiratório insuficiente para produzir a pressão mínima necessária para abrir o resistor de resistência



^aSupina > sentada ($p < 0,05$).

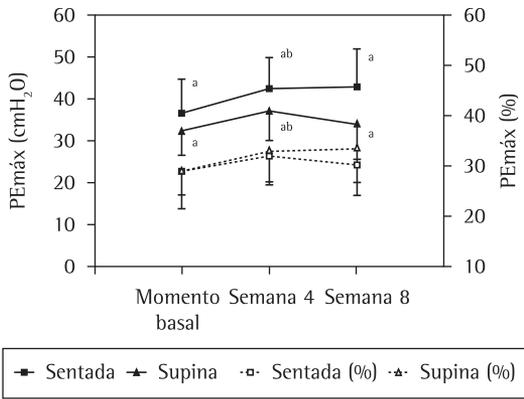
^bValores obtidos < valores preditivos ($p < 0,05$).

^cSemanas 4 e 8 > momento basal ($p < 0,05$).

^dSemana 4 vs. semana 8 ($p < 0,05$).

Valores previstos segundo Neder et al.⁽²⁰⁾

Figura 1 – $Pl_{m\acute{a}x}$ determinada nos pacientes do estudo nas posições sentada e supina no momento basal e nas semanas 4 e 8 de treinamento.

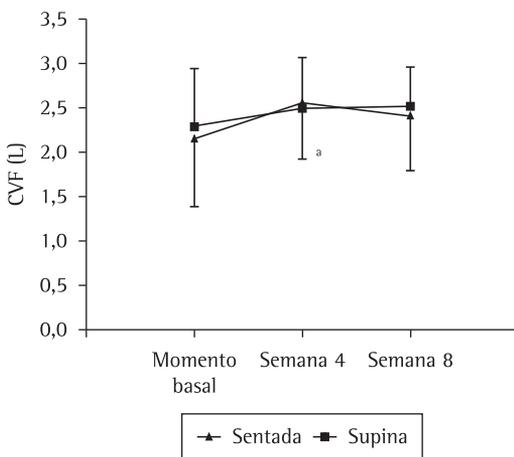


^aValores obtidos < valores preditivos (p < 0,05).
^bSemanas 4 e 8 > momento basal (p < 0,05).
 Valores previstos segundo Neder et al.⁽²⁰⁾

Figura 2 - PEmáx determinada nos pacientes do estudo nas posições sentada e supina no momento basal e nas semanas 4 e 8 de treinamento.

durante três inspirações consecutivas ou sempre que o paciente atingia o tempo máximo de 45 min.⁽²²⁾

O teste t de Student foi utilizado para a comparação entre os valores medidos e os previstos e para a comparação entre os valores obtidos na posição sentada e os obtidos na posição supina. Para comparar os valores pré-treinamento aos determinados nas semanas 4 e 8, realizou-se ANOVA para medidas repetidas e, em seguida, um teste t pareado. O nível de significância adotado foi de 5%.



^aSemanas 4 e 8 > momento basal (p < 0,05).

Figura 3 - CVF determinada nos pacientes do estudo nas posições sentada e supina no momento basal e nas semanas 4 e 8 de treinamento.

Resultados

Sete dos oito pacientes completaram o estudo. Um abandonou as sessões de treinamento após 4 semanas, sem motivo aparente. Os valores obtidos para Plmáx, PEmáx, CVF e tempo de *endurance* são apresentados na Tabela 1.

A Plmáx basal média foi menor com os pacientes na posição sentada do que na posição supina (-83,0 ± 18,9 vs. -97,6 ± 17,7 cmH₂O; p < 0,05). Não houve diferenças significativas entre as duas posições para PEmáx, CVF e *endurance* basais.

A Plmáx basal, a PEmáx basal e a PEmáx nas semanas 4 e 8 foram significativamente menores do que os valores previstos publicados por Neder et al. para Plmáx (-120 ± 11 cmH₂O) e PEmáx (129 ± 12 cmH₂O),⁽²⁰⁾ e as diferenças foram significativas (p < 0,05 para todos).⁽²⁰⁾ Não se encontrou nenhuma diferença significativa entre a Plmáx nas semanas 4 e 8.

Com os pacientes na posição sentada, a Plmáx foi significativamente maior nas semanas 4 e 8 do que no momento basal (-104,0 ± 19,4 e -111,3 ± 21,7 cmH₂O, respectivamente, vs. -83,0 ± 18,9 cmH₂O; p < 0,05 para todos). Com os pacientes na posição supina, os valores da Plmáx obtidos nas semanas 4 e 8 também foram significativamente maiores do que os obtidos no momento basal (-108,0 ± 13,4 e -117,3 ± 14,8 cmH₂O, respectivamente, vs. -97,6 ± 17,7 cmH₂O; p < 0,05 para ambos). Após 8 semanas de treinamento, a Plmáx havia

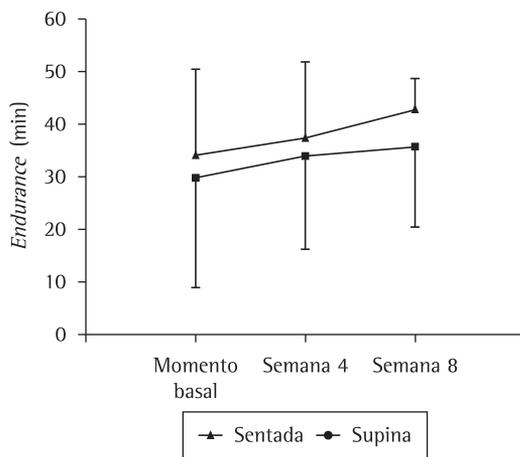


Figura 4 - Tempo de *endurance* determinado nos pacientes do estudo nas posições sentada e supina no momento basal e nas semanas 4 e 8 de treinamento.

aumentado $39 \pm 12\%$ na posição sentada e $23 \pm 14\%$ na posição supina (Figura 1).

Em comparação à PEmáx basal, houve um aumento significativo da PEmáx na semana 4 nas posições sentada e supina ($36,8 \pm 8,1$ e $37,0 \pm 4,8$ cmH₂O, respectivamente, vs. $42,6 \pm 8,8$ e $40,9 \pm 5,7$ cmH₂O; $p < 0,05$ para ambos), representando, respectivamente, um aumento de $18 \pm 22\%$ e $11 \pm 11\%$ da PEmáx. Não houve aumentos significativos da PEmáx na semana 8 (Figura 2).

Houve também um aumento significativo da CVF na semana 4, em comparação ao valor basal, para pacientes na posição sentada ($2,5 \pm 0,6$ L vs. $2,0 \pm 0,7$ L; $p < 0,05$), representando um aumento de $24 \pm 22\%$. Não houve aumento significativo da CVF na semana 8 (Figura 3).

Após 8 semanas de treinamento, não houve uma melhora significativa de *endurance* em relação ao valor basal nem na posição sentada nem na posição supina ($35,9 \pm 15,5$ vs. $29,8 \pm 21,0$ min e $42,7 \pm 6,0$ vs. $33,9 \pm 16,9$ min, respectivamente), com um aumento de $173 \pm 233\%$ e $116 \pm 189\%$, respectivamente (Figura 4).

Discussão

Os resultados deste estudo sugerem que o treinamento de músculos inspiratórios utilizando-se um resistor de carga linear com cargas baixas aumenta a força dos músculos inspiratórios em pacientes com quadriplegia.

A eficiência do treinamento inspiratório com uma carga baixa (30% da PImáx) foi relatada anteriormente em indivíduos com DPOC^(6,7) mas não em pacientes com quadriplegia. Nosso estudo sugere que o treinamento de músculos inspiratórios com cargas baixas tem um efeito positivo em pacientes com quadriplegia, uma vez que os valores iniciais foram mais baixos do que os valores previstos, ao passo que os valores obtidos após 8 semanas de treinamento foram maiores do que os valores basais e não mostraram diferenças significativas em relação aos valores previstos, sugerindo uma tendência de normalidade após o treinamento específico. Esses valores basais mais baixos estão de acordo com os achados de um estudo⁽²³⁾ mostrando que pacientes quadriplégicos com lesão cervical alta em C4 ou C5 apresentam valores menores de PImáx, PEmáx e CVF. É importante ressaltar que o protocolo que nós utilizamos (treinamento muscular com carga baixa) é um exercício

fácil de se realizar, o que favorece a adesão ao tratamento.

Os protocolos de treinamento para pacientes com quadriplegia descritos na literatura devem ser aplicados um ou duas vezes por dia em sessões de 15 a 30 min, 5-7 dias por semana, durante 6, 7, 8 ou 16 semanas ou mesmo um ano.^(4,8,11-13) Com base nos estudos citados anteriormente, nosso protocolo utilizou sessões de treinamento de 30 min com 30% da PImáx uma vez por dia, 5 dias por semana, durante 8 semanas consecutivas. Um grupo de autores,⁽¹⁾ trabalhando no *Spinal Cord Injury Rehabilitation Evidence Research Team*, sugeriu que novos estudos são necessários para determinar a carga ideal para o treinamento de músculos inspiratórios utilizando-se um resistor de carga linear.

No presente estudo, PImáx, PEmáx, CVF e *endurance* obtidas na posição sentada foram comparadas às obtidas na posição supina. Encontrou-se uma diferença na PImáx no momento basal entre as duas posições, sugerindo que a posição sentada é desvantajosa para esses pacientes.⁽²⁴⁻²⁶⁾ Entretanto, essa diferença entre as posições sentada e supina não persistiu após 4 e 8 semanas de treinamento, provavelmente devido ao fato de que a posição sentada foi adotada durante as sessões de treinamento, minimizando assim quaisquer desvantagens para esses pacientes.

Após 4 e 8 semanas de treinamento, a PImáx aumentou. Vários outros estudos também encontraram esse aumento da PImáx, embora esses estudos tenham envolvido treinamento de músculos inspiratórios com cargas altas ou sistemas de carga resistiva.^(9,11,27) É possível atingir o efeito do treinamento mesmo sem se conhecer a carga. Porém, de acordo com um estudo,⁽⁵⁾ as vantagens do treinamento de músculos inspiratórios utilizando-se resistores de carga linear são que ele permite a determinação precisa da carga de treinamento e evita assim a fadiga dos músculos inspiratórios.

Outro aspecto interessante refere-se à duração da quadriplegia. De acordo com um grupo de autores,⁽⁴⁾ o tônus dos músculos abdominais aumenta aproximadamente 3 meses após a lesão e a função pulmonar pode melhorar em relação à fase inicial um ano após a lesão, tendendo a se tornar estável.^(3,28) Em nosso estudo, nenhum dos pacientes estava na fase aguda, uma vez que a duração da lesão variava de 35 a 318 meses, e, embora não tenha havido um grupo controle, melhora espontânea não é provável nessa fase.

Um estudo recente avaliou o efeito do treinamento com a técnica de hiperpneia

normocápnica, mostrando melhora da força e de *endurance* dos músculos respiratórios no grupo treinado e nenhuma melhora no grupo controle.⁽¹⁶⁾

No presente estudo, a PEmáx aumentou, nas posições sentada e supina, após 4 semanas de treinamento. Esse aumento pode ser devido a um maior recolhimento elástico dos pulmões, resultante de uma CVF alta. O aumento da PEmáx observado por outros autores está relacionado à intervenção específica de músculos expiratórios,^(4,9,29) o que não ocorreu em nosso estudo, pois o protocolo foi aplicado apenas aos músculos inspiratórios.

Na semana 4, a CVF aumentou apenas na posição sentada. Antes do treinamento de músculos inspiratórios, a CVF média na posição sentada era de $2,1 \pm 0,8$ L, aumentando para $2,6 \pm 0,6$ L até a semana 4, equivalente a um aumento de $24 \pm 22\%$. Esse aumento da CVF resultante da maior força dos músculos inspiratórios também pode ser atribuído à posição sentada adotada durante o treinamento. Em nosso estudo, o parâmetro utilizado foi a CVF, ao passo que outros autores encontraram melhora da CV, CVF, CPT, ventilação voluntária máxima, VEF₁ e PFE após o treinamento muscular.^(2,12,13)

Um grupo de autores⁽²⁹⁾ estabeleceu que valores de CVF acima de $1,8 \pm 0,8$ L podem diminuir o risco de complicações pulmonares em pacientes com quadriplegia e, portanto, constituem um dos principais preditores de morbidade. Como nossos pacientes tinham altos valores de CVF, eles também tinham VR maior. Maior CVF significa melhor capacidade de tossir, o que reduz a acumulação de secreção e previne várias infecções respiratórias comumente vistas nesse grupo de pacientes.⁽¹³⁾ Outro grupo de autores,⁽²⁶⁾ em um estudo de um ano sobre treinamento respiratório utilizando-se resistores de carga linear, demonstrou uma diminuição não apenas do número de infecções respiratórias, mas também da frequência de aspiração de secreções e de intubações para tratamento de infecções.

Endurance é a capacidade dos músculos inspiratórios de sustentar uma determinada carga durante um determinado tempo.⁽³⁰⁾ Nossos resultados de *endurance* não mostraram melhora após 8 semanas de treinamento apenas na posição sentada, nossos pacientes não mostraram nenhuma melhora significativa em termos de *endurance*, provavelmente em razão da variabilidade dos dados obtidos, com um aumento de $173 \pm 233\%$ na posição sentada e de $116 \pm 189\%$ na posição supina.

De acordo com as recomendações da ATS/*European Respiratory Society*,⁽³⁰⁾ há várias formas de avaliar e quantificar as propriedades de *endurance* dos músculos inspiratórios, em razão da falta de um sistema padronizado para medir essas variáveis. Uma técnica mais precisa para a medição da *endurance* diafragmática foi desenvolvida por Bellemare & Grassino.⁽²²⁾ Esses autores afirmaram que é necessário controlar o padrão respiratório (T_i/T_{tot}) e conhecer a carga (pressão inspiratória/PImáx) que deve ser aplicada aos músculos durante os testes de *endurance*.

Vários autores também encontraram uma melhora no tempo de *endurance* quando pacientes com quadriplegia foram submetidos ao treinamento de músculos respiratórios. Porém, alguns protocolos não envolvem a determinação dos padrões respiratórios durante o teste, o que impede qualquer comparação de resultados.^(7,8,10,11)

O pequeno número de pacientes e a falta de um grupo controle são as principais limitações do nosso estudo. Entretanto, outros estudos têm apresentado as mesmas limitações, provavelmente em razão de dificuldades específicas relacionadas a essa população de pacientes.^(2,8,9,11,13)

Em duas revisões sistemáticas,^(16,17) três e seis estudos foram selecionados, respectivamente. De acordo com uma das revisões,⁽¹⁶⁾ há pouquíssimos estudos mostrando evidências da eficácia do treinamento de músculos inspiratórios em pacientes com lesão da medula espinhal cervical. Entretanto, os autores da outra revisão sugeriram que há uma tendência de melhora tanto da força dos músculos expiratórios quanto da CV, assim como uma diminuição do VR, após o treinamento de músculos respiratórios. Porém, os dados disponíveis ainda são insuficientes para se tirar conclusões, e são necessários novos estudos envolvendo amostras maiores, grupos controle, utilização de resistores de carga linear e variáveis diferentes.^(1,16,17)

Em conclusão, o presente estudo mostra que, para pacientes com quadriplegia, o treinamento de músculos inspiratórios com uma carga de treinamento muscular de 30% está associado à melhora da força dos músculos inspiratórios e da CVF, assim como da eficácia dos músculos expiratórios.

Referências

1. SCIRE Spinal Cord Injury Rehabilitation Evidence. Version 2.0 [homepage on the Internet]. Vancouver: SCIRE [cited 2009 Jul 20]. Sheel AW, Reid WD, Townson AF, Ayas N. Respiratory Management Following Spinal

- Cord Injury. In: Eng JJ, Teasell RW, Miller WC, Wolfe DL, Townson AF, Hsieh JTC, et al, editors. Spinal Cord Injury Rehabilitation Evidence. Version 2.0. [Adobe Acrobat document, 40p.] Available from: http://www.scireproject.com/pdf/SCIRE_II_CH8.pdf
2. Zupan A, Savrin R, Erjavec T, Kralj A, Karcnik T, Skorjanc T, et al. Effects of respiratory muscle training and electrical stimulation of abdominal muscles on respiratory capabilities in tetraplegic patients. *Spinal Cord*. 1997;35(8):540-5.
 3. McMichan JC, Michel L, Westbrook PR. Pulmonary dysfunction following traumatic quadriplegia. Recognition, prevention, and treatment. *JAMA*. 1980;243(6):528-31.
 4. Loveridge B, Sani R, Dubo HI. Breathing pattern adjustments during the first year following cervical spinal cord injury. *Paraplegia*. 1992;30(7):479-88.
 5. Larson JL, Kim MJ, Sharp JT, Larson DA. Inspiratory muscle training with a pressure threshold breathing device in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*. 1988;138(3):689-96.
 6. Lisboa C, Muñoz V, Beroiza T, Leiva A, Cruz E. Inspiratory muscle training in chronic airflow limitation: comparison of two different training loads with a threshold device. *Eur Respir J*. 1994;7(7):1266-74.
 7. 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.
 8. Leith DE, Bradley M. Ventilatory muscle strength and endurance training. *J Appl Physiol*. 1976;41(4):508-16.
 9. Loveridge B, Badour M, Dubo H. Ventilatory muscle endurance training in quadriplegia: effects on breathing pattern. *Paraplegia*. 1989;27(5):329-39
 10. 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.
 11. 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.
 12. 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.
 13. Stiller K, Huff N. Respiratory muscle training for tetraplegic patients: A literature review. *Aust J Physiother*. 1999;45(4):291-9.
 14. Van Houtte S, Vanlandewijck Y, Kiekens C, Spengler CM, Gosselink R. Patients with acute spinal cord injury benefit from normocapnic hyperpnoea training. *J Rehabil Med*. 2008;40(2):119-25.
 15. Uijl SG, Houtman S, Folgering HT, Hopman MT. Training of the respiratory muscles in individuals with tetraplegia. *Spinal Cord*. 1999;37(8):575-9.
 16. 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.
 17. Van Houtte S, Vanlandewijck Y, Gosselink R. Respiratory muscle training in persons with spinal cord injury: a systematic review. *Respir Med*. 2006;100(11):1886-95.
 18. Barros Filho TE. Avaliação padronizada nos traumatismos raquimedulares. *Rev Bras Ortop*. 1994;29(3):99-106.
 19. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis*. 1969;99(5):696-702.
 20. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res*. 1999;32(6):719-27.
 21. Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995;152(3):1107-36.
 22. Bellemare F, Grassino A. Effect of pressure and timing of contraction on human diaphragm fatigue. *J Appl Physiol*. 1982;53(5):1190-5.
 23. Mateus SR, Beraldo PS, Horan TA. Maximal static mouth respiratory pressure in spinal cord injured patients: correlation with motor level. *Spinal Cord*. 2007;45(8):569-75.
 24. Boaventura CM, Silveira JM, Santos PR, Gastaldi AC. Força da musculatura respiratória de pacientes tetraplégicos sentados e em supino. *Rev Fisioter Univ Sao Paulo*. 2004;11(6):70-6.
 25. Ali J, Qi W. Pulmonary function and posture in traumatic quadriplegia. *J Trauma*. 1995;39(2):334-7.
 26. Ehrlich M, Manns PJ, Poulin C. Respiratory training for a person with C3-C4 tetraplegia. *Aust J Physiother*. 1999;45(4):301-7.
 27. Ledsome JR, Sharp JM. Pulmonary function in acute cervical cord injury. *Am Rev Respir Dis*. 1981;124(1):41-4.
 28. Boaventura CM, Gastaldi AC, Silveira JM, Santos PR, Guimarães RC, De Lima LC. Effect of an abdominal binder on the efficacy of respiratory muscles in seated and supine tetraplegic patients. *Physiotherapy*. 2003;89(5):290-5.
 29. 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.
 30. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(4):518-624.

Sobre os autores

Janne Marques Silveira

Professora. Centro Universitário Unigr, Gurupi (TO) Brasil

Ada Clarice Gastaldi

Professora de Fisioterapia. Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto (SP) Brasil.

Cristina de Matos Boaventura

Professora. Faculdade de Fisioterapia, Centro Universitário do Triângulo, Uberlândia (MG) Brasil.

Hugo Celso Souza

Professor de Fisioterapia. Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto (SP) Brasil.