

**Rede SARAHA de Hospitais de Reabilitação**

**Centro SARAHA de Formação e Pesquisa  
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação**

**Força Inspiratória Nasal em Pacientes com Lesão  
Medular Traumática: Descrição do Método, Aplicação  
e Implicações Clínicas**

**Aluna: Andrea Ponte Rocha  
Orientador: Paulo SS Beraldo**

Brasília, DF  
**2007**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



**Rede SARAH de Hospitais de Reabilitação**

**Centro SARAH de Formação e Pesquisa  
Programa de Pós-Graduação em Ciências da  
Reabilitação**

# **Força Inspiratória Nasal em Pacientes com Lesão Medular Traumática: Descrição do Método, Aplicação e Implicações Clínicas**

Dissertação apresentada ao Centro SARAH de Formação e Pesquisa da Rede SARAH de Hospitais de Reabilitação, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

**Aluna: Andrea Ponte Rocha  
Orientador: Paulo SS Beraldo**

Brasília, DF  
2007

**Rocha, Andrea Ponte**

Força Inspiratória Nasal em Pacientes com Lesão Medular Traumática:  
Descrição do Método, Aplicação e Implicações Clínicas

Número de páginas: 89

Orientador: Paulo SS Beraldo (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação/Centro SARAHE de Formação e Pesquisa.

1. Lesão medular; 2. Função pulmonar; 3. Pressão inspiratória nasal ao fungar.

Dedico esta vitória a minha mãe, Belarmina, meu eterno exemplo,  
a minha irmã Manoela, pelo incessante incentivo,  
a Marcello, companheiro nas horas mais difíceis  
e ao meu filho, João Marcello, minha maior felicidade.

Minha profunda gratidão aos queridos  
Professores Denise Mafra e Dr. Beraldo,  
por terem acreditado em mim quando cheguei ao Sarah,  
pelo incentivo nos momentos de fragilidade,  
pela compreensão nas muitas dificuldades e,  
pelo carinho que me fortaleceu para chegar até aqui.

# Agradecimentos

A Deus, que tornou este sonho em realidade.

Ao Dr. Campos da Paz e à Dra. Lúcia Braga, pela oportunidade de ser uma aluna externa da Universidade Sarah.

Aos Terapeutas Funcionais Sergio Mateus, Kátia Soares, Josevan e Valéria Baldassin e à professora Alessandra Célia, companheiros imprescindíveis na minha passagem pelo Sarah.

A equipe da pós-graduação: Rosineide Lima, Marcos Farias e Selma Canuto e a Martine Resende pela torcida e compartilhamento em cada conquista.

Aos profissionais que colaboraram na realização deste projeto. Especialmente aqueles que fazem parte do Programa de Lesão Medular e do Laboratório de Função Cardiopulmonar do Hospital SARA H Brasília.

Aos pacientes que colaboraram com o estudo.

A minha família que me deu o suporte necessário para avançar sempre. Especialmente, ao meu pai, primeiro Mestre da minha vida.

E a todos aqueles que não foram citados, mas estão no meu coração, e que contribuíram na realização desta pesquisa.

*"Nada é permanente, salvo as mudanças".  
Heráclito, 500 aC.*



## Resumo

**Introdução:** A lesão medular traumática, na dependência do nível e extensão, pode causar fraqueza e paralisia da musculatura respiratória e conseqüente alteração na função pulmonar. As complicações pulmonares respondem por uma elevada morbi-mortalidade nesses pacientes. Dentro do espectro de opções de avaliação pulmonar de pacientes com lesão medular a espirometria e as medidas de volumes pulmonares têm sido as mais utilizadas. As medidas das pressões respiratórias estáticas máximas, expiratória ( $PE_{máx}$ ) e inspiratória ( $PI_{máx}$ ), também têm sido empregadas, embora sofram interferência de diversas origens, desde condições técnicas na sua condução, bem como relacionadas com o paciente. Embora nunca tenha sido avaliada no paciente com lesão medular, recentemente tem sido utilizada a medida da pressão inspiratória nasal ao fungar -  $PI_{nas}$  (em inglês *SNIP* - *sniff nasal inspiratory pressure*), com a vantagem de ser mais prática e reproduzível. Estudos mostraram que o seu valor prognóstico está relacionado com testes não-volumétricos e invasivos para avaliação da força diafragmática em outras doenças neuromusculares.

**Objetivos:** Verificar o comportamento da  $PI_{nas}$  e parâmetros de pressões respiratórias máximas e espirométricos entre indivíduos com lesão medular traumática, tetraplégicos e paraplégicos. Também investigar a correlação entre esses parâmetros e o exato nível da lesão.

**Métodos:** Foram avaliados 26 homens com lesão medular traumática completa (10 tetraplégicos, C4-C8; 16 paraplégicos, T1-T12), idade mediana de 24 anos (17 a 45 anos) e tempo mediano de lesão de 12,8 meses (2,0 meses a 9,7 anos). O protocolo consistiu na avaliação espirométrica e medida das pressões respiratórias estáticas máximas ( $PI_{máx}$  e  $PE_{máx}$ , mensuradas, respectivamente, no volume residual e capacidade pulmonar total), além da  $PI_{nas}$  (mensurado na capacidade residual funcional). Para efeito da análise correlativa, atribuiu-se aos níveis medulares C1, C2, C3,...T10, T11 e T12, respectivamente, os valores 1, 2, 3,...18, 19 e 20.

**Resultados:** As médias dos valores preditos individuais dos parâmetros espirométricos foi menor nos tetraplégicos ( $P < 0,05$ ), exceto para índice de *Tiffenau*. Em termos médios, o grupo de pacientes tetraplégicos exibiu uma capacidade vital lenta (CV) de  $52\% \pm 13$  do previsto (extremos de 36% a 82%), enquanto os paraplégicos de  $77\% \pm 21$  do previsto (38% a 116%). Dos componentes da CV, a capacidade inspiratória encontrou-se afetada tanto entre os tetraplégicos ( $57\% \pm 11$  do previsto) como paraplégicos ( $73\% \pm 20$  do previsto), enquanto o volume de reserva expiratório encontrava-se diminuído somente no primeiro grupo ( $44\% \pm 36$  do previsto). Nenhum distúrbio ventilatório obstrutivo foi detectado. Os valores médios de  $PE_{máx}$  foram superiores entre os paraplégicos em relação aos tetraplégicos, respectivamente,  $97,9 \text{ cmH}_2\text{O}$  ( $51,8\% \pm 25,8$  do previsto) e  $68,2 \text{ cmH}_2\text{O}$  ( $35,9\% \pm 13,1$  do previsto) ( $P < 0,05$ ). Os valores médios de  $PI_{máx}$  foram semelhantes entre os grupos tetraplégicos e paraplégicos, respectivamente,  $71,7 \text{ cmH}_2\text{O}$  ( $70,8\% \pm 26,9$  do previsto) e  $92,9 \text{ cmH}_2\text{O}$  ( $88,0\% \pm 28,9$  do previsto). Porém, a  $PI_{nas}$  foi capaz de diferenciar os grupos, com valores médios superiores entre os paraplégicos, em relação aos tetraplégicos, respectivamente,  $98,4 \text{ cmH}_2\text{O}$  ( $85,2\% \pm 29,5$  do previsto) e  $68,5 \text{ cmH}_2\text{O}$  ( $60,0\% \pm 20,1$  do previsto) ( $P < 0,05$ ). A análise correlativa com o nível da lesão, como esperado, refletiu esses resultados, já que mostrou forte correlação somente com os percentuais do previsto para  $PE_{máx}$  e  $PI_{nas}$ , respectivamente,  $r = 0,917$  (IC95% 0,680 a 0,981) e  $r = 0,821$  (IC95% 0,397 a 0,956).

**Conclusão:** A  $PI_{nas}$  foi capaz de detectar diferenças entre tetra e paraplégicos, o que não aconteceu com a  $PI_{máx}$ . O impacto dessa maior sensibilidade precisa ser investigado do ponto de vista funcional e prognóstico.

# Abstract

**Introduction:** Spinal cord injury can cause weakness and respiratory muscular paralysis depending on the level and completeness of the lesion. Pulmonary complications still account for an elevated morbidity and mortality rates in those patients. The spirometry and pulmonary volumes have been traditionally used for investigating those patients. The measurements of the maximal static expiratory and inspiratory mouth pressures (MEP and MIP, respectively) are also used, but subject to several interferences. For the pulmonary propaedeutics the sniff nasal inspiratory pressure (SNIP) measurement is been used more recently, however previous clinical experience in spinal cord injury patients has been not reported. Studies have proven that the SNIP prognostic value is related to non-volumetric or invasive tests for the evaluation of the diaphragmatic force in other neuromuscular diseases. Moreover, the procedure is quick and easy and the equipment required is portable.

**Objectives:** To verify the performance of the SNIP and other traditional tests of pulmonary function, spirometry and maximal static respiratory mouth pressures, among individuals with spinal cord injury. Furthermore, to investigate the correlation between pressure parameters and the motor level of the injury.

**Methods:** 26 patients with traumatic spinal cord injury (10 tetraplegics, C4-C8; 16 paraplegics, T1-T12) were recruited. The median age was 24 years (17 to 45), with 12.8 months since injury (2 months to 9.7 years). The participants were assessed by standard spirometry, expiratory (MEP, measured at total lung capacity) and inspiratory (MIP, at residual volume) maximal static respiratory mouth pressures and SNIP (measured at functional residual capacity). In the correlative analysis, we have considered the most cranial level of lesion, arbitrarily assigning a unitary value for the difference between the each level of spinal cord segmentation. Thus, levels C5 to T11 were assigned numeric values of 5 to 19.

**Results:** The means predicted values of the spirometric parameters were lower in tetraplegic individuals if compared to paraplegic ones ( $P < 0.05$ ), except for FEV1/FVC %. On average, the tetraplegic patients exhibited slow vital capacity of  $52\% \pm 13$  (range 36% to 82%), while the paraplegic  $77\% \pm 21$  (38% to 116%). The means of observed and percent predicted MEP and SNIP were lower in tetraplegic patients compared with paraplegic group ( $P < 0.05$ ) and the correlation between the percentage predicted and the injury level was strong for both, respectively,  $r = 0.917$  (CI95% 0.680 to 0.981) and  $r = 0.821$  (CI95% 0.397 to 0.956). No difference between groups or correlation was observed considering the MIP.

**Conclusions:** Sniff nasal inspiratory pressure was capable of detecting differences between tetraplegics and paraplegics patients, what did not happen with MIP. The impact of this sensitivity must be investigated on the perspective of functional and prognosis.

# Sumário

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>XIV</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	16
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	18
I. <i>Lesão medular</i> .....	18
I. 1. Alterações clínicas e complicações da lesão medular traumática.....	19
I. 2. Alterações pulmonares na lesão medular .....	25
II. <i>Pressão inspiratória nasal durante o fungar - <math>PI_{nas}</math></i> .....	27
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>29</b>
<b>CASUÍSTICA, MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
CASUÍSTICA.....	32
PROCEDIMENTOS.....	34
<i>Avaliação espirométrica</i> .....	34
<i>Pressões respiratórias</i> .....	36
Pressão Expiratória Máxima - $PE_{máx}$ .....	37
Pressão Inspiratória Máxima - $PI_{máx}$ .....	37
Pressão Inspiratória Nasal Durante o Fungar - $PI_{nas}$ .....	38
<i>Calibrações</i> .....	40
ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	40
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
ESPIROMETRIA .....	43
PRESSÕES RESPIRATÓRIAS.....	47
<i>Pressão Expiratória Máxima – <math>PE_{máx}</math></i> .....	47
<i>Pressão Inspiratória Máxima – <math>PI_{máx}</math></i> .....	48
<i>Pressão Inspiratória Nasal Durante o Fungar – <math>PI_{nas}</math></i> .....	48
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>53</b>
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>73</b>
CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE PRESSÕES RESPIRATÓRIAS (RPM). .....	74
RESUMO APRESENTADO NO XXXIII CONGRESSO DE PNEUMOLOGIA/2006 – FORTALEZA/CE .....	76
ARTIGO SUBMETIDO AO SPINAL CORD .....	77

## Lista de Tabelas

Tabela	Página	Descrição
1	33	Caracterização dos indivíduos estudados, segundo o nível da lesão.
2	45	Médias (DP) dos parâmetros espirométricos (litros), segundo o nível da lesão.
2a	67	Parâmetros espirométricos observados (litros) e percentuais do esperado - tetraplégicos.
2b	68	Parâmetros espirométricos observados (litros) e percentuais do esperado - paraplégicos.
3	51	Médias (DP) das pressões respiratórias máximas e pressão inspiratória nasal no fungar (cmH <sub>2</sub> O), segundo o nível da lesão.
3a	69	Valores observados (cmH <sub>2</sub> O) e percentuais do esperado das pressões respiratórias máximas e pressão inspiratória nasal durante o fungar - tetraplégicos.
3b	70	Valores observados (cmH <sub>2</sub> O) e percentuais do esperado das pressões respiratórias máximas e pressão inspiratória nasal durante o fungar - paraplégicos.

## Lista de Figuras

Figura	Página	Descrição
1	24	Definição e distribuição dos volumes e capacidades pulmonares.
2	39	Equipamento utilizado na medida das pressões respiratórias.
3	46	Distribuição percentual de acordo com o grau de distúrbio respiratório restritivo detectado à espirometria entre pacientes tetraplégicos e paraplégicos.
4	50	Traçados obtidos diretamente da tela do computador relativo aos três tipos de pressões respiratórias estudadas.
5	52	Retas de regressão entre os percentuais do previsto das pressões respiratórias estáticas máximas, inspiratória ( $PI_{máx}$ ) e expiratória ( $PE_{máx}$ ), e da pressão inspiratória nasal ao fungar ( $PI_{nas}$ ), em função do nível da lesão.

## Lista de Abreviaturas e Siglas

%esp	Percentual do esperado
ASIA	<i>American Spinal Injury Association</i>
CI	Capacidade inspiratória
cmH <sub>2</sub> O	Centímetros de água
CPT	Capacidade pulmonar total
CRF	Capacidade residual funcional
CV	Capacidade vital
CVF	Capacidade vital forçada
DP	Desvio padrão
esp	Esperado
IC	Intervalo de confiança
n	Número de pacientes
obs	Observado
P	Probabilidade
PE <sub>máx</sub>	Pressão estática expiratória máxima
PI <sub>máx</sub>	Pressão estática inspiratória máxima
PI <sub>nas</sub>	Pressão inspiratória nasal ao fungar
r	Coefficiente de correlação
r <sup>2</sup>	Coefficiente de determinação
SNIP	<i>Sniff nasal inspiratory pressure</i>
VEF <sub>1</sub>	Volume expiratório forçado no 1º segundo
VEF <sub>1</sub> /CVF %	Coefficiente expiratório forçado - índice de <i>Tiffenau</i>
VR	Volume residual
VRE	Volume de reserva expiratório



## **Considerações iniciais**

A lesão medular traumática, a depender do nível e extensão do comprometimento, pode causar fraqueza e paralisia da musculatura respiratória e conseqüente alteração na função pulmonar.<sup>1</sup> Em que pesem todos os avanços médicos e de reabilitação, as complicações pulmonares nesses pacientes ainda respondem por uma elevada morbimortalidade.<sup>1,2</sup> As doenças respiratórias estão entre as mais freqüentes causas de morte após um ano da lesão.<sup>3,3-5</sup>

Tem sido relatada, em tetraplégicos, uma redução da capacidade vital e capacidade pulmonar total como conseqüência da fraqueza muscular respiratória e diminuição da distensibilidade dos pulmões e caixa torácica.<sup>6</sup> Devido à segmentação mais cranial da inervação muscular inspiratória, o diafragma encontra-se, geralmente, preservado. Porém, a musculatura expiratória, invariavelmente, encontra-se comprometida, interferindo diretamente na expectoração e toaleta brônquica, facilitando a instalação de atelectasias e pneumonias. Indiretamente, a ineficiência mecânica dos músculos expiratórios interfere no bom desempenho do diafragma.<sup>5</sup>

Dentro do espectro de opções de avaliação pulmonar de pacientes com lesão medular a espirometria e as medidas de volumes pulmonares têm sido as mais utilizadas. As medidas das pressões respiratórias estáticas máximas pela boca, expiratória ( $PE_{máx}$ ) e inspiratória ( $PI_{máx}$ ), também têm sido empregadas, embora sofram interferência de diversas origens, relacionadas às condições técnicas na sua condução<sup>7-10</sup> e ao paciente.<sup>10</sup>

Nos últimos dez anos a medida da pressão inspiratória nasal ao fungar –  $PI_{nas}$  (*SNIP*, do inglês *sniff nasal inspiratory pressure*) tem sido pesquisada em variadas condições que



podem afetar a função pulmonar. Os estudos demonstram que a  $PI_{nas}$  correlaciona-se com outros testes não-volumétricos ou invasivos para a avaliação da força diafragmática nas alterações neuromusculares e doença pulmonar obstrutiva crônica. Esse exame reúne as vantagens de ser mais prático, reprodutível e de melhor valor prognóstico. O equipamento para a sua condução é portátil, leve e o procedimento de fácil e rápida execução, sem necessidade de grande esforço por parte do paciente e examinador.<sup>5;11-15</sup>

Apesar dos resultados indicarem que essa medida pode ser um bom marcador, suas alterações mecânicas e implicações clínicas têm sido pouco estudadas.<sup>16</sup> Ainda inexiste na literatura especializada estudos relatando a aplicação e experiência clínica da  $PI_{nas}$  na lesão medular traumática. É possível que a  $PI_{nas}$  mantenha o mesmo padrão de correlação como nas outras condições estudadas.<sup>11;13-15;17-20</sup> Para preencher essa lacuna de conhecimento conduzimos a presente investigação.

## **Revisão bibliográfica**

### **I. Lesão medular**

A lesão medular traumática é uma das mais difíceis experiências que uma pessoa pode passar. A mais antiga referência de indivíduos nesta condição é o Papiro de Edwin Smith, de aproximadamente 5.000 anos. Nesse documento existem relatos de vários casos de trauma, abrangendo a questão clínica que envolve a lesão medular, como, por exemplo, as repercussões respiratórias e seu prognóstico.<sup>21</sup> Os efeitos pessoais e sociais desta condição são profundos, já que, podem ser vitalícios, lembrando que atingem, freqüentemente, adultos jovens.<sup>3</sup> Entretanto, os avanços tecnológicos, o progresso nas pesquisas de neurociências e as alterações nas intervenções estão mudando o prognóstico na lesão medular traumática. A idéia de reparação tem sido encarada não mais como uma utopia.<sup>22</sup> Associada e relacionada a essa realidade, a expectativa de vida dos indivíduos com lesão medular vem continuamente aumentando. Na I Grande Guerra, a mortalidade dos soldados americanos com lesão medular foi de 95% no primeiro ano após o trauma.<sup>23</sup> Foram 1.400 combatentes com esse tipo de lesão. Desses, 1/3 faleceu antes de ser transferido para a França. Outro terço morreu nas seis semanas após chegar aos Estados Unidos. Do terço restante, 90% morreram antes de completarem um ano da lesão. Vinte e cinco anos após, na II Grande Guerra, os Estados Unidos tiveram 2.500 soldados com lesão medular traumática. Desses, 70% retornaram para casa com capacidade para dirigir seu próprio carro e 60% conseguiram uma recolocação no mercado de trabalho.<sup>23</sup>

Ao longo dos últimos 50 anos a lesão medular traumática tem recebido progressiva atenção não só pela sua incidência e repercussões clínicas, mas também pelo seu alto impacto sócio-econômico. Estima-se que a incidência mundial varie entre 13 a 33 casos por milhão de pessoas/ano.<sup>24</sup> Na Austrália, os dados revelam uma incidência de 20 casos por milhão de habitantes/ano.<sup>24</sup> Nos Estados Unidos é de 28 a 55 por milhão de habitantes, com 10.000 novos casos a cada ano<sup>22</sup> e um custo estimado em 9,7 milhões de dólares/ano, envolvendo tratamento e reabilitação.<sup>25</sup> A lesão medular traumática aguda é a segunda mais cara condição tratada nos hospitais dos Estados Unidos.<sup>2</sup>

Estudos mostraram que 54% das lesões medulares traumáticas ocorrem em indivíduos entre 16 e 30 anos de idade, com 75% das lesões ocorrendo até os 45 anos de idade.<sup>3</sup> Nos Estados Unidos, esta condição afeta quatro vezes mais homens que mulheres.<sup>26</sup> Presentemente, a média esperada do tempo de sobrevivência, daqueles que sofreram a lesão entre os 25 e 34 anos de idade, é de mais 38 anos de vida. Destes, 43% sobrevive por, ao menos, 40 anos.<sup>25</sup> No Brasil, Da Paz e col.<sup>27</sup> encontraram uma prevalência de 8,6% em enfermarias de ortopedia de sete capitais brasileiras, com uma razão mulher:homem de 1:3,9, com média de idade de 30,3±1,1 anos.

## **I. 1. Alterações clínicas e complicações da lesão medular traumática**

A lesão medular traumática, de maneira geral, resulta de uma compressão brusca, queimadura ou isquemia, que ocorrem, secundariamente a uma fratura ou deslocamento de estruturas ósseas adjacentes ou por ferimento com arma branca ou de fogo.<sup>28</sup> Esses eventos são acompanhados de interrupção do fluxo sanguíneo, diminuição da oxigenação tecidual,

inflamação, edema da medula, liberação de substâncias neurotóxicos e morte celular (apoptose).<sup>28</sup>

Quando se fala em lesão medular traumática, dois tipos são descritos, dependendo do local e déficit neurológico exibido.<sup>28</sup> Existe a **lesão do neurônio motor superior**, que apresenta sinais como espasticidade, acometimento de grupos de músculos, hipertonia e hiperreflexia. Os corpos das células dos neurônios motores superiores se localizam na região supraespinal, como por exemplo, o córtex motor, o núcleo vermelho ou formação reticular, e enviam seus axônios para a medula espinal, estando relacionadas à atividade motora na substância cinza. Existe também a **lesão do neurônio motor inferior**, que envolve atrofia muscular, fasciculações, hipotonia e hiporreflexia ou arreflexia. Os corpos dessas células se localizam na substância cinza da medula e seus axônios inervam diretamente o músculo esquelético. Pode-se encontrar, dependendo da extensão do trauma, um ou outro tipo de lesão, ou uma combinação destes.<sup>28</sup>

A *American Spinal Injury Association* estabeleceu uma forma padrão de avaliação neurológica e classificação da lesão medular traumática.<sup>28;29</sup> Desta forma, pode-se classificar a lesão medular traumática em: **tetraplegia** ou quadriplegia, quando há o envolvimento do segmento cervical, ou **paraplegia**, quando segmentos torácicos, lombares e sacrais são afetados. A lesão pode, ainda, ser subdividida em: **completa**, onde existe a ausência de função motora ou sensorial abaixo do trauma (ASIA A), ou **incompleta**, quando existe alguma função residual abaixo do nível da lesão (ASIA B, C ou D).<sup>2;28;29</sup> Uma lesão onde não existem alterações neurológicas é classificada como ASIA E.<sup>2</sup>

Existem algumas alterações clínicas que podem decorrer do acometimento sensório-motor da lesão medular traumática primária, como: disreflexia autonômica, espasticidade, bexiga neurogênica, disfunção intestinal e alterações cardiovasculares. Além disso, há

complicações que decorrem das alterações neurológicas e outras condições associadas. Ossificação heterotópica, infecções no trato urinário, úlceras de decúbito e complicações respiratórias estão entre as mais freqüentes complicações que acometem esses indivíduos.<sup>3;3-5;30</sup>

Em indivíduos com lesão medular acima de T6, além da perda motora e ou sensitiva, ocorre também uma disfunção importante do sistema nervoso simpático, devido à perda do controle supra-espinhal. Hipotensão ortostática, redução da pressão arterial de repouso e bradicardia são as principais alterações decorrentes da perda da atividade simpática e, conseqüente, dominância parassimpática. Nas lesões medulares cervicais completas, ocorre uma interrupção total do sistema nervoso simpático, eliminando assim a capacidade de regulação do tônus vasomotor, freqüência cardíaca e contratilidade cardíaca. O tônus vagal, por outro lado, permanece intacto. A hipotensão ortostática tem como principais sintomas tontura, náusea, fraqueza e perda de consciência. A redução da pressão arterial é comum após a lesão medular, tanto na fase aguda como nas fases mais tardias.<sup>31;32</sup>

A disreflexia autonômica é uma síndrome aguda devido a uma resposta excessiva do sistema nervoso simpático abaixo do nível da lesão, portanto sem o controle supraespinhal, associada a uma resposta parassimpática. Ocorre, normalmente, nos indivíduos com lesão acima da sexta vértebra torácica. Estímulos abaixo da lesão, que poderiam causar dor ou desconforto em uma pessoa sem lesão, produzem um impulso aferente que gera uma resposta simpática, vasoconstrictiva, abaixo da lesão neurológica. Dor de cabeça, sudorese, congestão nasal, náusea e hipertensão arterial estão entre os seus achados clínicos. O reconhecimento do quadro clínico desta alteração é fundamental para que complicações mais graves sejam evitadas.<sup>30;33</sup>

A espasticidade tem sido definida como uma alteração motora caracterizada por um aumento do tônus muscular resultante de uma hiperexcitabilidade do reflexo de alongamento muscular, sendo velocidade-dependente. Ela pode representar um importante papel na perda das atividades cotidianas de vida dos indivíduos com lesão medular. Convém ressaltar que a espasticidade também pode auxiliar em algumas atividades, quando existe a presença de fraqueza muscular e flacidez. Portanto, o tratamento da espasticidade deve ser introduzido de forma gradual, somente quando há prejuízo funcional, para que se encontre um balanço adequado entre a sua total abolição e exacerbação.<sup>30;34</sup>

Uma lesão medular pode levar a uma alteração do mecanismo que coordena a contração da bexiga com o relaxamento do esfíncter, denominada bexiga neurogênica.<sup>35</sup> Essa condição é responsável por uma alta incidência de infecções do trato urinário devido ao seu esvaziamento anormal. Seu manuseio depende de muitos fatores, incluindo o reflexo da bexiga e a função muscular nas extremidades superiores.<sup>26;30</sup>

A disfunção intestinal é outra alteração visceral que compromete a qualidade de vida dos pacientes com lesão medular. No programa de controle desta alteração pode incluir, além de uma dieta balanceada, estimulantes retais químicos ou mecânicos, notadamente para aqueles que apresentem o reflexo intestinal. Uma apropriada técnica de evacuação manual para aqueles sem nenhum reflexo faz-se necessária.<sup>26</sup>

Uma complicação clínica freqüente é a ossificação heterotópica, que se caracteriza por formações ósseas nos tecidos moles nas articulações que têm perda de movimento. Ela sempre ocorre abaixo do nível da lesão, sendo encontrada comumente nas articulações dos quadris, podendo comprometer a independência do indivíduo por diminuir a amplitude de movimento articular, causar úlceras de pressão e, até mesmo, anquiloses.<sup>30;36</sup>

As úlceras de decúbito são causadas por alteração do aporte sanguíneo em tecidos sem sensibilidade nervosa, que sofram pressão por tempo prolongado.<sup>30</sup> O tratamento padrão é o alívio da pressão, associado à limpeza adequada.<sup>26</sup>

Além das complicações descritas acima, os distúrbios respiratórios são também freqüentes em pessoas com lesão medular. Eles contribuem de forma significativa para o aumento das taxas de morbidade e mortalidade, influenciando a qualidade de vida, além de repercutir consideravelmente nos custos individuais e sócio-econômicos.<sup>2</sup> Vejamos a seguir alguns aspectos dessas complicações. Para facilitar o entendimento dessas alterações apresentamos na Figura 1a representação gráfica clássica dos volumes e capacidades pulmonares de um indivíduo hígido.

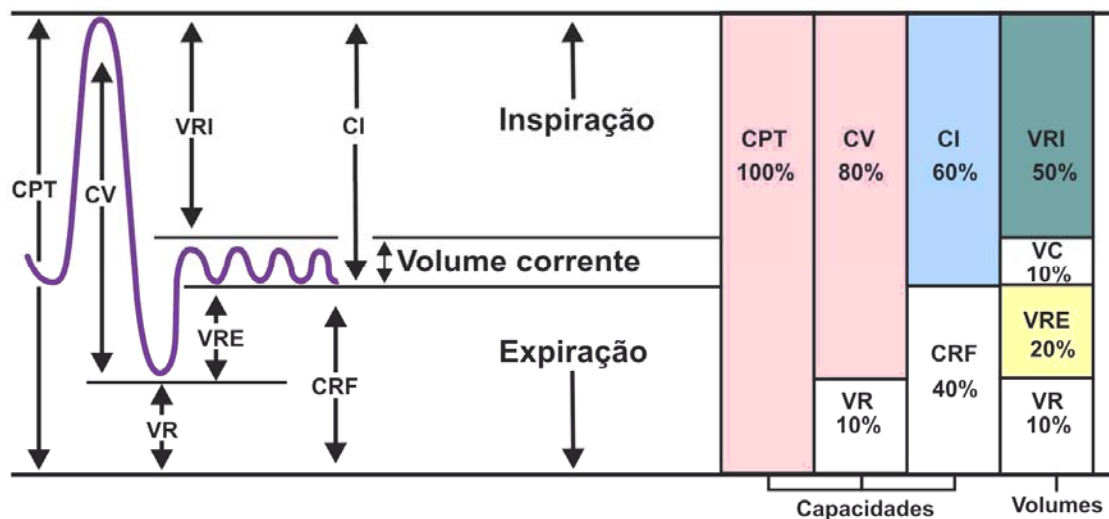


Figura 1 - Definição e distribuição dos volumes e capacidades pulmonares.  
 CPT – capacidade pulmonar total; CV – capacidade vital; VR – volume residual; VRI – volume de reserva inspiratório; VRE – volume de reserva expiratório; CI – capacidade inspiratória; CRF – capacidade residual funcional e VC - volume corrente.



## **I. 2. Alterações pulmonares na lesão medular**

Queixas respiratórias são vivenciadas por dois terços das pessoas com lesão medular.<sup>37</sup> Mais importante, as complicações respiratórias ocorrem em 50 a 67% dos pacientes,<sup>5</sup> sendo responsável direta por cerca de 25% dos óbitos após a lesão medular.<sup>3-5</sup>

O nível medular da lesão, o tipo de déficit neurológico e o tempo de lesão são fatores que determinam a frequência e gravidade das complicações pulmonares.<sup>2</sup> A paralisia dos músculos respiratórios, associada à diminuição da capacidade vital e tosse ineficaz aumentam o risco de atelectasias, o acúmulo de secreções e a ocorrência de pneumonias.<sup>6</sup> Ademais, há falta de harmonia na ativação dos músculos respiratórios, contribuindo para a redução da capacidade vital e da capacidade pulmonar total, o que caracteriza uma síndrome restritiva não-parenquimatosa.<sup>38;39</sup> Tais alterações aumentam o trabalho respiratório, podendo levar à fadiga muscular, muitas vezes culminando em insuficiência respiratória.<sup>40;41</sup>

A capacidade vital de tetraplégicos, após três meses de lesão é de, aproximadamente, 60% do previsto, porém, esse valor pode variar muito em função do nível e extensão da lesão.<sup>42</sup> A capacidade pulmonar total apresenta-se com uma redução moderada, aproximadamente 74% do previsto, tendo a capacidade vital a maior parcela de contribuição para esta diminuição.<sup>43</sup> Dos componentes da capacidade vital, o volume de reserva expiratório está drasticamente reduzido. A capacidade inspiratória também sofre redução, porém em escala menor e sem relação com o nível de lesão.<sup>44</sup> O volume residual em tetraplégicos, ao contrário dos demais parâmetros espirométricos, encontra-se acima dos limites esperados, em média 130% do previsto.<sup>45;46</sup>

O envolvimento respiratório pode também ser evidenciado pela considerável diminuição da força muscular, medida pelas pressões inspiratória ( $PI_{m\acute{a}x}$ ) e expiratória ( $PE_{m\acute{a}x}$ ) estáticas máximas.<sup>47;48</sup> A redução dessas pressões ocorre pela fraqueza ou paralisia muscular respiratória, principalmente intercostais e abdominais, bem como pela alteração da mecânica ventilatória. Entre as duas mensurações, a  $PI_{m\acute{a}x}$  tem se mostrado pouco sensível em detectar modificações após intervenções específicas,<sup>9</sup> não se correlacionando com o nível da lesão.<sup>47</sup>

Após um ano de lesão, ocorre um aumento progressivo da capacidade vital e inspiratória, bem como da pressão inspiratória máxima. Tal fato decorre menos de uma melhora da força dos músculos inspiratórios, mas principalmente devido ao aumento da estabilidade da parede torácica proporcionada pela espasticidade. O mesmo não ocorre com a musculatura expiratória, refletindo na manutenção dos baixos valores da pressão expiratória estática máxima.<sup>41;49</sup> Porém, após dez anos de lesão, ocorre uma redução da capacidade vital em tetraplégicos, aparentemente relacionado ao processo natural de envelhecimento do indivíduo e ao surgimento de alterações estruturais, como cifoescoliose e calcificação das cartilagens costais, o que levaria a uma redução adicional da complacência torácica.<sup>50</sup>

Devido aos fatores citados, para garantir a sobrevivência e, conseqüentemente, a qualidade de vida dos indivíduos que sofreram lesão medular, os cuidados com a prevenção e o acompanhamento de sua função respiratória são fundamentais. Desta forma, quanto mais eficazes forem os recursos disponíveis na avaliação da disfunção pulmonar, melhor será a capacidade de intervenção terapêutica e preventiva. Ademais, destaca-se o potencial para aumentar o entendimento da fisiologia e fisiopatologia da mecânica respiratória, no geral, e em particular, nas doenças neuromusculares.

## **II. Pressão inspiratória nasal durante o fungar - $PI_{nas}$**

A manobra da fungada foi descrita em 1927 como um teste radiológico para avaliar paralisias do diafragma.<sup>51</sup> Essa manobra tem sido empregada, com o auxílio de um cateter esofágico, como uma forma fidedigna de avaliar a força da musculatura inspiratória.<sup>16;52</sup> Entretanto, a medida da pressão esofágica possui uma importante limitação clínica por ser invasiva. Foi demonstrado que a pressão esofágica pode ser estimada de outra forma, particularmente em pacientes com doenças neuromusculares, através da medida da pressão inspiratória nasal ao fungar.<sup>53</sup> Alguns autores sugerem que a medida da pressão inspiratória na boca, nasofaringe ou narina, durante a fungada, alcança valores semelhantes à pressão esofágica, com a vantagem de não ser necessária uma manobra invasiva, sem grandes esforços por parte do avaliado e avaliador.<sup>53-55</sup>

O protocolo do exame é bastante simples e de fácil execução. A manobra deve partir da capacidade residual funcional, portanto, o paciente deve respirar tranquilamente, com a boca fechada, iniciando a manobra imediatamente após uma expiração tranqüila.<sup>54</sup> O paciente pode estar sentado ou em bipedestação, e deve realizar, voluntariamente, um rápido e forte movimento inspiratório. Em uma das narinas deve ser ajustado um plugue conectado a um transdutor de pressão. A duração da fungada deve ser menor que 0,5 segundo. Ainda não há consenso sobre o número ideal de repetições,<sup>56</sup> assim como se a outra narina deve estar ou não ocluída.<sup>57;58</sup>

Considerando-se as vantagens metodológicas da  $PI_{nas}$ , aliadas ao fato de inexistirem artigos indexados nas bases bibliográficas consagradas investigando sua aplicação entre pacientes com lesão medular, conduzimos a presente investigação. Nossa hipótese é de que

a pressão inspiratória nasal ao fungar consegue discriminar melhor a disfunção inspiratória desses pacientes em relação à pressão inspiratória estática máxima bucal.

## **Objetivos**

---

- Verificar o comportamento da pressão inspiratória nasal durante o fungar e das pressões respiratórias estáticas máximas obtidas pela boca, além dos parâmetros espirométricos clássicos, entre indivíduos com lesão medular cervical e torácica;
- Correlacionar os parâmetros de pressões respiratórias com o exato nível da lesão, no sentido de melhor entender os mecanismos envolvidos no comprometimento respiratório desses pacientes.

## **Casuística, Material e Métodos**

---

## *Casuística*

Entre junho e outubro de 2005, 26 indivíduos com lesão medular traumática foram avaliados no Laboratório de Função Pulmonar do Hospital SARAH-Brasília. O protocolo de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição. Todos os participantes foram voluntários, indicados pelos pesquisadores e profissionais do Programa de Lesão Medular. Após a explanação dos objetivos da pesquisa e detalhamento dos procedimentos, os pacientes, ou responsáveis legais, concordaram com a participação no estudo, formalizando seu consentimento com assinatura em documentação própria.

Na época dos exames, os participantes encontravam-se hospitalizados, no programa de reabilitação. Os critérios de inclusão foram: lesão medular traumática motora completa (ASIA A ou B),<sup>29</sup> nível cervical ou torácico, gênero masculino, idade mínima de 17 anos, estáveis do ponto de vista clínico, ou seja, com respiração espontânea, sem necessidade de suporte ventilatório, sem congestão nasal ou alergias respiratórias, e sem qualquer doença de comprometimento sistêmico, em particular, do aparelho respiratório.

As características antropométricas e clínicas dos pacientes estudados, segundo o nível da lesão, encontram-se detalhadas na **Tabela 1**. A idade, tempo de lesão, índice de massa corpórea e ASIA foram semelhantes entre os pacientes com lesão cervical e torácica. As informações referentes aos medicamentos em uso pelos pacientes foram obtidas com base nas informações contidas no prontuário médico. Um quarto dos pacientes faziam uso de clonazepam ou oxibutinina e cerca de 15%, baclofeno ou amitriptilina, associados ou isoladamente, sem diferença entre paraplégicos e tetraplégicos.



Tabela 1 - Caracterização dos indivíduos estudados, segundo o nível da lesão.

	Cervical (C4-C8) n=10	Torácica (T1-T11) n=16	Todos n=26
<b>Idade (anos)</b>			
Média	29,2	26,7	27,7
DP*	8,9	8,0	8,3
Extremos	19-45	17-37	17-45
<b>Tempo de lesão (meses)</b>			
Média	21,8	23,1	22,6
DP	16,9	28,4	24,2
Extremos	2-55	5-117	2-117
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>) †</b>			
Média	19,9	22,1	21,2
DP	3,3	4,4	4,1
Extremos	14-24	16-31	14-31
<b>ASIA (A/B) ‡</b>			
	9/1	16/0	25/1

\*Desvio padrão.

†Índice de massa corpórea.

‡ *American Spinal Injury Association*.<sup>29</sup>

## ***Procedimentos***

O protocolo consistiu na avaliação espirométrica e a medida das pressões respiratórias estáticas máximas ( $PI_{m\acute{a}x}$  e  $PE_{m\acute{a}x}$ ), além da pressão inspiratória nasal durante o fungar ( $PI_{nas}$ ). Todos os exames foram realizados em uma única sessão, vespertina, com os participantes sentados em suas próprias cadeiras de rodas. Naqueles indivíduos que faziam uso rotineiro de cinta abdominal, esta foi retirada para a condução dos testes. Detalharemos, a seguir, as informações técnicas relativas a cada procedimento.

## **Avaliação espirométrica**

Em toda a avaliação inicial, foram realizadas espirometrias com manobras lenta e forçada, segundo os critérios da *American Thoracic Society*.<sup>59</sup> Para o cálculo dos valores espirométricos esperados (teóricos) adotou-se a equação de Crapo e colaboradores.<sup>60</sup>

Foi utilizado o equipamento *Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Germany (Master Scope)*, com programa de computador *Patient data manager (4.52e release; Spirometry for device driver 4.52f)*.

Os pacientes realizaram a espirometria sentados em suas próprias cadeiras de rodas, respirando por um bocal do tipo rígido, conectado ao pneumotacógrafo, e fazendo uso de um clipe nasal. Os volumes pulmonares foram obtidos pela integral do sinal de fluxo, segundo o aplicativo utilizado.

Inicialmente, os participantes foram submetidos à espirometria lenta para determinar os volumes e capacidades pulmonares (capacidade vital, capacidade inspiratória e volume de reserva expiratório) e, logo após, foi realizada a espirometria forçada para determinação da capacidade vital e do volume expiratório forçados, este no 1º segundo - índice de *Tiffenau* (coeficiente expiratório forçado, VEF<sub>1</sub>/CVF%).

As medidas da espirometria lenta foram realizadas a partir de respirações em volume corrente, monitoradas até o momento em que fosse obtido um mesmo padrão respiratório, a partir do qual se solicitava uma expiração, logo após, uma inspiração (ambas profundas e lentas) e, novamente, uma expiração lenta.

A espirometria forçada foi realizada em seqüência a avaliação anterior e a manobra constava de uma expiração, seguida de uma inspiração, ambas lentas e profundas, finalizando com uma expiração forçada, por pelo menos 6 segundos.

Tanto as medidas da espirometria lenta quanto a forçada foram realizadas pelo menos três vezes, sendo válidas quando as curvas eram reprodutíveis, ou seja, com diferença de até 5% e 200 ml entre elas,<sup>16</sup> considerando-se a curva de maior valor.

## Pressões respiratórias

Para mensurar as pressões respiratórias dos participantes, utilizamos o equipamento *Micro Medical respiratory pressure meter* (*Micro Medical Limited, England*), com o programa de computador *Respiratory pressure database and analysis software* (*PUMA*, versão 1.4). Esse equipamento dispõe de um vazamento padrão de 2 mm para prevenir a oclusão da glote no momento dos esforços inspiratórios e expiratórios, proporcionado pela contração dos bucinadores.

Para o cálculo dos valores esperados da  $PE_{m\acute{a}x}$  (mensurada a partir da capacidade pulmonar total - CPT),  $PI_{m\acute{a}x}$  (mensurada a partir do volume residual - VR) e  $PI_{nas}$  (mensurada a partir da capacidade residual funcional - CRF) utilizou-se as equações, respectivamente, de McConnell e Copestake<sup>61</sup>, Hautmann e col.<sup>62</sup> e Uldry e Fitting.<sup>54</sup>

Novamente, na seqüência, os pacientes realizaram as medidas de pressões respiratórias na posição sentada, em suas próprias cadeiras de rodas, respirando por um bocal do tipo mergulhador para  $PE_{m\acute{a}x}$  e  $PI_{m\acute{a}x}$ , enquanto que para a  $PI_{nas}$  foi utilizado um plugue nasal, disponível em quatro tamanhos, fornecido pelo fabricante, ajustados à narina do participante no momento do exame (Figura 2).

A seqüência das tomadas de pressão ( $PE_{m\acute{a}x}$ ,  $PI_{m\acute{a}x}$ ,  $PI_{nas}$ ) foi obtida mediante aleatorização para cada participante. Cada manobra foi repetida quatro vezes, em intervalos mínimos de um minuto, sendo escolhida para análise aquela de maior valor. Entre cada manobra realizada, de acordo com as instruções do fabricante, o equipamento foi desligado e, na sua religação, o transdutor de pressão era automaticamente ajustado para pressão atmosférica (zero).

No início da coleta das pressões respiratórias, foram explicados e demonstrados ao paciente cada uma das manobras. A seguir, encontra-se o detalhamento técnico de cada um desses procedimentos.

### **Pressão Expiratória Máxima - $PE_{máx}$**

A pressão expiratória máxima foi determinada a partir da capacidade pulmonar total. Para a sua medida, os indivíduos foram instruídos a inalar profundamente, expandindo completamente os pulmões, de forma lenta e contínua. Após alcançar essa etapa, um bocal com borda do tipo mergulhador (*flange*), já conectado ao equipamento, era adaptado à boca do paciente e, concomitantemente, o examinador ocluía as narinas do mesmo, com o seu indicador e polegar, quando então o examinando era instruído a expirar o mais rápido e intenso possível, por pelo menos 2 segundos. Houve incentivo verbal durante toda a execução do exame com frases do tipo: “Força!”, “Mais força!”, “Isso mesmo!”.

### **Pressão Inspiratória Máxima - $PI_{máx}$**

Para a medida da  $PI_{máx}$  os indivíduos foram instruídos a exalar, esvaziando completamente os pulmões, de forma lenta e contínua. Após alcançar essa etapa, um bocal com borda do tipo mergulhador (*flange*), já conectado ao equipamento, era adaptado à boca do paciente e, concomitantemente, o examinador ocluía as narinas do mesmo, com o seu

indicador e polegar, quando então o examinando era instruído a inspirar o mais rápido e intenso possível, por pelo menos 2 segundos, também sendo incentivado verbalmente.

### **Pressão Inspiratória Nasal Durante o Fungar - $PI_{nas}$**

Por definição, a  $PI_{nas}$  foi obtida na capacidade residual funcional. Para tanto os participantes foram instruídos a respirar tranqüilamente, já com o plugue nasal perfeitamente ajustado em uma das narinas. O examinador, observando os movimentos abdominais, a partir do momento em que constatasse o final de uma expiração tranqüila, ocluía manualmente a narina contra-lateral, e solicitava que o mesmo fungasse pelo plugue o mais forte e rápido possível, com a boca fechada. Essa manobra foi repetida duas vezes em cada narina, considerando-se, para efeito de cálculo, o maior valor obtido. Como nas manobras anteriores, houve incentivo verbal durante toda a execução do exame (Figura 2).



Figura 2 - Fotografia mostrando o equipamento utilizado na medida das pressões respiratórias. No caso particular da pressão inspiratória nasal ao fungar ( $PI_{nas}$ ) o registro foi feito pela inserção de um probe em uma das narinas e oclusão da narina contra-lateral, instruindo o paciente a realizar uma fungada ao término de uma expiração tranqüila, mantendo a boca fechada.

## **Calibrações**

A calibração do equipamento de espirometria foi realizada sempre no dia do exame, utilizando-se uma superseringa de 3 litros, conforme recomendações do fabricante. O equipamento possui uma estação meteorológica que conduz automaticamente os ajustes de umidade, temperatura e pressão barométrica.

A calibração do equipamento para a mensuração das pressões respiratórias foi realizada no início do protocolo, por intermédio de um manômetro *Digital* (modelo 840080). O erro médio das medidas foi 0,17% para pressões expiratória e 0,59% para inspiratória (Apêndice).

Os exames foram conduzidos com temperatura ambiente controlada por ar condicionado central, ajustado para 21°C.

## ***Análise estatística***

Os testes de hipóteses, em se tratando de dois grupos, sem medidas repetidas, se resumiram aos testes *t* de *Student* e qui-quadrado, já que a distribuição de todas as variáveis estudadas mostrou-se normal (teste de Kolmogorov-Smirnov). Nas situações de análise de frequência, quando os valores esperados foram inferiores a cinco, utilizou-se o teste exato de Fisher.

Na análise de correlação (Pearson, mínimos quadrados), consideramos o nível mais cranial de lesão, atribuindo-se, arbitrariamente, o valor unitário para a diferença entre cada



nível da segmentação medular, iniciando a contagem em C1. Assim, entre os níveis C5 e T11, atribui-se os respectivos valores numéricos de 5 a 19. Importante destacar que, naqueles casos em que o nível motor da lesão variou entre os dimídios, considerou-se o mais cranial. Como o número de participantes para cada nível de lesão foi variado (C5=2 pacientes; C6=6; C7=2; T1=2; T2=1; T3=5; T4=4; T6=1; T10=2 e T11=1), para efeito da análise correlativa, nos casos com mais de dois valores por nível, consideramos a média dos percentuais previstos, caso contrário, consideramos o único valor disponível. Procedemos dessa forma para minimizar o viés relacionado a essa discrepância de observações. Também, no contexto da análise correlativa, investigamos o comportamento da  $PI_{nas}$  em função dos demais parâmetros pressóricos e espirométricos.

Os dados foram coletados e analisados em planilha *Excel* (*Microsoft Excel 2002*) complementada com alguns testes estatísticos avulsos nos aplicativos EpiInfo (versão 6.04d),<sup>63</sup> *Statview* (*SAS Institute Inc.*, versão 5.0.1) e *SPSS* (*SPSS Inc.*, versão 13.0).

## **Resultados**

---

A seguir, encontra-se consolidado (média e desvio padrão) os resultados obtidos. Por uma questão de organização e facilidade de acompanhamento, obedeceremos à mesma sistemática do capítulo de Casuística, Material e Métodos. Todos os valores individuais dos parâmetros investigados estão disponíveis, no Anexo, em tabelas de mesmo número, porém com os sufixos *a* (tetraplégicos) e *b* (paraplégicos).

### ***Espirometria***

Em condições basais, as médias dos valores previstos dos parâmetros espirométricos foram inferiores nos indivíduos tetraplégicos em relação aos paraplégicos ( $P < 0,05$ ), com exceção do coeficiente expiratório forçado (Tabela 2, para valores consolidados; Tabelas 2a e 2b, para valores individuais). Ou seja, nenhum distúrbio ventilatório obstrutivo foi detectado. O espectro de variação da capacidade vital, em relação ao previsto, foi amplo e diferente em ambos os grupos ( $\chi^2=8,85$ ;  $P=0,012$ ) (Figura 3). Assim, enquanto 90% dos pacientes tetraplégicos exibiram, possivelmente, um distúrbio ventilatório restritivo entre moderado e grave, um terço dos paraplégicos foram classificados dentro dessas categorias. Em termos médios, o grupo de pacientes tetraplégicos exibiu uma capacidade vital lenta de  $52\% \pm 13$  do previsto (extremos de 36% a 82%), enquanto os paraplégicos exibiram capacidade vital lenta de  $77\% \pm 21$  do previsto (extremos de 38% a 116%).

Dos componentes da capacidade vital, aqueles que se mostraram afetados entre os indivíduos tetraplégicos foram o volume de reserva expiratório ( $44\% \pm 36$  do previsto) e a

capacidade inspiratória ( $57\% \pm 11$  do previsto), enquanto nos paraplégicos, o único parâmetro afetado foi a capacidade inspiratória ( $73\% \pm 20$  do previsto).

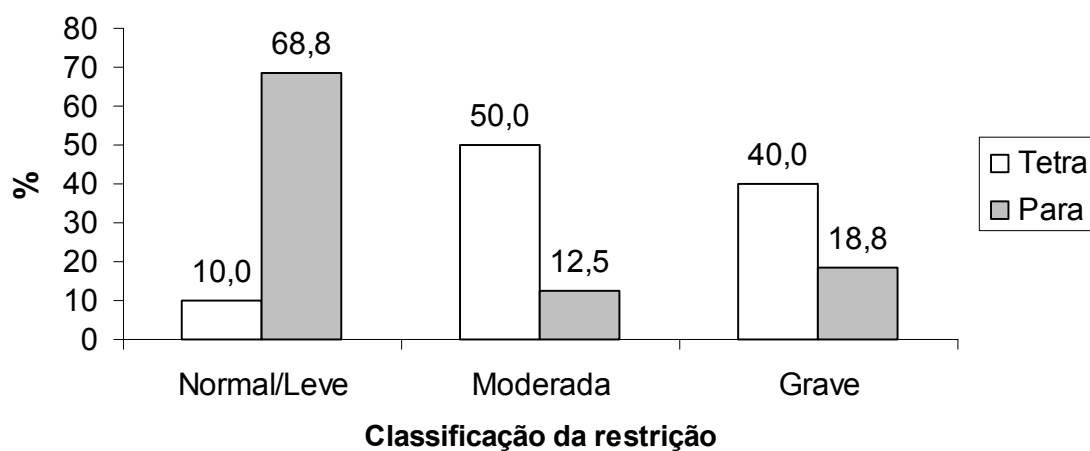
TABELA 2 - Médias (DP) dos parâmetros espirométricos (litros), segundo o nível da lesão.

	Cervical, n=10		Torácica, n=16
<b>Capacidade vital - CV</b>			
Obs*	2,72 (0,59)		4,07 (1,36)
%esp+	51,91(13,15)	‡	76,79 (20,55)
<b>Capacidade inspiratória – CI</b>			
obs	2,06 (0,32)		2,72 (0,89)
%esp	57,29 (11,17)	‡	72,92 (19,86)
<b>Volume de reserva expiratório – VRE</b>			
obs	0,67 (0,49)		1,36 (0,72)
%esp	43,62 (36,11)	‡	84,83 (42,17)
<b>Capacidade vital forçada – CVF</b>			
obs	2,52 (0,82)		3,98 (1,38)
%esp	49,26 (18,06)	‡	77,80 (21,81)
<b>Volume expiratório forçado no 1º segundo – VEF1</b>			
obs	2,28 (0,75)		3,43 (1,19)
%esp	53,50 (20,03)	‡	80,30 (23,42)
<b>VEF<sub>1</sub>/CVF % - Índice de Tiffenau</b>			
obs	89,46 (6,54)		87,55 (9,64)

\* valore observado

+ percentual do esperado

‡ P<0,05 tetraplégicos x paraplégicos



**Figura 3** – Distribuição percentual de acordo com o possível grau de distúrbio ventilatório restritivo detectado à espirometria entre pacientes tetraplégicos e paraplégicos ( $\chi^2=8,85$ ;  $P=0,012$ ). Os valores acima das colunas expressam os percentuais exatos. Adotou-se a seguinte classificação, em relação ao percentual do previsto da capacidade vital forçada: Normal/leve  $\geq 66\%$ ; Moderada 51% - 65%; Grave  $\leq 50\%$ .

## ***Pressões respiratórias***

Na Figura 4, encontra-se, a título de exemplo, os padrões de pressão obtidos num dos pacientes estudados, no caso, com lesão medular cervical. Na Tabela 3, estão consolidados, na forma de média e desvio padrão, todas as pressões respiratórias obtidas no presente estudo, segundo o grupo dos pacientes. Da mesma forma, na Figura 5, exibimos as respectivas regressões lineares. A análise correlativa com o nível da lesão foi agregada ao resultado do comportamento de cada parâmetro de pressão.

### **Pressão Expiratória Máxima – PE<sub>máx</sub>**

As médias dos valores observados e percentuais do previsto entre os grupos mostraram-se diferentes ( $P < 0,05$ ), com valores inferiores entre os tetraplégicos, da ordem de 30 cmH<sub>2</sub>O. A correlação do percentual do previsto com o nível da lesão foi significativa ( $r = 0,66$ ;  $P = 0,0002$ ; IC95% 0,37 a 0,83) e mostrou que, aproximadamente, 50% da variação desse parâmetro pode ser explicada pelo nível da lesão ( $r^2 = 0,44$ ).

Quando se considerou os valores médios do previsto para cada nível motor da lesão medular observou-se uma sensível melhora da correlação ( $r = 0,92$ ;  $P < 0,0001$ ; IC95% 0,68 a 0,98;  $r^2 = 0,84$ ).

### **Pressão Inspiratória Máxima – $PI_{máx}$**

Em termos absolutos, a média da  $PI_{máx}$  foi menor no grupo de tetraplégicos, embora não significativa. Quando essas cifras foram corrigidas para os valores esperados, a diferença se manteve, permanecendo sem significância estatística. Mesmo quando se correlacionou o nível da lesão com o percentual do previsto para esse parâmetro ( $r=0,32$ ;  $P=0,1167$ ; IC95% -0,08 a 0,63), além de não significativo, o coeficiente de determinação foi muito baixo ( $r^2=0,10$ ). Assim, pode-se afirmar que a  $PI_{máx}$  não foi capaz de diferenciar os pacientes segundo o nível da lesão.

Considerando que determinados níveis de lesão medular apresentaram mais de duas observações, enquanto outras tiveram apenas uma, ou até nenhuma, no sentido de minimizar um potencial viés relacionado a essa discrepância, refizemos os cálculos de correlação e regressão linear considerando os valores médios dentro de cada nível motor de lesão. A partir desses ajustes obteve-se uma melhora dos parâmetros descritos acima, porém ainda sem significância ( $r=0,51$ ;  $P=0,136$ ; IC95% -0,17 a 0,86) e com um coeficiente de determinação muito baixo ( $r^2=0,26$ ).

### **Pressão Inspiratória Nasal Durante o Fungar – $PI_{nas}$**

As médias dos valores observados de  $PI_{nas}$  mostraram-se discrepantes, sendo 30 cmH<sub>2</sub>O mais baixa no grupo tetraplégico ( $P<0,001$ ). Corrigido para os valores teóricos, essa diferença entre os grupos se manteve. Quando se correlacionou o nível da lesão com o percentual do previsto para esse parâmetro ( $r=0,58$ ;  $P=0,0020$ ; IC95% 0,25 a 0,79),



observou-se que 34% da variação da  $PI_{nas}$  pode ser justificado pela variação do nível da lesão ( $r^2=0,34$ ).

Quando se considerou os valores médios do previsto para cada nível motor da lesão medular observou-se uma sensível melhora desses parâmetros ( $r= 0,82$ ;  $P=0,0021$ ; IC95% 0,40 a 0,96;  $r^2=0,67$ ). Vale destacar que encontramos uma correlação moderada e significativa entre  $PI_{nas}$  e  $PI_{máx}$  ( $r=0,58$ ;  $P=0,0017$ ; IC95% 0,24 a 0,79).

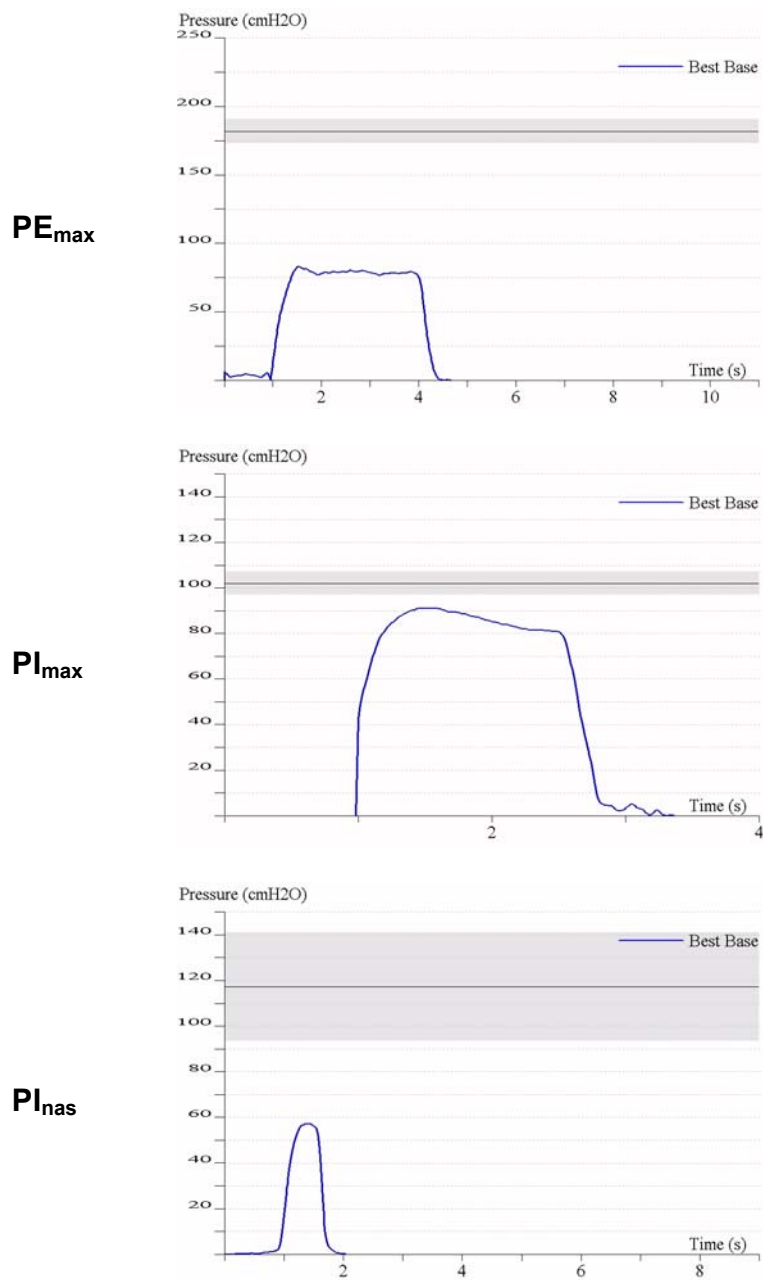


Figura 4 – Traçados obtidos diretamente da tela do computador, relativo aos três tipos de pressões respiratórias estudadas, todas obtidas em pacientes com lesão cervical. PE<sub>máx</sub> (pressão expiratória estática máxima); PI<sub>máx</sub> (pressão inspiratória estática máxima); PI<sub>nas</sub> (pressão inspiratória nasal ao fungar). A faixa cinza corresponde aos limites de normalidade.

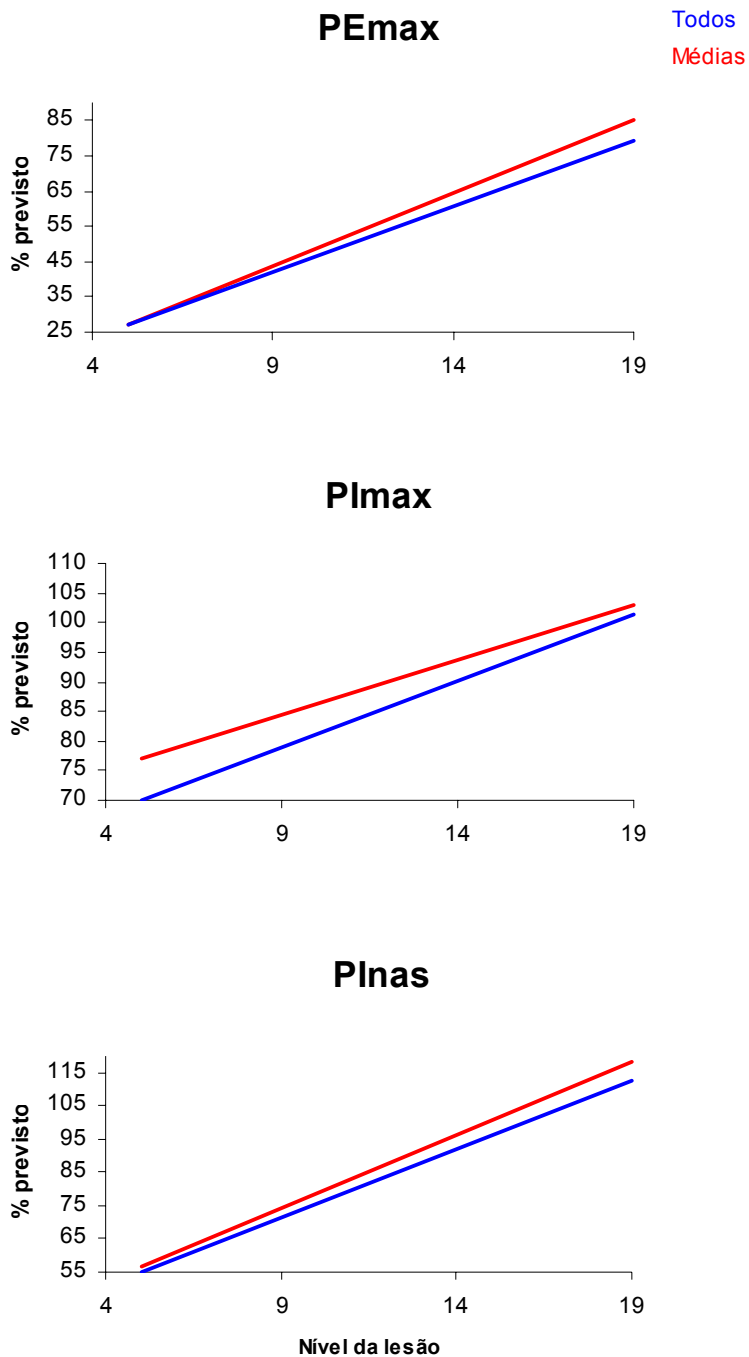
TABELA 3 - Médias (DP) das pressões respiratórias máximas e pressão inspiratória nasal ao fungar (cmH<sub>2</sub>O), segundo o nível da lesão.

	<b>Cervical</b>	<b>Torácica</b>
<b>PE<sub>máx</sub> - pressão expiratória estática máxima</b>		
n	10	16
obs*	68,20 (23,06)	97,94 (44,96)
%esp+	35,94 (13,13)	‡ 51,82 (25,84)
<b>PI<sub>máx</sub> - pressão inspiratória estática máxima</b>		
n	10	16
obs	71,70 (28,91)	92,88 (30,93)
%esp	70,76 (26,88)	87,97 (28,87)
<b>PI<sub>nas</sub> - pressão inspiratória nasal ao fungar</b>		
n	10	16
obs	68,5 (23,19)	98,38 (33,93)
%esp	60,01 (20,07)	‡ 85,24 (29,47)

\* valor observado

+ percentual do esperado

‡ P<0,05 lesão cervical x lesão torácica



**Figura 5** – Retas de regressão entre os percentuais do previsto das pressões respiratórias estáticas máximas, inspiratória ( $PI_{máx}$ ) e expiratória ( $PE_{máx}$ ), e da pressão inspiratória nasal ao fungar ( $PI_{nas}$ ), em função do nível da lesão. Para essa análise consideramos todos os pacientes (Todos, azul) ou as médias, segundo o nível (Médias, vermelho). Correspondência com os níveis medulares 4=C4; 9=T1; 14=T6; e 19=T11.

## **Discussão**

---

Numa série de pacientes com lesão medular e nítido gradiente funcional dos parâmetros espirométricos entre tetraplégicos e paraplégicos, o presente estudo mostrou que a pressão inspiratória nasal durante o fungar correlacionou-se fortemente com o nível da lesão medular. Além disso, como esperado, foi capaz de demonstrar valores mais baixos entre tetraplégicos. Por outro lado, a medida da pressão inspiratória máxima não foi sensível o suficiente para diferenciar tetraplégicos de pacientes com lesão medular tórácica, além de não exibir correlação significativa com o exato nível da lesão. Complementando o diagnóstico funcional da força muscular respiratória, a medida da pressão expiratória estática máxima foi coerente com o conhecimento estabelecido, mostrando uma forte correlação com o nível da lesão medular.<sup>1,5;64</sup>

A avaliação da força muscular respiratória em pacientes com acometimento neuromuscular é desafiadora, já que, mesmo volumes pulmonares normais, ou limítrofes, não descartam uma significativa fraqueza muscular.<sup>13</sup> Além disso, testes de volumes pulmonares são de difícil condução nestes casos, já que dependem da cooperação do paciente e, em determinadas condições, o controle volitivo pleno pode estar prejudicado. A força muscular respiratória é tradicionalmente avaliada pela  $PI_{máx}$  e  $PE_{máx}$ ,<sup>65</sup> mas esses testes também devem ser interpretados com cautela em indivíduos com doença neuromuscular. Valores baixos podem ser decorrentes de esforço incompleto, vazamento aéreo, fadiga, dentre outras causas de falso-positivos.<sup>15</sup>

Dos testes volitivos atualmente existentes para avaliar a força global do diafragma e dos outros músculos inspiratórios, a medida da pressão transdiafragmática e a medida da pressão esofágica, ambos durante o fungar, são considerados os mais precisos e reprodutíveis, embora exijam a inserção de um balonete esofágico.<sup>14</sup> Uma alternativa seria a  $PI_{nas}$ , que é uma medida não-invasiva da força muscular inspiratória, também precisa e

reprodutível.<sup>15</sup> Tem sido demonstrado que ela se correlaciona fortemente com a pressão esofágica durante o fungar em indivíduos saudáveis e pacientes com doenças esqueléticas e neuromusculares.<sup>14</sup> Um estudo recente, que investigou pacientes com esclerose lateral amiotrófica, mostrou que a  $PI_{nas}$  foi mais sensível que a capacidade vital para pequenas mudanças na força muscular e no declínio funcional respiratório com a progressão da doença.<sup>14</sup> Em pacientes com poliomielite contraída há 40-70 anos, a  $PI_{nas}$  foi capaz de identificar aqueles que necessitaram de assistência ventilatória na fase aguda, enquanto a  $PI_{máx}$  foi indiferente.<sup>18</sup>

Embora vários estudos tenham sido identificados nas bases bibliográficas tradicionais demonstrando os benefícios da pressão inspiratória nasal durante o fungar em algumas doenças neuromusculares, não se identificou qualquer pesquisa que tenha incluído pacientes com lesão medular. Goldman e col.<sup>9</sup> pesquisaram os efeitos na respiração de pacientes com tetraplegia em três posições corporais (decúbito dorsal, inclinação a 70 graus e sentada) e dois tipos de cinta abdominal, utilizando a pressão inspiratória durante o fungar, com cateter esofágico e espirometria e medida das pressões estáticas máximas obtidas pela boca. Esse estudo mostrou que a  $PI_{máx}$  foi o único parâmetro que não sofreu alteração significativa nas diversas condições estudadas. Para os autores, a  $PI_{máx}$  “*was too variable to be a valuable index of inspiratory power*”.<sup>9</sup> Além disso, Gounden<sup>47</sup> pesquisou 30 pacientes tetraplégicos e não encontrou correlação da  $PI_{máx}$  com o nível da lesão.

Em que pese todos os avanços médicos recentes, as complicações pulmonares ainda respondem por significativa morbi-mortalidade entre esses pacientes, especialmente naqueles com lesão cervical.<sup>1;4</sup> Embora o comprometimento da musculatura expiratória seja predominante nesses casos, dada sua segmentação mais caudal, a função dos músculos inspiratórios, notadamente o diafragma, também encontram-se afetados.<sup>66</sup> A eficiência

mecânica do diafragma depende do posicionamento e da estabilidade torácica, promovidos pelos músculos abdominais e intercostais.<sup>66</sup> O recrutamento da presente pesquisa incluiu pacientes com alto potencial de complicação pulmonar, principalmente aqueles com lesão cervical ou torácica alta, com secção completa, independente do tempo da lesão. Somente por isso, lesões crônicas (com mais de 6 meses) não foram consideradas como critério de inclusão. Dessa forma, indivíduos com lesões medulares agudas ou sub-agudas provavelmente ainda poderiam estar com sua função pulmonar em remodelação, o que poderia alterar os resultados dos exames.

Na Tabela 3, observa-se que tanto  $PI_{m\acute{a}x}$  quanto  $PI_{nas}$  foram mais altas nos paraplégicos, mas somente a pressão inspiratória estática máxima não foi significativa, apesar dos achados que correlacionam essas duas medidas. Possivelmente, quando se obtiver valores baixos de  $PI_{m\acute{a}x}$ , a  $PI_{nas}$  possa ser um meio de diferenciar entre uma fraqueza muscular verdadeira e uma dificuldade de sustentação do esforço contra uma oclusão.

De qualquer forma, cabem aqui algumas considerações metodológicas sobre a forma como conduzimos a mensuração da  $PI_{nas}$ . Os autores que geraram a equação de previsão por nós utilizada não aferiram a  $PI_{nas}$  com a narina contra lateral ocluída.<sup>54</sup> A ATS, nas suas últimas recomendações, também preconiza a mesma conduta.<sup>16</sup> Procedemos de maneira contrária baseados no artigo de Morgan e col,<sup>14</sup> que estudaram pacientes com esclerose lateral amiotrófica. Essa mesma publicação foi fruto de críticas de Fitting, especificamente em relação a esse aspecto.<sup>58</sup> Costello, um dos co-autores do artigo de Morgan, reconheceu a questão e argumentou que muitos dos pacientes por eles investigados exibiram níveis pressóricos tão baixos, que a oclusão da narina contralateral se fez necessária.<sup>57</sup> O mesmo fenômeno ocorreu com nossos pacientes nas fases preliminares de preparação do protocolo. Assim, embora tenhamos obtido uma  $PI_{nas}$  de forma diferente



daquela que gerou a equação de previsão utilizada, podemos inferir que os resultados obtidos estão superestimados em todos os pacientes, não invalidando nossas análises inferenciais. Tanto é verdade que, refizemos todas as análises correlativas agora utilizando o coeficiente de correlação de *Spearman*, não paramétrico, que leva em consideração, não os valores absolutos, mas a relação entre os postos. Essa análise repetiu os mesmos resultados, portanto levando a mesma conclusão, relatada anteriormente.

Uma especulação provocativa sobre os resultados obtidos na presente pesquisa diz respeito a possibilidade de um erro do tipo II (falso negativo), já que não se encontrou diferença para  $PI_{m\acute{a}x}$  entre tetraplégicos e paraplégicos. Será que o número de pacientes foi suficiente para se concluir algo a esse respeito? Numa avaliação *post hoc* da potência do do estudo,<sup>63</sup> considerando uma análise unicaudal, encontrou-se uma potência de 79%, para um alfa de 0,05. Isso significa dizer que o estudo teve potência suficiente para detectar uma possível diferença, se ela existisse. Resta-se especular porque que a  $PI_{m\acute{a}x}$  não teve esse discernimento.

Existem importantes diferenças entre  $PI_{m\acute{a}x}$  e  $PI_{nas}$ . Vale destacar que essas manobras inspiratórias não são equivalentes, além do fato de terem sido conduzidas em diferentes volumes pulmonares: volume residual ( $PI_{m\acute{a}x}$ ) e capacidade residual funcional ( $PI_{nas}$ ). Primeiramente, a  $PI_{nas}$  é realizada durante um esforço balístico, sendo uma manobra fácil e natural, que pode permitir aos pacientes ativar seus músculos inspiratórios mais completamente, enquanto a  $PI_{m\acute{a}x}$  requer um esforço sustentado. Mas, é importante destacar, já foi demonstrado que as mudanças dinâmicas no comprimento do diafragma durante uma manobra de esforço inspiratório máximo, contra uma oclusão, não representam um esforço isométrico.<sup>67</sup> Além disso, o padrão de ativação muscular inspiratório é diferente em ambas as manobras, a atividade eletromiográfica é maior durante o esforço da  $PI_{nas}$  que durante a

manobra da medida da  $PI_{m\acute{a}x}$ , enquanto a atividade dos musculos intercostais e esternocleidomastoideos permanece similar.<sup>68</sup>

Com base nos nossos resultados, parece que essas diferenças são importantes no contexto investigado. Provavelmente, os procedimentos são complementares e podem ser usados em combinação com a espirometria para uma completa sequncia de avaliação da força muscular inspiratória dos pacientes com lesão medular traumática.

Futuros estudos deverão aprofundar essa questão, incluindo a condução da  $PI_{m\acute{a}x}$  na CRF e a correlação das medidas de pressão inspiratória com um padrão-ouro. Além disso, esses estudos deverão definir também o valor diagnóstico funcional inspiratório sobre o prognóstico na lesão medular traumática.

## **Conclusões**

---

Constatou-se que a variação da pressão inspiratória nasal ao fungar, bem como da pressão expiratória estática máxima obtida pela boca e dos parâmetros espirométricos, foram coerentes com o conhecimento estabelecido, diferenciando indivíduos com lesão medular cervical e torácica, ambas de etiologia traumática. Corroborando esses achados, encontrou-se uma forte correlação da  $PI_{nas}$  com o exato nível da lesão. Em ambas as análises, a pressão inspiratória estática máxima não mostrou variação significativa. Assim, conclui-se que, pelo menos na forma em que foi conduzida, a  $PI_{nas}$  apresentou melhor acurácia que a  $PI_{máx}$  para avaliar a força muscular inspiratória do paciente com lesão medular. Portanto, a utilidade da  $PI_{máx}$  na avaliação da função inspiratória de pacientes com lesão medular deveria ser reconsiderada, ao mesmo tempo em que a  $PI_{nas}$  poderia ser incorporada ao arsenal propedêutico desses pacientes.

Sugerimos, ainda, o aprofundamento dessa questão no sentido de avaliar a utilidade das pressões inspiratórias estudadas a partir de um mesmo volume pulmonar (capacidade residual funcional), correlacionada a um padrão-ouro.

## **Referências bibliográficas**

---

- (1) Linn WS, Adkins RH, Gong HJ, Waters RL. Pulmonary function in chronic spinal cord injury: a cross-sectional survey of 222 southern California adult outpatients. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81:757-63.
- (2) Winslow C, Bode RK, Felton D, Chen D, Meyer PR, Jr. Impact of respiratory complications on length of stay and hospital costs in acute cervical spine injury. *Chest* 2002; 121:1548-54.
- (3) DeVivo MJ, Krause JS, Lammertse DP. Recent trends in mortality and causes of death among persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80:1411-9.
- (4) Garshick E, Kelley A, Cohen SA, Garrison A, Tun CG, Gagnon D, Brown R. A prospective assessment of mortality in chronic spinal cord injury. *Spinal Cord* 2005; 43:408-16.
- (5) Winslow C, Rozovsky J. Effect of spinal cord injury on the respiratory system. *Am J Phys Med Rehabil* 2003; 82:803-14.
- (6) Roth EJ, Nussbaum SB, Berkowitz M, Primack S, Oken J, Powley S, Lu A. Pulmonary function testing in spinal cord injury: correlation with vital capacity. *Paraplegia* 1995; 33:454-7.
- (7) Aldrich TK, Spiro P. Maximal inspiratory pressure: does reproducibility indicate full effort? *Thorax* 1995; 50:40-3.
- (8) Badr C, Elkins MR, Ellis ER. The effect of body position on maximal expiratory pressure and flow. *Aust J Physiother* 2002; 48:95-102.
- (9) Goldman JM, Rose LS, Williams SJ, Silver JR, Denison DM. Effect of abdominal binders on breathing in tetraplegic patients. *Thorax* 1986; 41:940-5.
- (10) Tully K, Koke K, Garshick E, Lieberman SL, Tun CG, Brown R. Maximal expiratory pressures in spinal cord injury using two mouthpieces. *Chest* 1997; 112:113-6.
- (11) Chaudri MB, Liu C, Watson L, Jefferson D, Kinnear WJ. Sniff nasal inspiratory pressure as a marker of respiratory function in motor neuron disease. *Eur Respir J* 2000; 15:539-42.
- (12) Lyall RA, Donaldson N, Polkey MI, Leigh PN, Moxham J. Respiratory muscle strength and ventilatory failure in amyotrophic lateral sclerosis. *Brain* 2001; 124:2000-13.

- (13) Fitting JW, Paillex R, Hirt L, Aebischer P, Schluep M. Sniff nasal pressure: a sensitive respiratory test to assess progression of amyotrophic lateral sclerosis. *Ann Neurol* 1999; 46:887-93.
- (14) Morgan RK, McNally S, Alexander M, Conroy R, Hardiman O, Costello RW. Use of Sniff nasal-inspiratory force to predict survival in amyotrophic lateral sclerosis. *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 171:269-74.
- (15) Stefanutti D, Benoist MR, Scheinmann P, Chaussain M, Fitting JW. Usefulness of sniff nasal pressure in patients with neuromuscular or skeletal disorders. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 162:1507-11.
- (16) ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166:518-624.
- (17) Hart N, Polkey MI, Sharshar T, Falaize L, Fauroux B, Raphael JC, Lofaso F. Limitations of sniff nasal pressure in patients with severe neuromuscular weakness. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2003; 74:1685-7.
- (18) Soliman MG, Higgins SE, El-Kabir DR, Davidson AC, Williams AJ, Howard RS. Non-invasive assessment of respiratory muscle strength in patients with previous poliomyelitis. *Respiratory Medicine* 2005; 99:1217-22.
- (19) Uldry C, Janssens JP, de Muralt B, Fitting JW. Sniff nasal inspiratory pressure in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 1997; 10:1292-6.
- (20) Fitting JW. Sniff nasal inspiratory pressure: simple or too simple? *Eur Respir J* 2006; 27:881-3.
- (21) Hughes JT. The Edwin Smith Surgical Papyrus: an analysis of the first case reports of spinal cord injuries. *Paraplegia* 1988; 26:71-82.
- (22) McDonald JW, Sadowsky C. Spinal-cord injury. *The Lancet* 2002; 359:417-25.
- (23) Eldar R, Jelic M. The association of rehabilitation and war. *Disabil Rehabil* 2003; 25:1019-23.
- (24) Blumer CE, Quine S. Prevalence of spinal cord injury: an international comparison. *Neuroepidemiology* 1995; 14:258-68.
- (25) Wyndaele M, Wyndaele JJ. Incidence, prevalence and epidemiology of spinal cord injury: what learns a worldwide literature survey? *Spinal Cord* 2006; .
- (26) Sipski ML, Richards JS. Spinal Cord Injury Rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil* 2006; 85:310-42.

- (27) da Paz AC, Beraldo PS, Almeida MC, Neves EG, Alves CM, Khan P. Traumatic injury to the spinal cord. Prevalence in Brazilian hospitals. *Paraplegia* 1992; 30:636-40.
- (28) Harkey III HL, White IV EA, Tibbs Jr RE, Haines DE. A Clinician's View of Spinal Cord Injury. *The Anatomical Record* 2003;41-8.
- (29) Maynard FM, Jr., Bracken MB, Creasey G, Ditunno JF, Jr., Donovan WH, Ducker TB, Garber SL, Marino RJ, Stover SL, Tator CH, Waters RL, Wilberger JE, Young W. International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. American Spinal Injury Association. *Spinal Cord* 1997; 35:266-74.
- (30) Ditunno JF, Jr., Formal CS. Chronic spinal cord injury. *N Engl J Med* 1994; 330:550-6.
- (31) Teasell RW, Arnold JM, Krassioukov A, Delaney GA. Cardiovascular consequences of loss of supraspinal control of the sympathetic nervous system after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81:506-16.
- (32) Kessler KM, Pina I, Green B, Burnett B, Laighold M, Bilsker M, Palomo AR, Myerburg RJ. Cardiovascular findings in quadriplegic and paraplegic patients and in normal subjects. *Am J Cardiol* 1986; 58:525-30.
- (33) Blackmer J. Rehabilitation medicine: 1. Autonomic dysreflexia. *CMAJ* 2003; 169:931-5.
- (34) Satkunam LE. Rehabilitation medicine: 3. Management of adult spasticity. *CMAJ* 2003; 169:1173-9.
- (35) Chancellor MB, Kiilholma P. Urodynamic evaluation of patients following spinal cord injury. *Semin Urol* 1992; 10:83-94.
- (36) Ledermann HP, Schweitzer ME, Morrison WB. Pelvic heterotopic ossification: MR imaging characteristics. *Radiology* 2002; 222:189-95.
- (37) Spungen AM, Grimm DR, Lesser M, Bauman WA, Almenoff PL. Self-reported prevalence of pulmonary symptoms in subjects with spinal cord injury. *Spinal Cord* 1997; 35:652-7.
- (38) Baydur A, Adkins RH, Milic-Emili J. Lung mechanics in individuals with spinal cord injury: effects of injury level and posture. *J Appl Physiol* 2001; 90:405-11.
- (39) De Troyer A. Respiration mechanics in tetraplegia. *Bull Mem Acad R Med Belg* 1997; 152:91-7.
- (40) Silver JR, Gibbon NO. Prognosis in tetraplegia. *Br Med J* 1968; 12:79-83.



- (41) McMichan JC, Michel L, Westbrook PR. Pulmonary dysfunction following traumatic quadriplegia. Recognition, prevention, and treatment. *JAMA* 1980; 243:528-31.
- (42) Polatty RC, McElaney MA, Marcelino V. Pulmonary complications in the spinal cord injury patient. *Phys Med Rehab* 1987; 1:353-73.
- (43) Forner JV, Llopis R, Valledor V. The flow-volume loop in tetraplegics. *Paraplegia* 1997; 15:245-51.
- (44) Anke A, Aksnes AK, Stanghelle JK, Hjeltnes N. Lung volumes in tetraplegic patients according to cervical spinal cord injury level. *Scand J Rehabil Med* 1993; 25:73-7.
- (45) Beraldo PSS. Função Pulmonar na Lesão Medular Traumática Alta. In: Tavares P, editor. *Atualizações em Fisiologia-Respiração*. 1.ed ed. Rio de Janeiro-RJ: Editora Cultura Médica Ltda; 1991. 73-85.
- (46) Schilero GJ, Grimm D, Lesser M. Comparison of lung volume measurements in individuals with spinal cord injury by two different methods. *J Spinal Cord Med* 2004; 27:443-7.
- (47) Gounden P. Static respiratory pressures in patients with post-traumatic tetraplegia. *Spinal Cord* 1997; 35:43-7.
- (48) Mansel JK, Norman JR. Respiratory complications and management of spinal cord injuries. *Chest* 1990; 97:1446-52.
- (49) Ledsome JR, Sharp JM. Pulmonary function in acute cervical cord injury. *Am Rev Respir Dis* 1981; 124:41-4.
- (50) Tow AM, Graves DE, Carter RE. Vital capacity in tetraplegics twenty years and beyond. *Spinal Cord* 2001; 39:139-44.
- (51) Alexander C. Diaphragm movements and the diagnosis of diaphragmatic paralysis. *Clin Radiol* 1966; 17:79-83.
- (52) Laroche CM, Mier AK, Moxham J, Green M. The value of sniff esophageal pressures in the assessment of global inspiratory muscle strength. *Am Rev Respir Dis* 1988; 138:598-603.
- (53) Heritier F, Rahm F, Pasche P, Fitting JW. Sniff nasal inspiratory pressure. A noninvasive assessment of inspiratory muscle strength. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150:1678-83.
- (54) Uldry C, Fitting JW. Maximal values of sniff nasal inspiratory pressure in healthy subjects. *Thorax* 1995; 50:371-5.

- (55) Kyroussis D, Johnson LC, Hamnegard CH, Polkey MI, Moxham J. Inspiratory muscle maximum relaxation rate measured from submaximal sniff nasal pressure in patients with severe COPD. *Thorax* 2002; 57:254-7.
- (56) Lofaso F, Nicot F, Lejaille M, Falaize L, Louis A, Clement A, Raphael JC, Orlikowski D, Fauroux B. Sniff nasal inspiratory pressure: what is the optimal number of sniffs? *Eur Respir J* 2006; 27:980-2.
- (57) Costello R. Some Methodological Considerations Pertaining to Sniff Nasal Inspiratory Pressure (SNIP). *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 172:933.
- (58) Fitting JW. Some Methodological Considerations Pertaining to Sniff Nasal Inspiratory Pressure (SNIP). *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 172:932-3.
- (59) American Thoracic Society. Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152:1107-36.
- (60) Crapo RO, Morris AH, Gardner RM. Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. *Am Rev Respir Dis* 1981; 123:659-64.
- (61) McConnell AK, Copestake AJ. Maximum Static Respiratory Pressures in Healthy Elderly Men and Women: Issues of Reproducibility and Interpretation. *Respiration* 1999; 66:251-8.
- (62) Hautmann H, Hefele S, Schotten K, Huber RM. Maximal inspiratory mouth pressures (PIMAX) in healthy subjects--what is the lower limit of normal? *Respir Med* 2000; 94:689-93.
- (63) Dean AG, Dean JD, Coulombier D, Brendel KA, Smith DC, Burton AH et al. Epi Info, Version 6: A Word-Processing, Database, and Statistics Program for Public Health on IBM-compatible Microcomputers. Atlanta, Georgia, U.S.A.: Centers for Disease Control and Prevention; 1995.
- (64) Spungen AM, Grimm DR, Lesser M, Bauman WA, Almenoff PL. Self-reported prevalence of pulmonary symptoms in subjects with spinal cord injury. *Spinal Cord* 1997; 35:652-7.
- (65) Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis* 1969; 99:696-702.
- (66) De Troyer A., Estenne M. Functional anatomy of the respiratory muscles. *Clin Chest Med* 1988; 9:175-93.
- (67) Gandevia SC, Gorman RB, McKenzie DK, Southon FC. Dynamic changes in human diaphragm length: maximal inspiratory and expulsive efforts studied with sequential radiography. *J Physiol* 1992; 457:167-76.:167-76.

- (68) Nava S, Ambrosino N, Crotti P, Fracchia C, Rampulla C. Recruitment of some respiratory muscles during three maximal inspiratory manoeuvres. *Thorax* 1993; 48:702-7.

## **Anexos**

---

TABELA 2a - Parâmetros espirométricos observados (litros) e percentuais do esperado, nos indivíduos com lesão cervical.

Paciente	Nível da lesão/ ASIA	CV		CI		VRE		CVF		VEF1		VEF1/CVF%
		Obs	%esp	Obs	%esp	Obs	%esp	Obs	%esp	Obs	%esp	
1	C6/A	2,15	36,26	1,65	38,92	0,5	28,57	2,14	37,74	1,91	40,30	89,31
2	C7/A	4,07	82,22	2,18	61,24	1,89	135,97	4,07	85,86	3,51	90,93	86,2
3	C6/A	2,85	54,60	2,34	63,76	0,51	32,90	2,85	57,11	2,7	64,59	94,9
4	C6/A	2,44	50,73	1,57	46,18	0,87	61,70	2,44	52,93	2,2	57,59	90,15
5	C5/A	2,35	46,44	2,25	63,92	0,11	7,38	2,35	46,44	2,2	52,63	93,29
6	C6/A	2,83	57,06	2,35	68,31	0,48	32,43	2,74	55,24	2,51	60,77	91,26
7	C7/A	2,78	50,73	2,03	53,00	0,75	44,38	0,91	16,61	0,66	14,32	73,07
8	C5/A	3,24	59,56	2,39	62,89	0,85	50,90	3,24	59,56	2,97	65,13	91,66
9	C6/A	2,05	37,68	1,65	43,42	0,4	23,95	2,03	37,32	1,96	42,98	96,61
10	C6/B	2,47	43,79	2,16	71,29	0,3	17,96	2,47	43,79	2,17	45,78	88,13
Média		2,72	51,91	2,06	57,29	0,67	43,62	2,52	49,26	2,28	53,50	89,46
DP		0,59	13,15	0,32	11,17	0,49	36,11	0,82	18,06	0,75	20,03	6,54

CV – capacidade vital; CI – capacidade inspiratória; VRE – volume de reserva expiratório; CVF – capacidade vital forçada; VEF1– volume expiratório forçado no 1º segundo; VEF1/CVF% - Coeficiente expiratório forçado

TABELA 2b - Parâmetros espirométricos observados (litros) e percentuais do esperado, nos indivíduos com lesão torácica.

Paciente	Nível da lesão/ ASIA	CV		CI		VRE		CVF		VEF1		VEF1/CVF%
		Obs	%esp	Obs	%esp	Obs	%esp	Obs	%esp	Obs	%esp	
1	T4/A	5,46	79,02	3,75	73,53	1,73	88,72	5,48	83,16	4,44	81,77	81,07
2	T3/A	4,03	87,80	2,73	82,73	1,3	100,00	4,03	91,38	3,65	102,24	90,7
3	T4/A	1,95	37,94	1,53	42,86	0,42	26,25	1,88	38,21	1,76	42,11	93,61
4	T12/A	3,91	82,49	2,14	71,57	1,77	107,93	3,84	81,01	1,93	47,19	55,53
5	T6/A	5,55	92,04	3,35	77,55	2,2	128,65	5,55	96,35	4,89	102,30	88,23
6	T3/A	1,86	45,15	0,61	21,33	1,25	99,21	1,84	46,46	1,68	51,06	91,14
7	T10/A	4,57	85,90	3,9	102,63	0,67	43,79	4,5	88,41	3,84	91,21	85,21
8	T10/A	5,55	95,52	3,03	72,14	2,52	141,57	5,53	99,64	5,05	108,60	91,25
9	T3/A	2,77	48,68	2,26	55,53	0,51	29,48	2,72	50,00	2,61	57,11	96
10	T11/A	6,22	115,61	3,49	91,12	2,73	176,13	6,16	119,84	5,13	120,42	83,27
11	T3/A	3,7	80,09	2,87	89,69	0,83	58,45	3,11	70,20	3	80,65	96,53
12	T1/A	2,54	63,98	2,08	79,09	0,46	35,94	2,53	63,73	2,26	64,20	89,2
13	T1/A	4,85	89,98	3,27	84,94	1,59	92,98	4,84	93,98	4,15	95,40	85,82
14	T3/A	5,05	85,16	3,58	84,43	1,48	84,57	4,88	86,07	4,41	93,04	90,51
15	T4/A	2,96	60,16	2,14	62,21	0,82	55,41	2,85	60,51	2,72	68,86	49
16	T4/A	4,22	79,17	2,81	75,34	1,41	88,13	3,87	75,88	3,38	78,60	87,26
Média		4,07	76,79	2,72	72,92	1,36	84,83	3,98	77,80	3,43	80,30	84,65
DP		1,36	20,55	0,89	19,86	0,72	42,17	1,38	21,81	1,19	23,42	13,37

CV – capacidade vital; CI – capacidade inspiratória; VRE – volume de reserva expiratório; CVF – capacidade vital forçada; VEF1– volume expiratório forçado no 1º segundo; VEF1/CVF% - Coeficiente expiratório forçado

TABELA 3a - Valores observados (cmH<sub>2</sub>O) e percentuais do esperado das pressões respiratórias máximas e pressão inspiratória nasal no fungar, nos indivíduos com lesão cervical.

Paciente	Nível da lesão/ ASIA	PEmáx		PImáx		PInas	
		Obs	%esp	Obs	%esp	Obs	%esp
1	C6/A	67	29,65	12	12,77	57	48,72
2	C7/A	91	54,49	83	86,46	83	77,57
3	C6/A	58	30,37	65	66,33	54	47,79
4	C6/A	79	44,89	83	87,37	49	44,55
5	C5/A	30	17,65	88	83,81	75	66,96
6	C6/A	77	43,75	87	85,29	54	48,21
7	C7/A	80	38,10	67	67,00	57	48,31
8	C5/A	87	46,28	122	110,91	78	66,67
9	C6/A	86	41,15	50	51,02	125	106,84
10	C6/B	27	13,11	60	56,60	53	44,54
Média		68,2	35,9	71,7	70,8	68,5	60,0
Desvio padrão		23,1	13,1	28,9	26,9	23,2	20,1

PEmáx - pressão expiratória estática máxima; PImáx - pressão inspiratória estática máxima; PInas - pressão inspiratória nasal ao fungar.

TABELA 3b - Valores observados (cmH2O) e percentuais do esperado das pressões respiratórias máximas e pressão inspiratória nasal no fungar, nos indivíduos com lesão torácica.

Paciente	Nível da lesão/ ASIA	PEmáx		Plmáx		Plnas	
		Obs	%esp	Obs	%esp	Obs	%esp
1	T4/A	126	62,69	111	94,87	121	85,47
2	T3/A	53	23,77	55	55,00	57	100,00
3	T4/A	112	62,22	64	58,18	87	90,91
4	T12/A	96	43,84	71	71,00	78	100,00
5	T6/A	120	59,70	107	103,88	102	97,09
6	T3/A	52	36,36	39	37,86	63	97,09
7	T10/A	185	119,35	104	91,23	143	87,72
8	T10/A	123	56,16	102	100,99	117	99,01
9	T3/A	84	40,00	75	73,53	81	98,04
10	T11/A	178	92,23	105	109,38	148	104,17
11	T3/A	37	22,84	80	76,19	58	95,24
12	T1/A	52	26,13	68	64,15	96	94,34
13	T1/A	133	64,88	158	151,92	153	96,15
14	T3/A	88	46,07	128	114,29	136	89,29
15	T4/A	128	29,17	75	120,75	75	161,01
16	T4/A	79	43,65	91	84,26	59	92,59
Média		102,9	51,8	89,6	88,0	98,4	99,3
Desvio padrão		43,5	25,8	29,7	28,9	33,9	17,2

PEmáx - pressão expiratória estática máxima; Plmáx - pressão inspiratória estática máxima; Plnas - pressão inspiratória nasal ao fungar.

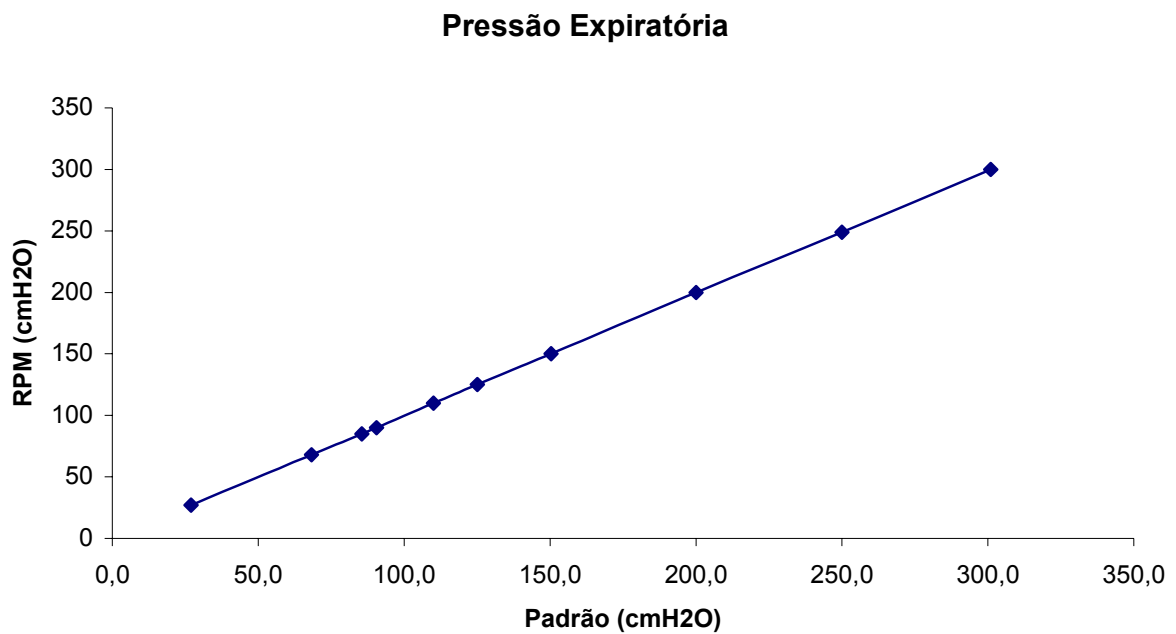


## **Apêndices**

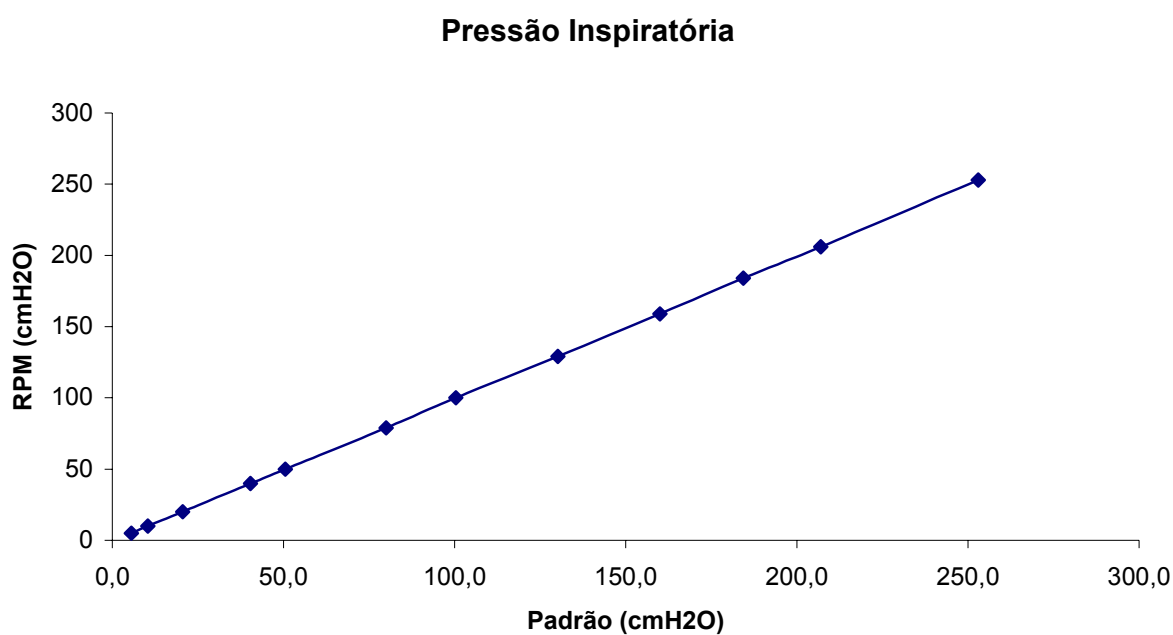
---

### *Calibração do equipamento de pressões respiratórias (RPM).*

<b>Pressão expiratória</b>		
Valor verificado no padrão (cmH <sub>2</sub> O)	Valor verificado no RPM (cmH <sub>2</sub> O)	Erro (%)
27,0	27	0,00
68,2	68	-0,29
85,5	85	-0,58
90,5	90	-0,55
110,0	110	0,00
125,0	125	0,00
150,3	150	-0,20
200,0	200	0,00
250,0	249	-0,40
301,0	300	-0,33
<b>Erro médio</b>		<b>-0,17</b>



<b>Pressão inspiratória</b>		
Valor verificado no padrão (cmH <sub>2</sub> O)	Valor verificado no RPM (cmH <sub>2</sub> O)	Erro (%)
5,5	5	-9,09
10,4	10	-3,85
20,5	20	-2,44
40,4	40	-0,99
50,5	50	-0,99
80,0	79	-1,25
100,4	100	-0,40
130,2	129	-0,92
160,0	159	-0,63
184,4	184	-0,22
207,0	206	-0,48
253,0	253	0,00
<b>Erro médio</b>		<b>-0,59</b>



**Resumo apresentado no XXXIII Congresso de Pneumologia/2006 –  
Fortaleza/CE**

**Introdução:** A lesão medular traumática, na dependência do nível e extensão, pode causar fraqueza e paralisia da musculatura respiratória e conseqüente alteração na função pulmonar. As complicações pulmonares respondem por uma elevada morbimortalidade nesses pacientes. Dentro do espectro de opções de avaliação pulmonar de pacientes com lesão medular a espirometria e as medidas de volumes pulmonares têm sido as mais utilizadas. As medidas das pressões respiratórias máximas estáticas, expiratória (PE<sub>máx</sub>) e inspiratória (PI<sub>máx</sub>), também têm sido empregadas, embora sofram interferência de diversas origens, desde condições técnicas na condução, bem como relacionadas com o paciente. Embora nunca tenha sido avaliada no paciente com lesão medular, recentemente tem sido utilizada a medida da pressão inspiratória nasal ao fungar (SNIP, do inglês *sniff nasal inspiratory pressure*), com a vantagem de ser mais prática, reprodutível e de melhor valor prognóstico.

**Objetivos:** Verificar o comportamento da SNIP e demais parâmetros de pressões respiratórias máximas entre indivíduos com lesão medular traumática. Também investigar a correlação entre esses parâmetros e o nível da lesão.

**Métodos:** Foram avaliados 26 homens com lesão medular traumática completa (10 tetraplégicos, C4-C8; 16 paraplégicos, T1-T12), idade mediana de 24 anos (17 a 45 anos) e tempo mediano de lesão de 12,8 meses (2 meses a 9,7 anos). O protocolo consistiu na avaliação espirométrica e medidas das pressões respiratórias estáticas máximas (PI<sub>máx</sub> e PE<sub>máx</sub>, mensuradas, respectivamente, no volume residual e capacidade pulmonar total), além da SNIP (mensurado na CRF). Para efeito da análise correlativa, atribuiu-se aos níveis medulares C1, C2, C3,...T10, T11 e T12, respectivamente, os valores 1, 2, 3,...18, 19 e 20.

**Resultados:** Em termos médios, o grupo de pacientes tetraplégicos exibiu uma capacidade vital lenta (CV) de 52%±13 do previsto (extremos de 36% a 82%), enquanto os paraplégicos de 77%±21 do previsto (38% a 116%). Dos componentes da CV, a capacidade inspiratória encontrou-se afetada tanto entre os tetra (57%±11 do previsto) como paraplégicos (73%±20 do previsto), enquanto o volume de reserva expiratório encontrava-se diminuído somente no primeiro grupo (44%±36 do previsto). Nenhum distúrbio ventilatório obstrutivo foi detectado. Os valores médios de PE<sub>máx</sub> foram superiores entre os paraplégicos em relação aos tetraplégicos, respectivamente, 97,9 cmH<sub>2</sub>O (51,8%±25,8 do previsto) e 68,2 cmH<sub>2</sub>O (35,9%±13,1 do previsto) (P<0,05). Os valores médios de PI<sub>máx</sub> foram semelhantes entre os grupos tetra e paraplégicos, respectivamente, 71,7 cmH<sub>2</sub>O (70,8%±26,9 do previsto) e 92,9 cmH<sub>2</sub>O (88,0%±28,9 do previsto). Porém, a SNIP foi capaz de diferenciar os grupos, com valores médios superiores entre os paraplégicos em relação aos tetraplégicos, respectivamente, 98,4 cmH<sub>2</sub>O (85,2%±29,5 do previsto) e 68,5 cmH<sub>2</sub>O (60,0%±20,1 do previsto) (P<0,05). A análise correlativa com o nível da lesão, como esperado, refletiu esses resultados, já que mostrou correlações fortes somente com os percentuais do previsto para PE<sub>máx</sub> e SNIP, respectivamente, r= 0,6614 (P=0,0002; IC95% 0,3684 a 0,8349) e r= 0,5787 (P=0,0020; IC95% 0,2467 a 0,7892).

**Conclusão:** O SNIP foi capaz de detectar diferenças entre tetra e paraplégicos, o que não aconteceu com PI<sub>máx</sub>. O impacto dessa maior sensibilidade precisa ser investigado do ponto de vista de diagnóstico funcional e prognóstico.

*Artigo submetido ao Spinal Cord*

**Non-invasive inspiratory pressure in spinal cord injured patients: which is the best method?<sup>1,2</sup>**

Andrea P Rocha, PT; Sergio RM Mateus, PT PhD; Paulo SS Beraldo, MD PhD

Running title: SNIP or MIP in SCI patients?

1. All authors are research training or work at Centro Sarah de Formação e Pesquisa, Rede SARAH de Hospitais de Reabilitação - SARAH BRASÍLIA, where the research was performed.

2. Address for correspondence: Paulo SS Beraldo; Centro Sarah de Formação e Pesquisa, SMHS Qd 301 Bloco B N. 45 2<sup>a</sup> andar; CEP 70335-901, Brasilia, DF, Brazil. Telephone number 55 61 3319-1351; fax number 55 61 3319-1538; beraldo8@terra.com.br.

## Abstract

Study design: Transversal.

Objectives: To verify the performance of the sniff nasal inspiratory pressure (SNIP) and other traditional tests of pulmonary function, spirometry and maximal static respiratory mouth pressures, among individuals with spinal cord injury. Furthermore, to investigate the correlation between pressure parameters and the motor level of the injury.

Setting: Rehabilitation Centre, Brasília/DF, Brazil.

Methods: 26 patients with traumatic spinal cord injury (C4 to T11) were recruited. The participants were assessed by standard spirometry, expiratory (MEP) and inspiratory (MIP) maximal static respiratory mouth pressures and SNIP.

Results: The means predicted values of the spirometric parameters were lower in tetraplegic individuals if compared to paraplegic ones ( $P < 0.05$ ), except for FEV1/FVC %. On average, the tetraplegic patients exhibited slow vital capacity of  $52\% \pm 13$  (range 36% to 82%), while the paraplegic  $77\% \pm 21$  (38% to 116%). The means of observed and percent predicted MEP and SNIP were lower in tetraplegic patients compared with paraplegic group ( $P < 0.05$ ) and the correlation between the percentage predicted and the injury level was strong for both ( $r = 0.917$ ; CI95% 0.680 to 0.981 and  $r = 0.821$ ; CI95% 0.397 to 0.956, respectively). No difference between groups or correlation was observed considering the MIP.

Conclusions: Sniff nasal inspiratory pressure was capable of detecting differences between tetraplegics and paraplegics patients, what did not happen with MIP. The impact of this sensitivity must be investigated on the perspective of functional inspiratory diagnosis.

Keywords: spinal cord injury; maximal respiratory pressures; lung function tests; nose; pressure.

## INTRODUCTION

Spinal cord injury can cause weakness and respiratory muscular paralysis depending on the level and completeness of the lesion.<sup>1</sup> Pulmonary complications still account for an elevated morbidity and mortality rates in those patients.<sup>2</sup> As a consequence of the weakened respiratory muscles, reduced lungs and rib cage distensibility, restrictive syndrome of varying extent has been reported.<sup>3</sup> Since the inspiratory muscle innervation is more cranial, the diaphragm (C3-C5) uses to remain preserved.<sup>2</sup> On the other hand, the expiratory muscle innervation is more caudal and therefore, it is usually compromised. The mechanical inefficiency of the expiratory muscles also interferes with the performance of the diaphragm.<sup>2</sup> Difficulties in the bronchial toilette, with atelectasis and pneumonias occurrences are expected complications in this context.<sup>2</sup>

The spirometry and pulmonary volumes have been traditionally used for investigating those patients. The measurements of the maximal static expiratory and inspiratory mouth pressures (MEP and MIP, respectively) are also used, but subject to several interferences.<sup>4-6</sup> For the pulmonary propaedeutics the sniff nasal inspiratory pressure (SNIP) measurement is been used more recently, however previous clinical experience in spinal cord injury patients has been not reported. Studies have proven that the SNIP prognostic value is related to non-volumetric or invasive tests for the evaluation of the diaphragmatic force in other neuromuscular diseases.<sup>7-10</sup> Moreover, the procedure is quick and easy and the equipment required is portable.

We have decided to carry out this research because of the aforementioned advantages and the lack of prior clinical literature reports. So we compared the averages of SNIP, mouth static maximal respiratory pressures and spirometric parameters in patients with complete motor medullar trauma according to the level of injury. Our hypothesis is that when sniffing the inspiratory nasal pressure is able of better discriminating the inspiratory dysfunction of those patients.



## MATERIALS AND METHODS

### Participants

From June to October 2005, 26 individuals with spinal cord injury were evaluated at the Pulmonary Function Laboratory from Hospital Sarah-Brasilia. The research protocol was approved by the hospital's ethics committee and all patients agreed on participating after being briefed. We certify that all applicable institutional and governmental regulations concerning the ethical use of human volunteers were followed during the course of this research.

The criteria to be included were complete motor spinal cord injury (ASIA A or B),<sup>11</sup> at the cervical or thoracic level, males with more than 17 years old. Patients should to be clinically stable, with no need for breathing apparatus, reporting no nasal congestion or respiratory allergies, or any disease that compromises the body systems or, notably, the respiratory system. The age, time since injury, body mass index and ASIA were similar in patients with cervical and thoracic injury (Table 1).

### Procedures

The protocol consisted of spirometric evaluations and the MEP and MIP measurements along with the SNIP. All the tests were conducted in one single session in the afternoon, with the participants sitting in their own wheelchairs. Individuals who regularly wore abdominal binder had to undress it to undergo the tests.

All initial evaluations were conducted in this order: slow and forceful spirometric maneuvers (Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Master Scope, Germany), according to the American Thoracic Society standarts,<sup>12</sup> adjusted for patients with spinal cord injuries.<sup>13</sup> To calculate predicted spirometric values the Crapo et al.<sup>14</sup> equation was adopted.

After that stage, patients were submitted to the measurement of the respiratory pressures (Micro Medical respiratory pressure meter, Micro Medical Limited, England; Respiratory pressure database and analysis software – PUMA, version 1.4) in a random sequence. The device incorporates a standard leak to avoid glottis closure at the moment of inspiratory and expiratory efforts. To calculate the predicted values of the MIP (obtained in the residual volume), SNIP (obtained in the functional residual capacity) and MEP (obtained in the total pulmonary capacity) the equations of Hautmann and Col.,<sup>15</sup> Uldry and Fitting<sup>16</sup> and McConnell and Copestake<sup>17</sup> were used, respectively.

The respiratory pressure measurements were obtained from individuals breathing through a flange-style mouthpiece for MIP and MEP, with nasal clips and effort of at least 2 seconds. The SNIP nasal plugs, supplied by the manufacturer in four sizes, which were adjusted to the nose of the participants, while the other nostril was manually closed by the technician (Figure 1).

All of the procedures were performed four times, at least with 1-minute intervals. Those reporting highest values were then used to the analyses. In the particular case of SNIP the procedure was performed twice to each nostril considering, for calculation purposes, the highest one. Like in prior procedures, participants were encouraged and stimulated during the maneuvers.

The calibration of the spirometry equipment was always performed on the day of the exam, using a 3-liter syringe, according to the manufacturer recommendations. The respiratory pressure measurement device was calibrated by the beginning of the protocol. The average error rate was 0.17% and 0.59% for inspiratory and expiratory pressures measurements, respectively.

## Statistical analyses

Since the investigation was developed with two groups, with no repeated measurements, the hypothesis tests were restricted to qui-square, Fisher's exact and Student t tests, since the distribution of all variable was normal (Kolmogorov-Smirnov test). In the correlative analysis, we have considered the most cranial level of lesion, arbitrarily assigning a unitary value for the difference between the each level of spinal cord segmentation. Thus, levels C5 to T11 were assigned numeric values of 5 to 19. In cases where the motor level of the injury varied between the sides, the most cranial ones were considered. As the number of participants for each injury level varied, for the purpose of correlation analyses, in the cases with more than two participants, we considered the averages. We proceeded in this manner to minimize potential biases related to the observed discrepancies.

The data were collected and analyzed on Excel (Microsoft), supplemented by some extra statistical tests taken on EpiInfo (version 6.04d), Statview (SAS Institute Inc., version 5.0.1) and SPSS (SPSS Inc., version 13.0). Statistical significance for these analyses was established at  $P < 0.05$ .

## RESULTS

The means predicted values of the spirometric parameters were lower in tetraplegic individuals when compared to paraplegic ones ( $P < 0.05$ ), except for the forced expiratory coefficient (forced expiratory volume in the first second/Forced vital capacity %) (Table 2). In other words, besides ventilatory restrictive disturbance no obstructive one was detected. The spectrum of vital capacity variation range, in relation to the expected one, was broad and different in both groups ( $\chi^2 = 8.85$ ;  $P = 0.012$ ). While 90% of the tetraplegic patients disclosed restrictive ventilatory dysfunction ranging from middle to severe, one-third of the paraplegic patients were classified in these categories (Figure 2). On average, the tetraplegic patients reported slow vital capacity of  $52\% \pm 13$  (range 36% to 82%),

while the paraplegic showed  $77\% \pm 21$  (38% to 116%). Of the vital capacity components, those most compromised among tetraplegic individuals were the expiratory reserve volume ( $44\% \pm 36$  of the predicted) and the inspiratory capacity ( $57\% \pm 11$  of the predicted), while in the paraplegic patients only the inspiratory capacity was affected ( $73\% \pm 20$  of the predicted).

The average MEP observed and percent predicted was lower in tetraplegic patients compared with paraplegic group ( $P < 0.05$ ). In terms of average, the pressure was 30 cmH<sub>2</sub>O less in the former (Table 3). The correlation between the percent predicted and the injury level was strong ( $r = 0.917$ ;  $P < 0.0001$ ; CI95% 0.680 to 0.981) showing that approximately 84% of variations observed in this parameter could be explained by the injury level ( $R^2 = 0.841$ ) (Figure 3).

In absolute terms, the MIP average did not vary between the groups. When these figures were corrected to the predicted values, the absence of difference remained (Table 3). Even when we correlated the levels of injuries with the percentages predicted for that parameter, no significance was found ( $r = 0.511$ ;  $P = 0.136$ ; CI95% -0.176 to 0.863) and determination coefficient was low ( $R^2 = 0.261$ ). Therefore, the MIP did not differentiate patients according to the injury level (Figure 3).

The mean SNIP value observed was 30 cmH<sub>2</sub>O lower among the tetraplegic group compared with paraplegic one ( $P = 0.011$ ). Correcting to the theoretical values, the difference between the groups remained ( $P < 0.001$ ; Table 3). We found a strong correlation between the injuries level and percent predicted SNIP ( $r = 0.821$ ;  $P = 0.0021$ ; CI95% 0.397 to 0.956). We also observed that 67% of the SNIP variation could be accounted for the injury level ( $R^2 = 0.674$ ) (Figure 3). It is important to highlight a moderate and significant correlation between the SNIP and MIP ( $r = 0.58$ ;  $P = 0.0017$ ; CI95% 0.241 to 0.7876).

## DISCUSSION

The present research shows that the SNIP is strongly related to the level of the spinal cord injury. The same spectrum of spirometric parameters disturbance was observed by SNIP, with lower values been reported among tetraplegic patients. On the other hand, the maximal static inspiratory mouth pressure was not sensitive enough to differentiate tetraplegic from patients with thorax medullar injuries. Furthermore, differently from the SNIP, MIP failed in to show any significant correlation with the injury level. Supplementing the functional diagnostics of respiratory muscular force, the static maximum expiratory mouth pressure was coherent with the established knowledge, disclosing strong correlation with the spinal cord injury level.

Evaluating the respiratory muscular force in patients with neuromuscular disorder is a challenging task since, even with normal or neighboring lung volumes, no significant muscle weakness can be discharged.<sup>7</sup> Besides, pulmonary volume tests are difficult to perform in this case, since they depend on the patient's cooperation and, under given conditions, the full volitive control may be jeopardized. The respiratory muscle force is traditionally evaluated through the MIP and MEP,<sup>18</sup> but such tests must be interpreted cautiously when dealing with individuals with neuromuscular diseases. Low values may ensue from incomplete effort, air leakage, fatigue, and other causes of false-positive tests.<sup>10</sup>

Of the existing volitive tests to evaluate the global force of the diaphragm and other respiratory muscles, the transdiaphragmal and esophageal pressure measures, both during a sniff, are considered the most accurate and replicable ones, in spite of requiring an esophageal catheter.<sup>8</sup> An alternative would be a SNIP, which is a non-invasive measurement of the inspiratory muscular force, besides being accurate and replicable.<sup>10</sup> It has been demonstrated that it strongly correlates with the esophageal pressure during a sniff in normal individuals and patients with skeletal and neuromuscular diseases.<sup>8</sup> In a recent study that

investigated patients with amyotrophic lateral sclerosis, the SNIP proved to be more sensitive than the vital capacity regarding minor changes in the muscular force and in respiratory functional decline as the disease advances.<sup>8</sup> In patients who contracted polio 40-70 years ago, SNIP could identify those who needed ventilatory assistance in the acute stage, while MIP was indifferent.<sup>9</sup>

Although several studies have been identified demonstrating the benefits of nasal inspiratory pressure during a sniff for many neuromuscular diseases, as far as we know none of them included patients with spinal cord injuries. Although having not used exactly SNIP but transdiaphragmatic pressure on maximal sniff, MIP and vital capacity, Goldman et.al,<sup>6</sup> studied the effect on breathing in three body positions and two types of abdominal binders in patients with complete tetraplegia. MIP was the unique parameter that had not modified among the several tested conditions. They regarded that MIP “was too variable to be a valuable index of inspiratory power”.<sup>6</sup> Despite all the recent medical advances, pulmonary conditions still account for a significant morbimortality in spinal cord injuries patients.<sup>1</sup> Although the compromising of expiratory muscles structure prevails in these cases – due to their more caudal segmentation – the function of inspiratory muscles, mainly diaphragm, is also affected.<sup>19</sup> The mechanical efficiency of the diaphragm depends on the thoracic positioning and stability, promoted by abdominal and intercostals muscles.<sup>19</sup>

An instigating speculation about our results concerns the possibility of a type II error (false-negative result) since we found no differences in the MIP between tetraplegics and paraplegics patients. Could it be that we have studied an insufficient number of patients to come to this conclusion? In a post hoc evaluation of the power of our study, considering a one-tailed analysis and alpha of 0.05, we found a 79% power. This means that the study has sufficient power to detect a likely statistically significant difference, should there be any. We are yet to speculate why the MIP did not report such discernment.

There are major differences between MIP and SNIP.<sup>20</sup> It is worth highlighting that these inspiratory procedures are not equivalent one another, besides different intrapulmonary volumes, residual volume (MIP) against functional residual volume (SNIP). The SNIP takes place during a ballistic effort, while the MIP requires a supported effort. The SNIP is an easy and natural procedure that allows the patients to activate their inspiratory muscles more completely than a MIP procedure. In addition, the inspiratory muscular activation patterns are different in both procedures.<sup>20</sup> Based on our results, it seems that the differences between SNIP and MIP are important in the context surveyed. Further studies should deepen this issue, including the measurement of MIP at functional residual capacity. Probably, the procedures are not interchangeable but are complementary and should be used in combination with spirometry for a complete sequential assessment of inspiratory muscle strength on the traumatic spinal cord patients.

## REFERENCES

- (1) Linn WS, Adkins RH, Gong HJ, Waters RL. Pulmonary function in chronic spinal cord injury: a cross-sectional survey of 222 southern California adult outpatients. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81:757-763.
- (2) Winslow C, Rozovsky J. Effect of spinal cord injury on the respiratory system. *Am J Phys Med Rehabil* 2003; 82:803-814.
- (3) Roth EJ, Nussbaum SB, Berkowitz M, Primack S, Oken J, Powley S et al. Pulmonary function testing in spinal cord injury: correlation with vital capacity. *Paraplegia* 1995; 33:454-457.
- (4) Badr C, Elkins MR, Ellis ER. The effect of body position on maximal expiratory pressure and flow. *Aust J Physiother* 2002; 48:95-102.
- (5) Tully K, Koke K, Garshick E, Lieberman SL, Tun CG, Brown R. Maximal expiratory pressures in spinal cord injury using two mouthpieces. *Chest* 1997; 112:113-116.
- (6) Goldman JM, Rose LS, Williams SJ, Silver JR, Denison DM. Effect of abdominal binders on breathing in tetraplegic patients. *Thorax* 1986; 41:940-945.
- (7) Fitting JW, Paillex R, Hirt L, Aebischer P, Schluep M. Sniff nasal pressure: a sensitive respiratory test to assess progression of amyotrophic lateral sclerosis. *Ann Neurol* 1999; 46:887-893.
- (8) Morgan RK, McNally S, Alexander M, Conroy R, Hardiman O, Costello RW. Use of Sniff nasal-inspiratory force to predict survival in amyotrophic lateral sclerosis. *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 171:269-274.
- (9) Soliman MG, Higgins SE, El-Kabir DR, Davidson AC, Williams AJ, Howard RS. Non-invasive assessment of respiratory muscle strength in patients with previous poliomyelitis. *Respiratory Medicine* 2005; 99:1217-1222.
- (10) Stefanutti D, Benoist MR, Scheinmann P, Chaussain M, Fitting JW. Usefulness of sniff nasal pressure in patients with neuromuscular or skeletal disorders. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 162:1507-1511.
- (11) Maynard FM, Jr., Bracken MB, Creasey G, Ditunno JF, Jr., Donovan WH, Ducker TB et al. International Standards for Neurological and Functional



Classification of Spinal Cord Injury. American Spinal Injury Association. *Spinal Cord* 1997; 35:266-274.

(12) American Thoracic Society. Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152:1107-1136.

(13) Ashba J, Garshick E, Tun CG, Lieberman SL, Polakoff DF, Blanchard JD et al. Spirometry-acceptability and reproducibility in spinal cord injured subjects. *J Am Paraplegia Soc* 1993; 16:197-203.

(14) Crapo RO, Morris AH, Gardner RM. Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. *Am Rev Respir Dis* 1981; 123:659-664.

(15) Hautmann H, Hefele S, Schotten K, Huber RM. Maximal inspiratory mouth pressures (PIMAX) in healthy subjects--what is the lower limit of normal? *Respir Med* 2000; 94:689-693.

(16) Uldry C, Fitting JW. Maximal values of sniff nasal inspiratory pressure in healthy subjects. *Thorax* 1995; 50:371-375.

(17) McConnell AK, Copestake AJ. Maximum Static Respiratory Pressures in Healthy Elderly Men and Women: Issues of Reproducibility and Interpretation. *Respiration* 1999; 66:251-258.

(18) Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis* 1969; 99:696-702.

(19) De Troyer A., Estenne M. Functional anatomy of the respiratory muscles. *Clin Chest Med* 1988; 9:175-193.

(20) Nava S, Ambrosino N, Crotti P, Fracchia C, Rampulla C. Recruitment of some respiratory muscles during three maximal inspiratory manoeuvres. *Thorax* 1993; 48:702-707.

Legends to figures:

Figure 1 – Photomicrography showing the equipment used to measure respiratory pressure. In this particular case of SNIP, measurement was made by inserting a probe into one of the nasal passages while other was manually closed. The patient was instructed to sniff after calmly exhaling.

Figure 2 – Differences in percentage distribution according to the degree of restrictive respiratory dysfunction detected by spirometry in tetraplegic and paraplegic patients ( $P < 0.05$ ). Exact value is expressed up in the columns. The following classification was adopted in relation to the percentage predicted of forced vital capacity: normal/mild  $\geq 66\%$ ; middle 51% - 65%; severe  $\leq 50\%$ .

Figure 3 - Linear regression between the injury level and percentage predicted of maximal static expiratory (MEP;  $y = 5.9926x + 19.475$ ;  $R^2 = 0.841$ ;  $P < 0.0001$ ) and inspiratory (MIP;  $y = 2.682x + 73.581$ ;  $R^2 = 0.261$ ;  $P = 0.136$ ) mouth pressures, and sniff nasal inspiratory pressure (SNIP;  $y = 4.3916x + 34.678$ ;  $R^2 = 0.674$ ;  $P < 0.003$ ). Number of patients per injury level: C5=2; C6=6; C7=2; T1=2; T2=1; T3=5; T4=4; T6=1; T10=2 and T11=1.

Table 1 – Characteristics of individuals studied, according to injury level.

Parameters	Cervical (C5-C8) n=10	Thoracic (T1-T11) n=16	All n=26
Age (years)			
mean	29.2	26.7	27.7
SD*	8.9	8.0	8.3
range	19-45	17-37	17-45
Time since injury (months)			
mean	21.8	23.1	22.6
SD	16.9	28.4	24.2
range	2-55	5-117	2-117
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )			
mean	19.9	22.1	21.2
SD	3.3	4.4	4.1
range	14-24	16-31	14-31
ASIA (A/B) †	9/1	16/0	25/1

\* Standard deviation.

† American Spinal Injury Association.<sup>11</sup>

Table 2 – Means (SD) of observed spirometric parameters (obs, liters) and percentage predicted (%pred), according to the injury level.

	Cervical n=10	Thoracic n=16
Vital capacity		
obs	2.7 (0.6)	4.1 (1.4)
%pred	51.9 (13.2)	* 76.8 (20.6)
Inspiratory capacity		
obs	2.1 (0.3)	2.7 (0.9)
%pred	57.3 (11.2)	* 72.9 (19.9)
Expiratory reserve volume		
obs	0.7 (0.5)	1.4 (0.7)
%pred	43.6 (36.1)	* 84.8 (42.2)
Forced vital capacity (FVC)		
obs	2.5 (0.8)	4.0 (1.4)
%pred	49.3 (18.1)	* 77.8 (21.8)
Forced expiratory volume 1st second (FEV <sub>1</sub> )		
obs	2.3 (0.8)	3.4 (1.2)
%pred	53.5 (20.3)	* 80.3 (23.4)
FEV <sub>1</sub> /FVC %		
obs	89.5 (6.5)	87.6 (9.6)

\* P<0.05 cervical x thoracic.

Table 3 - Means (SD) of maximal static expiratory (MEP) and inspiratory (MIP) mouth pressures and sniff nasal inspiratory pressure (SNIP), observed (obs, cmH<sub>2</sub>O), predicted (pred, cmH<sub>2</sub>O) and the percentage predicted (%pred), according to the injury level.

	Cervical N=10	Thoracic N=16
MEP		
obs	68.2 (23.1)	* 97.94 (45.0)
pred	191.9 (20.0)	190.6 (24.0)
%pred	35.9 (13.1)	* 51.8 (25.8)
MIP		
obs	71.7 (28.9)	92.9 (30.9)
pred	100.4 (5.3)	105.4 (5.6)
%pred	70.8 (26.9)	88.0 (28.9)
SNIP		
obs	68.5 (23.2)	* 98.4 (33.9)
pred	114.2 (4.0)	115.4 (3.4)
%pred	60.0 (20.1)	† 85.2 (29.5)

\* P<0.05 cervical x thoracic.

† P<0.001 cervical x thoracic.

Figure 1



Figure 2

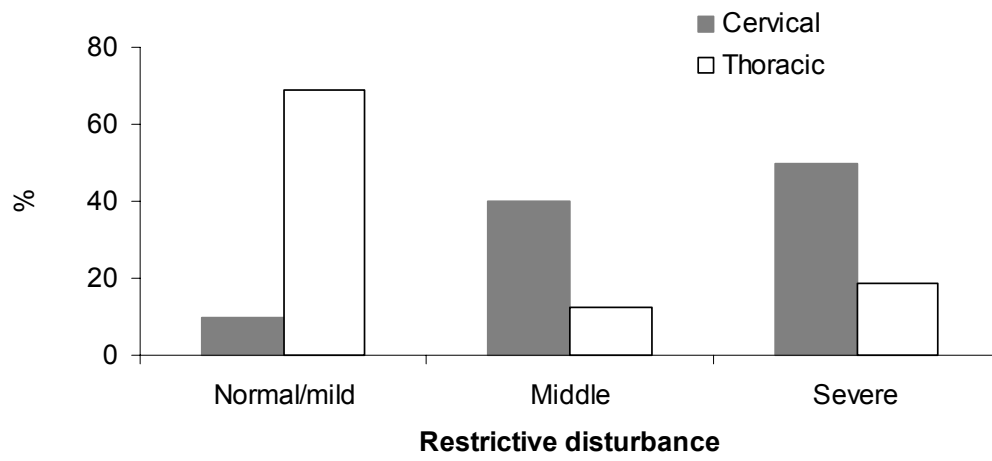
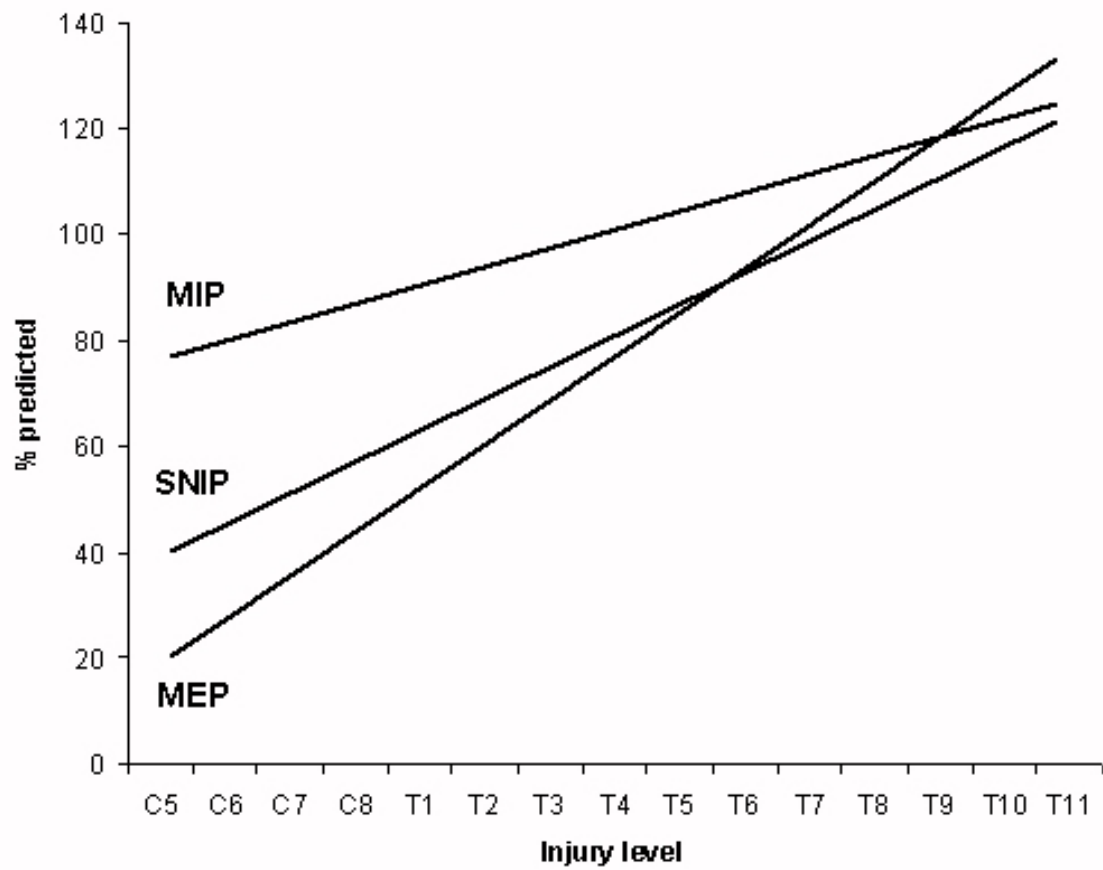


Figure 3





# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)