

# Variações da pressão inspiratória máxima e pressão expiratória máxima a partir da capacidade residual funcional ou da capacidade pulmonar total e volume residual em indivíduos normais

Variations of maximal inspiratory pressure and maximal expiratory pressure from residual functional capacity or total pulmonary capacity and residual volume in normal individuals

Variaciones de la presión inspiratoria máxima y de la presión espiratoria máxima desde la capacidad funcional residual o el volumen pulmonar total y el volumen residual en individuos normales

Isabela Parra Almeida\*

Natália Roldan Bertucci\*\*

Vanessa Pereira de Lima\*\*\*

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi verificar se existe variação nos dois métodos distintos que auxiliam a avaliação da pressão inspiratória máxima (P<sub>Imax</sub>) e pressão expiratória máxima (P<sub>E<sub>max</sub></sub>). Recrutamos 41 indivíduos voluntários, tendo como critério de inclusão faixa etária de 20-59 anos, ambos os sexos, índice de massa corpórea 18 a 29,9 kg/m<sup>2</sup> e critérios de exclusão: tabagistas, doenças pulmonares crônicas, infecções de vias aéreas superiores e inferiores no último ano, doenças neuromusculares, deformidades torácicas e IMC > 30 kg/m<sup>2</sup>. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética do Centro Universitário São Camilo; os voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Utilizou-se um manovacuômetro da marca Gerar, bocais, traquéias e clamp nasal de plástico. Observamos nos resultados de comparação entre as médias dos diferentes métodos  $p > 0,001$  para a P<sub>Imax</sub> e P<sub>E<sub>max</sub></sub>. A média da P<sub>Imax</sub> a partir do VR e CRF foi, respectivamente, de 96,10 e 78,78 cm H<sub>2</sub>O, com um desvio-padrão de respectivamente 32,70 e 27,50 cm H<sub>2</sub>O. Entre P<sub>E<sub>max</sub></sub>, a partir da CPT e CRF, notou-se, respectivamente, uma média de 115,37 e 93,90 cm H<sub>2</sub>O, com um desvio-padrão de, respectivamente, 37,95 e 33,08 cm H<sub>2</sub>O. Houve diferença significativa dos valores obtidos da P<sub>Imax</sub> a partir da CRF e VR e da P<sub>E<sub>max</sub></sub> a partir da CRF e CPT, sendo que o método a partir da CRF subestima a P<sub>Imax</sub> em relação à medida feita a partir do VR, assim como subestima a P<sub>E<sub>max</sub></sub> em relação a CPT. Concluímos que um método não pode substituir o outro sem perda de informações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Respiração com pressão positiva. Respiração com pressão positiva intermitente. Capacidade respiratória.

**ABSTRACT:** The aim of this work was to verify if there exist variations in the two distinct methods that assist the evaluation of maximal inspiratory pressure (P<sub>Imax</sub>) and maximal expiratory pressure (P<sub>E<sub>max</sub></sub>). We enlisted 41 voluntary individuals, both male and female, having as inclusion criteria age (20-59 years), body mass index (18-29,9 kg/m<sup>2</sup>) and exclusion criteria be a chronic smoker, having lung illnesses, thoracic infections of superior and inferior aerial ways in the last year, neuromuscular illnesses, deformities, and BMI > 30 kg/m<sup>2</sup>. The research was approved by the Committee of Ethics of the University Center São Camilo; the volunteers had signed the term of free and informed consent. We used a Gerar manuvacuometer, bocals, tracheas and plastic nasal clamps. We observe in results of the comparison of averages of the different methods  $p < 0.001$  both for P<sub>Imax</sub> and P<sub>E<sub>max</sub></sub>. P<sub>Imax</sub> average from VR and CRF was, respectively, 96.10 and 78.78 cm H<sub>2</sub>O, with a standard deviation of respectively 32.70 and 27.50 cm H<sub>2</sub>O. Between P<sub>E<sub>max</sub></sub>, from CPT and CRF, it was noticed, respectively, a average of 115.37 and 93.90 cm H<sub>2</sub>O, with a standard deviation of, respectively, 37.95 and 33.08 cm H<sub>2</sub>O. There was a significant difference in P<sub>Imax</sub> values from CRF and VR and those of P<sub>E<sub>max</sub></sub> from CRF and CPT, and the method based on CRF underestimates P<sub>Imax</sub> in relation to the measure done with VR, as well as underestimates P<sub>E<sub>max</sub></sub> in relation to CPT. We conclude that a method cannot substitute the other without loss of information.

**KEYWORDS:** Breath with positive pressure. Breath with intermittent positive pressure. Inspiratory capacity.

**RESUMEN:** Este trabajo intenciona verificar si existen variaciones en los dos métodos distintos que asisten a la evaluación de la presión inspiratoria máxima (P<sub>Imax</sub>) y de la presión espiratoria máxima (P<sub>E<sub>max</sub></sub>). Alistamos a 41 individuos voluntarios, varones y hembras, teniendo como criterios de inclusión la edad (20-59 años), el índice de masa corporal (18-29,9 kilos/m<sup>2</sup>) y criterios de exclusión ser fumador crónico, tener enfermedades del pulmón, infecciones torácicas de vias aéreas superiores e inferiores en el año anterior, enfermedades neuromusculares, deformidades, y IMC > 30 kilos/m<sup>2</sup>. La investigación fue aprobada por el Comité de Ética del Centro Universitario São Camilo; los voluntarios firmaron el Término de Consentimiento Previo, Libre e Informado. Utilizamos un manovacuómetro Gerar, bocales, traqueas y abrazaderas nasales plásticas. Observamos en los resultados de la comparación de las medias de los diferentes métodos  $p < 0.001$  de P<sub>Imax</sub> y de P<sub>E<sub>max</sub></sub>. La medio de P<sub>Imax</sub> con VR y de CRF fue, respectivamente, 96.10 y 78.78 cm H<sub>2</sub>O, con una desviación estándar de respectivamente 32.70 y 27.50 cm H<sub>2</sub>O. Entre P<sub>E<sub>max</sub></sub> con CPT y CRF, fueran notadas, respectivamente, una media de 115.37 y 93.90 cm H<sub>2</sub>O, con una desviación estándar de, respectivamente, 37.95 y 33.08 cm H<sub>2</sub>O. Hubo una diferencia significativa en los valores de P<sub>Imax</sub> con CRF y VR y de los de P<sub>E<sub>max</sub></sub> con CRF y CPT, y el método basado en CRF subestima la P<sub>Imax</sub> en lo referente a la medida hecha con VR, así como subestima P<sub>E<sub>max</sub></sub> en lo referente a CPT. Concluimos que un método no puede substituir el otro sin la pérdida de información.

**PALABRAS LLAVE:** Respiración con presión positiva. Respiración con presión positiva intermitente. Capacidad inspiratoria.

\* Fisioterapeuta. Especialista em Fisioterapia em Pneumologia pela UNIFESP e em Gerontologia pela FMUSP. Fisioterapeuta da Clínica Harmonização Corpo e Mente.

\*\* Fisioterapeuta.

\*\*\* Mestre em Ciências da Saúde pela UNIFESP. Docente do Centro Universitário São Camilo e do curso de Especialização em Fisioterapia Respiratória-UNIFESP. E-mail vanli@terra.com.br

## Introdução

A mensuração das pressões máximas consiste em um método não-invasivo muito utilizado para avaliar a capacidade de força dos músculos inspiratórios (denominada como Pressão inspiratória máxima – Pimax) e músculos expiratórios (denominado como Pressão expiratória máxima – Pemax), sendo uma importante ferramenta na prática clínica da fisioterapia. Estas pressões podem ser mensuradas de duas formas distintas com auxílio de um manovacuômetro. A Pimax costuma ser medida a partir da posição de expiração máxima, quando o volume de gás contido nos pulmões é o volume residual ( $P_{\text{imax}_{\text{VR}}}$ ), podendo ser realizada também a partir do final de uma expiração calma, quando o volume de gás contido nos pulmões é a capacidade residual funcional ( $P_{\text{imax}_{\text{CRF}}}$ ). A Pemax é geralmente medida a partir da posição de inspiração máxima, quando o volume de gás contido nos pulmões é a capacidade pulmonar total ( $P_{\text{emax}_{\text{CPT}}}$ ), mas também pode ser medida a partir do final de uma expiração calma ( $P_{\text{emax}_{\text{CRF}}}$ ) (Souza, 2002).

Esses valores pressóricos apresentam grande importância para quantificar a progressão da fadiga muscular em pacientes que apresentam doenças neuromusculares e na adaptação funcional desses músculos quando um indivíduo é submetido à ventilação mecânica auxiliando, desta forma, no desmame de cada paciente (Byrd, Hyatt, 1968). De acordo com diversos autores uma extubação com sucesso é obtida apenas quando o paciente consegue gerar valor de Pimax maior que  $-30 \text{ cmH}_2\text{O}$  (Jardim, 1985; Clanton, Diaz, 1995).

Pesquisas que se propõem avaliar esses valores em indivíduos normais já vêm sendo realizada desde de 1969 por Black, Hyatt

(1969), no qual esses autores aferiram Pimax e Pemax em 120 pessoas (60 homens e 60 mulheres) de 20 a 74 anos de idade, observando uma redução desses valores em ambos os sexos com idade superior a 55 anos.

Pelo fato de existir dois métodos distintos para obter os valores das pressões respiratórias, este trabalho tem como objetivo analisar se há ou não diferença nos valores obtidos pelas mensurações da Pimax (a partir do VR e CRF) e da Pemax (mensuradas a partir da CPT e CRF).

## Métodos

Foram recrutados 41 indivíduos voluntários, tendo como critério de inclusão faixa etária de 20-59 anos, ambos os sexos e índice de massa corpórea (IMC) 18 a  $29,9 \text{ kg/m}^2$ . Os critérios de exclusão incluíam tabagistas, sujeitos com doenças pulmonares crônicas, infecções de vias aéreas superiores e inferiores no último ano, doenças neuromusculares, deformidades torácicas e  $\text{IMC} > 30 \text{ kg/m}^2$ . A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética do Centro Universitário São Camilo e os voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. O aparelho utilizado para a mensuração das pressões foi da marca Gerar (escala 0 a  $+300 \text{ cmH}_2\text{O}$  para Pemax e escala de 0 a  $-300 \text{ cmH}_2\text{O}$  para Pimax). Além do aparelho, foram utilizados bocais, traquéias e clamp nasal de plástico.

As mensurações foram realizadas em dias consecutivos sendo sorteada (por sorteio simples) a forma inicial da medida (a partir da CRF ou do VR e da CPT), sempre no mesmo horário, e foram realizadas três manobras para cada método de mensuração em cada dia, sendo anotada a de maior valor. Os voluntários eram posicionados em cadeiras formando ângulo de  $90^\circ$  com a

articulação coxo-femoral, e durante o exame foi realizada a oclusão nasal. Eram orientados pelo mesmo fisioterapeuta, com utilização de comandos verbais simples. Cada esforço inspiratório ou expiratório foi realizado com um intervalo de 45 segundos a cada manobra.

A  $P_{\text{imax}_{\text{CRF}}}$  foi realizada a partir de uma expiração calma, sendo que a pessoa submetida ao teste teve que ser orientada a realizar um gesto, previamente combinado, no momento em que chegasse no final da expiração solicitada, para que neste instante o examinador fechasse o orifício do manovacuômetro. Logo em seguida o voluntário realizava um esforço inspiratório máximo contra a via aérea ocluída, obtendo-se assim a Pimax a partir da CRF.

Enquanto que a  $P_{\text{imax}_{\text{VR}}}$  foi adquirida após uma expiração máxima e, no final da expiração solicitada, o indivíduo executava uma inspiração forçada, obtendo-se a Pimax a partir do VR.

Cada esforço inspiratório máximo foi mantido durante dois a três segundos, segundo citação de Souza<sup>6</sup>, que alega que durante o primeiro segundo do esforço inspiratório máximo a pressão é frequentemente instável, podendo alcançar valores muito elevados, e ao término do primeiro segundo, a pressão tende a se manter estável (pressão platô), assumindo valor inferior ao do pico de pressão mais elevado.

Essas duas formas de medidas da Pimax apresentam valores negativos e são expressos em centímetros de água ( $\text{cmH}_2\text{O}$ ).

Para mensurar a Pemax a partir da CRF foi solicitado que o voluntário realizasse uma expiração calma chegando, desta forma, à capacidade residual funcional e, no momento em que o indivíduo realizasse o gesto previamente combinado, o examinador fechava o orifício do aparelho, e o voluntário deveria

executar um esforço expiratório máximo.

Na  $P_{max_{CPT}}$  foi realizado uma inspiração máxima, atingindo sua capacidade pulmonar total, efetuando logo em seguida um esforço expiratório máximo obtendo-se a  $P_{max}$  a partir da CPT. Sendo que todos os valores obtidos das pressões expiratórias são representados por números positivos e habitualmente expostos em  $cmH_2O$ .

O tempo expiratório alcançado para cada indivíduo foi mantido por um a três segundos, pois períodos mais prolongados podem causar síncope devido à redução do débito cardíaco causado pela elevação da pressão intratorácica (Souza, 2002).

Para obter os resultados deste trabalho foi realizada uma análise descritiva e uma análise inferencial dos dados coletados.

A análise descritiva consiste na descrição geral dos dados da pesquisa em questão. Para tanto, calculam-se medidas-resumo e confeccionam-se gráficos adequados à natureza e nível de mensuração das variáveis estudadas. Tais procedimentos visam a ilustrar os resultados obtidos, bem como fornecer elementos para enriquecer e facilitar a tomada de conclusões ao final do trabalho.

A análise inferencial é utilizada para se avaliar a concordância entre as medidas obtidas pelos diferentes métodos considerados calculam-se coeficientes de correlação intraclasses, constroem-se gráficos, comparam-se as médias dos dois métodos pelo teste t de Student para amostras relacionadas e aplica-se o teste do sinal para verificar possíveis tendências a sub ou superestimação de um método em relação ao outro.<sup>6</sup>

## Resultados

Mensuramos as pressões respiratórias máximas de 41 voluntários

sendo que os maiores valores obtidos durante as manobras realizadas foram selecionadas. A partir desses dados realizamos a análise descritiva e inferencial.

Com os valores obtidos da  $P_{max}$  mensurados pelo VR e pela CRF e o valor da  $P_{max}$  a partir da CPT e CRE, pôde-se obter as médias, desvio-padrão, assimetria e curtose das mensurações (Tabela 1). Puderam-se obter as médias, desvio-padrão, assimetria e curtose, descritos na tabela 1. As médias das pressões para cada tipo de mensuração, assim como seu respectivo valor máximo e mínimo foram distribuídos nas Figuras 1 e 2.

A comparação entre as médias obtidas nos diferentes métodos (teste T-Student) e, os resultados

da avaliação de viés nas medidas obtidas pelos diferentes métodos apresentaram diferença significativa ( $p < 0,001$ ), tanto para a  $P_{max}$  quanto para a  $P_{max}$ .

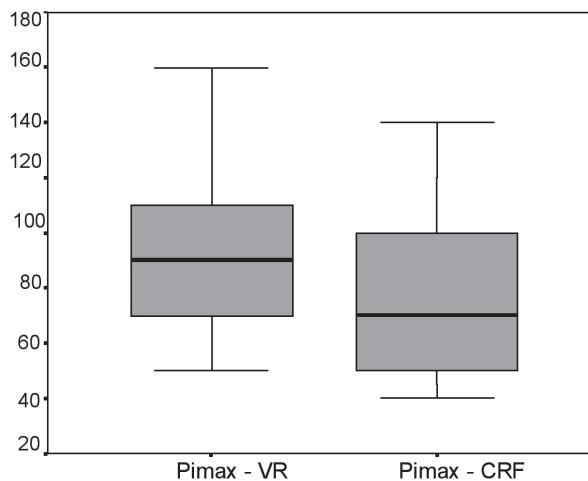
Os resultados acima permitem afirmar que há moderada concordância entre os métodos de avaliação das pressões inspiratória e expiratória (visto que o coeficiente deve estar o mais próximo do número 1).

De acordo com a análise estatística podemos observar que existe uma moderada concordância entre os métodos de avaliação, sendo que o método CRF subestima a Pressão Inspiratória Máxima em relação ao Volume Residual assim como o método CRF subestima a Pressão Expiratória Máxima em relação à Capacidade Pulmonar Total.

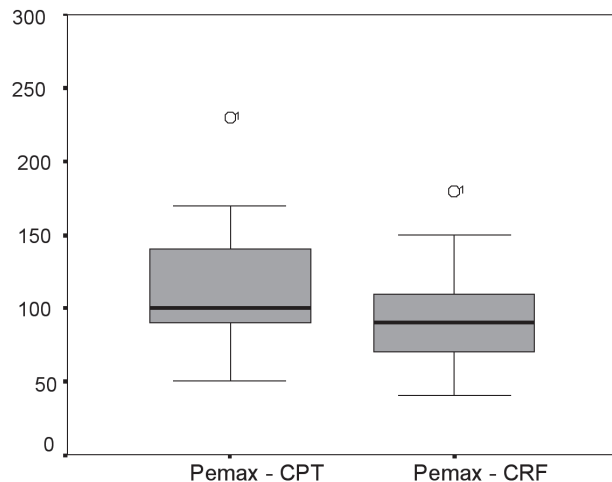
**Tabela 1. Medidas descritivas das variáveis abordadas no estudo.**

	<b>Pimax - VR</b>	<b>Pimax - CRF</b>	<b>Pemax - CPT</b>	<b>Pemax - CRF</b>
Média	96,10	78,78	115,37	93,90
Desvio-padrão	32,70	27,50	37,95	33,08
Mínimo	50,00	40,00	50,00	40,00
Máximo	160,00	140,00	230,00	180,00
Assimetria	0,52	0,61	0,65	0,40
Curtose	-0,89	-0,63	0,59	-0,22

**Figura 1. Distribuição dos pacientes quanto a Pressão Inspiratória Máxima obtida nos diferentes métodos.**



**Figura 2. Distribuição dos pacientes quanto a Pressão Expiratória Máxima obtida nos diferentes métodos.**



**Tabela 2. Coeficientes de correlação intraclass calculados para as variáveis do estudo.**

	Coeficiente	Intervalo de confiança	
Pimax	0,64	0,42	0,79
Pemax	0,67	0,64	0,90

## Discussão

Na literatura existem controvérsias em relação aos valores normais de Pimax e Pemax. Segundo Azevedo (2002) a força muscular inspiratória máxima (correspondente a Pimax), tem seu valor normal em um adulto jovem na faixa de -90 a -102 cmH<sub>2</sub>O e a força muscular expiratória máxima (correspondente a Pemax), tendo seu valor normal em um adulto jovem na faixa de aproximadamente +100 a +150 cmH<sub>2</sub>O.

O valor do IMC, que é determinado a partir da fórmula representada pelo *peso* (Kg) sobre a *altura*<sup>2</sup> do indivíduo (*metros*) (IMC = peso/altura<sup>2</sup>), foi aplicado de acordo com alguns autores que evitam mensurar as Pimax e Pemax na posição sentada quando o indivíduo apresenta grande excesso de peso (IMC igual ou maior que 35 kg/m<sup>2</sup>), mas

estes não justificaram tal atitude nem esclareceram qual a posição a ser utilizada nesse caso (Souza, 2002).

Harik-Khan et al (1998) em seu estudo, descrevem que o peso tem efeito positivo sobre a Pimax devido a relação deste com o comprimento dos diferentes grupos musculares em isometria afetando assim a massa muscular diafragmática.

Segundo Guyton, Hall (1997) o peso corporal, que reflete a massa corporal, geralmente não afeta as variáveis espirométricas (quando o sexo e a estatura são considerados) a menos que o indivíduo apresente obesidade grau II. Este também relata que distúrbios do tipo restritivo podem ser atribuídos a certos graus de obesidade e valores baixos de IMC podem resultar em redução da CRF.

Portanto não incluímos em nossa pesquisa sujeitos que apre-

sentassem classificação do estado nutricional de Magreza Grau I, II ou III, nem Obesidade Grau I, II ou III.

Na literatura há diversos artigos que discutem os diferentes fatores que podem estar correlacionados com as possíveis variações das pressões respiratórias máximas, porém, grande parte desses estudos adquire estas medidas a partir da CPT e VR.

Muitos autores relatam que há uma variabilidade destes valores de acordo com o sexo, idade, altura e o peso de cada indivíduo. É observado que os homens apresentam Pemax e Pimax significativamente maiores do que nas mulheres (Souza, 2002; Harik-Khan, Wise, Fozard, 1998; Camelo, Terra Filho, Manço, 1985; Hautmann et al, 2000; Leech et al, 1983; Wilson et al, 1984), sendo que as pressões respiratórias máximas alcançam valores máximos em adultos jovens declinando progressivamente com o decorrer da idade (Harik-Khan, Wise, Fozard, 1998; Vincken, Ghezzi, Cosio, 1987; Fiz et al, 1998). Estes fatores estariam correlacionados devido às diferenças de dimensões corporais entre os sexos, sendo que o homem apresenta, na maioria das vezes, força muscular respiratória maior e valores de CRF, CPT e VR (avaliados no teste de função pulmonar) superior aos encontrados nas mulheres (Pande et al, 1998; Neder et al, 1990). Com relação a idade ocorre uma mudança da elasticidade pulmonar, da caixa torácica e diminuição da massa e força muscular, podendo alterar os valores das pressões respiratórias (Harik-Khan, 1998; Vincken et al, 1987).

A ventilação pulmonar ocorre em resposta aos gradientes de pressões criados pela expansão e contração torácica. A inspiração inicia-se a partir do esforço muscular, que trabalha para vencer forças determinadas pela complacência e a resistência pulmonar e torácica, expandindo o tórax.

No momento em que a pressão alveolar atinge um equilíbrio com a pressão atmosférica ocorre uma diminuição do fluxo inspiratório e a pressão alveolar retorna ao zero, porém a pressão pleural continua a diminuir até o final da inspiração. No final da inspiração, devido ao aumento da pressão pleural, o gradiente de pressão transpulmonar atinge o seu valor máximo (Scanlan et al, 2000; West, 2002).

Inicia-se neste instante a expiração, que se caracteriza por ser uma manobra passiva. Durante essa fase há uma retração do tórax e a pressão pleural, que antes estava diminuída, começa a aumentar. Com o aumento da pressão pleural, o gradiente da pressão transpulmonar se estreita e os alvéolos começam a desinsuflar. À medida que os alvéolos vão desinsuflando, a pressão alveolar ultrapassa a da abertura das vias aéreas e o ar que estava dentro dos alvéolos e transportado para a abertura das vias aéreas. Quando a pressão alveolar atinge o nível da pressão atmosférica, o fluxo cessa e um novo ciclo começa (Scanlan et al, 2000; West, 2002).

A complacência e a resistência pulmonar e torácica são fatores que se opõem à insuflação pulmonar. A complacência mensura a distensibilidade do pulmão, enquanto a elastância é a propriedade de resistência à deformação. Portanto, podemos concluir que quanto maior a elastância menor será a capacidade de complacência pulmonar (Reid, Dechman, 1995).

Existem dois tipos de complacência: a complacência pulmonar e a complacência da parede torácica. A complacência pulmonar é mensurada sob condições estáticas, ou seja, sem fluxo aéreo (pressão alveolar igual a zero), e é determinada através da alteração de volume dividido pela alteração do gradiente de pressão transpulmonar. A complacência da parede

torácica corresponde à insuflação e a desinsuflação pulmonar de acordo com alterações nas dimensões da parede torácica (Scanlan et al, 2000; West, 2002).

No repouso, as forças da parede torácica e dos pulmões estão equilibradas. A tendência da parede torácica expandir é contrabalançada pela força contrátil dos pulmões, e é exatamente esse equilíbrio de forças que determina o volume pulmonar de repouso (CRF), sendo que este volume corresponde, aproximadamente, 40% da CPT (Souza, 2002; Scanlan et al, 2000; West, 2002; Dias, Soares, Jardim, 2001).

Tanto a parede torácica como os pulmões possuem propriedades elásticas, porém estas se apresentam de maneiras distintas. As propriedades elásticas da parede torácica são decorrentes dos ossos e músculos, ao contrário dos pulmões os quais somente colapsam. A parede torácica pode retrair tanto para fora quanto para dentro, a direção do movimento só irá depender do volume da insuflação pulmonar (Scanlan et al, 2000; West, 2002).

Contudo, no instante em que o indivíduo executa as manobras de mensuração da P<sub>max</sub> e P<sub>imax</sub>, estes valores obtidos não dependerão somente da força dos músculos respiratórios, mas também do volume pulmonar em que foram feitas as mensurações e do correspondente valor da pressão de retração elástica do sistema respiratório, que resulta da soma das pressões de retrações elásticas dos pulmões e da caixa torácica (Souza, 2002; Lausted et al, 2006).

Uma das propriedades das fibras musculares nos diz que a maior força exercida por uma fibra muscular ocorre quando a mesma se encontra no seu maior comprimento, portanto podemos correlacionar esta informação com a força con-

trátil dos músculos expiratórios e inspiratórios durante a realização dos movimentos executados na mensuração das pressões respiratórias máximas.

Há uma equação que se enquadra adequadamente neste caso representada pela lei de Laplace. Esta equação declara que a pressão de uma esfera é proporcional ao dobro da tensão e densidade da parede de um cilindro e inversamente proporcional ao raio de sua curvatura ( $P = \frac{2T}{r}$ ). Portanto, podemos dizer que a lei de Laplace pode ser aplicada ao sistema respiratório no momento em que correlacionamos o posicionamento do músculo diafragma, logo abaixo do pulmão, com o seu formato de curvatura um pouco esférica. O volume pulmonar aumenta a medida em que este músculo se contrai tornando-se mais plano, aumentando conseqüentemente o seu comprimento de raio, uma vez que a tensão e densidade do tecido permanecem a mesma ( $P = 1/V$ ). Já os músculos abdominais apresentam características diferentes pensando no seu formato cilíndrico, no qual estes se tornam mais planos a medida em que se é fornecido baixos volumes ( $P = V$ ), aplicando a equação de Laplace podemos dizer que essas pressões mais elevadas devem ser desempenhadas por altos volumes (Lausted et al, 2006).

Quando solicitamos para que um indivíduo inspire profundamente até chegar a sua CPT, estamos exercendo a maior força contrátil dos músculos expiratórios (músculos abdominais), em contra partida, quando se pede para que um indivíduo expire até chegar ao seu VR estamos exercitando a força contrátil mais elevada dos músculos inspiratórios (sendo um dos maiores responsáveis o diafragma). Não esquecendo do recrutamento dos intercostais que em grande parte auxilia na manutenção da postu-

ra estabilizando a parede torácica e impedindo a protrusão ou a retração intercostal durante grandes alterações da pressão intratorácica (Reid, Dechman, 1995; Lausted et al, 2006).

No entanto, quando o sistema respiratório está no VR a caixa torácica tende a retornar automaticamente a CRF, e isso ocorre devido a geração de uma pressão negativa somada a contração dos músculos inspiratórios. Exatamente o oposto ocorre quando o volume pulmonar corresponde a CPT, ou seja, a pressão expiratória gerada pelos músculos expiratórios é máxima, pois está associada a pressão positiva decorrente da força de retração da caixa torácica tendendo a retornar a CRF (Dias, Soares, Jardim, 2001; Rochester, 1988).

A pressão de retração elástica do pulmão é nula quando o volu-

me de ar contido nos pulmões se apresenta na CRF, considerado o ponto de repouso do sistema respiratório. Isto significa que o sistema respiratório se encontra em posição de equilíbrio, não tendendo nem a expandir-se, nem a retrair-se. No entanto, quando os volumes pulmonares estão acima da CRF, como é o caso da CPT, o valor de pressão retração elástica é positiva, ou seja, o sistema tende a expandir-se, produzindo a inspiração (Souza, 2002).

Relacionando essas informações com os resultados deste trabalho, percebemos que houve uma menor diferença da Pimax aferida à partir dos métodos entre a CRF e VR, porém na mensuração da Pemax houve grande diferença nos resultados entre a CRF e CPT. Esse resultado também foi observado por Rochester<sup>23</sup>, porém Bruschi et

al.<sup>24</sup> verificaram que a diferença só existe para a Pemax, e afirma que não houve diferença significativa em seus valores médios encontrados na Pimax.

Com base no estudo concluímos que tanto os valores de Pimax quanto de Pemax obtidos pela CRF subestimam os valores adquiridos, respectivamente, pela VR e CPT, sendo que um método não pode substituir o outro sem perda de informações. Uma vez escolhido um dos tipos de mensuração devemos padronizá-lo e sempre aplicá-lo da mesma forma para que não ocorra viés nos dados a serem obtidos.

## Agradecimentos

Aos amigos e colabores que nos ajudaram a tornar realidade este trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Altman D. Practical statistics for medical research. London: Chapman & Hall; 1997.
- Azeredo CAC. Fisioterapia respiratória moderna. 4ª. ed. São Paulo: Manole; 2002.
- Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis.* 1969;99(5):696-702.
- Bruschi C, Cerveri I, Zoia MC, Fanfulla F, Fiorentini M, Casali L et al. Reference values of maximal respiratory mouth pressures: a population-based study. *Am Rev Respir Dis.* 1992;146(3):790-3.
- Byrd RB, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures in chronic obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis.* 1968;98(5):848-56.
- Camelo JS, Terra Filho J, Manço JC. Pressões respiratórias máximas em adultos normais. *J Pneumol.* 1985;11(4):181-4.
- Clanton LT, Diaz PT. Clinical assessment of the respiratory muscles. *Phys Ther.* 1995;75(11):983-95.
- Dias AS, Soares PRD, Jardim JRB. Fisioterapia respiratória para o paciente pneumológico. In: Silva LCC. *Condutas em pneumologia.* Rio de Janeiro: Revinter; 2001. v.2, p.901-16.
- Fiz JA, Romero P, Gomez R, Hernandez MC, Ruiz J, Izquierdo J et al. Indices of Respiratory Muscle Endurance in Healthy Subjects. *Respiration.* 1998;65(1):21-7.
- Guyton AC, Hall JE. Tratado de fisiologia médica. 9ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1997. p.433-52.
- Harik-Khan RI, Wise RA, Fozard JL. Determinants of maximal inspiratory pressure – the Baltimore longitudinal study of aging. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998;158(5 Pt 1):1459-64.
- Hautmann H, Hefele S, Schotten K, Huber RM. Maximal inspiratory mouth pressure (PIMAX) in healthy subjects – what is the lower limit of normal? *Respir Med.* 2000;94(7):689-93.
- Jardim JRB. Pressões respiratórias, quando passaremos a usá-las? *J Pneumol.* 1985;11(4):11-2.
- Lausted CG, Johnson AT, Scott WH, Johnson MM, Coyne KM, Coursey DC. Maximum static inspiratory and expiratory pressures with different lung volumes. *BioMedical Engineering OnLine.* 2006;5(5):29.
- Leech JA, Ghezze H, Stevens D, Becklake MR. Respiratory pressure and function in young adults. *Am Rev Respir Dis.* 1983;128(1):17-23.

- Neder JA, Andreonil S, Castelo-Filho A, Nery LE. Reference values for lung function test. Static volumes. Braz J Med Biol Res. 1999;32(6):703-17.
- Pande JN, Verma SK, Singh SPN, Guleria R, Khilnani GC. Respiratory Pressures in normal Indian subjects. Indian J Chest Dis Allied Sci. 1998;40(4):251-6.
- Reid WD, Dechman G. Considerations when testing and training the respiratory muscles. Phys Ther. 1995;75(11):971-82.
- Rochester DF. Test of respiratory muscle function. Clin Chest Med. 1988; 9(2): 249-61.
- Scanlan GL et al. Fundamentos de terapia Respiratória de Egan. 1ª. ed. São Paulo: Manole; 2000. p.147-83.
- Souza RB. Pressões respiratórias máximas. J Pneumol. 2002;28(3):S155-65.
- Vincken W, Ghezzi H, Cosio MG. Maximal static respiratory pressures: normal values and their relationship to determinate of respiratory function. Bull Eur Physiopathol Respir. 1987;23(5):435-9.
- West JB. Fisiologia Respiratória. 6ª. ed. São Paulo: Manole; 2002. p.1-49.
- Wilson SH, Cooke SH, Edwards RH, Spiro SG. Predicted normal values for maximal respiratory pressures in Caucasian adults and children. Thorax. 1984;39(7):535-8.
- 

---

*Recebido em 5 de fevereiro de 2008*  
*Versão atualizada em 29 de fevereiro de 2008*  
*Aprovado em 28 de março de 2008*