

# Avaliação da frequência cardíaca à medida de pressão expiratória máxima estática e à manobra de Valsalva em jovens saudáveis\*

Heart rate assessment during maximal static expiratory pressure and Valsalva maneuver in healthy young men

Vinicius Minatel, Marlus Karsten, Laura M. T. Neves, Thomas Beltrame, Audrey Borghi-Silva, Aparecida M. Catai

## Resumo

**Contextualização:** A medida de pressão expiratória máxima (PEmáx) possui algumas contraindicações, pois acredita-se que as respostas obtidas nessa medida são similares às respostas encontradas na manobra de Valsalva (MV). **Objetivos:** O objetivo principal é avaliar a resposta da frequência cardíaca (FC) durante a medida da PEmáx e da MV em jovens saudáveis, em diferentes posturas, para identificar se e em qual condição a PEmáx reproduz as respostas obtidas na MV e, adicionalmente, estimar o trabalho realizado nas manobras. **Método:** Doze jovens saudáveis foram avaliados, orientados e familiarizados com as manobras. A MV foi composta por um esforço expiratório (40 mmHg) durante 15 segundos contra um manômetro. A PEmáx foi executada segundo a *American Thoracic Society*. Ambas as medidas foram realizadas nas posturas supino e sentado. Para a análise da variação da frequência cardíaca ( $\Delta FC$ ), índice de Valsalva (IV), índice da PEmáx (IPEmáx) e o trabalho estimado das manobras ( $W_{total}$ ,  $W_{isotime}$ ,  $W_{total}/\Delta FC_{total}$  e  $W_{isotime}/\Delta FC_{isotime}$ ), utilizou-se ANOVA *two-way* com post-hoc de Holm-Sidak ( $p < 0,05$ ). **Resultados:** A  $\Delta FC$  durante as manobras não foi influenciada pelas posturas; entretanto, durante a MV, a  $\Delta FC$  e os valores do IV foram maiores (supino:  $47 \pm 9$  bpm,  $2,3 \pm 0,2$ ; sentado:  $41 \pm 10$  bpm,  $2,0 \pm 0,2$ , respectivamente) do que a  $\Delta FC$  e os valores de IPEmáx observados durante a PEmáx (supino:  $23 \pm 8$  bpm,  $1,5 \pm 0,2$ ; sentado  $24 \pm 8$  bpm,  $1,6 \pm 0,3$ , respectivamente) ( $p < 0,001$ ). Os trabalhos estimados das manobras foram estatisticamente diferentes ( $p < 0,001$ ) entre elas, exceto para o  $W_{total}/\Delta FC$ . **Conclusões:** Nas condições estudadas, a PEmáx não reproduz as respostas da FC observadas durante a MV em jovens saudáveis.

**Palavras-chave:** manobra de Valsalva; músculos respiratórios; frequência cardíaca; sistema nervoso autônomo; postura; fisioterapia.

## Abstract

**Background:** The measure of the maximal expiratory pressure (MEP) has some contraindications, as it is believed that the responses obtained in this measure are similar to the Valsalva maneuver (VM). **Objective:** The main purpose of this study was to evaluate the heart rate responses (HR) during the MEP and the VM measures in healthy young men into different postures aiming to identify whether and in which situation the MEP reproduces the responses obtained in the VM. Additionally we aim to estimate the workload realized during the maneuvers. **Method:** Twelve healthy young men were evaluated, instructed and familiarized with the maneuvers. The VM was characterized by an expiratory effort (40 mmHg) against a manometer for 15 seconds. The MEP measure has been performed according to the American Thoracic Society. Both measures were performed at sitting and supine positions. ANOVA two-way with Holm-Sidak post-hoc test ( $p < 0.05$ ) was used to analyse the heart rate variation ( $\Delta HR$ ); Valsalva index (VI); MEP index (MEPI), and the estimated workload of the maneuvers ( $W_{total}$ ,  $W_{isotime}$ ,  $W_{total}/\Delta HR_{total}$  and  $W_{isotime}/\Delta HR_{isotime}$ ). **Results:** The  $\Delta HR$  during the maneuvers was not influenced by the supine and sitting positions. However, the  $\Delta HR$  during the VM and VI were higher (supine:  $47 \pm 9$  bpm,  $2.3 \pm 0.2$ ; sitting:  $41 \pm 10$  bpm,  $2.0 \pm 0.2$ , respectively) than  $\Delta HR$  during the MEP and MEPI values (supine:  $23 \pm 8$  bpm,  $1.5 \pm 0.2$ ; sitting  $24 \pm 8$  bpm,  $1.6 \pm 0.3$ , respectively) ( $p < 0.001$ ). The estimated workload of the maneuvers was statistically different ( $p < 0.001$ ) between the maneuvers, except to  $W_{total}/\Delta HR$ . **Conclusions:** In the studied conditions the MEP does not reproduces the HR response observed in the VM in healthy young men.

**Keywords:** Valsalva maneuver; respiratory muscle; heart rate; autonomic nervous system; posture; physical therapy.

**Recebido:** 21/12/2011 – **Revisado:** 02/04/2012 – **Aceito:** 23/04/2012

## Introdução

As medidas de pressão inspiratória máxima (PImáx) e pressão expiratória máxima (PEmáx) são extensivamente usadas na prática clínica fisioterápica como parâmetro de avaliação indireta da força dos músculos respiratórios em pacientes com doenças neuromusculares<sup>1</sup>, cardiopulmonares<sup>2,3</sup> e/ou metabólicas<sup>4</sup>. Nessas situações, as medidas de PImáx e PEmáx também são utilizadas como parâmetro de prescrição para o treinamento de força e resistência muscular respiratória<sup>5-8</sup>. Além disso, essas medidas também são usadas como parâmetro preditivo de sucesso na descontinuação da ventilação mecânica<sup>8-10</sup>.

Apesar da importância clínica dessas medidas, existem diversas contraindicações absolutas e relativas ao seu emprego<sup>8,11</sup>. A justificativa para a contraindicação da medida PEmáx, que é uma manobra executada a partir de uma inspiração máxima (capacidade pulmonar total) seguida de um esforço expiratório contra a via aérea ocluída, está relacionada com a semelhança dessa medida com a manobra de Valsalva (MV)<sup>7,8,12</sup>. A realização do esforço expiratório durante a PEmáx por períodos de tempo maiores que 3 segundos pode levar a alterações cardiovasculares semelhantes às da MV, como: diminuição do débito cardíaco<sup>8</sup>, do retorno venoso, da circulação pulmonar e do fluxo coronariano<sup>13-15</sup>.

A MV é um teste utilizado para avaliar a função do sistema nervoso autônomo (SNA). O conjunto de respostas que ocorrem durante e após a sua execução já foram amplamente descritas na literatura<sup>14-16</sup>. As respostas cardiovasculares decorrentes da MV são mediadas pelo SNA e variam de acordo com a ativação e/ou inibição simpática e parassimpática. Esse padrão dinâmico da atividade autônoma é determinado por diferentes estímulos, como respiração, contração muscular, estimulação de barorreceptores arteriais<sup>17</sup>, modificações posturais<sup>18-20</sup> e, clinicamente, pode ser mais facilmente investigado por meio da análise das respostas da frequência cardíaca (FC).

Embora haja semelhança entre a execução da PEmáx e da MV<sup>7,8,12</sup>, até o presente momento não são conhecidos estudos que tenham descrito o comportamento das respostas cardiovasculares observadas durante a execução da PEmáx em diferentes posturas. Assim, observa-se que a subutilização da PEmáx na prática clínica fisioterápica possa estar associada a possível similaridade entre o seu emprego e a MV<sup>7,8,12</sup>, sem que os reais efeitos da PEmáx sobre as respostas cardiovasculares sejam conhecidos. Dessa forma, a investigação da resposta da FC à PEmáx em jovens hígidos poderia contribuir primariamente para o conhecimento a respeito da segurança dessa técnica. Com isso, a avaliação dos músculos expiratórios poderá ser realizada com menor exposição dos sujeitos a riscos desnecessários.

Portanto, o objetivo principal do presente estudo foi avaliar a hipótese de que a execução da PEmáx em jovens saudáveis gera respostas da FC semelhantes às observadas durante a execução da MV, independente da postura adotada. Adicionalmente, visando caracterizar as manobras e fornecer subsídios para a interpretação dos seus resultados, foi estimado o trabalho realizado em cada manobra.

## Método

### Sujeitos

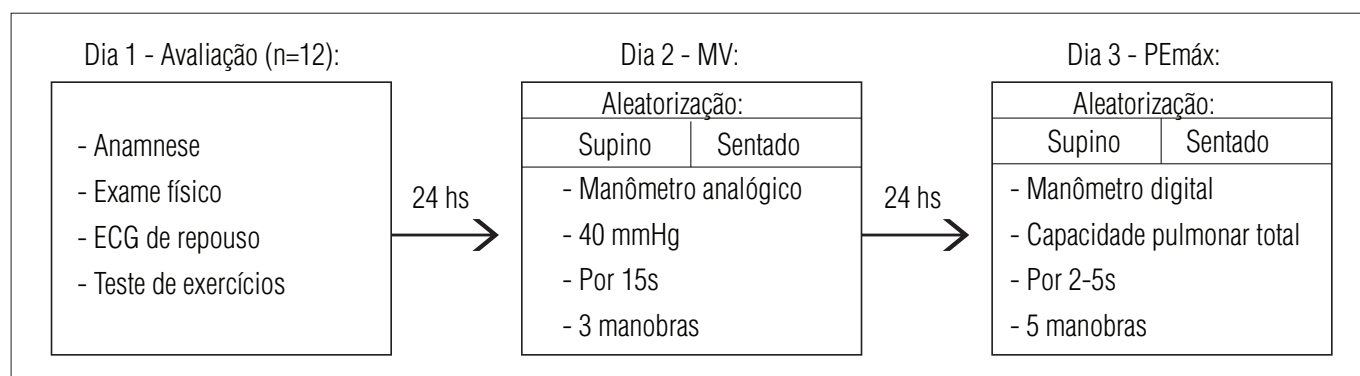
Participaram do estudo 12 voluntários saudáveis, do gênero masculino, na faixa etária de 20 a 29 anos e índice de massa corpórea (IMC) entre 18,5 e 29,9 kg/m<sup>2</sup>. Os voluntários foram informados e orientados a respeito dos procedimentos a que seriam submetidos e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP, Brasil (parecer nº 435/2008).

Os critérios de inclusão empregados foram ausência de doenças diagnosticadas, uso de medicamentos, drogas ilícitas ou hábito tabágico. Além disso, não deveriam apresentar alterações eletrocardiográficas em repouso e durante o teste de exercício clínico. Seriam excluídos os sujeitos que apresentassem desconforto durante a execução das manobras. No entanto, nenhum sujeito apresentou qualquer sinal ou sintoma compatível com a necessidade de exclusão do estudo.

### Procedimentos

A avaliação clínica, os testes e os procedimentos experimentais foram realizados no período vespertino, em dias alternados, com um intervalo de 24 horas, no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular – Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico – do Departamento de Fisioterapia, da UFSCar (Figura 1). Durante os experimentos, a temperatura ambiente (entre 22°C e 24°C) e a umidade relativa do ar (entre 40 e 60%) foram observadas e controladas para que não interferissem nos resultados dos testes. Os voluntários foram orientados a não ingerir bebidas alcoólicas e/ou estimulantes por, pelo menos, 12 horas antes do teste, evitar fazer exercícios extenuantes e ter um período de sono regular e com boa qualidade na noite que antecederesse a coleta de dados.

Previamente à participação no estudo, os voluntários foram submetidos a anamnese, na qual foram coletadas



**Figura 1.** Descrição dos procedimentos experimentais.

informações sobre dados pessoais, patologias prévias, fatores de risco para doença cardiovascular, hábito tabágico, uso de medicamentos e nível de atividade física, exame físico para identificar distúrbios osteomioarticulares, eletrocardiograma (ECG) de 12 derivações em repouso e teste de exercício físico (protocolo de Bruce). Além disso, foram realizados procedimentos de familiarização do voluntário com os equipamentos e protocolos, a fim de reduzir sua ansiedade e expectativa e promover o aprendizado da MV e da PEmáx. As manobras foram realizadas nas posturas supino, com o voluntário posicionado com os membros superiores e inferiores em extensão, e a cabeça fletida a 45°, e sentado, com o voluntário posicionado com o dorso apoiado no encosto da cadeira e os pés apoiados no chão, de modo que houvesse entre o tronco e as coxas um ângulo de aproximadamente 90°. Em ambas as posturas, os voluntários foram orientados a permanecer com suas peças de vestuário afrouxadas para que os movimentos respiratórios não fossem limitados.

## Manômetros

Os manômetros empregados no presente estudo (analógico e digital) foram previamente testados com relação à medida dos valores de pressão. Não se observou diferença entre os valores de pressão gerados em estudo piloto com os pesquisadores, o que permitiu o seu emprego. Para a coleta dos valores de pressão durante as manobras e controle visual da curva de pressão vs tempo pelos avaliadores, empregou-se um manômetro digital (MVD300, Globalmed, Brasil) conectado a um microcomputador (*software* MVD300, Globalmed, Brasil).

## Manobra de Valsalva

Para a execução da MV, utilizou-se um manômetro analógico (Dyasist, Brasil) conectado ao manômetro digital e à peça

bucal por meio de um tubo semirrígido. Os voluntários deveriam permanecer com as narinas ocluídas por um clipe nasal e com a peça bucal firmemente acoplada à boca, a fim de impedir o escape de ar, manter respiração espontânea (~15 rpm), realizar inspiração profunda antes da manobra e executar o esforço expiratório voluntariamente após receberem um sinal sonoro. Durante a MV, deveriam manter o esforço expiratório equivalente a 40 mmHg por um período de 15 segundos<sup>15,21,22</sup>. Essa manobra foi repetida três vezes, com um intervalo mínimo de cinco minutos entre elas, para que os valores basais de FC e PA fossem retomados. Para que fosse garantida a abertura da glote durante a execução da manobra, utilizou-se peça bucal com orifício<sup>15</sup>. Para avaliar a correta execução da MV, foram observados<sup>16,23</sup>: a) manutenção da pressão no manômetro; b) rubor facial; c) estase jugular no pescoço; d) movimentos da caixa torácica e e) elevação rápida da FC seguida de bradicardia. Os voluntários realizaram as manobras nas posturas supino e sentado, de forma aleatória.

## Pressão Expiratória Máxima (PEmáx)

As medidas de PEmáx foram realizadas com o emprego do manômetro digital e peça bucal com orifício de 2 mm<sup>7,8,24</sup>. Os voluntários foram instruídos a realizar inspiração profunda do volume residual à capacidade pulmonar total, manter as narinas ocluídas por um clipe nasal e a peça bucal firmemente acoplada à boca, a fim de impedir o escape de ar, manter respiração espontânea (~15 rpm) e executar o esforço expiratório voluntariamente após receberem um sinal sonoro. Foram realizadas cinco tentativas de esforço expiratório máximo, sendo que, pelo menos, três delas deveriam ser reprodutíveis, isto é, não poderiam diferir entre si mais do que 10%. O avaliado deveria sustentar o esforço expiratório por, pelo menos, dois segundos. Nesse período, o avaliador observava a curva gerada pelo esforço expiratório na tela do microcomputador (*software* MVD300, Globalmed, Brasil), a

fim de identificar a formação de um platô. O valor de pressão expiratória observado no primeiro segundo do platô após o pico de pressão de cada manobra foi anotado e comparado com os valores preditos para a população brasileira<sup>25</sup>. Caso o maior valor fosse observado na última tentativa, uma nova medida seria realizada, a fim de se excluir o efeito do aprendizado<sup>7,8,24</sup>. Entre as medidas, havia um intervalo de cinco minutos, de modo a reproduzir o procedimento empregado na MV. Para as medidas de PEmáx, a ordem das posturas adotadas foi definida aleatoriamente.

## Captação do iR-R

Para a captação dos intervalos entre duas ondas R (iR-R), utilizou-se um frequencímetro de pulso (S810i, Polar, Finlândia). Para garantir a qualidade do sinal, foram observados os sinais eletrocardiográficos captados por meio de um monitor cardíaco de um canal (TC-500, ECAFIX, São Paulo, SP, Brasil). Os eletrodos foram posicionados na derivação MC5, sendo que o polo negativo foi colocado no manúbrio esternal (M) e o polo positivo e o terra, na região do 5º espaço intercostal (C5), na linha axilar anterior esquerda e na direita, respectivamente. Previamente à execução dos protocolos experimentais, os indivíduos permaneciam em repouso durante 10 minutos para a estabilização dos sinais vitais (PA, FC e frequência respiratória) e, depois disso, eram iniciados os protocolos. A captação dos iR-R durante os procedimentos foi realizada da seguinte forma: 60 segundos em repouso; tempo de execução da manobra (15 segundos na MV e 5 segundos na PEmáx) e 300 segundos correspondentes ao período de recuperação, no qual os indivíduos deveriam retomar os valores basais de FC e PA.

## Análise dos dados

Os dados analisados foram  $FC_{\text{repouso}}$ , média dos valores de FC nos 60 segundos anteriores à execução de cada manobra;  $FC_{\text{pico}}$ , maior valor de FC obtido durante as manobras;  $FC_{\text{nadir}}$ , menor valor obtido após a interrupção das manobras;  $FC_{\text{recuperação}}$ , média dos 180 segundos finais do período de recuperação de cada manobra<sup>26</sup>; variação da frequência cardíaca ( $\Delta FC$ ), calculado pela diferença entre a  $FC_{\text{pico}}$  durante cada manobra e a  $FC_{\text{repouso}}$ <sup>16,27</sup>;  $\Delta FC_{\text{isotime}}$ , calculado pela diferença do valor de FC no terceiro segundo após a inspiração profunda e a FC média de repouso; os índices de Valsalva (IV)<sup>15,16,18,28,29</sup> e de PEmáx (IPEmáx), obtidos pela razão entre o maior iR-R do período de recuperação da manobra e o menor iR-R durante o pico da

manobra. O trabalho estimado ( $W$ ) das manobras foi calculado por meio da multiplicação dos valores de pressão expiratória observados nas manobras pelo tempo total ( $W_{\text{total}}$ ) ou por 3 segundos ( $W_{\text{isotime}}$ ). Para a avaliação dos valores de trabalho realizado proporcionalmente à  $\Delta FC$ , foram calculadas as razões  $W_{\text{total}}/\Delta FC_{\text{total}}$  e  $W_{\text{isotime}}/\Delta FC_{\text{isotime}}$ .

## Análise estatística

O cálculo amostral, baseado nos resultados da  $\Delta FC$  (MV: 35,80 bpm; PEmáx: 23,73 bpm e desvio-padrão de 9,78 bpm) obtidos no estudo piloto (n=5), com  $\beta=0,8$  e  $\alpha=0,05$ , sugeriu n=12 em cada grupo (MV e PEmáx). Para a análise estatística, utilizou-se o *software SigmaPlot 11.0* (Systat, USA, 2011), sendo empregado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade da distribuição dos dados e ANOVA *two-way* para medidas repetidas com post-hoc de Holm-Sidak para verificar o efeito das manobras e das posturas, sendo que o nível de significância adotado foi de 5%. Os dados estão apresentados como média e desvio-padrão.

## Resultados

A Tabela 1 apresenta a idade, os dados antropométricos dos voluntários e os valores de PEmáx obtidos e a porcentagem em relação aos valores preditos por Neder et al.<sup>25</sup>. Em relação ao índice de massa corpórea (IMC), inicialmente os sujeitos foram subdivididos de acordo com seu nível de IMC em eutróficos e sobrepesos e testada a influência dessa variável sobre o comportamento das respostas da FC. No entanto, como não houve diferença entre os subgrupos, todas as análises estatísticas foram realizadas considerando um único grupo.

Os valores da FC durante a execução das manobras são mostrados na Tabela 2. A Figura 2 ilustra o comportamento da FC observado durante as manobras. Houve diferença significativa entre as manobras para os valores de  $FC_{\text{pico}}$  e de  $FC_{\text{nadir}}$ . Entre as posturas, houve diferença nos valores de  $FC_{\text{repouso}}$ ,  $FC_{\text{nadir}}$  e  $FC_{\text{recuperação}}$ . Porém, quando comparadas as posturas intramanobras, foram observadas diferenças para os valores de  $FC_{\text{nadir}}$  e  $FC_{\text{recuperação}}$  na MV e de  $FC_{\text{repouso}}$  e  $FC_{\text{recuperação}}$  na PEmáx. Houve diferença significativa entre as manobras para os valores de  $\Delta FC$  e  $\Delta FC_{\text{isotime}}$ . Os índices IV e IPEmáx foram significativamente diferentes entre as manobras, com interação entre a postura e manobra. Na MV, o IV apresentou maiores valores na postura supino. Os valores de  $W_{\text{total}}$ ,  $W_{\text{isotime}}$  e a razão  $W_{\text{isotime}}/\Delta FC_{\text{isotime}}$  foram diferentes entre as manobras.

**Tabela 1.** Idade, dados antropométricos e valores de PEmáx obtidos e preditos nas posturas supino e sentado.

Sujeitos (n=12)	
Idade (anos)	25±2
Estatura (m)	1,78±0,06
Massa corpórea (kg)	78±9
Índice de massa corpórea (kg.m <sup>-2</sup> )	23,4±2,8
PEmáx predita* (cmH <sub>2</sub> O)	131±2
Supino	
PEmáx (cmH <sub>2</sub> O)	117±24
PEmáx (% predita)	89±18
Sentado	
PEmáx (cmH <sub>2</sub> O)	114±25
PEmáx (% predita)	87±19

\*Valores de PEmáx preditos por Neder et al.<sup>25</sup>.

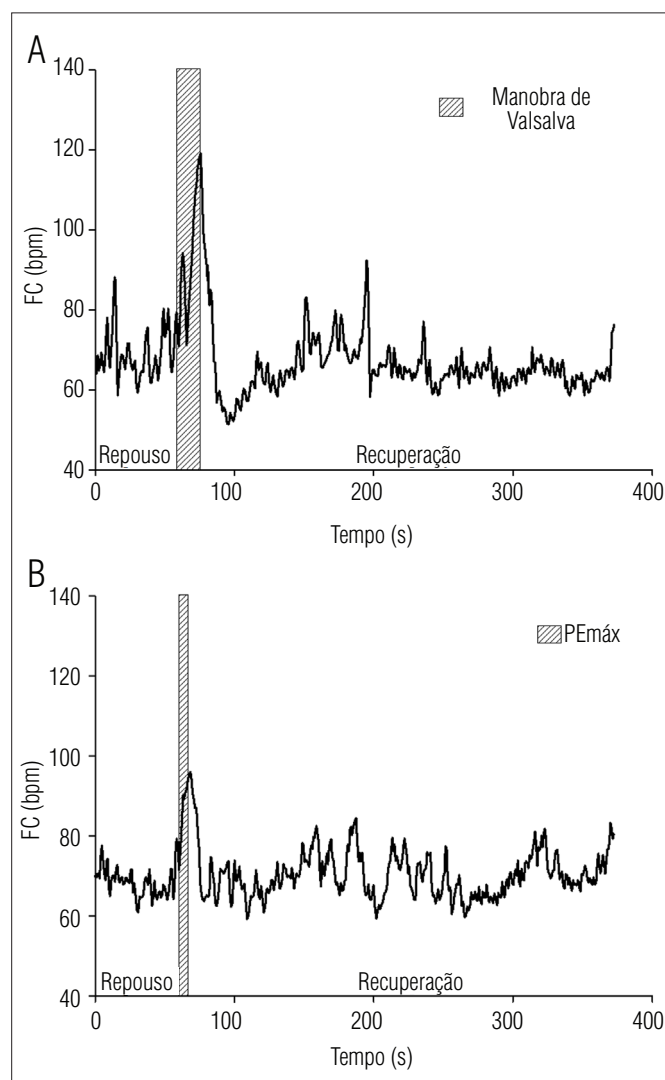
## Discussão

Os principais achados deste estudo são: a execução da PEmáx não reproduz as respostas da FC ( $\Delta FC$  e índices) observadas na MV. Os resultados referentes ao trabalho e suas razões mostram a influência do tempo de execução da manobra. Adicionalmente, as respostas da FC ( $\Delta FC$  e índices), do trabalho e suas razões não foram influenciadas pelas posturas estudadas.

## Frequência cardíaca

A resposta da FC pode ser influenciada por diversos fatores, como gênero, idade, características genéticas e antropométricas, alteração da postura corporal, nível de aptidão física etc.<sup>16,17,19,20</sup>. No presente estudo, a mudança postural influenciou o comportamento da FC<sub>repouso</sub>, FC<sub>nadir</sub> e FC<sub>recuperação</sub>, possivelmente devido às alterações na modulação simpática e parasimpática, promovidas pela mudança postural<sup>17,20,21</sup>.

Entretanto, durante a execução da MV, a FC é influenciada principalmente pela modulação autonômica, sendo que ela é responsável tanto pela fase de incremento rápido (retirada vagal sobre o nó sino atrial) quanto pela diminuição dos seus valores após interrupção da manobra (retomada da modulação vagal no nó sino atrial)<sup>17,20,21</sup>. Esses ajustes, associados aos ajustes da pressão arterial e da resistência vascular periférica, ocorrem em resposta à ativação dos barorreceptores arteriais (carotídeos e aórticos) e dos receptores cardiopulmonares<sup>14,15,22,23</sup>. Além disso, outros estudos mostram que a interação entre o reflexo simpático dos barorreceptores arteriais e o reflexo vagal, provavelmente desencadeado pelos receptores de estiramento pulmonar, é a responsável pelas ações cardiovasculares durante a MV<sup>14,22</sup>.

**Figura 2.** Padrão de resposta da FC batimento a batimento durante a execução das manobras de Valsalva (A) e da PEmáx (B).

No presente estudo, não se observou diferença nos valores dos índices (IV e IPEmáx) e  $\Delta FC$  entre as posturas supino e sentado. Nossos dados concordam com os de outros estudos, nos quais a influência da postura sobre a MV foi pesquisada<sup>14,19</sup>. Esses autores identificaram que a postura não interfere na FC e que a resposta da FC à MV é um mecanismo compensatório que ocorre a fim de evitar a hipotensão decorrente da diminuição do retorno venoso.

A importância do retorno venoso sobre as respostas da FC pode ser observada durante a execução da MV na postura supino. Nessa situação, foram encontrados os maiores valores de FC durante a manobra (116±9 bpm) e os menores valores de FC após a manobra (52±4 bpm), o que resultou em maiores valores de IV (2,3±0,2). Esse comportamento provavelmente decorre dos ajustes cardiovasculares necessários para manter o débito cardíaco durante e após a interrupção da manobra.

O aumento da FC durante a MV está acompanhado do aumento da resistência vascular periférica (RVP) em resposta à diminuição do retorno venoso e do enchimento do ventrículo esquerdo, devido ao aumento da pressão intratorácica. Com a interrupção da manobra, ocorre aumento do retorno venoso e da PA que, via barorreceptores, estimula a retomada vagal, levando à bradicardia acentuada<sup>14-16</sup>.

O IV é um parâmetro empregado na avaliação indireta da integridade do SNA, caracterizada por valores superiores a 1,4<sup>28</sup>. Os valores de IV obtidos neste estudo (supino: 2,3±0,2; sentado: 2,0±0,2) estão de acordo com os valores encontrados em outros estudos<sup>16,27,28</sup> e indicam que os indivíduos apresentam SNA íntegro. Embora não haja relato prévio na literatura sobre os valores de IPEmáx, nossos resultados (supino: 1,5±0,2; sentado: 1,6±0,3) mostraram valores menores em relação ao IV. Essa diferença (Tabela 2) provavelmente é decorrente da maior ativação simpática (aumento da FC e RVP) e parassimpática (retomada vagal) que ocorre em resposta às alterações hemodinâmicas provocadas pelo aumento da pressão intratorácica durante a MV<sup>14-16,22</sup>.

Outro resultado importante do presente estudo mostrou que a  $\Delta FC$  é maior durante a MV em relação à PEmáx, independente da postura empregada. A  $\Delta FC$  é influenciada pelos ajustes hemodinâmicos que ocorrem durante o esforço expiratório contra resistência, presentes nas manobras estudadas<sup>15,16,22</sup>. Durante a MV, esses ajustes parecem ocorrer em maior proporção do que nas medidas de PEmáx, provavelmente devido ao maior tempo de execução da manobra<sup>29</sup>. No presente estudo, o tempo de execução

da MV (15 segundos) foi aproximadamente quatro vezes maior do que nas medidas de PEmáx (4 segundos). Além do tempo de duração da manobra<sup>29</sup>, são necessárias outras pré-condições para que a resposta da FC seja semelhante à encontrada na MV, tais como alto volume pulmonar durante a manobra, baixa pressão expiratória e reatividade cardiovascular normal<sup>23</sup>.

Nesse sentido, Elghozi et al.<sup>30</sup> avaliaram as respostas cardiovasculares de tocadores de tuba que deveriam: a) tocar notas baixas, médias e altas por 15 segundos, e b) executar a MV nas pressões de 10, 40 e 60 mmHg pelo mesmo tempo. Durante a execução de notas altas, os tocadores de tuba apresentaram respostas similares às encontradas na MV (40 e 60 mmHg). Entretanto, quando tocavam notas baixas, as respostas cardiovasculares foram discretas, aproximando-se das respostas observadas na MV de 10 mmHg. A diferença existente entre a execução de notas altas e baixas é o padrão de fluxo expiratório adotado, sendo maior durante as notas baixas. O padrão de alto fluxo expiratório necessário para tocar as notas baixas é similar ao encontrado no esforço expiratório realizado durante as medidas de PEmáx.

Assim, embora os voluntários do presente estudo possuam reatividade cardiovascular normal (indicada pelos valores de IV)<sup>23</sup> e, previamente às medidas de PEmáx, tenham gerado altos volumes pulmonares (CPT), durante a execução dessas medidas, foram gerados valores de pressão expiratória elevados em períodos de tempo muito curtos. Essa característica, associada ao padrão de esforço expiratório de alto fluxo, provavelmente, é responsável pelo menor estresse intratorácico

**Tabela 2.** Respostas da frequência cardíaca, dos índices e de trabalho observados na manobra de Valsalva e na medida de PEmáx nas posturas supino e sentado.

	Manobra de Valsalva		PEmáx		P	p-values		
	Supino	Sentado	Supino	Sentado		M	I	
<b>Frequência Cardíaca</b>								
FC <sub>repouso</sub> (bpm)	70±10	72±8	65±4*	71±6	0,04	NS	NS	
FC <sub>pico</sub> (bpm)	116±9	113±13	89±9	95±10	NS	<0,001	NS	
FC <sub>nadir</sub> (bpm)	52±4*	57±5	58±5	59±4	0,03	0,002	NS	
FC <sub>recuperação</sub> (bpm)	67±7*	74±7	66±4*	75±5	<0,001	NS	NS	
<b>Varição da FC</b>								
$\Delta FC$ (bpm)	47±9	41±10	23±8	24±8	NS	<0,001	NS	
$\Delta FC_{isotime}$ (bpm)	25±11	19±8	15±5	15±4	NS	0,002	NS	
<b>Índices</b>								
IV ou IPEmáx	2,3±0,2	2,0±0,2*	1,5±0,2	1,6±0,3	NS	<0,001	0,002	
<b>Trabalho</b>								
W <sub>total</sub> (cmH <sub>2</sub> O.s)	810±37	805±33	389±111	438±156	NS	<0,001	NS	
W <sub>total</sub> / $\Delta FC_{total}$ (cmH <sub>2</sub> O.s.bpm <sup>-1</sup> )	18,0±3,5	21,4±8,0	19,3±10,0	19,5±7,6	NS	NS	NS	
W <sub>isotime</sub> (cmH <sub>2</sub> O.s)	162±8	161±7	350±73	341±75	NS	<0,001	NS	
W <sub>isotime</sub> / $\Delta FC_{isotime}$ (cmH <sub>2</sub> O.s.bpm <sup>-1</sup> )	7,3±1,9	9,9±3,9	27,2±15,5	25,9±11,5	NS	<0,001	NS	

Dados representados em média ± desvio-padrão. FC=frequência cardíaca;  $\Delta FC$ =variação da frequência cardíaca; IV=índice de Valsalva; IPEmáx=índice da PEmáx; W<sub>total</sub>=trabalho total; W<sub>isotime</sub>=trabalho isotime; W<sub>total</sub>/ $\Delta FC_{total}$ =razão do trabalho das manobras pela variação da frequência cardíaca total; W<sub>isotime</sub>/ $\Delta FC_{isotime}$ =razão do trabalho das manobras pela variação da frequência cardíaca no isotime; P=efeito da postura: supino vs sentado; M=efeito das manobras: MV vs PEmáx; I=interação entre as posturas e as manobras; NS=não significantes; \*<0,05 quando comparado às posturas intramanobras.

e menor proporção dos ajustes cardiovasculares comparados aos que ocorrem durante a MV<sup>31</sup>.

## Trabalho

Quanto aos valores estimados de trabalho realizado durante as manobras, observou-se diferença estatística significativa entre as manobras para o  $W_{total}$ , mas não para a relação  $W_{total}/\Delta FC_{total}$ , independente da postura adotada. Em relação ao  $W_{total}$ , observou-se que os maiores valores foram encontrados durante a MV, mostrando assim a influência do tempo de execução da manobra (15 segundos) no comportamento dessa variável.

Por outro lado, observou-se diferença estatística ( $p < 0,001$ ) entre os valores de  $W_{isotime}$  e  $W_{isotime}/\Delta FC_{isotime}$ , independente da postura adotada. Nesse caso, quando analisamos o trabalho realizado em um mesmo período de tempo de manobra (3 segundos), os maiores valores de pressão expiratória gerados durante a PEmáx (supino:  $117 \pm 24$  cmH<sub>2</sub>O; sentado:  $114 \pm 25$  cmH<sub>2</sub>O) foram responsáveis pelos maiores valores de  $W_{isotime}$  e  $W_{isotime}/\Delta FC_{isotime}$ . Assim, a forma de execução da manobra, caracterizada pelo maior tempo de execução e pela maior pressão expiratória gerada na MV e na PEmáx, respectivamente parecem ser determinantes da medida do trabalho.

No entanto, embora os maiores valores de  $W_{isotime}$  e  $W_{isotime}/\Delta FC_{isotime}$  ocorram durante a PEmáx, é importante ressaltar que as maiores variações da FC acontecem durante a MV. Isso ocorre, provavelmente, porque a PEmáx é executada em curto período de tempo e com altas pressões expiratórias, que levam a um menor estresse intratorácico. Essas condições diferem das descritas por Looga<sup>23</sup> (alto volume pulmonar durante a manobra, baixa pressão expiratória e reatividade cardiovascular normal), como sendo necessárias para que uma manobra expiratória reproduza as respostas cardiovasculares encontradas na MV.

## Implicações clínicas e limitações

Embora se tenha utilizado um método simples para a avaliação das respostas da FC, ele permitiu formular

inferências a respeito delas, bem como permitiu obter resultados importantes sobre o comportamento dessa variável durante a MV e a medida de PEmáx. Entretanto, o presente estudo foi limitado pela indisponibilidade de equipamentos para aferição contínua da PA e da pressão intratorácica. Essas medidas poderiam fornecer informações complementares sobre o comportamento cardiovascular durante a execução dessas manobras.

Os resultados deste estudo permitem inferir que a execução da PEmáx não reproduz a resposta da FC observada na MV. Assim, pode-se afirmar que, em relação ao estresse cardíaco, sua aplicação na prática clínica fisioterápica é segura quando realizada em condições semelhantes à do presente estudo (sujeitos e metodologia). Além disso, os resultados encontrados podem ser utilizados como referência para novos estudos sobre o comportamento da FC durante a MV e a medida de PEmáx realizados em outras faixas etárias e/ou condições clínicas.

## Conclusão

Baseado nos dados referentes às respostas da FC (IV e  $\Delta FC$ ) e ao trabalho estimado durante as manobras pode-se inferir que a execução das medidas de PEmáx em homens jovens, aparentemente saudáveis, não reproduz as respostas observadas na execução da MV. Dessa forma, parece que a aplicação das medidas de PEmáx nessa população é um procedimento de avaliação seguro nas condições estudadas.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília, DF, Brasil – Processo nº 480638/2009-8, e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - UFSCar (PIBIC-CNPq/UFSCar) – Processo nº 10672/2008-0, pelo suporte financeiro.

## Referências

- Burakgazi AZ, Höke A. Respiratory muscle weakness in peripheral neuropathies. *J Peripher Nerv Syst.* 2010;15(4):307-13.
- Wong E, Selig S, Hare DL. Respiratory muscle dysfunction and training in chronic heart failure. *Heart Lung Circ.* 2011;20(5):289-94.
- Raupach T, Bahr F, Herrmann P, Lütthje L, Hasenfuss G, Andreas S. Inspiratory resistive loading does not increase sympathetic tone in COPD. *Respir Med.* 2010;104(1):107-13.
- Kaminski DM, Schaan BA, da Silva AMV, Soares PP, Plentz RDM, Dall'Ago P. Inspiratory muscle weakness is associated with autonomic cardiovascular dysfunction in patients with type 2 diabetes mellitus. *Clin Auton Res.* 2011;21(1):29-35.

5. Neves LMT, Karsten M, Neves VR, Beltrame T, Borghi-Silva A, Catai AM. Relationship between inspiratory muscle capacity and peak exercise tolerance in patients post-myocardial infarction. *Heart Lung*. 2012;41(4):137-45.
6. Dall'Ago P, Chiappa GRS, Guths H, Stein R, Ribeiro JP. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: a randomized trial. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47(4):757-63.
7. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166:518-624.
8. Souza RB. Pressões respiratórias estáticas máximas. *J Pneumol*. 2002;28(Supl 3):S155-65.
9. Goldwasser R, Farias A, Freitas EE, Saddy F, Amado V, Okamoto VN. Desmame e interrupção da ventilação mecânica. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2007;19(3):384-92.
10. Fiore Junior FJ, Paisani DM, Franceschini J, Chiavegato LD, Faresin SM. Maximal respiratory pressures and vital capacity: comparison mouthpiece and face-mask evaluation methods. *J Bras Pneumol*. 2004;30(6):512-20.
11. Fiz JA, Moreira J. Exploración funcional de los músculos respiratórios. *Arch Bronconeumol*. 2000;36(7):391-410.
12. Hughes JMB. Interpreting pulmonary functions tests. *Breathe*. 2009;6(2):103-10.
13. Bonow RO, Mann DL, Braunwald E, Zipes DP, Libby P. Braunwald's heart disease: textbook of cardiovascular disease. USA: Saunders/Elsevier; 2011.
14. Liang F, Liu H. Simulation of hemodynamic responses of the Valsalva Maneuver: an integrative computational model of the cardiovascular system and the autonomic nervous system. *J Physiol Sci*. 2006;56(1):45-65.
15. Looga R. The Valsalva Manoeuvre – cardiovascular effects and performance technique: a critical review. *Respir Physiol Neurobiol*. 2005;147(1):39-49.
16. Marães VFRS, Santos MDB, Catai AM, Moraes FR, Oliveira L, Gallo Júnior L, et al. Modulation of autonomic nervous system in the heart rate response to rest and the Valsalva maneuver. *Rev Bras Fisioter*. 2004;8(2):97-103.
17. Reis AF, Bastos BG, Mesquita ET, Romão Filho LJM, Nóbrega ACL. Disfunção parassimpática, variabilidade da frequência cardíaca e estimulação colinérgica após infarto agudo do miocárdio. *Arq Bras Cardiol*. 1998;70(3):193-9.
18. Singer W, Opler-Ggehrking TL, McPhee BR, Hilz MJ, Low PA. Influence of posture on the Valsalva manoeuvre. *Clin Sci (Lond)*. 2001;100(4):433-40.
19. Gallo Júnior L, Maciel BC, Marin Neto JA, Martins LEB, Lima Filho EC, Golfetti R, et al. Control of heart rate during exercise in health and disease. *Braz J Med Biol Res*. 1995;28(11-12):1179-84.
20. Maciel BC, Gallo Júnior L, Marin Neto JA, Lima Filho EC, Martins LEB. Autonomic nervous control of the heart rate during dynamic exercise in normal man. *Clin Sci (Lond)*. 1986;71(4):457-60.
21. Hohnloser SH, Klingenhben T. Basic autonomic tests. In: Malik M (ed). *Clinical guide to cardiac autonomic tests*. London: Kluwer Academic Publishers; 1998. p. 51-65.
22. Freeman R. Assessment of cardiovascular autonomic function. *Clin Neurophysiol*. 2006;117(4):716-30.
23. Looga R. The bradycardic response to the Valsalva manoeuvre in normal man. *Respir Physiol*. 2001;124(3):205-15.
24. Parreira VF, França DC, Zampa CC, Fonseca MM, Tomich GM, Birtto RR. Pressões respiratórias máximas: valores encontrados e preditos em indivíduos saudáveis. *Rev Bras Fisioter*. 2007;11(5):361-8.
25. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res*. 1999;32(6):719-27.
26. Leite PH, Melo RC, Mello MF, Silva E, Borghi-Silva A, Catai AM. Heart rate responses during isometric exercises in patients undergoing a phase III cardiac rehabilitation program. *Rev Bras Fisioter*. 2010;14(5):383-9.
27. Gelber DA, Pfeifer M, Dawson B, Schumer M. Cardiovascular autonomic nervous system tests: determination of normative values and effect of confounding variables. *J Auto Nerv Syst*. 1997;62(1-2):40-4.
28. O'Brien IA, O'Hare P, Corral RJ. Heart rate variability in healthy subjects: effect of age and the derivation of normal ranges for tests of autonomic function. *Br Heart J*. 1986;55(4):348-54.
29. Farinatti PTV, Soares PPS, Monteiro WD, Duarte AFA, Castro LAV. Cardiovascular responses to passive static flexibility exercises are influenced by the stretched muscle mass and the Valsalva maneuver. *Clinics*. 2011;66(3):459-64.
30. Elghozi JL, Girard A, Fritsch P, Laude D, Petitprez JL. Tuba players reproduce a Valsalva maneuver while playing high notes. *Clin Auton Res*. 2008;18(2):96-104.
31. Hahnengress ML, Böning D. Cardiopulmonary change during clarinet playing. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110(6):1199-208.