



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

VINICIUS MINATEL

**AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES À
MEDIDA DE PRESSÃO EXPIRATÓRIA MÁXIMA ESTÁTICA E À
MANOBRA DE VALSALVA EM HOMENS SAUDÁVEIS**

SÃO CARLOS

2013

VINICIUS MINATEL

**AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES À
MEDIDA DE PRESSÃO EXPIRATÓRIA MÁXIMA ESTÁTICA E À
MANOBRA DE VALSALVA EM HOMENS SAUDÁVEIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fisioterapia. Área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

Orientadora: Profa. Dra. Aparecida Maria Catai

SÃO CARLOS

2013

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

M663ar

Minatel, Vinicius.

Avaliação das respostas cardiovasculares à medida de pressão expiratória máxima estática e à manobra de Valsalva em homens saudáveis / Vinicius Minatel. -- São Carlos : UFSCar, 2013.
67 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2013.

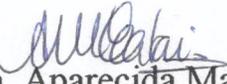
1. Fisioterapia. 2. Manobra de Valsalva. 3. Músculos respiratórios. 4. Sistema nervoso autônomo. 5. Sistema cardiovascular - fisiologia. 6. Envelhecimento. I. Título.

CDD: 615.82 (20^a)

FOLHA DE APROVAÇÃO

Membros da Banca Examinadora para Defesa de Dissertação de Mestrado de VINICIUS MINATEL, apresentada ao programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos.

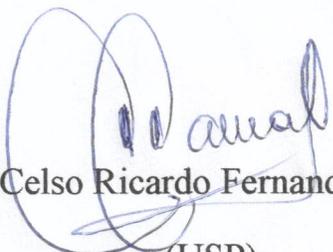
Banca Examinadora


Profa. Dra. Aparecida Maria Catai

(UFSCar)


Profa. Dra. Ester Silva

(UFSCar)


Prof. Dr. Celso Ricardo Fernandes de Carvalho
(USP)

Investigação conduzida no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular – Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico (NUPEF) do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Projeto desenvolvido com apoio da CAPES, CNPq (Proc. nº 480638/2009-8) e FAPESP (Proc. nº 10/52070-4).

***Dedico este trabalho a toda minha família, por sempre estarem ao meu lado
me apoiando e acreditando nos meus sonhos.***

“A mente que se abre a uma nova ideia, jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

“Quero a certeza dos loucos que brilham. Pois se o louco persistir na sua loucura acabará sábio.”

Raul Seixas

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar minha mente e meus passos durante esta minha caminhada.

Aos meus pais, João e Simone, por sempre estarem ao meu lado me apoiando e acreditando nas minhas escolhas. Além disso, sem seus ensinamentos sobre nunca desistir dos meus sonhos e batalhar por eles, eu não estaria aqui.

Ao meu irmão Felipe, pela paciência, companheirismo e disponibilidade em me ajudar quando preciso.

A minha prima Marina agradeço pela amizade, pelas risadas e momentos de descontração.

Aos meus avós Vani, Vicente, Edézio e Luzia, pelo suporte emocional dado a mim e aos meus pais durante toda esta caminhada. Sem os ensinamentos deixados por vocês aos meus pais não seria pessoa que sou hoje.

Aos meus tios Marcos, Daniela, Jean, Lucia e José, pelo carinho, preocupação e amizade dedicados a mim desde sempre.

A Prof^a Dr^a Aparecida Maria Catai, por aceitar me orientar desde a iniciação científica e como uma mãe entender minhas motivações e desejos. Aprendi me espelhando em seus ensinamentos a ser um ser humano e um profissional melhor.

A Prof^a Dr^a Anielle Cristhine de Medeiros Takahashi por ser mais que uma amiga, e aceitar me ajudar nessa etapa compartilhando seu conhecimento.

A Juliana, Natália e Viviane, minhas companheiras de coletas, de angústias e dúvidas. A amizade de vocês e empenho, principalmente nos dias em que perdemos o almoço, foram essenciais para esta conquista.

A Prof^a Dr^a Audrey Borghi-Silva e Prof Dr Marlus Karsten pelo apoio, pelos ensinamentos e momentos de amizade.

Aos meus amigos do NUPEF: Juliana, Natália, Viviane, Rodrigo, Mariana, Silvia, Cris, Patrícia, Vandi, Thomas, Renata Mendes, Renata Trimer, Dani, Vivian, Flávia, Camila, Milena, Soraia, Beto e Nayara; muito obrigado por me receberem de braços abertos, pelos momentos de descontração e por me aturarem durante esses dois anos no Laboratório.

A minha amiga e companheira de casa, Gabriela, por estar sempre pronta a ouvir meus momentos de angústia e alegria sem nunca reclamar.

As minhas amigas Samantha, Fabi, Júlia e Manoela por partilharem sempre das suas dificuldades e alegrias geradas durante esta caminhada. Sem o apoio de vocês, das risadas e conversas o Mestrado não teria sido tão divertido.

Aos meus amigos de graduação: Marcela, Marina, Lívia, Vivi, Fernanda, Júlia, Alessa, Gabriela, Samantha, Manoela, Fabiana, Rafaela, Natália, Evelise, Larissa, Thaís e Thomas; obrigado pelos momentos compartilhados desde 2006 e por acreditarem em mim. Embora, mesmo que ausentes fisicamente eu sei que estão torcendo pelo meu sucesso profissional.

Aos alunos de iniciação científica Amanda, Ellen e Bruno, os quais tive o prazer e a responsabilidade em co-orientar, obrigado por estarem dispostos a me ajudar e me fazerem entender o quanto é gratificante este caminho que escolhi.

As famílias Dias Ramos, Papa e Righeto pelo apoio dado a mim e aos meus pais em todos os momentos.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos.

Ao CNPq, FAPESP e Capes pelo suporte financeiro.

Aos professores da banca examinadora: Prof^a Dr^a Ester da Silva, Prof Dr Celso Ricardo Fernandes de Carvalho, Prof^a Dr^a Valéria Amorim Pires Di Lorenzo e Prof Dr Robison José Quitério pelas valiosas sugestões e correções que certamente enriqueceram este estudo.

A todos os voluntários que participaram deste estudo, pois sem a compreensão e colaboração de vocês isto tudo não seria possível.

A todos o meu muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE FIGURAS	v
RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. CONTEXTUALIZAÇÃO	3
2. JUSTIFICATIVA	8
3. ESTUDO I (Versão em Português)	9
3.1 RESUMO.....	10
3.2 INTRODUÇÃO	11
3.3 MÉTODOS	12
3.3.1 Sujeitos	12
3.3.2 Procedimentos	12
3.3.3 Manômetros.....	13
3.3.4 Manobra de Valsalva.....	14
3.3.5 Pressão Expiratória Máxima (PE _{máx})	14
3.3.6 Captação do iR-R	15
3.3.7 Análise dos dados.....	15
3.3.8 Análise estatística.....	15
3.4 RESULTADOS.....	16
3.5 DISCUSSÃO	19
3.6 CONCLUSÃO	22
4 ESTUDO II	23
4.1 RESUMO.....	24
4.2 INTRODUÇÃO	25
4.3 MÉTODOS	27
4.3.1 Sujeitos.....	27
4.3.2 Procedimentos	27
4.3.3 Manobra de Valsalva.....	29
4.3.4 Pressão Expiratória Máxima	29
4.3.5 Captação das variáveis cardiovasculares	30
4.3.6 Análise dos dados	31
4.3.7 Análise estatística.....	32

4.4 RESULTADOS	33
4.5 DISCUSSÃO	40
4.6 CONCLUSÃO	45
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESDOBRAMENTOS FUTUROS	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXO A: Artigo original publicado na RBF	56
ANEXO B: Comitê de Ética e Pesquisa do Estudo I	65
ANEXO C: Comitê de Ética e Pesquisa do Estudo II	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATS/ERS: *American Thoracic Society/ European Respiratory Society*;

bpm: batimentos por minuto;

cmH₂O: centímetros de água;

CPT: capacidade pulmonar total;

DC: débito cardíaco

DC_{isotime}: valor de débito cardíaco no mesmo tempo das manobras (3 s);

DC_{nadir}: valor de débito cardíaco imediatamente após a manobra;

DC_{pico}: valor de débito cardíaco pico obtido durante a manobra;

DC_{recuperação}: média dos valores débito cardíaco na recuperação (média dos 180s finais);

DC_{repouso}: média dos valores de débito cardíaco em repouso (média dos primeiros 60s);

dyn.s/cm⁵: dinas segundos por centímetros a quinta;

ECG: eletrocardiograma;

FC: frequência cardíaca;

FC_{isotime}: frequência cardíaca no mesmo tempo das manobras (3 s);

FC_{nadir}: menor valor de frequência cardíaca após a manobra;

FC_{pico}: frequência cardíaca de pico durante a manobra;

FC_{recuperação}: média dos valores de frequência cardíaca na recuperação (média dos 180s finais);

FC_{repouso}: média dos valores de frequência cardíaca em repouso (média dos primeiros 60s);

FinAP: pressão arterial de pulso;

FMR: força muscular respiratória;

GJ: grupo jovem;

GMI: grupo meia idade;

IMC: índice de massa corpórea;

IPE_{máx}: índice de pressão expiratória máxima;

iR-R: intervalo R-R;

IV : índice de Valsalva;

kg/m²: quilogramas por metro quadrado;

Km/h: quilômetros por hora;

L/min: litros por minuto;

MC5: derivação eletrocardiográfica onde o pólo negativo é posicionado no manúbrio esternal (M), e o pólo positivo e o terra na região do 5º espaço intercostal (C5) na linha axilar anterior esquerda e direita;

mL/kg: mililitros por quilograma;

mL: mililitros;

mmHg: milímetros de mercúrio;

MV : manobra de Valsalva;

NYHA: *New York Heart Association*;

PA : pressão arterial;

PAM: pressão arterial média;

PAM_{isotime}: pressão arterial média no mesmo tempo das manobras (3 s);

PAM_{nadir}: menor valor de pressão arterial média após a manobra;

PAM_{pico}: valor de pressão arterial média pico obtido durante a manobra;

PAM_{recuperação}: média dos valores de pressão arterial média na recuperação (média dos 180s finais);

PAM_{repouso}: média dos valores de pressão arterial média em repouso (média dos primeiros 60s);

PE_{máx}: pressão expiratória máxima estática;

PI_{máx}: pressão inspiratória máxima;

reBAP: correção dos valores de pressão arterial de pulso pelos valores de pressão da artéria braquial;

rpm: respirações por minuto;

RVP: resistência vascular periférica;

RVP_{isotime}: valor de resistência vascular periférica no mesmo tempo das manobras (3 s);

RVP_{nadir}: valor de resistência vascular periférica imediatamente após a manobra;

RVP_{pico}: valor de resistência vascular periférica pico obtido durante a manobra;

RVP_{recuperação}: média dos valores de resistência vascular periférica na recuperação (média dos 180s finais);

RVP_{repouso}: média dos valores resistência vascular periférica em repouso (média dos primeiros 60s);

SNA : sistema nervoso autônomo;

TECP: teste de exercício cardiopulmonar;

VO_{2pico}: consumo de oxigênio pico;

VR: volume residual;

VS: volume sistólico;

VS_{isotime}: valor do volume sistólico no mesmo tempo das manobras (3 s);

VS_{nadir}: valor do volume sistólico imediatamente após a manobra;

VS_{pico}: valor do volume sistólico pico obtido durante a manobra;

$VS_{\text{recuperação}}$: média dos valores do volume sistólico na recuperação (média dos 180s finais);

VS_{repouso} : média dos valores do volume sistólico em repouso (média dos primeiros 60s);

W : trabalho estimado das manobras;

$W_{\text{isotime}}/\Delta FC_{\text{isotime}}$: razão entre o trabalho e a variação da frequência cardíaca durante as manobras no mesmo tempo (*isotime*);

W_{isotime} : trabalho das manobras no *isotime*;

$W_{\text{total}}/\Delta FC_{\text{total}}$: razão entre o trabalho total e a variação da frequência cardíaca durante as manobras;

W_{total} : trabalho total das manobras;

ΔDC : variação do débito cardíaco;

$\Delta DC_{\text{isotime}}$: variação do débito cardíaco no *isotime*;

ΔFC : variação da frequência cardíaca;

$\Delta FC_{\text{isotime}}$: variação da frequência cardíaca no *isotime*;

ΔPAM : variação da pressão arterial média;

$\Delta PAM_{\text{isotime}}$: variação da pressão arterial média no *isotime*;

ΔRVP : variação da resistência vascular periférica;

$\Delta RVP_{\text{isotime}}$: variação da resistência vascular periférica no *isotime*;

ΔVS : variação do volume sistólico;

$\Delta VS_{\text{isotime}}$: variação do volume sistólico no *isotime*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Idade, dados antropométricos e valores de PEmáx obtidos e preditos nas posturas supino e sentado.....	16
Tabela 2. Respostas da frequência cardíaca, dos índices e do trabalho estimado na manobra de Valsalva e na medida de PEmáx nas posturas supina e sentada.....	17
Tabela 3. Características antropométricas, capacidade funcional aeróbia e valores de PEmáx obtidos por grupos.	34
Tabela 4. Efeito dos grupos e das manobras sobre as respostas cardiovasculares antes, durante e após a execução das manobras de Valsalva e PEmáx.	36
Tabela 5. Variação das respostas cardiovasculares e os índices (IV e IPEmáx) obtidos após a execução das manobras de Valsalva e PEmáx.	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Descrição dos procedimentos experimentais.....	13
Figura 2. Padrão de resposta da FC batimento a batimento durante a execução das manobras de Valsalva (A) e da PEmáx (B).	18
Figura 3. Descrição dos procedimentos experimentais empregados.....	29
Figura 4. Caracterização da análise dos dados e padrão de resposta da frequência cardíaca e pressão arterial média durante a execução da manobra de Valsalva e PEmáx, em um jovem saudável.	32
Figura 5. Análise das respostas cardiovasculares, entre os grupos jovens e meia idade, antes, durante e após a execução das manobras de Valsalva e PEmáx.	37
Figura 6. Efeito do grupo sobre a variação das repostas cardiovasculares durante a manobra de Valsalva e a PEmáx.....	39

RESUMO

A avaliação dos músculos respiratórios por meio das medidas de pressão respiratória máxima estática inspiratória (PI_{máx}) e expiratória (PE_{máx}), tem sido rotineiramente aplicada na prática clínica da fisioterapia. Entretanto, a realização dessas medidas, principalmente a PE_{máx} tem sido contra indicada em diversas situações clínicas, pois acredita-se que as respostas cardiovasculares obtidas nessa medida são similares as encontradas na manobra de Valsalva (MV). Baseado nessa semelhança entre as repostas foram realizados dois estudos. O *estudo I* teve como objetivo principal avaliar a resposta da frequência cardíaca (FC) durante a medida da PE_{máx} e da MV em jovens saudáveis, em diferentes posturas, para identificar se e em qual condição a PE_{máx} reproduz as respostas obtidas na MV e, adicionalmente, estimar o trabalho realizado nas manobras (W). Este estudo contou com a participação de 12 jovens saudáveis (25±2 anos) os quais foram avaliados, orientados e familiarizados com as manobra, sendo estas, realizadas nas posturas supina e sentada. A MV foi composta por um esforço expiratório (40 mmHg) durante 15 s contra um manômetro. A PE_{máx} foi executada segundo a *American Thoracic Society*. Os resultados obtidos neste estudo mostram que as posturas não influenciaram a variação da frequência cardíaca (ΔFC) e que durante a MV, a ΔFC e os valores do índice de Valsalva (IV) foram maiores do que a ΔFC e os valores do índice da PE_{máx} (IPE_{máx}) observados durante a PE_{máx} ($p < 0,001$). Além disso, os trabalhos estimados das manobras foram estatisticamente diferentes ($p < 0,001$) entre elas, sendo que o W_{total} foi maior na MV e o $W_{isotime}$ e $W_{isotime}/\Delta FC_{isotime}$ maior na PE_{máx}. Baseado nestes resultados, pôde se concluir que nas condições estudadas a PE_{máx} não reproduziu as respostas da FC observadas durante a MV em jovens saudáveis. No entanto, os resultados obtidos no *estudo I* permitiram comparar apenas o estresse cardíaco gerado pelas manobras em uma faixa etária específica, fazendo com que as respostas da pressão arterial (PA), débito cardíaco (DC), volume sistólico (VS) e resistência vascular periférica (RVP) permanecessem desconhecidas. Além disso, ainda pouco se sabe sobre as respostas cardiovasculares durante esta medida em outras faixas etárias ou condições clínicas distintas, uma vez que o processo de envelhecimento promove alterações estruturais e funcionais importantes sobre os sistemas respiratório, cardiovascular e autonômico. Portanto, o *estudo II* teve como objetivo principal comparar as respostas cardiovasculares por meio da análise das respostas da pressão arterial média (PAM), DC, VS, FC e RVP, durante a execução da MV e da medida de PE_{máx}. Além de, avaliar o efeito do processo de envelhecimento sobre as respostas cardiovasculares obtidas por grupos jovem (GJ) e meia idade (GMI) durante as diferentes manobras. Participaram deste estudo 28 voluntários saudáveis, do gênero masculino, que foram divididos em: GJ (n=15) com idade média de 25±5 anos; e GMI (n=13) com idade média de 50±5 anos. Todos os voluntários foram avaliados, orientados e familiarizados com as manobras (MV e PE_{máx}), sendo estas realizadas na postura sentada seguindo o mesmo procedimento experimental do *estudo I*. Os principais achados deste estudo mostram que: não há diferença entre as variações do DC durante as manobras ($p > 0,05$); as respostas da PAM (PAM_{pico}, PAM_{isotime}, ΔPAM e $\Delta PAM_{isotime}$) e RVP (RVP_{isotime} e $\Delta RVP_{isotime}$) são maiores durante a PE_{máx}; diferentemente do VS (VS_{pico}, VS_{nadir}, ΔVS) e da FC (FC_{pico}, FC_{nadir}, FC_{isotime}, ΔFC , $\Delta FC_{isotime}$ e IV), que foram maiores durante a MV. Além disso, observou-se que os valores de PE_{máx} e PAM não sofrem influência dos grupos ($p > 0,05$) e que o GMI apresenta valores menores que o GJ para o DC, FC, VS exceto para a RVP. Baseado nestes achados pode-se concluir que a medida da PE_{máx} gera respostas cardiovasculares semelhantes as observadas durante a MV, em relação ao DC, e respostas pressóricas (PAM) maiores que as da MV. Além disso, observou-se que o tempo de execução das manobras parece ser o grande responsável pela ativação de distintos mecanismos fisiológicos envolvidos sobre o controle destas respostas. Ainda, parece que o processo de envelhecimento influencia as respostas da FC e RVP obtidas durante a execução da MV e da medida de PE_{máx}.

Palavras-chave: manobra de Valsalva; músculos respiratórios; sistema nervoso autônomo; fisiologia cardiovascular; envelhecimento; postura; fisioterapia.

ABSTRACT

The assessment of respiratory muscles by the measure of maximal inspiratory (MIP) and expiratory (MEP) pressures, have been routinely applied in the physical therapy clinical practice. However, these measures, especially MEP, have been contraindicated in some situations because it is believed that the cardiovascular responses obtained in MEP are similar to found during Valsalva maneuver (VM). So, based in these similarities between the responses two studies were done. The *first study* had as principal purpose to evaluate the heart rate (HR) during MEP and VM in healthy young, at different postures, to identify whether and in which situation the MEP reproduces the responses obtained in VM and additionally, to estimate the workload (W) realized during the maneuver. Twelve healthy young men (25 ± 2 years) participated in this study and were evaluated, instructed and familiarized with the maneuvers, which were performed at supine and sitting positions. The VM was characterized by an expiratory effort (40 mmHg) against a manometer for 15 s. The MEP measure has been performed according to the American Thoracic Society. The results obtained in this study show that heart rate variation (ΔHR) was not influenced by the position, and during VM, the ΔHR and the Valsalva index (VI) were higher than the ΔHR and MEP index (MEPI) values ($p < 0.001$). Besides, the estimated workload of the maneuvers was statistically different ($p < 0.001$) between the maneuvers, being that the W_{total} was higher in VM and the $W_{isotime}$ and $W_{isotime}/\Delta FC_{isotime}$ were higher in MEP. Based in these results it could be concluded that in the study conditions the MEP does not reproduces the HR response observed in the VM in healthy young men. However, the results obtained in the first study allowed comparing only the cardiac stress generated by the maneuvers in a specific age, doing that the blood pressure (BP), cardiac output (CO), stroke volume (SV) and peripheral vascular resistance (PVR) responses remain unknown. Furthermore, little is known about the cardiovascular response during MEP measure in others age and distinct clinical conditions, once that aging process promotes important structural and functional alterations in the respiratory, cardiovascular and autonomic systems. Therefore, the *second study* had as main purpose to compare the cardiovascular response by the analysis of mean arterial pressure (PAM), CO, SV, HR and PVR, during VM and MEP. In addition to evaluate the effect of aging process over the cardiovascular responses obtained during the different maneuvers by the young (YG) and middle-age group (MAG). Twenty-eight healthy volunteers of male gender participated in this study and were divided in two groups: YG ($n=15$) and MAG ($n=13$) with mean age of 25 ± 5 years and 50 ± 5 years, respectively. All volunteers were evaluated, instructed and familiarized with the maneuvers (VM and MEP), which were performed at sitting position following the same procedure used in the *first study*. The main results of this study show that: there isn't difference between CO responses during the maneuvers ($p > 0.05$); the PAM responses (PAM_{peak} , $PAM_{isotime}$, ΔPAM and $\Delta PAM_{isotime}$) and PVR ($PVR_{isotime}$ e $\Delta PVR_{isotime}$) were higher during MEP measure, differently of SV (SV_{peak} , SV_{nadir} , ΔSV) and HR (HR_{peak} , HR_{nadir} , $HR_{isotime}$, ΔHR , $\Delta HR_{isotime}$ and VI) which were higher during VM. Furthermore, it was observed that the MEP and PAM values were not influenced by the group ($p > 0.05$), and the MAG have lower values than the YG to CO, HR, SV except to PVR. So, based in these results it could be concluded that the MEP measure generates cardiovascular responses similar to that observed during VM, relative to the CO, and higher values of PAM than that observed in VM. Besides, the maneuver execution time seems to be the great responsible for the activation of different physiological mechanisms involved on the control of these responses. Furthermore, it seems like the aging influences the HR and PVR responses during MV and MEP.

Keywords: Valsalva maneuver; respiratory muscle; cardiovascular physiological phenomena; aging; autonomic nervous system; posture; physical therapy.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A avaliação da força muscular respiratória (FMR) tem sido realizada por meio da determinação da máxima pressão respiratória desde a metade do século 19. O primeiro autor a descrever essa medida foi John Hutchinson em 1846, que ao avaliar a máxima pressão respiratória de 1061 sujeitos saudáveis e 53 sujeitos com tuberculose, por meio da conexão de uma narina a uma coluna de mercúrio, percebeu que estes valores dependiam do nível de atividade física e do estado de saúde de cada sujeito (GIBSON, 1995). No entanto, novos estudos focando a avaliação da FMR só começaram a ganhar importância a partir de 1946, quando Rahn *et al*, descreveram a relação entre os valores das pressões respiratórias máximas e os volumes pulmonares, dando-se início a “era moderna” da medida de FMR (BLACK, HYATT, 1969). Os primeiros estudos da chamada “era moderna” da medida de FMR foram feitos por Ringqvist (1966) e Black e Hyatt (1969), os quais foram os responsáveis por descrever a realização da avaliação da FMR através da medida da máxima pressão respiratória estática inspiratória (PImáx) e expiratória (PEmáx). Além disso, estes estudos foram os primeiros a determinar a influência do gênero e da idade sobre os valores de PImáx e PEmáx (BLACK, HYATT, 1969; GIBSON, 1995). Contudo, por mais que a avaliação da FMR tenha tido seu início a mais de 100 anos, foi apenas a partir da década de 70 que as medidas de PImáx e PEmáx passaram a ser aplicadas de forma rotineira na avaliação clínica de sujeitos saudáveis ou com distúrbios respiratórios, neuromusculares ou cardíacos (GIBSON, 1995).

As medidas de PImáx e PEmáx são definidas a partir da execução de manobras estáticas, nas quais os sujeitos devem realizar um esforço respiratório com a via aérea ocluída a partir de um determinado volume pulmonar. Nestas manobras, a pressão bucal avaliada reflete a pressão que está sendo gerada nos alvéolos pela ação dos músculos respiratórios (BLACK, HYATT, 1969; ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; FIORE JUNIOR, 2004; SIMÕES *et al*, 2010). A mensuração da PImáx costuma ser feita a partir de uma expiração máxima, ou seja, a partir do volume residual (VR) e reflete a ação dos músculos diafragma, intercostais externos, escalenos e músculos acessórios da respiração (ex. esternocleidomastoideo). Já a PEmáx geralmente é medida a partir da posição de inspiração máxima, isto é, a partir da capacidade pulmonar total (CPT) e reflete a ação da musculatura da parede abdominal formada pelos músculos reto abdominal, oblíquos internos e externos do abdômen e o transverso do abdômen, além é claro dos músculos intercostais internos (BLACK, HYATT, 1969; GIBSON, 1995; ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002).

A realização destas medidas, PImáx e PEmáx, tem sido amplamente aplicada como ferramenta de diagnóstico de fraqueza muscular respiratória quer seja na prática clínica ou no ambiente experimental. Além disso, estas medidas tem se mostrado úteis no diagnóstico

diferencial de dispnéia ou de distúrbio restritivo sem causa aparente; confirmação da disfunção dos músculos ventilatórios em diversas patologias neuromusculares (BURAKGAZI, HÖKE, 2010), cardiopulmonares (RAUPACH *et al*, 2010; WONG, SELIG, HARE, 2011), metabólicas (KAMINSKI *et al*, 2011); na avaliação da resposta à fisioterapia e à reabilitação respiratória (CHIARA *et al*, 2006; ROTH *et al*, 2010); avaliação pré-operatória da função dos músculos ventilatórios em cirurgias torácicas e dos riscos de complicações pós-operatórias (RODRIGUES *et al*, 2011, NAWA *et al*, 2012); e na avaliação da possibilidade de desmame da ventilação mecânica (GOLDWASSER *et al*, 2007). No entanto, apesar de ser altamente indicada, as medidas de P_{Imáx} e P_{Emáx} apresentam algumas contraindicações absolutas como em situações de infarto agudo do miocárdio (IAM) ou angina instável recente, hipertensão arterial sistêmica grave e sem controle, aneurisma de aorta, pneumotórax entre outras; e contraindicações relativas sendo as principais a falta de colaboração do sujeito, casos de paralisia facial, hemorroidas sangrantes e história de síncope tussígena (FIZ, MOREIRA, 2000; ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002).

A maioria dessas contraindicações estão associadas à medida da P_{Emáx} devido ao aumento da pressão intratorácica e abdominal durante a execução da manobra (GIBSON, 1995; STEIER *et al*, 2007), e sua semelhança com a manobra de Valsalva (MV) (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; HUGHES, 2009). Esta semelhança entre as manobras faz com que a realização do esforço expiratório durante a P_{Emáx} por períodos de tempo maiores que três segundos possam levar a alterações cardiovasculares semelhantes às da MV, como: diminuição do débito cardíaco, do retorno venoso, da circulação pulmonar e do fluxo coronariano (LOOGA, 2005; LIANG, LIU, 2006; BONOW *et al*, 2011), e que poderiam representar um dano adicional ao sujeito, especialmente nos casos de IAM.

A manobra de Valsalva foi descrita em 1704 por Antonio Maria Valsalva, e consistia de uma manobra de expiração forçada com as narinas e a boca fechadas. A execução desta manobra promovia o fechamento das cordas vocais e da glote, gerando assim um aumento da pressão nas trompas de Eustáquio e a entrada de ar no ouvido médio (GARCIA *et al*, 2006). Além do aumento da pressão nas trompas de Eustáquio, a manobra leva ao aumento de pressão intratorácica e intra-abdominal. O aumento destas pressões geram efeitos mecânicos nos pulmões e no sistema cardiovascular, mediados por reflexos dos receptores de estiramento pulmonar, mecanorreceptores cardiopulmonares, barorreceptores arteriais e quimiorreceptores. As respostas são integradas no sistema nervoso central e desencadeiam a ativação dos sistemas simpático e parassimpático, que modulam o sistema cardiovascular, em especial as respostas da frequência cardíaca (FC) e da pressão arterial (PA) (MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005).

O conjunto de respostas que ocorre durante e após a execução da manobra de Valsalva está amplamente descrito na literatura, sendo esquematicamente dividido em quatro fases (LÁREZ *et al*, 2004; MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005; LIANG, LIU, 2006), no entanto, quando se é solicitada uma inspiração profunda imediatamente antes da manobra, considera-se a existência de uma quinta fase, fase 0 (LOOGA, 2005). As respostas decorrentes da MV sofrem a ação direta do sistema nervoso autônomo (SNA), sendo mais evidentes as alterações (ativação e/ou inibição simpática e parassimpática) sobre a FC e PA. Este padrão dinâmico da atividade autonômica é determinado por diferentes estímulos como: respiração, contração muscular, estimulação de barorreceptores arteriais (carotídeos, aórticos e pulmonares) (REIS *et al*, 1998), modificações posturais (SINGER *et al*, 2001; LIANG, LIU, 2006; MINATEL *et al*, 2012) e é ilustrado através dos resultados obtidos com o índice de Valsalva (IV). O IV representa a integridade do SNA, sendo que tem sido considerado como faixa de normalidade valores entre 1,11 e 1,20 e valores maiores que 1,21; enquanto valores de 1,10 ou menores representam uma anormalidade do SNA (GELBER *et al*, 1997; FELÍCIO *et al*, 2010).

Além da MV ser um método de avaliação do SNA, pode-se observar a ocorrência desta manobra em diferentes procedimentos de avaliação ou terapêuticos realizados na prática clínica da fisioterapia, apesar de haver orientação para que a mesma seja evitada. Entre esses procedimentos, podem-se destacar os exercícios de membros superiores e inferiores contra resistência, exercícios musculares respiratórios contra resistência e procedimentos de avaliação, como a medida das pressões respiratórias máximas estáticas, especialmente a PEmáx.

Baseada nessa semelhança entre a execução da PEmáx e da MV (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; HUGHES, 2009), e na ausência de estudos que tinham descrito o comportamento das respostas cardiovasculares observadas durante a execução da PEmáx, é que foi realizado o primeiro estudo (MINATEL *et al*, 2012), apresentado nessa dissertação.

O primeiro estudo intitulado “*Avaliação das respostas da frequência cardíaca à medida de pressão expiratória máxima estática e à manobra de Valsalva em jovens saudáveis*” teve como objetivo principal avaliar a hipótese de que a execução da PEmáx em jovens saudáveis gerava respostas da FC semelhantes às observadas durante a execução da MV. Além disso, também foi analisado neste estudo o trabalho realizado em cada manobra, visando caracterizar as manobras e fornecer subsídios para a interpretação dos seus resultados.

Os achados obtidos, em relação ao estresse cardíaco, mostraram que a execução da PEmáx em jovens saudáveis não reproduz a resposta da FC observada na MV. Assim, parece que a aplicação das medidas de PEmáx nessa população é um procedimento de avaliação seguro nas condições estudadas (MINATEL *et al*, 2012). No entanto, apesar de os resultados

obtidos serem pioneiros e contribuir para o conhecimento a respeito da segurança da aplicação da medida de PEmáx, ainda pouco se sabe sobre as respostas cardiovasculares durante esta medida em outras faixas etárias ou condições clínicas distintas.

O processo de envelhecimento promove alterações estruturais importantes sobre os sistemas respiratório, cardiovascular e autônomo que acabam afetando a função desses sistemas. Entre as alterações estruturais provocadas sobre o sistema respiratório podemos destacar as alterações na produção de elastina e no colágeno, redução no número de alvéolos e de capilares por alvéolo, aumento da área de seção transversal do espaço aéreo distal (ductos alveolares e alvéolos), diminuição da mobilidade das articulações costovertebrais devido o estreitamento dos discos vertebrais e calcificação da cartilagem intercostal, redução dos números de sarcômeros e de massa muscular (CHAUNCHAIYAKUL *et al*, 2004; MEYER, 2005; BRITTO *et al*, 2009). Essas alterações estruturais fazem com que haja uma perda na superfície de troca alveolar, redução do fluxo nas vias aéreas de menor calibre fazendo com que haja uma tendência ao colapso alveolar a um determinado volume, promovendo assim o aprisionamento de ar e aumento do VR, às custas da capacidade vital (CHAUNCHAIYAKUL *et al*, 2004; MEYER, 2005; BRITTO *et al*, 2009). Além disso, observa-se também uma redução da complacência e do recolhimento elástico da parede torácica, da mobilidade torácica e da força muscular respiratória (MEYER, 2005; BRITTO *et al*, 2009), afetando assim o trabalho respiratório e principalmente os valores obtidos durante as medidas de pressão respiratória máxima estática.

As alterações sobre os sistemas cardiovascular e autonômico são decorrentes das mudanças funcionais e estruturais no sistema de condução cardíaco, da sensibilidade dos tecidos, dos barorreceptores e dos vasos sanguíneos devido à diminuição do enchimento dos ventrículos e ao aumento da rigidez do tecido miocárdico e vascular (GRIBBIN *et al*, 1971; MALIK, 1998; LAKATTA, LEVY, 2003; MARÃES *et al*, 2004; MILIC *et al*, 2009). Estas alterações afetam primariamente a via parassimpática, que no caso do coração é representado pelo nervo vago (décimo par craniano). O comprometimento da via vagal faz com que os sujeitos apresentem um predomínio simpático, caracterizado pelo aumento da frequência cardíaca em repouso e pelo aumento da resistência vascular periférica (RVP), resultando assim em um aumento da pressão arterial (GRIBBIN *et al*, 1971; MALIK, 1998; WRAY *et al*, 2001; LAITINEN *et al*, 2004).

Baseando-se nessas alterações, vários estudos têm utilizado as medidas de pressão respiratória máxima estática (BLACK, HYATT, 1969; CHAUNCHAIYAKUL *et al*, 2004; SUMMERHILL *et al*, 2007; BRITTO *et al*, 2009; SIMÕES *et al*, 2010) e a manobra de Valsalva (O'BRIEN *et al*, 1986; GELBER *et al*, 1997; LAITINEN *et al*, 2004; MARÃES *et al*, 2004;

FREEMAN, 2006; MILIC *et al*, 2009) para identificar estas alterações promovidas pelo processo de envelhecimento sobre os sistemas respiratório, cardiovascular e autônomo. É importante enfatizar que estes estudos foram realizados de forma independente, e que foram encontrados que tanto os valores de P_{Imáx} e P_{Emáx} e os IV apresentam uma redução com o aumento da idade. No entanto, não foi encontrado nenhum estudo que avaliasse o efeito do envelhecimento por meio da comparação entre as respostas cardiovasculares obtidas nessas manobras.

Baseando-se nas alterações dos sistemas respiratório, cardiovascular e autônomo em decorrência do processo de envelhecimento, e na tentativa de responder as questões não abordadas no primeiro estudo, foi elaborado o segundo estudo intitulado “*Análise das respostas cardiovasculares à medida de pressão expiratória máxima estática e à manobra de Valsalva em homens saudáveis*”. Este estudo teve como objetivo comparar as respostas da PA, débito cardíaco (DC), volume sistólico (VS), FC e RVP, durante a execução das manobras de Valsalva e da medida de P_{Emáx}. Além disso, espera-se avaliar o efeito do envelhecimento por meio da diferença entre as respostas cardiovasculares obtidas pelos grupos jovem e meia idade durante as diferentes manobras (MV e P_{Emáx}).

2. JUSTIFICATIVA

O presente estudo justifica-se pela avaliação e comparação das respostas cardiovasculares a essas manobras, a fim de elucidar os mecanismos fisiológicos envolvidos e ainda espera-se reconhecer se há algum risco que contraindique a realização da medida de P_{Emáx} nessa população. Além disso, há escassos estudos na literatura comparando as respostas cardiovasculares obtidas nessas manobras, e quando presentes estão relacionados com a sua realização de forma separada, não da forma como se propõe nesta dissertação.

3. ESTUDO I (Versão em Português)

Vinicius Minatel, Marlus Karsten, Laura M. T. Neves, Thomas Beltrame, Audrey Borghi-Silva, Aparecida Maria Catai. **“Avaliação das respostas da frequência cardíaca à medida de pressão expiratória máxima estática e à manobra de Valsalva em jovens saudáveis”¹.**

¹Artigo publicado na **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 16, n. 5, p. 406-13, set/out, 2012 (ANEXO A).

3.1 RESUMO

Contextualização: A medida de pressão expiratória máxima (PE_{máx}) 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 PE_{máx} e da MV em jovens saudáveis, em diferentes posturas, para identificar se e em qual condição a PE_{máx} 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 PE_{máx} foi executada segundo a *American Thoracic Society*. Ambas as medidas foram realizadas nas posturas supina e sentada. Para a análise da variação da frequência cardíaca (ΔFC), índice de Valsalva (IV), índice da PE_{máx} (IPE_{máx}) 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 ΔFC durante as manobras não foi influenciada pelas posturas; entretanto, durante a MV, a ΔFC e os valores do IV foram maiores (supino: 47 ± 9 bpm, $2,3 \pm 0,2$; sentado: 41 ± 10 bpm, $2,0 \pm 0,2$, respectivamente) do que a ΔFC e os valores de IPE_{máx} observados durante a PE_{máx} (supino: 23 ± 8 bpm, $1,5 \pm 0,2$; sentado 24 ± 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 PE_{máx} 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.

3.2 INTRODUÇÃO

As medidas de pressão inspiratória máxima (P_{Imáx}) e pressão expiratória máxima (P_{Emáx}) são extensivamente usadas na prática clínica fisioterápica como parâmetro de avaliação indireta da força dos músculos respiratórios em pacientes com doenças neuromusculares (BURAKGAZI, HÖKE, 2010), cardiopulmonares (RAUPACH *et al*, 2010; WONG, SELIG, HARE, 2011) e/ou metabólicas (KAMINSKI *et al*, 2011). Nessas situações, as medidas de P_{Imáx} e P_{Emáx} também são utilizadas como parâmetro de prescrição para o treinamento de força e resistência muscular respiratória (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; DALL'AGO *et al*, 2006; NEVES *et al*, 2012). Além disso, essas medidas também são usadas como parâmetro preditivo de sucesso na descontinuação da ventilação mecânica (SOUZA, 2002; GOLDWASSER *et al*, 2007).

Apesar da importância clínica dessas medidas, existem diversas contraindicações absolutas e relativas ao seu emprego (FIZ, MOREIRA, 2000; SOUZA, 2002). A justificativa para a contraindicação da medida P_{Emáx}, 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) (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; HUGHES, 2009). A realização do esforço expiratório durante a P_{Emáx} por períodos de tempo maiores que três segundos pode levar a alterações cardiovasculares semelhantes às da MV, como: diminuição do débito cardíaco, do retorno venoso, da circulação pulmonar e do fluxo coronariano (LOOGA, 2005; LIANG, LIU, 2006; BONOW *et al*, 2011).

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 (MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005; LIANG, LIU, 2006). 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 autonômica é determinado por diferentes estímulos, como respiração, contração muscular, estimulação de barorreceptores arteriais (REIS *et al*, 1998), modificações posturais (SINGER *et al*, 2001) e, clinicamente, pode ser mais facilmente investigado por meio da análise das respostas da frequência cardíaca (FC).

Embora haja semelhança entre a execução da P_{Emáx} e da MV (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; HUGHES, 2009), até o presente momento não são conhecidos estudos que tenham descrito o comportamento das respostas cardiovasculares observadas durante a execução da P_{Emáx} em diferentes posturas. Assim, observa-se que a subutilização da P_{Emáx}

na prática clínica fisioterápica possa estar associada a possível similaridade entre o seu emprego e a MV (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; HUGHES, 2009), 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 de 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.

3.3 MÉTODOS

3.3.1 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/m². 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) (ANEXO B).

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.

3.3.2 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 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 na postura supina, com o voluntário posicionado com os membros superiores e inferiores estendidos, e a cabeça fletida a 45°, e na postura sentada, 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.

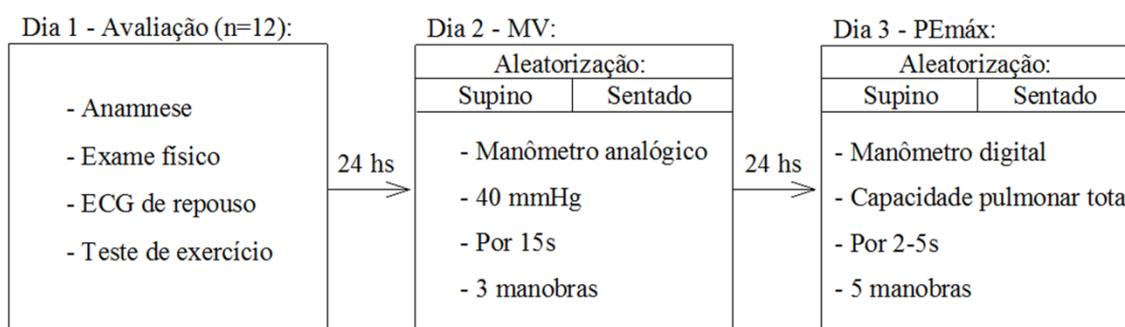


Figura 1. Descrição dos procedimentos experimentais.

3.3.3 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).

3.3.4 Manobra de Valsalva

Para a execução da MV, utilizou-se um manômetro analógico (Dyasist, São Paulo, 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 (HOHNLOSER, KLINGENHBEN, 1998; LOOGA, 2005; FREEMAN, 2006). 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 (LOOGA, 2005). Para avaliar a correta execução da MV, foram observados (LOOGA, 2001; MARÃES *et al*, 2004): 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 supina e sentada de forma aleatória.

3.3.5 Pressão Expiratória Máxima (PE_{máx})

As medidas de PE_{máx} foram realizadas com o emprego do manômetro digital e peça bucal com orifício de 2 mm (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; PARREIRA *et al*, 2007). 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 (NEDER *et al*, 1999). Caso o maior valor fosse observado na última tentativa, uma nova medida seria realizada, a fim de se excluir o efeito do aprendizado (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; PARREIRA *et al*, 2007). 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.

3.3.6 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.

3.3.7 Análise dos dados

Os dados analisados foram FC_{repouso} , média dos valores de FC nos 60 segundos anteriores à execução de cada manobra; FC_{pico} , maior valor de FC obtido durante as manobras; FC_{nadir} , menor valor obtido após a interrupção das manobras; $FC_{\text{recuperação}}$, média dos 180 segundos finais do período de recuperação de cada manobra (LEITE *et al*, 2010); variação da frequência cardíaca (ΔFC), calculado pela diferença entre a FC_{pico} durante cada manobra e a FC_{repouso} (GELBER *et al*, 1997; MARÃES *et al*, 2004); $\Delta FC_{\text{isotime}}$, 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) (O'BRIEN *et al*, 1986; MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005; FARINATTI *et al*, 2011) 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_{total}) ou por 3 segundos (W_{isotime}). Para a avaliação dos valores de trabalho realizado proporcionalmente à ΔFC , foram calculadas as razões $W_{\text{total}}/\Delta FC_{\text{total}}$ e $W_{\text{isotime}}/\Delta FC_{\text{isotime}}$.

3.3.8 Análise estatística

O cálculo amostral, baseado nos resultados da ΔFC (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.

3.4 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* (1999). 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 à 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.

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 ⁻²)	23,4±2,8
PEmáx predita* (cmH ₂ O)	131±2
Supino	
PEmáx (cmH ₂ O)	117±24
PEmáx (% predita)	89±18
Sentado	
PEmáx (cmH ₂ O)	114±25
PEmáx (% predita)	87±19

* Valores de PEmáx preditos por Neder *et al* (1999)

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_{pico} e de FC_{nadir}. Entre as posturas, houve diferença nos valores de FC_{repouso}, FC_{nadir} e FC_{recuperação}. Porém, quando comparadas as posturas intramanobras, foram observadas diferenças para os valores de FC_{nadir} e FC_{recuperação} na MV e de

FC_{repouso} e $FC_{\text{recuperação}}$ na PEmáx. Houve diferença significativa entre as manobras para os valores de ΔFC 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_{total} , W_{isotime} e a razão $W_{\text{isotime}}/\Delta FC_{\text{isotime}}$ foram diferentes entre as manobras.

Tabela 2. Respostas da frequência cardíaca, dos índices e d trabalho estimado na manobra de Valsalva e na medida de PEmáx nas posturas supina e sentada.

	Manobra de Valsalva		PEmáx		p-values		
	Supino	Sentado	Supino	Sentado	P	M	I
Frequência Cardíaca							
FC_{repouso} (bpm)	70±10	72±8	65±4*	71±6	0,04	NS	NS
FC_{pico} (bpm)	116±9	113±13	89±9	95±10	NS	<0,001	NS
FC_{nadir} (bpm)	52±4*	57±5	58±5	59±4	0,03	0,002	NS
$FC_{\text{recuperação}}$ (bpm)	67±7*	74±7	66±4*	75±5	<0,001	NS	NS
Varição da FC							
ΔFC (bpm)	47±9	41±10	23±8	24±8	NS	<0,001	NS
$\Delta FC_{\text{isotime}}$ (bpm)	25±11	19±8	15±5	15±4	NS	0,002	NS
Índices							
IV ou IPEmáx	2,3±0,2	2,0±0,2*	1,5±0,2	1,6±0,3	NS	<0,001	0,002
Trabalho							
W_{total} (cmH ₂ O.s)	810±37	805±33	389±111	438±156	NS	<0,001	NS
$W_{\text{total}}/\Delta FC_{\text{total}}$ (cmH ₂ O.s.bpm ⁻¹)	18,0±3,5	21,4±8.0	19,3±10.0	19,5±7,6	NS	NS	NS
W_{isotime} (cmH ₂ O.s)	162±8	161±7	350±73	341±75	NS	<0,001	NS
$W_{\text{isotime}}/\Delta FC_{\text{isotime}}$ (cmH ₂ O.s.bpm ⁻¹)	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; ΔFC = variação da frequência cardíaca; IV = índice de Valsalva; IPEmáx = índice da PEmáx; W_{total} = trabalho total; W_{isotime} = trabalho isotime; $W_{\text{total}}/\Delta FC_{\text{total}}$ = razão do trabalho das manobras pela variação da frequência cardíaca total; $W_{\text{isotime}}/\Delta FC_{\text{isotime}}$ = 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 as posturas intramanobras.

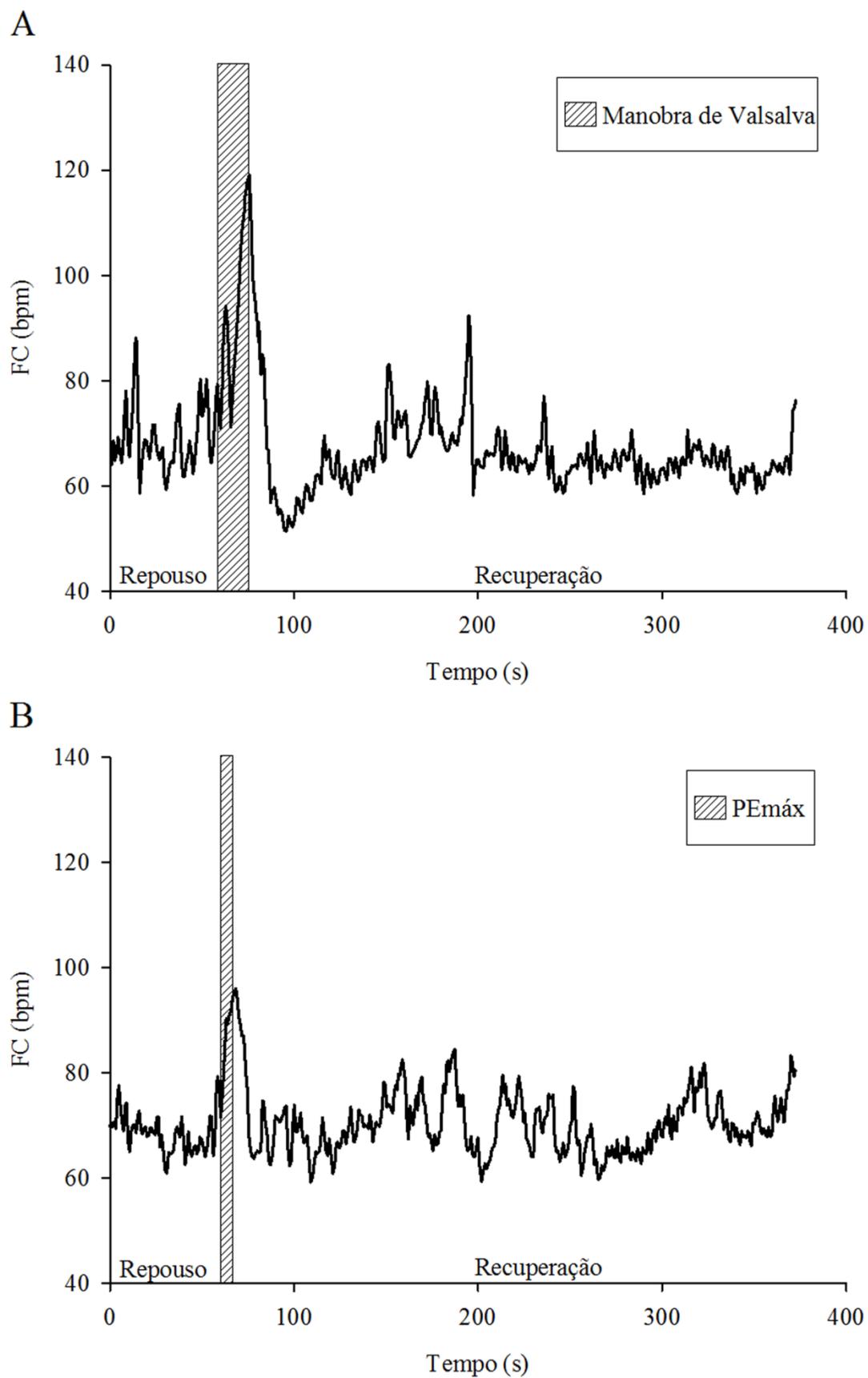


Figura 2. Padrão de resposta da FC batimento a batimento durante a execução das manobras de Valsalva (A) e da PEmáx (B).

3.5 DISCUSSÃO

Os principais achados deste estudo são: a execução da PEmáx não reproduz as respostas da FC (ΔFC e índices) observadas na MV. Os resultados referentes ao trabalho estimado e suas razões mostram a influência do tempo de execução da manobra. Adicionalmente, as respostas da FC (ΔFC 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 (MACIEL *et al*, 1986; GALLO JÚNIOR *et al*, 1995; REIS *et al*, 1998; MARÃES *et al*, 2004). No presente estudo, a mudança postural influenciou o comportamento da FC_{repouso} , FC_{nadir} e $FC_{\text{recuperação}}$, possivelmente devido às alterações na modulação simpática e parassimpática, promovidas pela mudança postural (MACIEL *et al*, 1986; HOHNLOSER, KLINGENHBEN, 1998; REIS *et al*, 1998).

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) (MACIEL *et al*, 1986; HOHNLOSER, KLINGENHBEN, 1998; REIS *et al*, 1998). 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 (LOOGA, 2001; LOOGA, 2005; LIANG, LIU, 2006; FREEMAN, 2006). 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 (LIANG, LIU, 2006; FREEMAN, 2006).

No presente estudo, não se observou diferença nos valores dos índices (IV e IPEmáx) e ΔFC 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 (SINGER *et al*, 2001; LIANG, LIU, 2006). 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 ($2,3\pm 0,2$). 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 (MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005; LIANG, LIU, 2006).

O IV é um parâmetro empregado na avaliação indireta da integridade do SNA, caracterizado por valores superiores a 1,4 (O'BRIEN *et al*, 1986). Os valores de IV obtidos neste estudo (supino: $2,3\pm 0,2$; sentado: $2,0\pm 0,2$) estão de acordo com os valores encontrados em outros estudos (O'BRIEN *et al*, 1986; GELBER *et al*, 1997; MARÃES *et al*, 2004) e indicam que os indivíduos apresentam SNA íntegro. Embora não haja relato prévio na literatura sobre os valores de IPEmáx, nossos resultados (supino: $1,5\pm 0,2$; sentado: $1,6\pm 0,3$) 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 (MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005; LIANG, LIU, 2006; FREEMAN, 2006).

Outro resultado importante do presente estudo mostrou que a ΔFC é maior durante a MV em relação à PEmáx, independente da postura empregada. A ΔFC é influenciada pelos ajustes hemodinâmicos que ocorrem durante o esforço expiratório contra resistência, presentes nas manobras estudadas (MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005; FREEMAN, 2006). 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 (FARINATTI *et al*, 2011). No presente estudo, o tempo de execução da MV (15 segundos) foi aproximadamente quatro vezes maior do que nas medidas de PEmáx (3 segundos). Além do tempo de duração da manobra (FARINATTI *et al*, 2011), 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 (LOOGA, 2001).

Nesse sentido, Elghozi *et al* (2008) 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) (LOOGA, 2001) 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 e menor proporção dos ajustes cardiovasculares comparados aos que ocorrem durante a MV (HAHNENGRESS, BÖNING, 2010).

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 ± 24 cmH₂O; sentado: 114 ± 25 cmH₂O) 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 (2001) (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.

3.6 CONCLUSÃO

Baseado nos dados referentes às respostas da FC (IV e ΔFC) 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.

4 ESTUDO II

Vinicius Minatel, Anielle C. M. Takahashi, Natália M. Persegini, Juliana C. Milan, Viviane Castello-Simões, Ellen C. Gomes, Audrey Borghi-Silva, Aparecida Maria Catai. **“Análise das respostas cardiovasculares à medida de pressão expiratória máxima estática e à manobra de Valsalva em homens saudáveis”**

4.1 RESUMO

Contextualização: A avaliação da força muscular respiratória (FMR) por meio da medida de pressão expiratória máxima (PE_{máx}) tem sido aplicada para identificar alterações da FMR decorrentes do envelhecimento. No entanto esta medida é contraindicada em algumas situações clínicas, pois se acredita que as respostas cardiovasculares obtidas na PE_{máx} são similares as respostas encontradas na manobra de Valsalva (MV). **Objetivos:** Comparar as respostas cardiovasculares por meio da análise das respostas da pressão arterial média (PAM), débito cardíaco (DC), volume sistólico (VS), frequência cardíaca (FC) e resistência vascular periférica (RVP), durante a execução da MV e da medida de PE_{máx}. Além de avaliar o efeito do processo de envelhecimento sobre as respostas cardiovasculares obtidas pelos grupos jovem (GJ) e meia idade (GMI) durante as diferentes manobras. **Métodos:** Participaram deste estudo 28 voluntários saudáveis, do gênero masculino, que foram divididos em: GJ (n=15) e GMI (n=13) com idade média de 25±5 anos e 50±5 anos, respectivamente. A MV foi composta por um esforço expiratório (40 mmHg) durante 15 s contra um manômetro. A PE_{máx} foi executada segundo a *American Thoracic Society*, sendo ambas realizadas na postura sentada. Para a análise das respostas da PAM, DC, VS, FC e RVP, utilizou-se ANOVA *two-way* (p<0,05). **Resultados:** Os principais achados deste estudo mostram que: não há diferença entre as variações do DC durante as manobras (p>0,05); as respostas da PAM (PAM_{pico}, PAM_{isotime}, ΔPAM e ΔPAM_{isotime}) e RVP (RVP_{isotime} e ΔRVP_{isotime}) são maiores durante a PE_{máx}; diferentemente do VS (VS_{pico}, VS_{nadir}, ΔVS) e da FC (FC_{pico}, FC_{nadir}, FC_{isotime}, ΔFC, ΔFC_{isotime} e IV), que foram maiores durante a MV. Além disso, observou-se que os valores de PE_{máx} e PAM não sofrem influência dos grupos (p>0,05) e que o GMI apresenta valores menores que o GJ para o DC, FC, VS exceto para a RVP (p<0,05). **Conclusões:** Baseado nestes achados pode-se concluir que: a medida da PE_{máx} gera respostas do DC semelhantes as observadas durante a MV, e respostas pressóricas maior que na MV; e que o tempo de execução das manobras parece ser o responsável pela ativação de distintos mecanismos fisiológicos envolvidos sobre o controle destas respostas. Além disso, parece que as respostas da FC e RVP obtidas durante a execução da MV e da PE_{máx} são influenciadas pelo envelhecimento.

Palavras-chave: manobra de Valsalva; músculos respiratórios; sistema nervoso autônomo; fisiologia cardiovascular; envelhecimento; fisioterapia.

4.2 INTRODUÇÃO

As medidas de pressão respiratória máxima estática inspiratória (P_{Imáx}) e expiratória (P_{Emáx}) são manobras estáticas na qual a pressão bucal avaliada reflete a pressão que está sendo gerada nos alvéolos pela ação dos músculos respiratórios (BLACK, HYATT, 1969; ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; FIORE JUNIOR, 2004; SIMÕES *et al*, 2010). A mensuração da P_{Imáx} costuma ser feita a partir de uma expiração máxima, ou seja, a partir do volume residual (VR). Já a P_{Emáx} geralmente é medida a partir da posição de inspiração máxima, isto é, a partir da capacidade pulmonar total (CPT) e reflete a ação dos músculos da parede torácica (BLACK, HYATT, 1969; GIBSON, 1995; ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002) e a capacidade de tosse e expectoração em pacientes com doenças neuromuscular (CHIARA *et al*, 2006).

No entanto, apesar de serem amplamente indicadas na prática clínica (FIZ, MOREIRA, 2000; ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002) as medidas de P_{Imáx} e P_{Emáx} apresentam algumas contraindicações absolutas e relativas (FIZ, MOREIRA, 2000; ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002). Estas contraindicações estão em sua grande maioria relacionadas à P_{Emáx} devido ao aumento da pressão intratorácica e abdominal durante a execução da manobra (GIBSON, 1995; STEIER *et al*, 2007), e sua semelhança com a manobra de Valsalva (MV) (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; HUGHES, 2009). Esta semelhança entre as manobras faz com que a realização do esforço expiratório durante a P_{Emáx} por períodos de tempo maiores que três segundos possam levar a alterações cardiovasculares semelhantes às da MV, como: diminuição do débito cardíaco (DC), do retorno venoso, da circulação pulmonar e do fluxo coronariano (LOOGA, 2005; LIANG, LIU, 2006; BONOW *et al*, 2011). Contudo, apesar de haver autores que afirmem esta semelhança (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; HUGHES, 2009), em um estudo prévio realizado por nosso grupo mostrou que em relação às respostas da frequência cardíaca (FC) a medida de P_{Emáx} apresenta um estresse cardíaco menor do que o observado durante a MV (MINATEL *et al*, 2012). No entanto, ainda faltam estudos que mostrem se as respostas cardiovasculares, pressão arterial (PA), débito cardíaco, volume sistólico (VS), e resistência vascular periférica (RVP), obtidas durante a medida de P_{Emáx} são semelhantes a da MV.

A manobra de Valsalva é um dos testes mais utilizados para a avaliação da função do sistema nervoso autônomo (SNA) devido a sua simplicidade e baixo custo (MALIK, 1998; MILIC *et al*, 2009; LOW *et al*, 2013). Durante a execução desta manobra ocorre o fechamento da glote promovendo o aumento da pressão intratorácica e intra-abdominal que irá gerar efeitos mecânicos nos pulmões e no sistema cardiovascular. Esses efeitos são mediados por reflexos dos receptores de estiramento pulmonar, mecanoreceptores cardiopulmonares, barorreceptores arteriais e quimioceptores, que enviam informações através de vias aferentes ao sistema

nervoso central e desencadeiam a ativação dos sistemas simpático e parassimpático, que modulam o sistema cardiovascular, em especial a FC e a PA (MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005).

O conjunto de respostas que ocorrem durante e após a sua execução já foram amplamente descritas na literatura (MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005; LIANG, LIU, 2006). 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 autonômica é determinado por diferentes estímulos, como respiração, contração muscular, estimulação de barorreceptores arteriais (REIS *et al*, 1998), modificações posturais (SINGER *et al*, 2001; LIANG, LIU, 2006; MINATEL *et al*, 2012) e pelo processo de envelhecimento (MALIK, 1998; MARÃES *et al*, 2004; MILIC *et al*, 2009).

O processo de envelhecimento promove alterações estruturais importantes sobre os sistemas respiratório (CHAUNCHAIYAKUL *et al*, 2004; MEYER, 2005; BRITTO *et al*, 2009), cardiovascular e autonômico (MALIK, 1998; LAKATTA, LEVY, 2003; MARÃES *et al*, 2004; MILIC *et al*, 2009) que acabam afetando a função desses sistemas. Baseando-se nessas alterações, vários estudos têm realizado as medidas de pressão respiratória máxima estática (BLACK, HYATT, 1969; CHAUNCHAIYAKUL *et al*, 2004; SUMMERHILL *et al*, 2007; BRITTO *et al*, 2009; SIMÕES *et al*, 2010) e a manobra de Valsalva (O'BRIEN *et al*, 1986; GELBER *et al*, 1997; LAITINEN *et al*, 2004; MARÃES *et al*, 2004; FREEMAN, 2006; MILIC *et al*, 2009) para identificar estas alterações promovidas pelo processo de envelhecimento sobre os sistemas respiratório, cardiovascular e autônomo. Nestes estudos, foram encontrados que tanto os valores de P_{Imáx} e a P_{Emáx} e dos IV apresentam uma redução com o aumento da idade. No entanto, não foi encontrado nenhum estudo que avaliasse o envelhecimento por meio da comparação entre as respostas cardiovasculares obtidas nessas manobras.

Baseando-se nas alterações dos sistemas respiratório, cardiovascular e autônomo em decorrência do processo de envelhecimento, e na tentativa de elucidar os mecanismos fisiológicos envolvidos nas respostas da P_{Emáx} é que se realizou esse estudo. Esse estudo teve como hipótese que a realização da medida de P_{Emáx} gera respostas cardiovasculares semelhantes as encontradas na MV, em homens saudáveis. Para isso, o objetivo foi comparar as respostas cardiovasculares por meio da análise das respostas da PA, DC, VS, FC e RVP, durante a execução das manobras de Valsalva e da medida de P_{Emáx}. Além disso, avaliar o efeito do processo de envelhecimento por meio da diferença entre as respostas cardiovasculares obtidas pelos grupos jovem e o meia idade durante as diferentes manobras (MV e P_{Emáx}).

4.3 MÉTODOS

4.3.1 Sujeitos

Participaram do estudo 28 voluntários saudáveis, do gênero masculino, que foram divididos em um grupo de jovens (GJ) e um de meia idade (GMI). O GJ contou com a participação de 15 sujeitos na faixa etária entre 20 e 30 anos (25 ± 5 anos), fisicamente ativos e com boa capacidade funcional aeróbia segundo a NYHA ($42,4\pm 6,2$ mL/kg). Já o GMI foi composto por 13 sujeitos com a faixa etária compreendida entre 40 e 60 anos (50 ± 5 anos), todos também fisicamente ativos e com boa capacidade funcional aeróbia segundo a NYHA ($34,7\pm 7,5$ mL/kg). As demais características dos grupos estão expressas na tabela 3. Todos os voluntários foram informados e orientados a respeito dos procedimentos a que seriam submetidos e assinaram um 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 20959/2012) (ANEXO C).

Os critérios de inclusão empregados para ambos os grupos, além daqueles supracitados, foram a ausência de disfunções osteomioarticulares, respiratórias, neurológicas, metabólicas ou cardiovasculares diagnosticadas; uso de medicamentos, drogas ilícitas ou hábito tabágico; índice de massa corpórea (IMC) ≤ 30 kg/m² e concordância em participar da pesquisa. Além disso, os sujeitos não deveriam apresentar alterações eletrocardiográficas em repouso e/ou durante os testes de exercício clínico e cardiopulmonar. Seriam excluídos os sujeitos que apresentassem qualquer desconforto durante a execução das manobras, ou que não se encaixasse nos critérios acima citados. No entanto, nenhum sujeito apresentou qualquer sinal ou sintoma compatível com a necessidade de exclusão do estudo.

4.3.2 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 3). 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 (GUO *et al*, 1999; COOKE *et al*, 2002).

Previamente à participação no estudo, os voluntários foram submetidos a uma anamnese, na qual foram coletadas 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, para a avaliação da capacidade funcional aeróbia foi aplicado um teste de exercício cardiopulmonar (TECP) sintoma limitado (BALADY *et al*, 2010), realizado em esteira rolante (Master ATL, Imbramed, Porto Alegre, Brasil), conjuntamente com a captação de variáveis ventilatórias e metabólicas respiração a respiração, dentre elas o consumo de oxigênio pico ($VO_{2\text{pico}}$) (CPX-D, Medical Graphics, St Paul, MN, EUA). O TECP consistiu da aplicação de um protocolo contínuo em rampa, com velocidade incremental até alcançar a máxima velocidade (7,5 à 12 km/h) previamente definida, levando-se em consideração o nível de atividade física do sujeito, e não o grupo a qual ele estava inserido (GJ ou GMI). Após alcançar a máxima velocidade, por volta dos três minutos, se iniciava um incremento de 0,5% de inclinação a cada 15s até o fim do teste (entre 8 a 12 minutos).

No mesmo dia do TECP foram realizados os 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. A ordem de execução das manobras foi definida por meio de sorteio. Todas as manobras, MV e PEmáx, foram realizadas na postura sentada 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° (BADR *et al*, 2003; MINATEL *et al*, 2012). Em ambas as manobras, os voluntários foram orientados a permanecer com suas peças de vestuário afrouxadas para que os movimentos respiratórios não fossem limitados.

Além disso, a fim de evitar erros nas medidas dos valores de pressão expiratória gerados durante a MV e PEmáx, os manômetros empregados no presente estudo (analógico e digital) foram previamente calibrados e testados. 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).

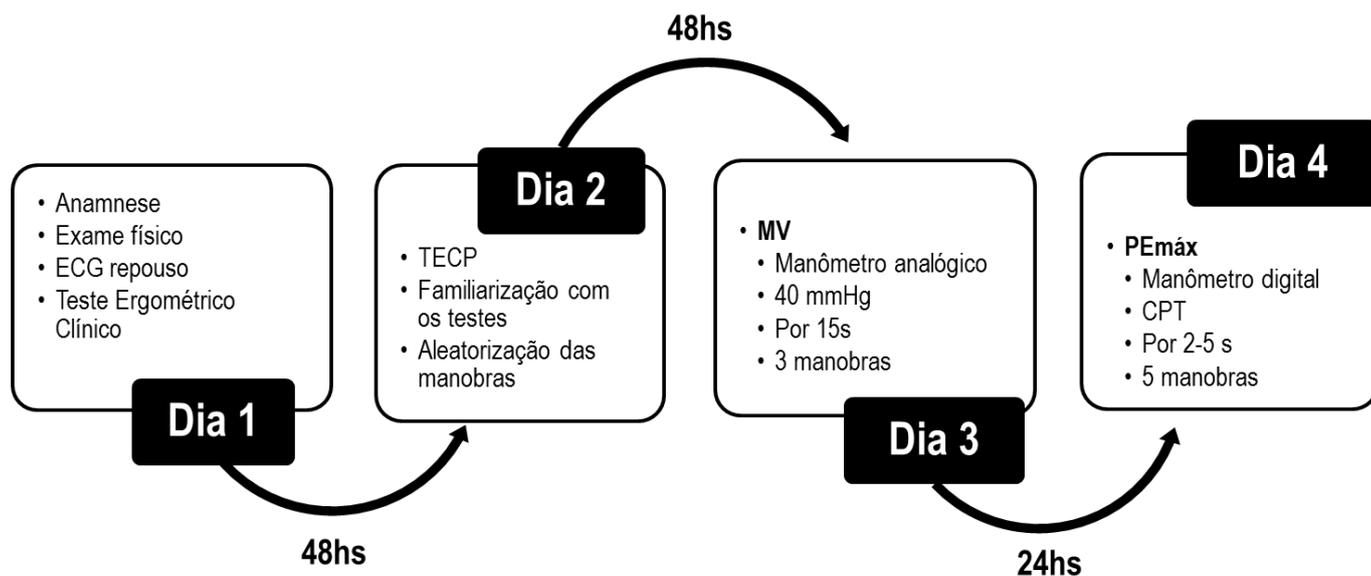


Figura 3. Descrição dos procedimentos experimentais empregados.

4.3.3 Manobra de Valsalva

Para a execução da MV, utilizou-se um manômetro analógico (Dyasist, São Paulo, 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 (HOHNLOSER, KLINGENHBEN, 1998; LOOGA, 2005; FREEMAN, 2006). 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 (MINATEL *et al*, 2012). Para que fosse garantida a abertura da glote durante a execução da manobra, utilizou-se peça bucal com orifício (LOOGA, 2005). Para avaliar a correta execução da MV, foram observados: 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 (LOOGA, 2001; MARÃES *et al*, 2004).

4.3.4 Pressão Expiratória Máxima

As medidas de PEmax foram realizadas com o emprego de um manômetro digital (MVD300, Globalmed, RS, Brasil) e peça bucal com orifício de 2 mm (BLACK, HYATT, 1969; ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002). 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% (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002). 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 (NEDER *et al*, 1999). Caso o maior valor fosse observado na última tentativa, uma nova medida seria realizada, a fim de se excluir o efeito do aprendizado (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; PARREIRA *et al*, 2007). Entre as medidas, havia um intervalo de cinco minutos, de modo a reproduzir o procedimento empregado na MV.

4.3.5 Captação das variáveis cardiovasculares

As variáveis cardiovasculares foram obtidas por meio da captação de forma não invasiva das ondas de pressão arterial e dos sinais eletrocardiográficas, batimento a batimento em uma frequência de amostragem de 1kHz. As ondas de pressão arterial foram obtidas por fotopletoislografia, utilizando o Finometer Pro® (Finapres Medical System, Amsterdam, Holanda) posicionado no membro superior não dominante. Já os sinais eletrocardiográficos foram coletados utilizando um bioamplificador (BioAmp FE132, ADInstruments, Austrália), com os eletrodos posicionados na derivação MC5, na qual o pólo negativo foi posicionado no manúbrio esternal (M), o pólo positivo na região do 5º espaço intercostal (C5) na linha axilar anterior esquerda e o terra na região do 5º espaço intercostal na linha axilar anterior direita. Ambos os equipamentos estavam acoplados a uma placa de aquisição e análise de sinais biológicos PowerLab 8/35 (ADInstruments, Austrália) que constituiu em uma *interface* com um microcomputador. Os valores de frequência cardíaca foram derivados dos intervalos entre as ondas R (iR-R) do eletrocardiograma, no *software* Labchart Pro (ADInstruments, Austrália) e os valores de DC, VS e RVP, foram derivados das curvas de pressão arterial e analisados no *software* Beat Scope® Easy (Finapres Medical Systems, Amsterdam, Holanda) (ROMERO-ORTUNO *et al*, 2010).

Previamente aos procedimentos experimentais, os voluntários foram posicionados sentados por 10 minutos para que houvesse uma adaptação do mesmo às condições ambientais. Após isso era feita uma calibração fisiológica dos valores de PA (*physiocal*) seguida de uma correção dos valores da pressão arterial de pulso (FinAP) pelos valores de pressão arterial braquial (reBAP) (GUELEN *et al*, 2008). Após a calibração foram realizados os procedimentos experimentais (MV ou PEmáx). Durante estes procedimentos, a captação foi realizada da seguinte forma: 60 segundos em repouso; tempo da manobra (15 segundos na MV e 5 segundos na PEmáx), e 300 segundos correspondentes ao período de recuperação. Após a execução das manobras os indivíduos permaneciam em repouso por um período de 5 minutos a fim de retornar os valores de PA e FC próximos aos basais.

4.3.6 Análise dos dados

Os dados analisados foram PAM_{repouso} , DC_{repouso} , VS_{repouso} , FC_{repouso} e RVP_{repouso} que representam a média destes valores nos 60 segundos anteriores à execução de cada manobra; PAM_{pico} , DC_{pico} , VS_{pico} , FC_{pico} e RVP_{pico} foram determinados pelos maiores valores obtidos durante as manobras; PAM_{nadir} , DC_{nadir} , VS_{nadir} , FC_{nadir} e RVP_{nadir} foram os menores valores obtidos após a interrupção das manobras; $PAM_{\text{recuperação}}$, $DC_{\text{recuperação}}$, $VS_{\text{recuperação}}$, $FC_{\text{recuperação}}$ e $RVP_{\text{recuperação}}$ média dos 180 segundos finais do período de recuperação de cada manobra; PAM_{isotime} , DC_{isotime} , VS_{isotime} , FC_{isotime} e RVP_{isotime} foram os valores obtidos no terceiro segundo após a inspiração profunda (Figura 4).

Além disso, foram calculados os valores de variação para a PAM, DC, VS, FC e RVP (ΔPAM , ΔDC , ΔVS , ΔFC e ΔRVP), por meio da diferença entre os valores de pico durante cada manobra e média de repouso; e os valores em *isotime*, mesmo tempo ($\Delta PAM_{\text{isotime}}$, $\Delta DC_{\text{isotime}}$, $\Delta VS_{\text{isotime}}$, $\Delta FC_{\text{isotime}}$ e $\Delta RVP_{\text{isotime}}$), que foi calculado pela diferença dos valores obtidos no terceiro segundo após a inspiração profunda e a média de repouso. Também foram analisados os índices de Valsalva (IV) (O'BRIEN *et al*, 1986; MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005; FARINATTI *et al*, 2011; MINATEL *et al*, 2012) 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 (MINATEL *et al*, 2012).

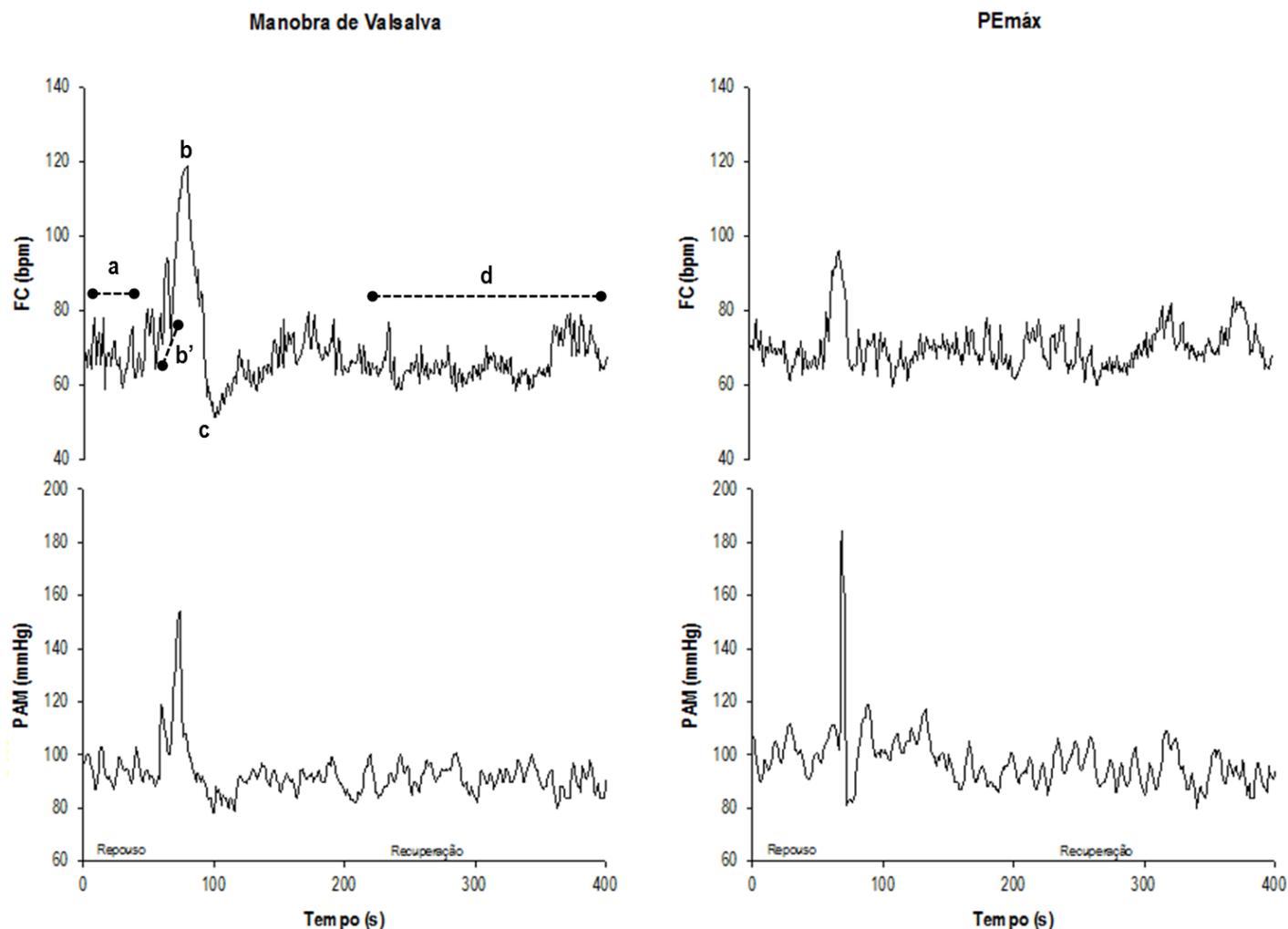


Figura 4. Caracterização da análise dos dados e padrão de resposta da frequência cardíaca e pressão arterial média durante a execução da manobra de Valsalva e PEmáx, em um jovem saudável. a: média dos valores de repouso (60s); b: pico da manobra; b': valor pico no *isotime* (3s); c: nadir; d: média dos valores de recuperação (180s).

4.3.7 Análise estatística

Para calcular o tamanho da amostra necessária para este estudo foi realizado o cálculo amostral baseando-se nos valores dos índices (IV e IPEmáx) obtidos durante a execução da MV e PEmáx. A escolha destas variáveis foi baseada na importância clínica do IV na avaliação da integridade do sistema nervoso autônomo e sua correlação com as alterações promovidas pelo processo de envelhecimento sobre este sistema. Portanto, baseado nos valores de IV e IPEmáx obtidos em um estudo piloto com 5 jovens e 5 meia idade, para se conseguir uma potência de 80% mediante o teste estatístico ANOVA *two-way*, levando-se em conta que o nível de

significância é de 5%, seria necessário uma amostra total de 18 sujeitos. No entanto, o presente estudo contou com a participação de 28 sujeitos (GJ:15 e GMI:13).

Para a análise estatística, utilizou-se o *software* SPSS *Statistics* 17.0 (SPSS Inc, Chicago, Illinois, USA), sendo empregado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade da distribuição dos dados. Foi aplicado o teste-T de *Student* não pareado para verificar o efeito dos grupos sobre as características antropométricas, capacidade funcional aeróbia, valores de PEmáx e das respostas cardiovasculares (PAM, DC, VS, FC e RVP) obtidas durante a execução da MV e da PEmáx. Além disso, aplicou-se a ANOVA *two-way* para verificar o efeito dos grupos e das manobras sobre as repostas cardiovasculares. Para ambos os testes foi adotado o nível de significância de 5%. Os dados estão apresentados como média e desvio-padrão.

4.4 RESULTADOS

Na Tabela 3 estão expressos os dados relativos à idade, características antropométricas e capacidade funcional aeróbia dos voluntários. Estes dados mostram que os grupos são similares e homogêneos, diferindo apenas nos valores de IMC e $VO_{2\text{pico}}$. No entanto, apesar da diferença entre os valores de $VO_{2\text{pico}}$, quando utilizamos esses valores para classificar a capacidade funcional aeróbia segundo a NYHA ambos apresentam uma boa capacidade aeróbia. Ainda em relação à caracterização dos sujeitos, não foi observada diferença entre os valores de pressão respiratória expiratória obtidos durante a medida da PEmáx ($p=0,689$).

Em relação às respostas cardiovasculares, não houve diferença entre os valores de PAM obtidos pelos grupos nas condições estudadas ($p>0,05$) (tabela 4). Este mesmo achado é observado quando comparamos o efeito dos grupos sobre as respostas da PAM e ΔPAM intramanobra (Figuras 5, 6). Contudo, quando comparados os valores de PAM_{pico} e PAM_{isotime} entre as manobras, MV e PEmáx, observou-se diferença estatística entre elas ($p<0,001$ e $p<0,001$, respectivamente), sendo que os maiores valores foram observados durante a medida da PEmáx (tabela 4). Este mesmo achado foi observado para ΔPAM e $\Delta PAM_{\text{isotime}}$ (tabela 5).

Diferentemente da PAM, observou-se diferença entre os grupos ($p<0,05$) para o DC em todas as condições estudadas (tabela 4), sendo que o GJ apresentou valores superiores ao do GMI nestas condições. Este achado foi similar ao observado na figura 5, na qual pode se observar que durante a execução da medida de PEmáx o GJ apresentou valores de DC_{repouso} , DC_{pico} , DC_{nadir} e $DC_{\text{recuperação}}$ maiores que o GMI. Já durante a MV, observou-se apenas diferença entre os grupos para o DC_{nadir} (figura 4). Porém, apesar de haver diferença entre os grupos nestas condições (repouso, pico, nadir e recuperação), não foi notada diferença entre os grupos

para a ΔDC e $\Delta DC_{isotime}$ (tabela 5). Este achado foi semelhante ao observado quando foi feita a análise do efeito das manobras sobre o comportamento do DC e de sua variação ($p>0,05$) (tabelas 4 e 5).

Tabela 3. Características antropométricas, capacidade funcional aeróbia e valores de PEmáx obtidos por grupos.

Variáveis	GJ (n=15)	GMI (n=13)	P-valores
Idade (anos)	25±4	50±5	<0,001*
Estatura (m)	1,78±0,07	1,75±0,07	0,443
Massa corpórea (kg)	75,5±11,5	80,2±8,9	0,249
IMC (kg.m ⁻²)	23,9±2,8	26±2,4	0,042*
VO _{2pico} (mL.kg ⁻¹)	42,4±6,2	34,7±7,5	0,007*
PEmáx (cmH ₂ O)	150±24	154±35	0,689

Dados apresentados em média±desvio padrão. GJ: grupo jovem; GMI: grupo meia idade; IMC: índice de massa corpórea; VO_{2pico}: consumo de oxigênio no pico do esforço. * $p<0,05$ para o efeito dos grupos: GJ vs GMI (teste-T de Student não pareado).

Em relação ao comportamento do VS, foi observada diferença entre os grupos e as manobras ($p>0,05$) somente para o VS_{pico} e VS_{nadir}, sendo que nas duas situações os valores foram menores para o GMI e na execução da PEmáx (tabela 4). Além disso, notou-se interação entre as manobras e os grupos para o VS_{pico} e VS_{isotime} ($p=0,003$) (tabela 4). Contudo, quando analisado os valores de ΔVS e $\Delta VS_{isotime}$, foi observada diferença entre as manobras ($p<0,001$) apenas para a ΔVS (tabela 5). Este achado mostra que há uma maior redução do VS durante a MV do que na PEmáx. No entanto, quando avaliado o efeito dos grupos sobre o comportamento do VS intramanobra (figura 6), observou-se diferença entre os grupos jovem e meia idade para o VS_{nadir} e VS_{pico} durante a execução da MV e da PEmáx, respectivamente.

Quando analisadas as respostas da FC, notou-se que o GJ apresentou valores maiores que o GMI para as variáveis FC_{repouso}, FC_{pico}, FC_{isotime} e FC_{recuperação}, sendo esta diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$) (tabela 4). Achados semelhantes puderam ser observados na tabela 5, na qual foi analisado o efeito do grupo sobre o $\Delta FC_{isotime}$ ($p=0,022$), e nas análises intramanobras na qual podemos observar que o GJ apresenta maiores valores de FC_{repouso}, FC_{pico} e $\Delta FC_{isotime}$ durante a MV, e de FC_{pico} e FC_{nadir} durante a medida da PEmáx (figuras 5 e 6). Além disso, foi observado interação entre os efeitos das manobras e os grupos para a FC_{nadir} ($p<0,001$) (tabela 4). No entanto, quando analisada a influência das manobras sobre o comportamento da FC, notou-se que os maiores valores de FC_{pico}, FC_{isotime}, ΔFC , $\Delta FC_{isotime}$ e os

menores valores de FC_{nadir} , representando uma maior bradicardia reflexa, foram encontrados durante a execução da MV (tabelas 4 e 5). Já em relação aos índices, IV e IPEmáx, na tabela 5 pode se observar que há uma redução destes índices com o avanço da idade ($p=0,031$). Além disso, nota-se que os valores de IV são maiores que o IPEmáx independente do grupo ($p<0,001$). Estes achados mostram, por meio da interação observada ($p<0,001$), que tanto a manobra quanto o grupo influenciam o comportamento destes índices (tabela 5).

Em relação às repostas da RVP notou-se que em todas as condições estudadas, RVP_{repouso} , RVP_{pico} , RVP_{nadir} , $RVP_{\text{recuperação}}$, ΔRVP e $\Delta RVP_{\text{isotime}}$, o GMI apresentou valores superiores ao GJ ($p<0,05$) (tabelas 4 e 5). Estes achados foram similares, quando analisado o efeito do grupo intramanobra, exceto que durante a execução da MV apenas RVP_{nadir} e ΔRVP não foram estatisticamente diferentes ($p>0,05$) (figura 5 e 6). No entanto, diferentemente do comportamento da FC, quando avaliada a influência das manobras sobre a RVP foi observado que os maiores valores de RVP_{isotime} e $\Delta RVP_{\text{isotime}}$ foram obtidos durante a execução da medida de PE máx ($p<0,05$) (tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Efeito dos grupos e das manobras sobre as respostas cardiovasculares antes, durante e após a execução das manobras de Valsalva e PE_{máx}.

Variáveis	GJ (n=15)		GMI (n=13)		P-valores		
	MV	PE _{máx}	MV	PE _{máx}	G	M	I
PAM (mmHg)							
PAM _{repouso}	98±13	96±9	102±10	102±10	0,092	0,792	0,689
PAM _{pico}	132±18	155±17	134±18	159±21	0,534	<0,001*	0,776
PAM _{nadir}	97±10	91±10	93±10	93±10	0,707	0,269	0,245
PAM _{recuperação}	93±12	92±7	96±9	97±10	0,092	0,938	0,771
PAM _{isotime}	113±18	142±20	113±12	140±24	0,811	<0,001*	0,842
DC (L/min)							
DC _{repouso}	7,4±1,4	7,3±1,2	6,4±1,3	6,2±1,1	0,003*	0,620	0,828
DC _{pico}	3,7±0,8	4,1±1,3	3,1±0,7	2,9±0,6	0,001*	0,696	0,194
DC _{nadir}	7,4±1,1	7,5±1,4	6,4±1,2	6,2±1,1	0,001*	0,874	0,597
DC _{recuperação}	6,6±1,0	6,6±1,0	5,8±1,2	5,8±0,9	0,005*	0,991	0,833
DC _{isotime}	5,5±0,8	5,5±1,1	4,5±1,0	4,2±1,3	<0,001*	0,646	0,734
VS (mL)							
VS _{repouso}	92,8±18,5	94,0±17,1	89,4±15,8	88,0±15,2	0,301	0,982	0,770
VS _{pico}	34,1±10,2	56,4±15,1	31,5±6,3	38,9±10,7	0,001*	<0,001*	0,016*
VS _{nadir}	123,5±13,7	103,1±19,9	102,4±17,7	98,3±17,0	0,007*	0,010*	0,083
VS _{recuperação}	88,8±17,2	88,6±14,9	84,5±13,6	87,3±14,0	0,494	0,743	0,707
VS _{isotime}	55,6±6,6	66,6±14,1	59,6±11,9	51,0±12,4	0,070	0,693	0,003*
FC (bpm)							
FC _{repouso}	81±12	77±12	72±11	71±10	0,009*	0,460	0,665
FC _{pico}	125±12	101±10	109±15	91±10	<0,001*	<0,001*	0,306
FC _{nadir}	57±6	74±11	59±8	63±11	0,067	<0,001*	0,011*
FC _{recuperação}	76±11	75±11	69±11	68±11	0,015*	0,729	0,972
FC _{isotime}	103±10	91±9	86±13	83±9	<0,001*	0,011*	0,089
RVP (dyn.s/cm⁵)							
RVP _{repouso}	1093±149	1088±164	1355±372	1311±217	<0,001*	0,704	0,766
RVP _{pico}	2858±654	2644±660	3651±1246	3984±1046	<0,001*	0,809	0,271
RVP _{nadir}	1075±192	987±188	1206±305	1234±246	0,004*	0,641	0,360
RVP _{recuperação}	1156±162	1143±141	1429±406	1372±220	<0,001*	0,597	0,743
RVP _{isotime}	1535±255	2302±437	2059±542	3136±927	<0,001*	<0,001*	0,322

Dados apresentados em média±desvio padrão. GJ: grupo jovem; GMI: grupo meia idade; MV: manobra de Valsalva; PE_{máx}: pressão expiratória máxima; FC: frequência cardíaca; PAM: pressão arterial média; DC: débito cardíaco; VS: volume sistólico; RVP: resistência vascular periférica. G = efeito do grupo: GJ vs GMI; M = efeito da manobra: MV vs PE_{máx}; I = interação entre grupo e manobra. *p<0,05 (ANOVA two-way).

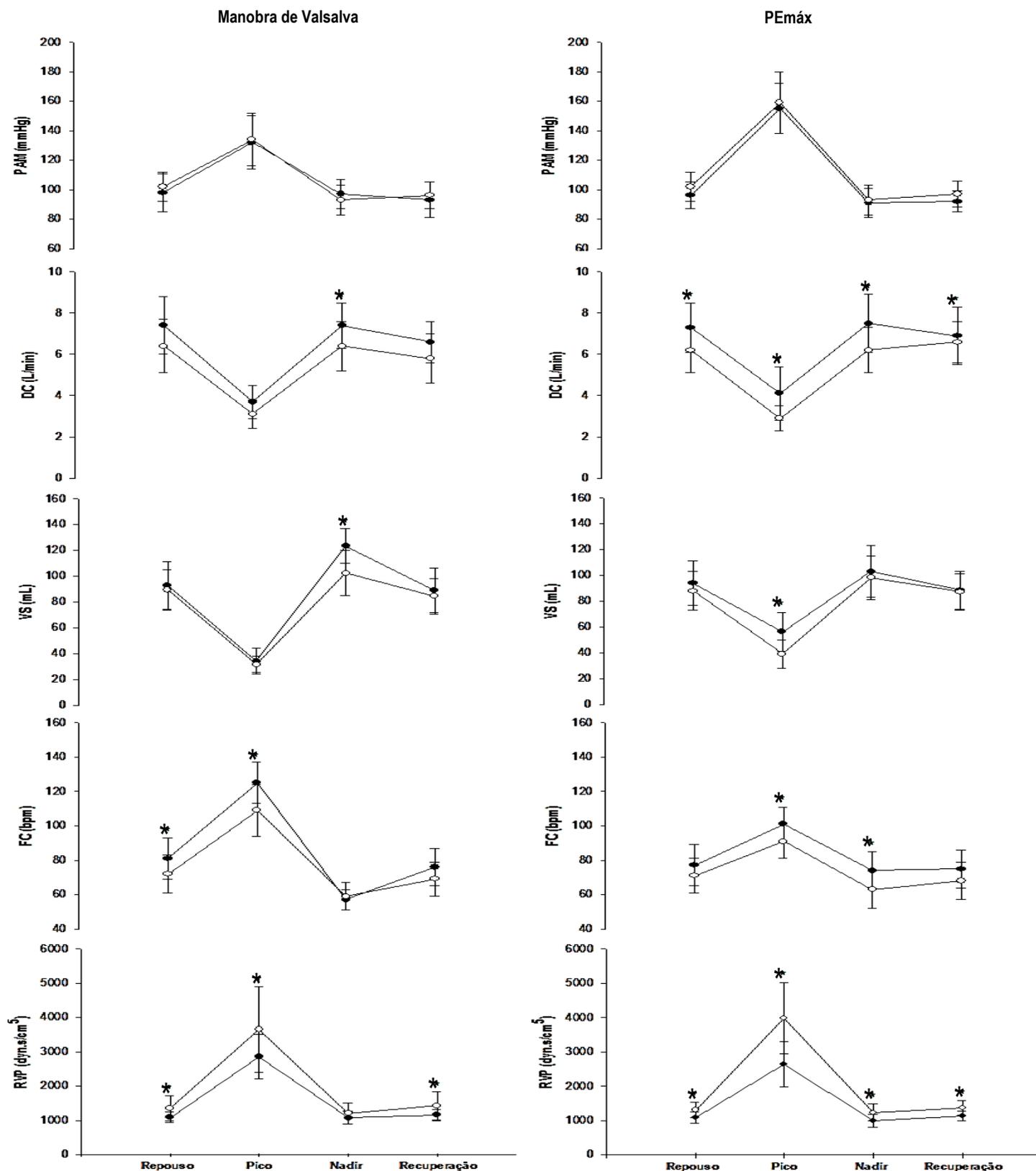


Figura 5. Análise das respostas cardiovasculares, entre os grupos jovens e meia idade, antes, durante e após a execução das manobras de Valsalva e PEmáx. Dados apresentados em média±dp. ●: grupo jovem (GJ); ○: grupo meia idade (GMI); PAM: pressão arterial média; DC: débito cardíaco; VS: volume sistólico; FC: frequência cardíaca; RVP: resistência vascular periférica. * $p < 0,05$ para o efeito dos grupos: GJ vs GMI (teste-T de Student não pareado).

Tabela 5. Variação das respostas cardiovasculares e os índices (IV e IPEmáx) obtidos após a execução das manobras de Valsalva e PE_{máx}.

Variáveis	GJ (n=15)		GMI (n=13)		P-valores		
	MV	PE _{máx}	MV	PE _{máx}	G	M	I
PAM (mmHg)							
ΔPAM	34±13	59±13	32±13	57±16	0,647	<0,001*	0,938
ΔPAM _{isotime}	15±9	46±19	11±5	38±22	0,141	<0,001*	0,284
DC (L/min)							
ΔDC	-3,7±1,3	-3,2±1,1	-3,3±1,0	-3,3±0,9	0,616	0,366	0,395
ΔDC _{isotime}	-1,9±1,1	-1,8±0,9	-2,0±0,7	-1,9±0,9	0,673	0,878	0,928
VS (mL)							
ΔVS	-58,7±14,4	-37,6±14,4	-58,0±11,0	-49,1±13,7	0,145	<0,001*	0,097
ΔVS _{isotime}	-37,2±18,0	-27,4±11,0	-29,8±9,3	-36,9±10,0	0,763	0,699	0,017*
FC (bpm)							
ΔFC	44±9	23±8	38±10	21±7	0,056	<0,001*	0,388
ΔFC _{isotime}	22±9	14±7	14±7	13±7	0,022*	0,014*	0,083
RVP (dyn.s/cm⁵)							
ΔRVP	1765±626	1556±591	2296±1010	2673±1016	<0,001*	0,704	0,189
ΔRVP _{isotime}	442±307	1214±358	704±256	1824±912	0,003*	<0,001*	0,215
Índices							
IV ou IPE _{máx}	2,2±0,3	1,4±0,2	1,9±0,2	1,5±0,2	0,031*	<0,001*	<0,001*

Dados apresentados em média±desvio padrão. GJ: grupo jovem; GMI: grupo meia idade; MV: manobra de Valsalva; PE_{máx}: pressão expiratória máxima; FC: frequência cardíaca; ΔFC: variação da FC; PAM: pressão arterial média; ΔPAM: variação da PAM; DC: débito cardíaco; ΔDC: variação do DC; VS: volume sistólico; ΔVS: variação do VS; RVP: resistência vascular periférica; ΔRVP: variação da RVP. G = efeito do grupo: GJ vs GMI; M = efeito da manobra: MV vs PE_{máx}; I = interação entre grupo e manobra. *p<0,05 (ANOVA two-way).

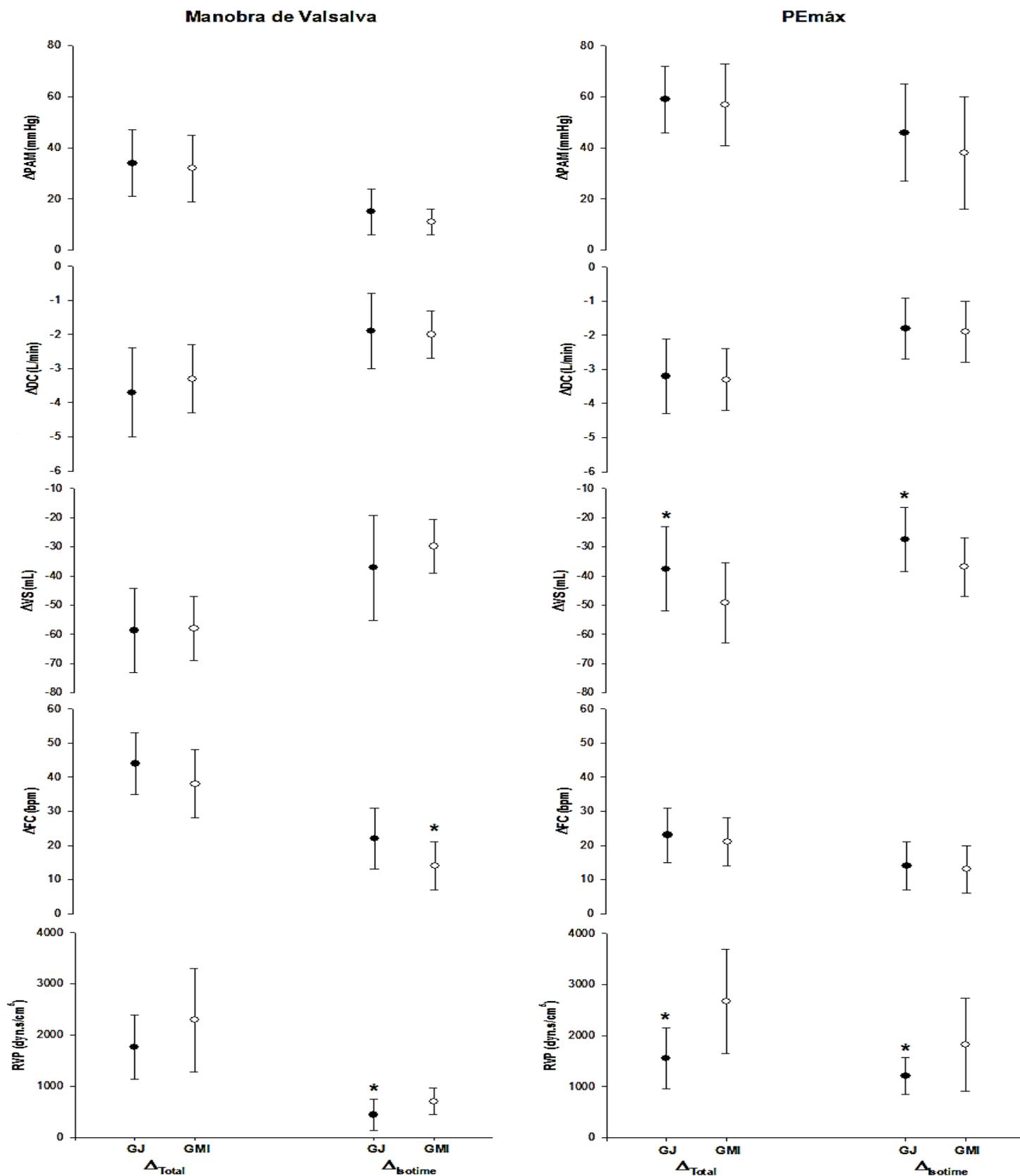


Figura 6. Efeito do grupo sobre a variação das repostas cardiovasculares durante a manobra de Valsalva e a PEmáx. Dados apresentados em média \pm dp ●: Manobra de Valsalva; ○: PEmáx; PAM: pressão arterial média; DC: débito cardíaco; VS: volume sistólico; FC: frequência cardíaca; RVP: resistência vascular periférica. * $p < 0,05$ para o efeito dos grupos: GJ vs GMI (teste-T de *Student* não pareado).

4.5 DISCUSSÃO

Os principais achados deste estudo mostram que não há diferença entre as variações do DC durante a PEmáx e a MV ($p > 0,05$). Diferentemente do DC, observou-se diferença entre as manobras ($p < 0,05$) quando analisado as respostas da PAM (PAM_{pico} , $PAM_{isotime}$, ΔPAM e $\Delta PAM_{isotime}$), RVP ($RVP_{isotime}$ e $\Delta RVP_{isotime}$), sendo estas maiores durante a PEmáx, e do VS (VS_{pico} , VS_{nadir} , ΔVS) e da FC (FC_{pico} , FC_{nadir} , $FC_{isotime}$, ΔFC , $\Delta FC_{isotime}$ e IV), maiores durante a MV. Além disso, foi observado que os valores de PEmáx e PAM não sofrem influência dos grupos ($p > 0,05$). Também se observou que o GMI apresenta valores menores que o GJ para o DC, FC, VS. No entanto, quando analisado a RVP notou-se que GMI possuíam os maiores valores.

Respostas cardiovasculares à MV e à PEmáx:

Apesar de muitos autores afirmarem que a medida de PEmáx produz respostas cardiovasculares similares a da manobra de Valsalva (ATS/ERS, 2002; SOUZA, 2002; HUGHES, 2009), ainda não havia nenhum estudo avaliando esse fato. No presente estudo, pudemos observar que a variação do DC é semelhante entre as manobras, e concordante ao que tem sido referido na literatura, sobre os ajustes cardiovasculares gerados durante as manobras parecerem priorizar a manutenção do DC (MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005; LIANG, LIU, 2006). No entanto, as semelhanças entre as manobras acabam por aí, pois os mecanismos fisiológicos e os ajustes cardiovasculares que atuam para manter o DC próximo aos valores basais são bem distintos.

As respostas cardiovasculares observadas durante a execução da MV são divididas em quatro ou cinco fases (MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005, LIANG, LIU, 2006), e estão amplamente descritas na literatura. Durante a fase I, há um aumento transitório da PA e uma leve queda da FC provocado pelo aumento da pressão intratorácica (MARÃES *et al*, 2004; LIANG, LIU, 2006). Em virtude destas alterações os reflexos reguladores do sistema cardiovascular como receptores de estiramento pulmonar, mecanoreceptores cardiopulmonares, barorreceptores arteriais e quimiorreceptores, ativam a via barorreflexa, que por mecanismo de retroalimentação (*feedback*) causam efeitos mecânicos nos pulmões e no sistema cardiovascular. A estimulação da via barorreflexa durante a MV desencadeia ajustes na FC, através da inibição do sistema parassimpático cardíaco; e modificações da resistência vascular total e da PA, por meio da ativação simpática periférica (MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005; LIANG, LIU, 2006; SCHREZENMAIER *et al*, 2007). Conforme a pressão intratorácica é mantida elevada, observa-se uma redução no retorno venoso, com diminuição do enchimento do

ventrículo esquerdo, resultando em queda da PA e do DC. Neste momento observa-se um aumento da resposta barorreceptora resultando no aumento da FC e da RVP, numa tentativa de retornar a PA e o DC a valores próximos aos basais (Fase II) (MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005; LIANG, LIU, 2006).

Com a liberação do esforço expiratório (Fase III) temos, simultaneamente, a queda da pressão intratorácica e da PA, a liberação do retorno venoso resultando em um aumento do fluxo sanguíneo e da função diastólica. Também se observa uma taquicardia acentuada devido à ação dos barorreceptores e mecanorreceptores dos vasos pulmonares. Esse aumento do fluxo sanguíneo para os ventrículos faz com que ao se ejetar um maior VS para os vasos que estão com o tônus arteriolar aumentado, provoque uma elevação súbita da PA a valores superiores aos de repouso (*overshoot*). Esse aumento da PA estimula os barorreceptores que consequentemente aumentam o tônus vagal e inibe os eferentes simpáticos, provocando bradicardia reflexa e vasodilatação arteriolar que resultará em diminuição da FC a valores inferiores aos observados em repouso (MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005; LIANG, LIU, 2006).

As respostas cardiovasculares, principalmente aquelas durante as fases II e IV da MV, explicam as respostas observadas neste estudo para os valores de VS (VS_{pico} , VS_{nadir} , ΔVS) e FC (FC_{pico} , FC_{nadir} , FC_{isotime} , ΔFC , $\Delta FC_{\text{isotime}}$). Em relação ao comportamento da FC, em um estudo prévio realizado em nosso laboratório (MINATEL *et al*, 2012) foram encontradas respostas da FC em sujeitos jovens, semelhante a encontrada por este estudo. Este comportamento dinâmico das respostas da FC observadas durante a MV pode ser atribuído ao maior tempo de execução da manobra (FARINATTI *et al*, 2011, MINATEL *et al*, 2012).

Diferentemente da MV, durante a medida de PEmáx, por ser uma manobra mais curta que a MV, as repostas cardiovasculares parecem ser decorrente de alterações agudas provocadas pelo aumento do volume torácico e das pressões intratorácica e intra-abdominal (GIBSON, 1995; STEIER *et al*, 2007; LACIUGA *et al*, 2012). O volume torácico aumentado decorrente da inspiração profunda até atingir a CPT, ativa os receptores de estiramento pulmonar resultando em um aumento da FC devido à retirada vagal (DERCHAK *et al*, 2002). Associado ao aumento do volume pulmonar observa-se um aumento das pressões intratorácica e intra-abdominal promovendo a diminuição temporária do retorno venoso, e consequentemente do DC e do VS, similar ao que ocorre MV. Com o aumento dessas pressões há um deslocamento do conteúdo abdominal pra frente distendendo a cavidade abdominal e levando a um leve estiramento dos músculos abdominais (BADR *et al*, 2002). Este leve estiramento associado às contrações isométricas e isotônicas dos músculos expiratórios, faz com que haja a ativação dos mecanorreceptores e metaborreceptores musculares, que por meio da ativação das

fibras nervosas aferentes tipo III, enviam estímulos ao centro cardiovascular no bulbo, induzindo a inibição vagal cardíaca e estimulação simpática periférica, resultando assim em um aumento da RVP e da PA (DERCHAK *et al*, 2002; FARINATTI *et al*, 2011), na tentativa de manter o DC próximo aos valores basais. Estes mecanismos fisiológicos ajudam a explicar o aumento da RVP (RVP_{isotime} e $\Delta RVP_{\text{isotime}}$) e da PAM (PAM_{pico} , PAM_{isotime} , ΔPAM e $\Delta PAM_{\text{isotime}}$) observadas no presente estudo .

Além desses mecanismos descritos, outro fator que pode ter contribuído para o aumento da PA durante a execução da medida de PEmáx é a intensidade da contração muscular gerada durante a manobra. Pois, a realização de contrações musculares estáticas entre 40-60% da contração voluntária máxima podem resultar em aumento da PA, principalmente se esta for mantida por um período prolongado (FLECK, 1988; FARINATTI *et al*, 2011).

Estas diferenças entre os mecanismos fisiológicos responsáveis por ativarem o SNA e desencadearem as respostas cardiovasculares durante a manobra podem ser expressas por meio dos índices IV e IPEmáx. O IV é um parâmetro utilizado na avaliação da integridade do SNA, pois reflete a função cardiovagal (O'BRIEN *et al*, 1986; GELBER *et al*, 1997; MARÃES *et al*, 2004; FELÍCIO *et al*, 2010; LOW *et al*, 2013). Já o IPEmáx foi criado por nosso grupo, usando como referência o IV e sua representação fisiológica (MINATEL *et al*, 2012). No entanto, quando comparado os valores do IV e IPEmáx observa-se que a medida de PEmáx gera menores valores que a MV. Este resultado pode ser atribuído a presença de bradicardia reflexa (retomada vagal) durante a fase 4 da MV (MARÃES *et al*, 2004; LOOGA, 2005; LIANG, LIU, 2006; FREEMAN, 2006), a qual não é observada após a execução da PEmáx (MINATEL *et al*, 2012).

Baseado nos ajustes fisiológicos descritos acima, podemos inferir que o fator determinante para a diferença entre a magnitude das repostas cardiovasculares é o tempo de execução das manobras (FARINATTI *et al*, 2011, MINATEL *et al*, 2012). No presente estudo, o tempo de execução da MV (15 segundos) foi aproximadamente cinco vezes maior do que nas medidas de PEmáx (3 segundos). Além do tempo de duração da manobra (FARINATTI *et al*, 2011; MINATEL *et al*, 2012), segundo Looga (2001) outras pré-condições são necessárias para que as respostas cardiovasculares sejam semelhantes à encontrada na MV, tais como alto volume pulmonar durante a manobra, baixa pressão expiratória e reatividade cardiovascular normal (LOOGA, 2001).

Assim, embora os voluntários do presente estudo possuam reatividade cardiovascular normal (indicada pelos valores de IV) (LOOGA, 2001) 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 e menor proporção dos ajustes cardiovasculares comparados aos que ocorrem durante a MV (ELGHOZI *et al*, 2008; HAHNENGRESS, BÖNING, 2010).

Efeito do envelhecimento sobre as respostas cardiovasculares, respiratórias e autonômicas:

O processo de envelhecimento promove alterações estruturais importantes sobre os sistemas respiratório, cardiovascular e autonômico que acabam afetando a função desses sistemas. Entre as alterações estruturais provocadas sobre o sistema respiratório podemos destacar as alterações na produção de elastina e colágeno, redução no número de alvéolos e de capilares por alvéolo, aumento da área transversal do espaço aéreo distal (ductos alveolares e alvéolos), diminuição da mobilidade das articulações costovertebrais devido o estreitamento dos discos vertebrais e calcificação da cartilagem intercostal, redução dos números de sarcômeros e de massa muscular (CHAUNCHAIYAKUL *et al*, 2004; MEYER, 2005, BRITTO *et al*, 2009). Estas alterações promovem modificações estruturais, redução da complacência e do recolhimento elástico da parede torácica, perda da mobilidade torácica e redução da força muscular respiratória (MEYER, 2005; BRITTO *et al*, 2009), afetando assim o trabalho respiratório e principalmente os valores obtidos durante as medidas de pressão respiratória máxima estática. Embora estas alterações sejam mais evidentes em sujeitos saudáveis por volta dos 80 anos, parece que elas têm seu início por volta dos 50 anos (BRITTO *et al*, 2009).

A redução dos valores de PEmáx em decorrência da idade estão amplamente descritas na literatura (BLACK, HYATT, 1969; CHAUNCHAIYAKUL *et al*, 2004; SUMMERHILL *et al*, 2007; BRITTO *et al*, 2009; SIMÕES *et al*, 2010), e mostram que há uma diminuição dos valores PEmáx com o aumento na idade. No entanto, o presente estudo não encontrou diferença ($p>0,05$) entre os valores de PEmáx obtidos pelo GMI (154 ± 35 cmH₂O) quando comparados com o GJ (150 ± 24 cmH₂O) (tabela 3). Este achado é similar ao descrito por Black e Hyatt (1969), no qual quando comparado os valores de PEmáx ao longo de diferentes faixas etárias foi observada diferença entre os valores apenas nos indivíduos com idade superior a 55 anos. Além disso, estudos mostram que sujeitos que praticam atividade física regular, como é o caso dos participantes deste estudo, ocorre uma atenuação do processo de sarcopenia e redução de força muscular respiratória (SUMMERHILL *et al*; 2007).

As alterações provocadas pelo processo de envelhecimento sobre os sistemas

cardiovascular e autonômico são decorrentes das mudanças funcionais e estruturais do sistema de condução cardíaco, da sensibilidade dos tecidos, dos barorreceptores e dos vasos sanguíneos devido à diminuição do enchimento dos ventrículos e ao aumento da rigidez do tecido miocárdico e vascular (GRIBBIN *et al*, 1971; MALIK, 1998; LAKATTA, LEVY, 2003; MARÃES *et al*, 2004; MILIC *et al*, 2009). Estas alterações afetam primariamente a via parassimpática, que no caso do coração é representado pelo nervo vago (décimo par craniano). O comprometimento da via vagal faz com que os sujeitos apresentem um predomínio simpático, caracterizado pelo aumento da frequência cardíaca em repouso e pelo aumento da RVP, resultando assim em um aumento da PA (GRIBBIN *et al*, 1971; MALIK, 1998; WRAY *et al*, 2001; LAITINEN *et al*, 2004). As alterações funcionais como a redução dos valores de DC, VS e aumento da RVP, provocadas pelo processo de envelhecimento foram observadas no GMI.

No entanto, apesar de estudos descreverem que há um aumento da PA com o avanço da idade (MALIK, 1998; WRAY *et al*, 2001), no presente estudo não foi observado diferença entre os valores de PAM entre os grupos (tabela 4). Este achado pode ser explicado pelos diferentes mecanismos fisiológicos utilizados por cada grupo para manter o DC e PAM. O GJ por apresentar uma complacência vascular maior que o GMI, quando colocado sobre uma atividade de alto estresse cardiovascular, como a MV, tende a aumentar a FC para manter o DC e a PAM (LAITINEN *et al*, 2004). Já o GMI tende a aumentar a RVP e a FC para ajustar o DC e PAM durante a MV. No entanto, a RVP é a via determinante para a manutenção dessas variáveis, pois o aumento da FC observada no GMI é menor que no GJ, devido a diminuição da resposta vagal e/ou da resposta barorreflexa decorrente da diminuição da complacência vascular (LAITINEN *et al*, 2004).

Além disso, o presente estudo observou diferença entre os grupos ($p=0,031$) sendo que o GMI apresentou menores valores de IV e de IPEmáx que o GJ. Esta redução dos índices com o avanço da idade corrobora com os achados de O'Brien *et al* (1986), Gelber *et al* (1997) e Marães *et al* (2004) e indicam que os indivíduos apresentam SNA íntegro, apesar da redução da vagal e predomínio simpático provocado pelo processo de envelhecimento (GRIBBIN *et al*, 1971; MALIK, 1998; WRAY *et al*, 2001; LAITINEN *et al*, 2004; FELÍCIO *et al*, 2010).

Baseado nos resultados obtidos neste estudo nota-se que o processo de envelhecimento parece contribuir nas modificações das respostas cardiovasculares (FC e RVP) avaliadas durante a MV e a PEmáx.

Limitações do presente estudo

Embora tenha se obtido resultados importantes sobre as respostas cardiovasculares e os mecanismos fisiológicos envolvidos durante a medida de PEmáx e à MV, o presente estudo apresentou algumas limitações, como a medida indireta das variáveis débito cardíaco, volume sistólico e resistência vascular periférica a partir da pressão de pulso periférico, apesar de Romero-Ortuno *et al* (2010) terem utilizado equipamento e técnica semelhante a deste estudo; e ainda, pela indisponibilidade em mensurar a pressão intratorácica. Essa última medida apesar de ser uma técnica invasiva e desconfortável, poderia fornecer informações complementares sobre o efeito da pressão intratorácica gerada durante as manobras sobre as respostas cardiovasculares.

4.6 CONCLUSÃO

Baseado nos achados do presente estudo pode-se concluir que: a) a medida da PEmáx gera alterações cardiovasculares semelhantes as observadas durante a MV, em relação as alterações no DC, e respostas pressóricas (PAM) maiores que as observadas na MV; b) o tempo de execução das manobras parece ser o grande responsável pela ativação de distintos mecanismos fisiológicos envolvidos sobre o controle das respostas cardiovasculares, respectivas a cada manobra; c) parece que o processo de envelhecimento influencia as respostas cardiovasculares (FC e RVP) obtidas durante a execução da MV e da medida de PEmáx.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESDOBRAMENTOS FUTUROS

Portanto, baseado nos achados dos dois estudos, pode-se concluir que:

- a medida da PEmáx gera alterações cardiovasculares semelhantes as observadas durante a MV, em relação as alterações no DC, e respostas pressóricas (PAM) maiores que as observadas na MV;
- as respostas da FC (IV e Δ FC) e do trabalho estimado durante as manobras, em um grupo de jovens saudáveis não reproduz as respostas observadas na execução da MV;
- o tempo de execução das manobras parece ser o grande responsável pela ativação de distintos mecanismos fisiológicos envolvidos sobre o controle das respostas cardiovasculares respectivas a cada manobra;
- as respostas cardiovasculares obtidas durante a medida de PEmáx parece ser desencadeada de forma aguda, por meio da ativação simpática periférica; enquanto na MV os ajustes cardiovasculares são decorrentes da ativação dos barorreceptores arteriais;
- o processo de envelhecimento influencia no comportamento das respostas cardiovasculares (FC e RVP) obtidas durante a execução da MV e da medida de PEmáx.

O presente estudo trouxe informações importantes sobre as respostas cardiovasculares, bem como sobre os mecanismos fisiológicos envolvidos durante a realização da medida de PEmáx e MV em homens saudáveis.

Considerando-se que a medida de PEmáx tem sido amplamente utilizada na prática clínica da Fisioterapia e, baseado nas respostas cardiovasculares observadas no presente estudo, em que a medida da PEmáx gera respostas pressóricas maiores que a MV, torna-se importante que estudos posteriores investiguem as respostas cardiovasculares durante esta medida em grupos com distúrbios cardiovasculares e/ou respiratórios uma vez que poderia gerar uma resposta pressórica ainda maior, em sujeitos com doenças cardiovasculares e respiratórias crônicas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN THORACIC SOCIETY/ EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. **Am J Respir Crit Care Med**, v.166, p. 518-624, 2002.

BADR, C.; ELKINS, M.R.; ELLIS, E.R. The effect of body position on maximal expiratory pressure and flow. **Aust J Physiother**, v.48, p. 95-102, 2002.

BALADY, G.J.; ARENA, R.; SIETSEMA, K.; MYERS, J.; COKE, L.; FLETCHER, G.F.; *et al.* Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: A scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**, v. 122, p. 191-225, 2010.

BLACK, L.F.; HYATT, R.O. Maximal expiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. **Amer Rev Resp Dis**, v. 99, p. 696-702, 1969.

BONOW, R.O.; MANN, D.L.; BRAUNWALD, E.; ZIPES, D.P.; LIBBY P. **Braunwald's heart disease: textbook of cardiovascular disease**. USA: Saunders/Elsevier; 2011.

BRITTO, R.R.; ZAMPA, C.C.; OLIVEIRA, T.A.; PRADO, L.V.; PARREIRA, V.F. Effects of the aging process on respiratory function. **Gerontology**, v. 55, p.505-10, 2009.

BURAKGAZI, A.Z.; HÖKE, A. Respiratory muscle weakness in peripheral neuropathies. **J Peripher Nerv Syst**, v. 15, n. 4, p. 307-13, 2010.

CHAUNCHAIYAKUL, R.; GROELLER, H.; CLARKE, J.R.; TAYLOR, N.A.S. The impact of aging and habitual physical activity on static respiratory work at rest and during exercise. **Am J Physiol Lung Cell MolPhysiol**, v. 287, p. L1098-1106, 2004.

CHIARA, T.; MARTIN, D.; DAVENPORT, P.W.; BOLSER, D.C. Expiratory muscle strength training in persons with multiple sclerosis having mild to moderate disability: effect on maximal expiratory pressure, pulmonary function, and maximal voluntary cough. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 87, p. 468-73, 2006.

COOKE, W.H.; REYNOLDS, B.V.; YANDL, M.G.; CARTER, J.R.; TAHVANAINEN, K.U.O.; KUUSELA, T.A. Effects of exercise training on cardiovagal and sympathetic responses to Valsalva's maneuver. **Med Sci SportExer** v. 34, suppl. 6, p. 928-35, 2002.

DALL'AGO, P.; CHIAPPA, G.R.S.; GUTHS, H.; STEIN, R.; RIBEIRO, J.P. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: a randomized trial. **J Am Coll Cardiol**, v. 47, n. 4, p. 757-63, 2006.

DERCHAK, P.A.; SHEEL, A.W.; MORGAN, B.J.; DEMPSEY, J.A. Effects of expiratory muscle work on muscle sympathetic nerve activity. **J Appl Physiol**, v. 92, p. 1539-1552; 2002.

ELGHOZI, J.L.; GIRARD, A.; FRITSCH, P.; LAUDE, D.; PETITPREZ, J.L. Tuba players reproduce a Valsalva maneuver while playing high notes. **Clin Auton Res**, v. 18, n. 2, p. 96-104, 2008.

FARINATTI, P.T.V.; SOARES, P.P.S.; MONTEIRO, W.D.; DUARTE, A.F.A.; CASTRO, L.A.V. Cardiovascular responses to passive static flexibility exercises are influenced by the stretched muscle mass and the Valsalva maneuver. **Clinics**, v. 66, n. 3, p.459-64, 2011.

FELÍCIO, J.S.; SANTOS, F.M; SOUZA, A.C.C.B.; FELÍCIO, K.M.; RIBEIRO, A.B.; ZANELLA, M.T. Autonomic neuropathy tests correlate with left ventricular mass and cardiac diastolic function in normotensive patients with type 2 diabetes mellitus and without left ventricular hypertrophy. **Exp Clin Cardiol**, v. 15, n. 1, p. 5-8; 2010.

FIORE JUNIOR, F.J.; PAISANI, D.M.; FRANCESCHINI, J.; CHIAVEGATO, L.D.; FARESIN, S.M. Maximal respiratory pressures and vital capacity: comparison mouthpiece and face-mask evaluation methods. **J Bras Pneumol**, v. 30, n. 6, p.512-20, 2004.

FIZ, J.A.; MOREIRA, J. Exploración funcional de los músculos respiratorios. **Arch Bronconeumol**, v. 36, n. 7, p. 391-410, 2000.

FLECK, S.J. Cardiovascular adaptations to resistance training. **Med Sci Sports Exerc**, v. 20, p. 146-51, 1988.

FREEMAN, R. Assessment of cardiovascular autonomic function. **Clin Neurophysiol**, v. 117, p. 716-30, 2006.

GALLO JÚNIOR, L.; MACIEL, B.C.; MARIN NETO, J.A.; MARTINS, L.E.B.; LIMA FILHO, E.C.; GOLFETTI, R.; *et al.* Control of heart rate during exercise in health and disease. **Braz J Med Biol Res**, v. 28, n. 11-12, p. 1179-84, 1995.

GARCÍA, D.; GARCÍA, C. Valsalva, mucho más que una maniobra. Antonio Maria Valsalva (1666-1723). **Rev Med Chile**, v.134, p.1065-1068, 2006.

GELBER, D.A.; PFEIFER, M.; DAWSON, B.; SCHUMER, M. Cardiovascular autonomic nervous system tests: determination of normative values and effect of confounding variables. **J Auto Nerv Syst**, v. 62, n. 1-2, p. 40-4, 1997.

GIBSON, G.J. Measurement of respiratory muscle strength. **Respir Med**, v.89, p. 529-35, 1995.

GOLDWASSER, R.; FARIAS, A.; FREITAS, E.E.; SADDY, F.; AMADO, V.; OKAMOTO, V.N. Desmame e interrupção da ventilação mecânica. **Rev Bras Ter Intensiva**, v. 19, n. 3, p. 384-92, 2007.

GRIBBIN, B.; PICKERING, T.G.; SLEIGHT, P.; PETO, R. Effect of age and high blood pressure on baroreflex sensitivity in man. **Circ Res**, v. 29, p. 424-431, 1971.

GUELEN, I.; WESTERHOF, B.E.; SAR, G.L.; MONTFRANS, G.A; KIEMENEIJ, F.; WESSELING, K.H.; BOS, W.J.W. Validation of brachial artery pressure reconstruction from finger arterial pressure. **J Hypertens**, v. 26; p. 1321-1327.

GUO, X.H.; YI, G.; BATCHAROV, V.; GALLAGHER, M.M.; MALIK, M. Effect of moderate physical exercise on noninvasive cardiac autonomic tests in healthy volunteers. **Int J Cardiol**, v. 69, p. 155-68, 1999.

HAHNENGRESS, M.L.; BÖNING, D. Cardiopulmonary change during clarinet playing. **Eur J Appl Physiol**, v. 110, n. 6, p. 1199-208, 2010.

HOHNLOSER, S.H.; KLINGENHBEN, T. Basic autonomic tests. In: Malik M (ed). **Clinical guide to cardiac autonomic tests**. London: Kluwer Academic Publishers; 1998. p. 51-65.

HUGHES, J.M.B. Interpreting pulmonary functions tests. **Breathe**, v. 6, n. 2, p. 103-10, 2009.

HUTCHINSON, J. On the capacity of the lungs, and on respiratory functions, with a view of establishing a precise and easy method of detecting disease by spirometer. **Med Chir Trans**, v. 29, p. 137-52, 1846.

KAMINSKI, D.M.; SCHAAN, B.A.; DA SILVA, A.M.V.; SOARES, P.P.; PLENTZ, R.D.M.; DALL'AGO, P. Inspiratory muscle weakness is associated with autonomic cardiovascular dysfunction in patients with type 2 diabetes mellitus. **Clin Auton Res**, v. 21, n. 1, p. 29-35, 2011.

LACIUGA, H.; DAVENPORT, P.; SAPIENZA, C. The acute effects of a single session of expiratory muscle strength on blood pressure, heart rate, and oxygen saturation in healthy adults. **Front Physio**, v. 3, artigo 48; p. 1-6; 2012.

LAKATTA, E.G.; LEVY, D. Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprises. Part I: Aging arteries: A "set up" for vascular disease. **Circulation**, v.107, p.139-46, 2003.

LAITINEN, T.; NISKANEN, L.; GEELEN, G.; LÄNSIMIES, E.; HARTIKAINEN, J. Age dependency of cardiovascular autonomic responses to head-up tilt in healthy subjects. **J Appl Physiol**, v. 96, p. 2333-40, 2004.

LÁREZ, M.A.M.; RANGEL, N.A.J.; OCA, I.M. Insuficienciacardiaca: utilidad de la maniobra de Valsalva. **Med Interna (Caracas)**, v. 20, supl. 1, p. 38-47, 2004.

LEITE, P.H.; MELO, R.C.; MELLO, M.F.; SILVA, E.; BORGHI-SILVA, A.; CATAI, A.M. Heart rate responses during isometric exercises in patients undergoing a phase III cardiac rehabilitation program. **Rev Bras Fisioter**, v. 14, n. 5, p. 383-9, 2010.

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**, v. 56, supl. 1, p. 45-65, 2006.

LOOGA R. The Valsalva manoeuvre – Cardiovascular effects and performance technique: a critical review. **Respir Physiol Neurobiol**, v. 147, p. 39-49, 2005.

LOOGA, R. The bradycardic response to the Valsalva manoeuvre in normal man. **Respir Physiol**, v. 124. n. 3, p. 205-15, 2001.

LOW, P.A.; TOMALIA, V.A.; PARK, K-J. Autonomic function tests: some clinical applications. **J Clin Neurol**, v.9; p. 1-8; 2013.

MACIEL, B.C.; GALLO JÚNIOR, L.; MARIN NETO, J.A.; LIMA FILHO, E.C.; MARTINS, L.E.B. Autonomic nervous control of the heart rate during dynamic exercise in normal man. **Clin Sci (Lond)**, v. 71, n. 4, p. 457-60, 1986.

MALIK, M. **Clinical guide to cardiac autonomic tests**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. p. 3-28, 1998.

MARÃES, V.F.R.S.; SANTOS, M.D.B.; CATAI, A.M.; MORAES, F.R.; OLIVEIRA, L.; GALLO JUNIOR, L.; SILVA, E. Modulação do sistema nervoso autonômico na resposta da frequência cardíaca em repouso e à manobra de Valsalva com incremento da idade. **Rev Bras Fisioter**, v. 8, supl.2, p. 97-103, 2004.

MEYER, K.C. Aging. **Proc Am ThoracSoc**, v. 2, p. 433-39, 2005.

MILIC, M.; SUN, P.; LIU, F.; FAINMAN, C.; DIMSDALE, J., MILLS, P.J., *et al.* A comparison of pharmacologic and spontaneous baroreflex methods in aging and hypertension. **J Hypertens**, v. 27, n. 6, p.1243-51, 2009.

MINATEL, V.; KARSTEN, M.; NEVES, L.M.T.; BELTRAME, T.; BORGHI-SILVA, A.; CATAI, A.M. Avaliação da frequência cardíaca à medida de pressão expiratória máxima estática e à manobra de Valsalva em jovens saudáveis. **Rev Bras Fisioter**, v. 16, n. 5, p. 406-13, 2012.

NAWA, R.K.; GASTALDI, A.C.; SILVA, E.A.S.; AUGUSTO, V.S.; RODRIGUES, A.J.; EVORA, P.R.B. Predicted preoperative maximal static respiratory pressures in adult cardiac surgeries: evaluation of two formulas. **Rev Bras Cir Cardiovasc**, v. 27, n. 2, p.240-50, 2012.

NEDER, J.A.; ANDREONI, S.; LERARIO, M.C.; NERY, L.E. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. **Braz J Med Biol Res**, v. 32, n. 6, p. 719-27, 1999.

NEVES, L.M.T.; KARSTEN, M.; NEVES, V.R.; BELTRAME, T.; BORGHI-SILVA, A.; CATAI, A.M. Relationship between inspiratory muscle capacity and peak exercise tolerance in patients post-myocardial infarction. **Heart Lung**, v. 41, n. 4, p. 137-45, 2012.

O'BRIEN, I.A.; O'HARE, P.; CORRALL, R.J. Heart rate variability in healthy subjects: effect of age and the derivation of normal ranges for tests of autonomic function. **Br Heart J**, v. 55, n. 4, p. 348-54, 1986.

PARREIRA, V.F.; FRANÇA, D.C.; ZAMPA, C.C.; FONSECA, M.M.; TOMICH, G.M.; BIRTTO, R.R. Pressões respiratórias máximas: valores encontrados e preditos em indivíduos saudáveis. **Rev Bras Fisioter**, v. 11, n. 5, p. 361-8, 2007.

RAHN, H.; OTIS, A.B.; CHADWICK, L.E.; FEN, W.O. The pressure-volume diagram of the thorax and lung. **Amer J Physiol**, v. 146, p. 161-178, 1946.

RAUPACH, T.; BAHR, F.; HERRMANN, P.; LÜTHJE, L.; HASENFUSS, G.; ANDREAS, S. Inspiratory resistive loading does not increase sympathetic tone in COPD. **Respir Med**, v. 104, n. 1, p. 107-13, 2010.

REIS, A.F.; BASTOS, B.G.; MESQUITA, E.T.; ROMÃO Fº, L.J.M.; NÓBREGA, A.C.L. Disfunção parassimpática, variabilidade da frequência cardíaca e estimulação colinérgica após infarto agudo do miocárdio. **Arq Bras Cardiol**, v. 70, supl. 3, p. 193-99, 1998.

RINGQVIST, T. The ventilatory capacity in healthy subjects: an analysis of causal factors with special reference to the respiratory forces. **Scand J Clin Lab Invest**, v. 88, p.1-23, 1966.

RODRIGUES, A.J.; MENDES, V.; FERREIRA, P.E.G.; XAVIER, M.A.F.; AUGUSTO, V.S.; BASSETTO, S.; *et al.* Preoperative respiratory muscle dysfunction is a predictor of prolonged invasive mechanical ventilation in cardiorespiratory complications after heart valve surgery. **Eur J Cardio-Thorac**, v. 39, p. 662-6, 2011.

ROMERO-ORTUNO, R.; COGAN, L.; FORAN, T.; FAN, C.W.; KENNY, R.A. Using the Finometer to examine sex differences in hemodynamic responses to orthostasis in older people. **Blood Press Monit**, v. 15, p. 8-17, 2010.

ROTH, E.J.; STENSON, K.W.; POWLEY, S.; OKEN, J.; PRIMAK, S.; NUSSBAUM, S.B.; *et al.* Expiratory muscle training in spinal cord injury: a randomized controlled trial. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 91, p. 857-61, 2010.

SCHREZENMAIER, C.; SINGER, W.; SWIFT, N.M.; SLETTEN, D.; TANABE, T.; LOW, P.A. Adrenergic and vagal baroreflex sensitivity in autonomic failure. **Arch Neurol**, v. 64, p. 381-6, 2007.

SIMÕES, R.P.; DEUS, A.P.L.; AUAD, M.A.; DIONÍSIO, J.; MAZZONETTO, M.; BORGHI-SILVA, A. Maximal respiratory pressure in healthy 20 to 89 year-old sedentary individuals of central São Paulo state. **Rev Bras Fisioter**, v. 14, n. 1, p. 60-7, 2010.

SINGER, W.; OPFER-GGEHRKING, T.L.; MCPHEE, B.R.; HILZ, M.J.; LOW, P.A. Influence of posture on the Valsalva manoeuvre. **Clin Sci (Lond)**, v. 100, n. 4, p. 433-40, 2001.

SOUZA, R.B. Pressões respiratórias estáticas máximas. **J Pneumol**, v. 28, supl. 3, p. S155-65, 2002.

STEIER, J.; KAUL, S.; SEYMOUR, J.; JOLLEY, C.; RAFFERY, G.; MAN, W.; *et al.* The value of multiple tests of respiratory muscle strength. **Thorax**, v. 62, p. 975-80, 2007.

SUMMERHILL, E.M.; ANGOV, N.; GARBER, C.; MCCOOL, F.D. Respiratory muscle strength in the physically active elderly. **Lung**, v. 185, p. 315-320, 2007.

WONG, E.; SELIG, S.; HARE, D.L. Respiratory muscle dysfunction and training in chronic heart failure. **Heart Lung Circ**, v. 20, n. 5, p. 289-94, 2011.

WRAY, D.W.; FORMES, K.J.; WEISS, M.S.; O-YURVATI, A.H.; RAVEN, P.B.; ZHANG, R.; *et al.* Vagal cardiac function and arterial blood pressure stability. **Am J Physiol-Heart Circ Physiol**, v. 281, p. 1870-1880, 2001.

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 (ΔFC), 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 ΔFC durante as manobras não foi influenciada pelas posturas; entretanto, durante a MV, a ΔFC e os valores do IV foram maiores (supino: 47 ± 9 bpm, $2,3 \pm 0,2$; sentado: 41 ± 10 bpm, $2,0 \pm 0,2$, respectivamente) do que a ΔFC e os valores de IPEmáx observados durante a PEmáx (supino: 23 ± 8 bpm, $1,5 \pm 0,2$; sentado 24 ± 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 (ΔHR); 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 ΔHR during the maneuvers was not influenced by the supine and sitting positions. However, the ΔHR during the VM and VI were higher (supine: 47 ± 9 bpm, 2.3 ± 0.2 ; sitting: 41 ± 10 bpm, 2.0 ± 0.2 , respectively) than ΔHR during the MEP and MEPI values (supine: 23 ± 8 bpm, 1.5 ± 0.2 ; sitting 24 ± 8 bpm, 1.6 ± 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 neuromusculares¹, cardiopulmonares^{2,3} e/ou metabólicas⁴. Nessas situações, as medidas de PImáx e PEmáx também são utilizadas como parâmetro de prescrição para o treinamento de força e resistência muscular respiratória⁵⁻⁸. Além disso, essas medidas também são usadas como parâmetro preditivo de sucesso na descontinuação da ventilação mecânica⁸⁻¹⁰.

Apesar da importância clínica dessas medidas, existem diversas contraindicações absolutas e relativas ao seu emprego^{8,11}. 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)^{7,8,12}. 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 cardíaco⁸, do retorno venoso, da circulação pulmonar e do fluxo coronariano¹³⁻¹⁵.

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 literatura¹⁴⁻¹⁶. 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 arteriais¹⁷, modificações posturais¹⁸⁻²⁰ 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^{7,8,12}, 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^{7,8,12}, 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/m². 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

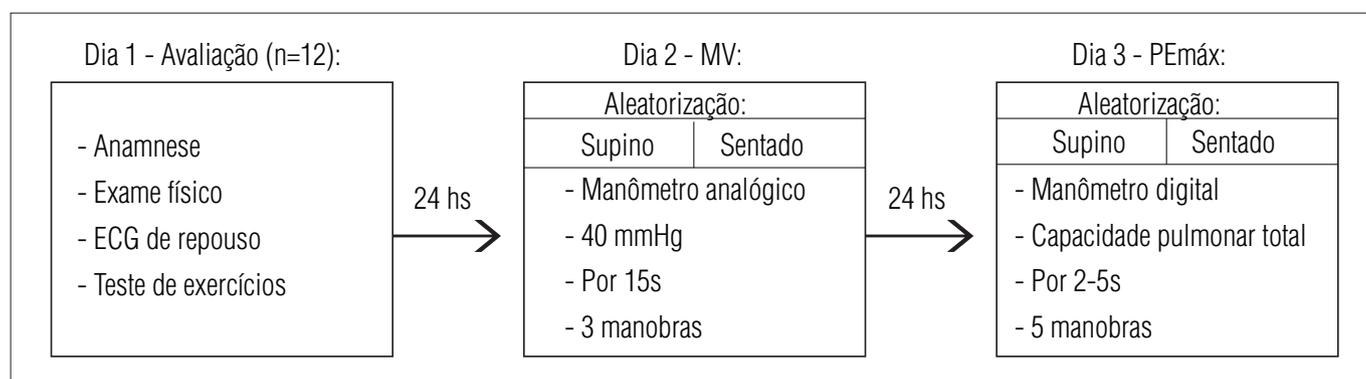


Figura 1. Descrição dos procedimentos experimentais.

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^{15,21,22}. 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 orifício¹⁵. Para avaliar a correta execução da MV, foram observados^{16,23}: 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^{7,8,24}. 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 brasileira²⁵. Caso o maior valor fosse observado na última tentativa, uma nova medida seria realizada, a fim de se excluir o efeito do aprendizado^{7,8,24}. 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_{repouso} , média dos valores de FC nos 60 segundos anteriores à execução de cada manobra; FC_{pico} , maior valor de FC obtido durante as manobras; FC_{nadir} , menor valor obtido após a interrupção das manobras; $FC_{\text{recuperação}}$, média dos 180 segundos finais do período de recuperação de cada manobra²⁶; variação da frequência cardíaca (ΔFC), calculado pela diferença entre a FC_{pico} durante cada manobra e a FC_{repouso} ^{16,27}; $\Delta FC_{\text{isotime}}$, 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)^{15,16,18,28,29} 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_{total}) ou por 3 segundos (W_{isotime}). Para a avaliação dos valores de trabalho realizado proporcionalmente à ΔFC , 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 ΔFC (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.²⁵. 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_{pico} e de FC_{nadir} . Entre as posturas, houve diferença nos valores de FC_{repouso} , FC_{nadir} e $FC_{\text{recuperação}}$. Porém, quando comparadas as posturas intramanobras, foram observadas diferenças para os valores de FC_{nadir} e $FC_{\text{recuperação}}$ na MV e de FC_{repouso} e $FC_{\text{recuperação}}$ na PEmáx. Houve diferença significativa entre as manobras para os valores de ΔFC 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_{total} , W_{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 ⁻²)	23,4±2,8
PEmáx predita* (cmH ₂ O)	131±2
Supino	
PEmáx (cmH ₂ O)	117±24
PEmáx (% predita)	89±18
Sentado	
PEmáx (cmH ₂ O)	114±25
PEmáx (% predita)	87±19

*Valores de PEmáx preditos por Neder et al.²⁵.

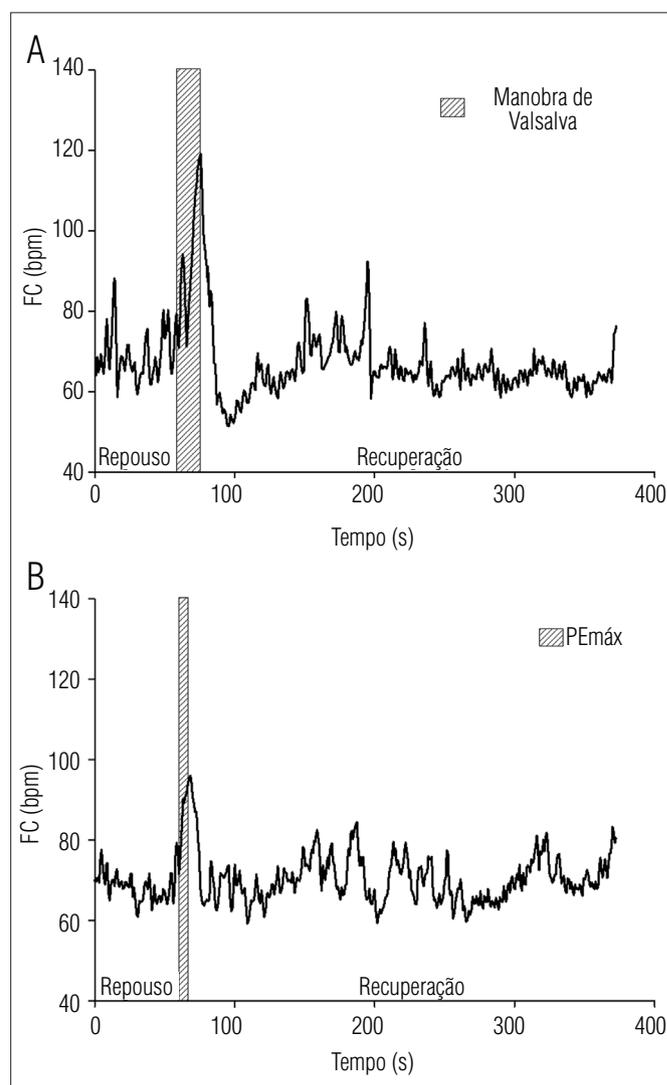
Discussão

Os principais achados deste estudo são: a execução da PEmáx não reproduz as respostas da FC (ΔFC 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 (ΔFC 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.^{16,17,19,20}. No presente estudo, a mudança postural influenciou o comportamento da FC_{repouso}, FC_{nadir} e FC_{recuperação}, possivelmente devido às alterações na modulação simpática e parasimpática, promovidas pela mudança postural^{17,20,21}.

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)^{17,20,21}. 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^{14,15,22,23}. 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^{14,22}.

**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 ΔFC 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^{14,19}. 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 acentuada¹⁴⁻¹⁶.

O IV é um parâmetro empregado na avaliação indireta da integridade do SNA, caracterizada por valores superiores a 1,4²⁸. 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^{16,27,28} 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^{14-16,22}.

Outro resultado importante do presente estudo mostrou que a ΔFC é maior durante a MV em relação à PEmáx, independente da postura empregada. A ΔFC é influenciada pelos ajustes hemodinâmicos que ocorrem durante o esforço expiratório contra resistência, presentes nas manobras estudadas^{15,16,22}. Durante a MV, esses ajustes parecem ocorrer em maior proporção do que nas medidas de PEmáx, provavelmente devido ao maior tempo de execução da manobra²⁹. 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 manobra²⁹, 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 normal²³.

Nesse sentido, Elghozi et al.³⁰ 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)²³ 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	
Frequência Cardíaca								
FC _{repouso} (bpm)	70±10	72±8	65±4*	71±6	0,04	NS	NS	
FC _{pico} (bpm)	116±9	113±13	89±9	95±10	NS	<0,001	NS	
FC _{nadir} (bpm)	52±4*	57±5	58±5	59±4	0,03	0,002	NS	
FC _{recuperação} (bpm)	67±7*	74±7	66±4*	75±5	<0,001	NS	NS	
Varição da FC								
ΔFC (bpm)	47±9	41±10	23±8	24±8	NS	<0,001	NS	
$\Delta FC_{\text{isotime}}$ (bpm)	25±11	19±8	15±5	15±4	NS	0,002	NS	
Índices								
IV ou IPEmáx	2,3±0,2	2,0±0,2*	1,5±0,2	1,6±0,3	NS	<0,001	0,002	
Trabalho								
W _{total} (cmH ₂ O.s)	810±37	805±33	389±111	438±156	NS	<0,001	NS	
W _{total} / ΔFC_{total} (cmH ₂ O.s.bpm ⁻¹)	18,0±3,5	21,4±8,0	19,3±10,0	19,5±7,6	NS	NS	NS	
W _{isotime} (cmH ₂ O.s)	162±8	161±7	350±73	341±75	NS	<0,001	NS	
W _{isotime} / $\Delta FC_{\text{isotime}}$ (cmH ₂ O.s.bpm ⁻¹)	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; ΔFC =variação da frequência cardíaca; IV=índice de Valsalva; IPEmáx=índice da PEmáx; W_{total}=trabalho total; W_{isotime}=trabalho isotime; W_{total}/ ΔFC_{total} =razão do trabalho das manobras pela variação da frequência cardíaca total; W_{isotime}/ $\Delta FC_{\text{isotime}}$ =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 MV³¹.

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 ± 24 cmH₂O; sentado: 114 ± 25 cmH₂O) 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 Looga²³ (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 ΔFC) 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 respiratorios. *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.

ANEXO B: Comitê de Ética e Pesquisa do Estudo I

CAAE 0089.0.135.000-08

Título do Projeto: Respostas da frequência cardíaca à medida de pressão expiratória máxima estática e à manobra de Valsalva em jovens saudáveis

Classificação: Grupo III

Pesquisadores (as): Aparecida Maria Catai, Vinicius Minatel (orientando)

Prof. Dr. Marlus Karsten (Co- Orientador)

Parecer Nº. 435/2008

1. Normas a serem seguidas

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 - Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA - junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprobatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, item III.2.e).
- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente em ___/___/___ e ao término do estudo.

2. Avaliação do projeto

O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar) analisou o projeto de pesquisa acima identificado e considerando os pareceres do relator e do revisor DELIBEROU:

As pendências apontadas no Parecer nº. 329/2008, de 8 de agosto, foram satisfatoriamente resolvidas.

O projeto atende as exigências contidas na Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde.

3. Conclusão:

Projeto aprovado

São Carlos, 24 de outubro de 2008.


Prof. Dra. Cristina Paiva de Sousa
Coordenadora do CEP/UFSCar

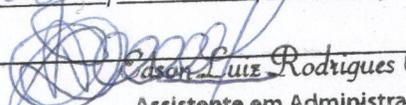


Universidade Federal de São Carlos
Pró-Reitoria de Pesquisa

Certifico que esta cópia confere com o documento original.

existente em nosso arquivo apresentado.

São Carlos, 28 / 10 / 2011


Assistente em Administração

ANEXO C: Comitê de Ética e Pesquisa do Estudo II

PROJETO DE PESQUISA

Título: Avaliação das respostas cardiovasculares à medida de pressão expiratória máxima estática e à manobra de Valsalva em homens saudáveis

Pesquisador: Vinicius Minatel

Versão: 1

Instituição: Universidade Federal de São Carlos/UFSCar

CAAE: 00692412.8.0000.5504

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Número do Parecer: 20959

Data da Relatoria: 10/04/2012

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um estudo experimental, de mestrado que envolve a participação de homens, voluntários. Existem quatro pesquisadores envolvidos no estudo. Todos experientes na área em questão.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do estudo é analisar as respostas cardiovasculares durante a execução da medida de pressão expiratória máxima (PE_{máx}) e manobra de Valsalva, na postura sentado, com emprego de peças bucais com e sem escape de ar, a fim de identificar em qual condição a medida de PE_{máx} reproduz o comportamento observado na MV, em homens saudáveis. Além disso, espera-se avaliar o efeito do processo de envelhecimento sobre as respostas cardiovasculares antes, durante e após as medidas de PE_{máx} e a MV.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O pesquisador responsável realiza uma análise crítica e cuidadosa dos riscos e benefícios envolvidos na participação em sua pesquisa. Aponta que os voluntários serão submetidos à avaliação clínica (anamnese, exames físico e laboratorial, e eletrocardiograma em repouso) com o objetivo de identificar quaisquer condições que contraindiquem a participação na pesquisa. Estes procedimentos, serão realizados com finalidade clínica diagnóstica e minimizam a possibilidade de intercorrências clínicas. Além disso, os participantes da pesquisa serão instruídos a respeito das condições (sinais e sintomas) que servirão de alerta e poderão motivar a interrupção dos procedimentos experimentais. Os critérios para suspender ou encerrar a pesquisa são referentes ao surgimento dos seguintes sinais e sintomas em mais de 20% dos voluntários: angina; tontura; vista turva;

náusea; alterações eletrocardiográficas. Durante a realização dos testes os pesquisadores farão observação contínua do paciente, monitorização do eletrocardiograma, controle da pressão arterial, frequência cardíaca, sinais e sintomas, e estarão aptos a reconhecer qualquer alteração que possa sugerir a interrupção dos procedimentos. Além disso, o Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular dispõe de materiais e equipamentos para auxiliar no controle e recuperação de sinais e sintomas mencionados. Caso esta situação venha a ocorrer, os protocolos do estudo serão extensamente revisados e submetidos a uma nova apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos.

Quanto aos benefícios: os benefícios que os participantes terão, incluem: (a) verificação de possíveis alterações clínicas, laboratoriais e/ou eletrocardiográficas; (b) avaliação da resposta autonômica à manobra de Valsalva; (c) verificação da força muscular respiratória.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma pesquisa relevante do ponto de vista acadêmico e social, que será desenvolvida em laboratório equipado, por pesquisadores experientes na área a que pretendem aprofundar os estudos. Considera as questões éticas que envolvem a participação de seres humanos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória estão devidamente preenchidos, assinados e contêm as informações necessárias no que se refere aos aspectos éticos previstos na Resolução 196/96.

Recomendações:

Considerando o exposto acima, não há recomendações para os pesquisadores no que se refere aos aspectos éticos.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto aprovado.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Projeto aprovado.

SAO CARLOS, 13 de Maio de 2012

Assinado por:

Daniel Vandrúscolo