

EFEITOS FISIOLÓGICOS DA PRESSÃO POSITIVA CONTÍNUA NAS VIAS AÉREAS EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS DURANTE EXERCÍCIO PROGRESSIVO

L. B. A. Neumamm*, M. V. Leão-Nunes*, R. Bartels*, F. C. Jandre* e A. Giannella-Neto*

*Laboratório de Engenharia Pulmonar, Programa de Engenharia Biomédica, COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil
e-mail: leoneumamm@gmail.com

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos fisiológicos causados pela pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP) em indivíduos saudáveis durante exercício progressivo máximo. Treze indivíduos do sexo masculino foram submetidos a um teste de esforço máximo, ao longo do qual foram medidas a frequência cardíaca (FC), o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) e a produção de gás carbônico. Os voluntários realizaram duas visitas e, na segunda, foram divididos em três grupos: A) Repetição do protocolo da primeira visita; B) repetição do protocolo como em A com o uso de CPAP e instrução por escrito indicando que o aparelho poderia melhorar o seu desempenho; e C) tal como no grupo B, porém, com a instrução indicando que o aparelho poderia atrapalhar o desempenho durante o teste. Não houve diferenças tanto intra-grupos, ou seja, quando comparadas as duas visitas, quanto entre os grupos (expressas em %: A) $\dot{V}O_{2LV} = 18,25 \pm 13,37 \%$, $\dot{V}O_{2max} = 11,39 \pm 13,27 \%$, $Carga_{LV} = 7,73 \pm 10,09 \%$, $Carga_{max} = 5,40 \pm 6,39 \%$; B) $\dot{V}O_{2LV} = 13,86 \pm 6,96 \%$, $\dot{V}O_{2max} = 8,84 \pm 10,00 \%$, $Carga_{LV} = 15,24 \pm 9,86 \%$, $Carga_{max} = 6,70 \pm 7,77 \%$; e C) $\dot{V}O_{2LV} = 8,14 \pm 5,00 \%$, $\dot{V}O_{2max} = 3,74 \pm 2,28 \%$, $Carga_{LV} = 13,61 \pm 11,96 \%$, $Carga_{max} = 4,72 \pm 6,48 \%$, $p > 0,05$). Os resultados sugerem que não ocorreram modificações nas variáveis estudadas na presença de CPAP independente da instrução prévia.

Palavras-chave: CPAP, exercício físico, limiar ventilatório.

Abstract: The aim of this study was to assess the physiological effects caused for the continuous positive airway pressure in healthy subjects during maximal progressive exercise. Thirteen men underwent a maximal graded protocol and had their heart rate (HR), oxygen consumption ($\dot{V}O_2$) and carbonic dioxide ($\dot{V}CO_2$) production measured during the tests. Two visits were required and, after the first, the volunteers were divided in three groups: A) a test identical to the first visit; B) CPAP application and a written instruction proposing that this device would increase the performance; and C) as in the group B, however, the written instruction suggested that the CPAP would worsen the performance. There was no difference in

intra-groups analysis, so comparing both visits in each group, and neither between group (expressed in %: A) $\dot{V}O_{2VT} = 18.25 \pm 13.37 \%$, $\dot{V}O_{2max} = 11.39 \pm 13.27 \%$, $Load_{VT} = 7.73 \pm 10.09 \%$, $Load_{max} = 5.40 \pm 6.39 \%$; B) $\dot{V}O_{2VT} = 13.86 \pm 6.96 \%$, $\dot{V}O_{2max} = 8.84 \pm 10.00 \%$, $Load_{VT} = 15.24 \pm 9.86 \%$, $Load_{max} = 6.70 \pm 7.77 \%$; and C) $\dot{V}O_{2VT} = 8.14 \pm 5.00 \%$, $\dot{V}O_{2max} = 3.74 \pm 2.28 \%$, $Load_{VT} = 13.61 \pm 11.96 \%$, $Load_{max} = 4.72 \pm 6.48 \%$, $p > 0.05$). The results suggested that CPAP or the written instruction didn't disturb any of the physiological variables assessed.

Keywords: CPAP, physical activity, ventilatory threshold.

Introdução

A ventilação não invasiva (VNI), forma de fornecer ar mecanicamente ao sistema respiratório sem necessidade de um tubo endotraqueal, é frequentemente empregada no tratamento de doenças cardiovasculares e respiratórias [1]. Uma modalidade de VNI mais comumente utilizada é a pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP), que consiste na aplicação contínua de uma pressão constante durante todo o ciclo respiratório, visando prevenir o colapso alveolar e diminuindo o trabalho ventilatório.

Em 2006, Dempsey e colaboradores [2] propuseram um modelo no qual a fadiga diafragmática ao final do exercício exaustivo gerava menor distribuição de oxigênio à musculatura periférica pelo fato de aumentar a descarga simpática e, conseqüentemente, a vasoconstrição periférica. Considerando-se tal mecanismo, a redução do trabalho ventilatório, portanto, da fadiga diafragmática com o uso de CPAP, pode ser capaz de melhorar o desempenho em atividades físicas.

Apesar de estudos apresentarem a aplicação de CPAP em diversas enfermidades [3], observando-se melhora do desempenho físico em tais condições, poucos investigaram os efeitos da CPAP em indivíduos saudáveis e durante exercício físico. Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos fisiológicos gerados pela CPAP em indivíduos saudáveis durante exercício progressivo máximo.

Materiais e métodos

Indivíduos – O grupo de estudo foi constituído de treze indivíduos fisicamente ativos do sexo masculino ($25,79 \pm 3,14$ anos, $25,14 \pm 2,23$ kg/m²), $\dot{V}O_{2\text{ max}} = 36,8 \pm 4,6$ ml/kg/min). Os experimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (HUCCF/UFRJ) e todos os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

Crítérios de Inclusão e Exclusão – Foram incluídos indivíduos saudáveis, de baixo risco, fisicamente ativos e sem quaisquer comorbidades cardiopulmonares. Ademais, foram excluídos do estudo os indivíduos que apresentaram qualquer contra-indicação estabelecida pela *American College Of Cardiology* e pela *American Heart Association* [4].

Protocolo da Pesquisa – Os voluntários foram submetidos a um teste de cargas progressivas em cicloergômetro microcontrolado (CG-08, Inbrasport, Brasil) dividido em quatro fases: 1) três minutos em repouso, sentado sobre o cicloergômetro; 2) três minutos de aquecimento com carga igual a 5 W; 3) fase de exercício progressivo, iniciado em 25 W e com aumento de 25 W a cada minuto; 4) cinco minutos de recuperação, sem carga imposta pelo cicloergômetro. Em todas as fases do protocolo os voluntários foram orientados a manter cadência entre 55 e 70 rpm, com exceção do último estágio, no qual a cadência foi livre.

Os testes foram interrompidos quando os indivíduos atingiram a exaustão ou quando apresentaram quaisquer dos critérios de interrupção, estabelecidos pela *American College of Sports Medicine* [5]

Variáveis – Durante os testes, o fluxo respiratório e as concentrações de gases oxigênio e gás carbônico foram mensurados por meio de um analisador de gases (Innocor, Dinamarca), a partir do qual foram extraídos os valores de consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) e produção de gás carbônico ($\dot{V}CO_2$), empregados na detecção do limiar ventilatório.

A frequência cardíaca foi obtida por meio de um cardiotaquímetro portátil (Polar, S810, Finlândia) com frequência de amostragem igual a 1000 Hz, sendo os intervalos RR gravados a cada batimento. Os sinais adquiridos do cardiotaquímetro foram utilizados para a análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC).

Durante os testes, foram monitorados o sinal eletrocardiográfico (Ecafíx, Brasil), a fim de verificar quaisquer alterações anormais manifestadas durante o protocolo, e a pressão arterial, aferida a cada minuto pelo método auscultatório. Ambas as medidas foram adotadas como critérios para interrupção do teste.

Todos os voluntários realizaram duas visitas. Na primeira visita realizaram o protocolo de exercício progressivo e máximo sem qualquer intervenção. Para a segunda visita, os participantes foram divididos aleatoriamente, por meio de sorteio, em três grupos: A) no qual o voluntário realizou um teste idêntico à primeira visita (n = 4); B) onde o voluntário executou protocolo sob CPAP, usando um aparelho modelo

Tango-C (Resmed, Brasil) acoplado à máscara e ajustado para uma pressão resultante de 4 cmH₂O, recebendo uma instrução escrita antes do início do teste: “durante o exercício você usará um aparelho que poderá melhorar seu desempenho.” (n = 4); e C) realizado de forma semelhante ao grupo B, entretanto, com a instrução: “durante o exercício você usará um aparelho que poderá atrapalhar seu desempenho.” (n = 5).

Processamento de Sinais – A análise dos dados obtidos foi realizada em ambiente MatLab (versão 7.5, R2007b, Mathworks, EUA).

As variáveis de trocas gasosas foram extraídas do analisador de gases ciclo-a-ciclo, sendo o limiar ventilatório (LV), obtido pelo método *v-slope* [6], no qual foi observada a quebra da linearidade entre os aumentos de $\dot{V}CO_2$ contra o $\dot{V}O_2$ (Figura 1).

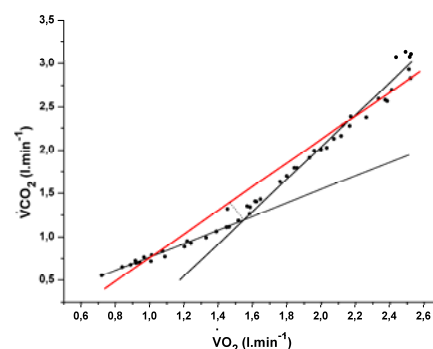


Figura 1: Exemplo de obtenção do limiar ventilatório de um voluntário a partir da quebra da linearidade entre os aumentos de $\dot{V}CO_2$ contra o $\dot{V}O_2$.

Os valores de carga atingida e de $\dot{V}O_2$ encontrados aos níveis do LV e do máximo atingido foram calculados utilizando-se uma média móvel de 30 segundos de duração, a fim de atenuar a influência de valores extremos e possíveis ruídos.

Adicionalmente, a variabilidade da frequência cardíaca foi avaliada no domínio do tempo, sendo as séries RR inicialmente filtradas com a finalidade de remover possíveis artefatos de movimento e/ou batimentos ectópicos. Para tal, aplicou-se o *filtro do quociente* [7], no qual cada *i-ésimo* batimento cardíaco (x_i) foi dividido pelo subsequente (x_{i+1}). Os batimentos cujas razões resultaram em valores inferiores a 0,8 ou excederam 1,2 foram substituídos pela média de três intervalos RR adjacentes (Equação 1).

$$x_i \text{ ou } x_{i+1} = \frac{1}{6} \sum_{j=x_i-3}^{x_i+3} x_j, \text{ se } \begin{cases} 0,8 \geq \frac{x_i}{x_{i+1}} \geq 1,2 \\ 0,8 \geq \frac{x_{i+1}}{x_i} \geq 1,2 \end{cases} \quad (1)$$

onde x_i é o termo a ser substituído pelo filtro do quociente.

Após o processo de filtragem, foram tomados o desvio padrão e a raiz da média quadrática das diferenças dos intervalos RR (SDNN e RMSSD, respectivamente) para

avaliação da resposta autonômica durante o protocolo (Equação 2).

$$RMSSD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left(\sum_{i=1}^{N-1} ((R-R)_{i+1} - (R-R)_i)^2 \right)} \quad (2)$$

onde N é o número de termos na série de intervalos RR.

Os índices de variabilidade da frequência cardíaca foram avaliados pelo percentual de suas respectivas quedas ao longo do exercício. Para isto, foram tomados o primeiro e o último minuto do protocolo.

Tratamento Estatístico – A avaliação de eventuais diferenças entre as variáveis nos grupos estudados foi verificada pelo teste de Kruskal-Wallis seguido de testes de Dunn. Para comparações intra-grupos, foi empregada a análise pareada de Wilcoxon.

O nível de significância das diferenças foi fixado em 5% ($\alpha = 0,05$) e para esta análise foi utilizado o software GraphPad Prism (versão 5.0, Graphpad Software, EUA).

Resultados

As Figuras 2, 3 e 4 mostram que não houve diferenças significativas entre a primeira e a segunda visita nos três grupos (A, B e C, respectivamente) para os valores de $\dot{V}O_2$ e de carga atingida nos níveis do LV e no máximo do exercício ($p > 0,05$).

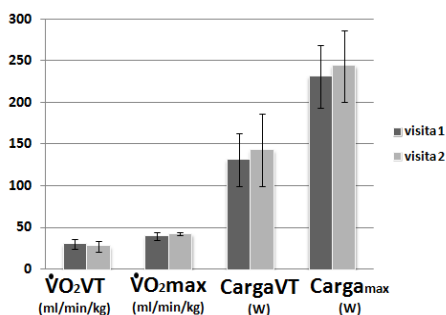


Figura 2: Gráfico de comparação entre os valores de $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min) e de carga (W) encontrados aos níveis do limiar ventilatório e do máximo atingido para os voluntários do grupo A nas duas visitas realizadas pelos voluntários. $p > 0,05$.

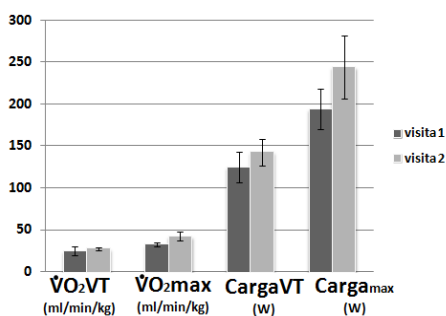


Figura 3: Gráfico de comparação entre os valores de $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min) e de carga (W) encontrados aos níveis

do limiar ventilatório e do máximo atingido para os voluntários do grupo B nas duas visitas realizadas pelos voluntários. $p > 0,05$.

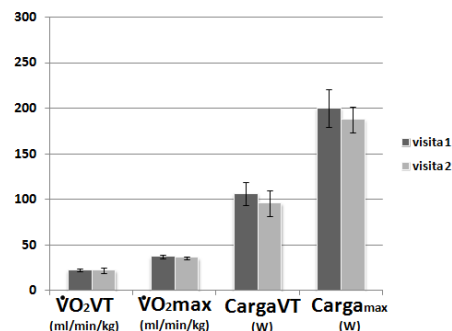


Figura 4: Gráfico de comparação entre os valores de $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min) e de carga (W) encontrados aos níveis do limiar ventilatório e do máximo atingido para os voluntários do grupo C nas duas visitas realizadas pelos voluntários. $p > 0,05$.

Adicionalmente, foram avaliadas, por meio de teste de Kruskal-Wallis as diferenças percentuais absolutas entre a primeira e a segunda visita dos voluntários para os valores de $\dot{V}O_2$ e de carga aos níveis do LV e do máximo atingido. A Tabela 1 mostra que não há diferença entre os grupos para as variáveis apresentadas.

Tabela 1: Valores das médias e desvios-padrão das diferenças percentuais absolutas entre a primeira e a segunda visita de cada voluntário. $p > 0,05$.

Grupos	$\dot{V}O_2$ LV (%)	$\dot{V}O_2$ max (%)	Carga _{LV} (%)	Carga _{max} (%)
A	18,25 (13,37)	11,39 (13,27)	7,73 (10,09)	5,40 (6,39)
B	13,86 (6,96)	8,84 (10,00)	15,24 (9,86)	6,70 (7,77)
C	8,14 (5,00)	3,74 (2,28)	13,61 (11,96)	4,72 (6,48)

Os valores das quedas percentuais de SDNN e RMSSD tampouco apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os grupos avaliados, como demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2: Valores das médias e desvios-padrão dos decréscimos percentuais de SDNN e RMSSD do primeiro ao último minuto do exercício na segunda visita de cada voluntário. $p > 0,05$.

	Δ SDNN (%)	Δ RMSSD (%)
A	91,47 (3,01)	90,85 (4,85)
B	92,06 (4,88)	90,85 (4,97)

C	92,16 (2,55)	89,15 (5,19)
---	-----------------	-----------------

Discussão

Os principais resultados do presente estudo indicam não haver efeito da CPAP na população avaliada. Além disso, não foram observadas diferenças significativas entre o $\dot{V}O_2$ e a carga máxima mensurados na primeira e segunda visita, sugerindo a ausência do efeito adaptativo.

A hipótese de um efeito placebo relacionado à sugestão de que um aparelho de ventilação não invasiva pudesse colaborar para a melhora do desempenho durante a atividade tampouco foi confirmada. Isto é sugerido pelo fato de que as variáveis avaliadas nos grupos com instruções escritas não diferiram significativamente entre si.

Os resultados de estudos anteriores mostraram que o uso de VNI durante exercício físico foi capaz de reduzir o trabalho ventilatório e, conseqüentemente, preveniu a redução do aporte sanguíneo aos músculos das extremidades inferiores [8, 9]. Isto, todavia, não foi confirmado pelos resultados deste trabalho, o que talvez esteja relacionado com as diferenças de protocolo, modalidade de VNI e aptidão física do grupo estudado. No estudo de Harms *et al.* [9], por exemplo, foi realizado um protocolo de alta intensidade com carga constante em atletas de ciclismo ($\dot{V}O_{2\text{max}} = 64 \pm 6$ ml/kg/min) submetidos à ventilação proporcional assistida.

A VFC é, sabidamente, reduzida durante atividade física, entretanto, trabalhos indicam que a utilização de VNI é capaz de aumentá-la [10]. Portanto, foi formulada a hipótese de que os índices de VFC pudessem sofrer um decréscimo menor nas etapas com CPAP em comparação com o controle sem CPAP. Contudo, apesar da redução de SDNN e RMSSD ocorrer conforme o esperado, novamente, as intervenções efetuadas na segunda visita não desempenharam um papel capaz de modificar tais índices significativamente, sugerindo que o controle autônomo não foi afetado além do já esperado para uma atividade física intensa.

Algumas limitações foram observadas neste trabalho, como, por exemplo, o possível desconforto imposto pela utilização de uma máscara firmemente acoplada aos voluntários a fim de evitar vazamentos e, conseqüentemente, perda de dados ao longo do protocolo. Além disso, apesar de ajustada uma pressão igual a 20 cmH₂O no aparelho de CPAP, apenas 4 cmH₂O foram efetivamente fornecidos devido a válvula expiratória acoplada a fim de reduzir a resistência adicional imposta pelo circuito.

Apesar da ausência de diferenças observadas entre os grupos, estudos futuros são necessários com voluntários de diferentes níveis de aptidão física e em protocolos distintos a fim de verificar se a discrepância entre estas configurações pode ser um fator determinante. Além disso, o pequeno tamanho da amostra nos grupos estudados é um fator que deve ser levado em consideração na interpretação dos resultados,

pois limita a avaliação quanto às ausências de efeitos nas variáveis avaliadas.

Conclusão

A ausência de diferença entre as visitas (intra-grupos) dos valores de $\dot{V}O_2$ e de carga aos níveis do LV e do máximo atingido indicam que não houve efeito de treinamento pela repetição do protocolo. Entretanto, ao não serem encontradas diferenças significativas comparando as médias das variáveis na segunda visita, é possível inferir que as intervenções realizadas nesta etapa do estudo tampouco foram capazes de interferir no desempenho da população estudada.

Agradecimentos

Ao CNPq, à CAPES e à FAPERJ pelo apoio financeiro.

Referências

- [1] Mehta, S., Hill, N. S. (2001) "Noninvasive ventilation", *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 136, n. 2, p. 540-77.
- [2] Dempsey, J.A., Romer, L.M., Rodman, J. *et al.* (2006) "Consequences of exercise-induced respiratory muscle work" *Respiratory Physiology and Neurobiology*, v. 151, p. 242-50.
- [3] Liesching, T., Kwok, H., Hill N.S. (2003) "Acute applications of noninvasive positive pressure ventilation", *Chest*, v. 124, p. 669-713.
- [4] Gibbons, R.J., Abrams, J., Chatterjee, K. *et al.* (2003) "ACC/AHA guideline update for the management of patients with chronic stable angina" *Journal of the American College of Cardiology*, v. 41, p. 159-168.
- [5] ACSM (2006) "ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription", USA: Lippincott Williams & Wilkins.
- [6] Beaver, W.L., Wasserman, K., Whipp, B.J. (1986) "A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange" *Journal of Applied Physiology*, v. 60, n. 6, p. 2020-7.
- [7] Piskorski, J., Guzik, P. (2005) "Filtering Poincaré plots" *Computational Methods in Science and Technology*, v. 11, n. 1, p. 39-48.
- [8] Harms, C.A., Babcock, M.A., McClaran, S.R. *et al.* (1997) "Respiratory muscle work comprises leg blood flow during maximal exercise" *Journal of Applied Physiology*, v. 82, p. 1573-83.
- [9] Babcock, M.A., Pegelow, D.F., Harms, C.A. *et al.* (2002) "Effects of respiratory muscle unloading on exercise-induced diaphragm fatigue" *Journal of Applied Physiology*, v. 93, p. 201-61573-83.
- [10] Borghi-Silva, A., Reis, M.S., Mendes, R.G. *et al.* (2008) "Noninvasive ventilation acutely modifies heart rate variability in chronic obstructive pulmonary disease patients" *Respiratory Medicine*, v. 102, n. 8, p. 1117-23.