

# Comparação dos efeitos da ventilação mecânica não invasiva contínua e intermitente sobre parâmetros cardiorrespiratórios e modulação autonômica de indivíduos saudáveis

*Comparison of the effects of continuous and intermittent non invasive mechanical ventilation on cardiorespiratory parameters and autonomic modulation of healthy individuals*

Francis L. Pacagnelli<sup>1</sup>, Ana Paula C. F. Freire<sup>2</sup>, Mariana R. Palma<sup>2</sup>, Laio L. Paes<sup>3</sup>, Murylo V. Cardoso<sup>3</sup>, Luiz Carlos M. Vanderlei<sup>4</sup>

## RESUMO

**Modelo do estudo:** Estudo transversal. **Objetivo:** Avaliar a influência da Ventilação Mecânica não Invasiva (VMNI) de forma contínua e intermitente sobre a modulação autonômica cardíaca e parâmetros cardiorrespiratórios em mulheres saudáveis. **Métodos:** Vinte voluntárias realizaram duas modalidades de VMNI: contínua por meio do CPAP e intermitente por meio do Reanimador de Muller. Inicialmente permaneceram em repouso em respiração espontânea por 20 minutos. Em seguida foram submetidas a 20 minutos de aplicação de VMNI com a técnica selecionada e por fim permaneceram 20 minutos em repouso em respiração espontânea. Os parâmetros cardiorrespiratórios e variabilidade da frequência cardíaca (VFC) foram mensurados em todos estes momentos. **Resultados:** Não houve diferenças significantes quando comparadas as duas técnicas. Observaram-se diferenças nos parâmetros cardiorrespiratórios e VFC quando analisadas individualmente. Menores valores de frequência cardíaca e frequência respiratória foram observados na modalidade contínua quando comparado os valores durante a ventilação com respiração espontânea ( $p < 0,005$ ). Em ambas técnicas observaram-se aumentos significantes de  $SpO_2$  durante a ventilação em comparação a respiração espontânea. Observou-se aumento da modulação parassimpática (RMSSD, HF  $ms^2$  e SD1) e da variabilidade global (SDNN, RR triangular e SD2) em ambas as técnicas quando comparado ventilação e respiração espontânea ( $p < 0,005$ ). **Conclusão:** Não houve diferença quando comparadas as duas modalidades de VMNI. Contudo, quando analisadas individualmente observam-se comportamento diferentes dos parâmetros cardiorrespiratórios e na modulação autonômica.

**Palavras chave:** Ventilação Não Invasiva. Sistema Nervoso Autônomo. Frequência Cardíaca. Taxa Respiratória. Ventilação. Voluntários Saudáveis.

1. Docente. Departamento de Fisioterapia da Universidade do Oeste Paulista (Unoeste)- Presidente Prudente, SP – Brasil.
2. Discente. Programa de pós-graduação (nível stricto sensu) em Fisioterapia da Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP) - Presidente Prudente, SP – Brasil.
3. Fisioterapeuta. Departamento de Fisioterapia da Unoeste.
4. Docente. Departamento de Fisioterapia da UNESP - Presidente Prudente, SP – Brasil.

Instituição Responsável: Universidade do Oeste Paulista

Correspondencia  
Profa. Dra. Francis Lopes Pacagnelli  
Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE  
Rua José Bongiovani, 700,  
Cidade Universitária Presidente Prudente, SP

Recebido em 01/10/2014  
Aprovado em 10/12/2015

## ABSTRACT

**Study design:** Cross-sectional study. **Objective:** To evaluate the influence of continuous and intermittent noninvasive mechanical ventilation (NIV) on cardiac autonomic modulation and cardiorespiratory parameters in healthy women. **Methods:** Twenty subjects performed two types of NIV: continuous through CPAP and intermittent through Müller Reanimator. Initially they remained at rest for 20 minutes in spontaneous breathing. Then volunteers were subjected to 20 minutes of NIV application with the selected technique and finally remained at rest for 20 minutes in spontaneous breathing. Cardiorespiratory parameters and heart rate variability (HRV) were measured in all these moments. **Results:** There were no significant differences when comparing the two techniques. Differences were observed in HRV and cardiorespiratory parameters when analyzed individually. Lower values of heart rate and respiratory rate were observed in continuous ventilation when compared to values during ventilation with spontaneous breathing ( $p < 0.005$ ). In both techniques we observed significant increases in SpO<sub>2</sub> during ventilation compared to spontaneous breathing. We observed an increase in parasympathetic modulation (RMSSD, HF ms<sup>2</sup> and SD1) and overall variability (SDNN, RR triangular and SD2) in both techniques when compared ventilation to spontaneous breathing ( $p < 0.005$ ). **Conclusion:** There was no difference comparing the two types of NIV. However, when analyzed individually we observe different behavior of cardiorespiratory parameters and autonomic modulation.

**Key words:** Noninvasive Ventilation. Autonomic Nervous System . Heart Rate , Respiratory Rate , Ventilation. Healthy Volunteers.

## Introdução

O uso da ventilação mecânica não invasiva (VMNI) tem sido expandido nos últimos tempos e demonstrado resultados positivos na doença pulmonar obstrutiva crônica, edema cardiogênico e insuficiência respiratória, além de diminuir a necessidade de intubação, mortalidade e custos do tratamento.<sup>1-6</sup>

A VMNI pode ser aplicada por meio da pressão positiva contínua (CPAP)<sup>7,8</sup> e por pressão positiva intermitente nas vias aéreas (RPPI).<sup>9</sup> Ambas as técnicas possuem benefícios semelhantes e têm se mostrado efetivas em diversas condições terapêuticas.<sup>10,11,12</sup> Em geral essas modalidades se diferem quanto ao fornecimento de pressão gerada por cada componente, para RPPI utiliza-se 10 a 30 cm/H<sub>2</sub>O<sup>12,13</sup> e para CPAP pode variar de 4 a 10 cm/H<sub>2</sub>O<sup>8,9,14,15</sup>, entretanto, estudos recentes mostrando os efeitos benéficos de níveis maiores de CPAP<sup>16,17</sup> e de RPPI<sup>1</sup> são descritos na literatura.

A modalidade intermitente demonstrou eficácia em casos de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) auxiliando na capacidade de aumentar o volume pulmonar, eficácia da tosse e melhora da dispneia.<sup>1</sup> Em prematuros, mostrou-se segura para reduzir a incidência de ventilação endotraqueal, aumentar o sucesso na extubação, diminuir a taxa

de apnéia, displasia broncopulmonar e mortalidade<sup>18</sup>, além de minimizar o tempo de tratamento e internação.<sup>19</sup> A RPPI também é utilizada em pós-operatório de revascularização do miocárdio e mostrou-se efetiva para reverter a hipoxemia nestes pacientes.<sup>20</sup>

Além disso, ambas as técnicas acarretam efeitos cardiovasculares modulados principalmente pelas alterações da pré-carga e pós-carga ventricular. Os mecanismos de pré-carga e pós-carga associados à ativação de receptores pulmonares podem provocar mudanças no sistema nervoso autônomo (SNA).<sup>21,22</sup>

Segundo Fietze et al.<sup>23</sup>, a aplicação de pressão positiva com binível nasal e ventilação espontânea em indivíduos saudáveis produziu alterações na atividade vagal e parâmetros cardiovasculares sem ocasionar instabilidade hemodinâmica. Modalidades da VMNI contínua vêm sendo relacionadas com alterações no sistema nervoso autônomo como aumento na atividade parassimpática e disparo da modulação simpática, melhora da função hemodinâmica a curto e longo prazo, além de diminuição do trabalho da musculatura respiratória que possui influência na modulação autonômica.<sup>23</sup>

Para nosso conhecimento não há estudos que avaliem o comportamento do SNA mediante a influência da modalidade de VMNI do tipo intermi-

tente em indivíduos saudáveis. Avaliar estas respostas é fundamental para compreender os mecanismos fisiológicos envolvidos na aplicação dessas técnicas e fornecer indicadores clínicos para realização destas com segurança. Portanto, esse estudo teve por objetivo avaliar a influência da VMNI aplicada de forma contínua (CPAP) e intermitente (RPPI) sobre a modulação autonômica cardíaca e parâmetros cardiorrespiratórios em mulheres saudáveis.

## Material e métodos

### Desenho do estudo e aspectos éticos

Trata-se de um estudo transversal, realizado na Clínica Escola de Fisioterapia, da Universidade do Oeste Paulista- UNOESTE. Todos os procedimentos do estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Oeste Paulista (Protocolo nº 120/08) e estão em consonância com a resolução 466/2012 da CONEP. Todas as voluntárias foram informadas sobre os procedimentos e objetivos do estudo e, após concordarem, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

### População e Amostra

Foram analisados dados de 20 voluntárias, fisicamente inativas, com média de idade de  $19.80 \pm 2.06$  anos e índice de massa corpórea (IMC) de  $22.47 \pm 3.210$  Kg/m<sup>2</sup>. Não foram incluídas no estudo voluntárias que apresentassem pelo menos uma das seguintes características: histórico de tabagismo, uso de medicamentos de qualquer natureza, histórico de doenças cardíacas, pulmonares ou metabólicas, fobia a técnica proposta e que relatassem praticar exercício físico regular.

### Delineamento do estudo

Inicialmente as voluntárias foram submetidas a uma avaliação inicial que incluiu coleta de dados gerais, histórico de enfermidades e tabagismo, prática regular de atividade física e mensuração de peso e altura para cálculo do índice de massa corpórea (IMC).

Em seguida foi realizado o protocolo experimental, onde todas as voluntárias realizaram as duas modalidades de ventilação não invasiva propostas (contínua e intermitente) em dias distintos, com no

mínimo 24 horas de diferença entre as sessões. A ordem de execução foi determinada de forma aleatória por meio de sorteio, no qual as voluntárias retiravam de um envelope lacrado, o papel com a técnica a ser realizada.

Durante a realização do procedimento experimental a frequência cardíaca foi captada batimento a batimento para análise da VFC e os parâmetros cardiorrespiratórios pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e a saturação parcial de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) foram coletados antes, durante e após a realização das técnicas.

### Avaliação inicial

Na avaliação inicial foi realizada a coleta de dados gerais como nome, idade, questionamentos a respeito de histórico ou presença de enfermidades, utilização de tabaco ou outras drogas e prática regular de atividade física. Em seguida foram mensurados peso e altura e calculado o IMC. O peso foi mensurado em uma balança digital (Welmy R/I 200, Brasil) e a altura por meio de um estadiômetro (Sanny, Brasil). O IMC foi calculado utilizando-se a fórmula: peso (kg) / altura (m)<sup>2</sup>.

### Técnicas de ventilação mecânica não invasiva

As técnicas de VMNI foram realizadas por meio de um Reanimador de Muller (Engesp®, Brasil), com sistema a fluxo contínuo e máscara facial de borracha. A hidratação das vias aéreas foi feita por um micronebulizador (Engesp®, Brasil) acoplado com 10 ml de soro fisiológico (NaCl 0,9%).

As voluntárias foram inicialmente colocadas em posição de semi Fowler e permaneceram em repouso, em respiração espontânea, por 20 minutos. Em seguida foram submetidas a 20 minutos de aplicação de VMNI com a técnica selecionada e por fim permaneceram por mais 20 minutos em repouso em respiração espontânea.

Para aplicação da técnica de forma contínua (CPAP) a pressão positiva foi de 5 cm/H<sub>2</sub>O, respeitando a tolerância do paciente, enquanto que, na aplicação da técnica de forma intermitente (RPPI) a pressão positiva foi de 10 cm/H<sub>2</sub>O fornecida durante todas as inspirações da voluntária, pelo terapeuta que acompanhava sua mecânica respiratória durante todo o protocolo.

Durante a aplicação das técnicas as voluntárias foram orientadas a relaxar, não falar, respirar

calmamente e manter sua FR similar à respiração espontânea. A PA, FC, FR e  $SPO_2$  foram mensuradas em três momentos: antes do início do protocolo, durante respiração espontânea que precedeu a aplicação da técnica, aos 10 minutos de ventilação da técnica proposta e ao final de 20 minutos de recuperação em ventilação espontânea.

A PA foi mensurada de acordo com os critérios estabelecidos pela VI Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial<sup>24</sup>. Para evitar equívocos na determinação da PA, um único avaliador fez a mensuração durante todo o protocolo experimental.

A FC foi determinada por meio de um cardiofrequencímetro Polar S810i (Polar Electro, Kempele, Finlândia). A FR foi determinada pela contagem das respirações, por meio da inspeção da mecânica respiratória, durante um minuto sem que a voluntária notasse o processo, para que as características usuais da respiração não fossem modificadas e a  $SpO_2$  foi avaliada por meio de um oxímetro de pulso (Oximeter, Estados Unidos).

### **Análise da variabilidade da frequência cardíaca**

Para análise da VFC a frequência cardíaca foi captada batimento a batimento durante todo o protocolo experimental. Para essa captação foi colocado no tórax das voluntárias, ao nível do terço distal do esterno, a cinta de captação e, no seu pulso, o receptor de frequência cardíaca Polar S810i (Polar Electro, Kempele, Finlândia), equipamento previamente validado para captação da frequência cardíaca batimento a batimento e a utilização dos seus dados para análise da VFC.<sup>25,26</sup>

A coleta foi realizada em sala com temperatura entre 21°C e 24°C, umidade entre 40 e 60% e de forma individual. As voluntárias foram orientadas a não ingerirem bebidas alcoólicas ou derivadas de cafeína, não realizar atividades vigorosas nas 24 horas anteriores à avaliação, manterem-se em repouso e não conversarem durante a coleta.

Para análise da VFC, o padrão de seu comportamento foi registrado com uma taxa de amostragem de 1000 Hz. Para análise dos dados foram utilizados 1000 intervalos RR consecutivos após ter sido feita filtragem digital complementada por manual, para eliminação de batimentos ectópicos prematuros e artefatos, no período de maior estabilidade do sinal, e somente séries com mais de 95%

de batimentos sinusais foram incluídas no estudo. Na análise visual das séries temporais foi observada ausência de artefatos ou arritmias cardíacas que pudessem interferir na análise da VFC.<sup>27</sup>

A VFC foi analisada nos seguintes momentos: respiração espontânea, durante a execução das técnicas (CPAP e RPPI) e no período de recuperação. Foi considerado para análise o trecho mais estável do traçado.

A análise da VFC foi realizada por meio de métodos lineares, analisados nos domínios do tempo da frequência, e por métodos geométricos. No domínio do tempo foram utilizados os índices: RMSSD e SDNN. O índice de RMSSD representa a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes e representa atividade parassimpática. O SDNN é o desvio padrão da média de todos os intervalos RR normais, corresponde as atividades simpática e parassimpática.<sup>27</sup>

Para análise da VFC no domínio da frequência foram utilizados os componentes espectrais de baixa frequência (LF: 0,04-0,15 Hz), resultante da ação parassimpática e simpática, com predominância do componente simpático, e alta frequência (HF: 0,15-0,40 Hz), que corresponde ao predomínio vagal, expressa em milissegundos quadrado ( $ms^2$ ) e unidades normalizadas (un), que representa o valor relativo de cada componente espectral em relação à potência total menos o componente de muito baixa frequência (VLF), e a razão entre esses componentes (relação LF/HF), que indica o balanço simpato-vagal. A análise espectral foi calculada usando o algoritmo da Transformada Rápida de Fourier.<sup>27</sup>

Pela análise dos métodos geométricos foram calculados o índice triangular (RRtri), interpolação triangular dos intervalos NN (TINN) e o *plot* de Poincaré.

O índice triangular representa a variabilidade global e foi calculado a partir da construção do histograma de densidade dos intervalos RR normais, consiste na integral do histograma (isto é, o número total de intervalos RR) dividida pelo máximo da distribuição de densidade (frequência modal dos intervalos RR), mensurado em uma escala discreta com caixas de 7.8125 ms (1/128 segundos).<sup>27</sup>

O TINN é também calculado a partir da construção de um histograma de densidade dos inter-

valos RR normais e corresponde a variabilidade global. O histograma mostra no eixo horizontal (eixo x), o comprimento dos intervalos RR e no eixo vertical (eixo y) a frequência com que cada um deles ocorreu. A união dos pontos das colunas do histograma forma uma figura semelhante a um triângulo e o TINN consiste na largura da linha de base da distribuição medida como a base de um triângulo.<sup>28</sup>

O *plot* de Poincaré é um diagrama no qual cada intervalo RR é plotado em função do intervalo RR anterior. A análise quantitativa foi realizada por meio do ajuste da elipse da figura formada pelo atrator, de onde foram calculados os seguintes índices: SD1 (padrão da variabilidade instantânea batimento-a-batimento) que expressa a atividade parassimpática, SD2 (desvio padrão da variabilidade a longo prazo) que representa variabilidade global e a relação SD1/SD2.<sup>29,30</sup>

O software HRV analysis (Kubios, Biosignal Analysis and Medical Image Group, Department of Physics, University of Kuopio, Finland) foi utilizado para determinação desses índices.<sup>31</sup>

## Análise Estatística

Para análise dos dados do perfil das voluntárias foi utilizado o método estatístico descritivo e os resultados foram apresentados com valores de médias e desvios padrão. A normalidade dos dados foi avaliada por meio do teste de *Shapiro-Wilk*. As comparações das variáveis analisadas entre as técnicas (contínuo vs intermitente) e momentos (repouso vs durante a técnica vs recuperação) foi feita por meio da técnica de análise de variância para modelo de medidas repetidas no esquema de dois fatores. Os dados da mensuração repetida foram checados para violação de esfericidade usando o teste de *Mauchly* e a correção de *Greenhouse-Geisser* foi utilizada quando a esfericidade foi violada.

Para análise dos momentos (repouso vs durante a técnica vs recuperação) foi utilizado pós-teste de *Tukey* para distribuição paramétrica ou pós-teste de *Dunn* para distribuição não paramétrica. A significância estatística foi fixada em 5% para todas as análises.

## Resultados

As voluntárias analisadas para realização desse estudo eram saudáveis, sedentárias, sem histó-

rico de tabagismo ou uso de outras drogas e sem presença enfermidades instaladas. Apresentaram média de idade de  $19,85 \pm 2,06$  anos e IMC de  $23,14 \pm 3,30$  kg/m<sup>2</sup>.

As análises mostraram que para os parâmetros cardiorrespiratórios houve um efeito do momento para a FC, FR e SpO<sub>2</sub> ( $p < 0,001$ ) o que não ocorreu para a PAS ( $p = 0,147$ ) e PAD ( $p = 0,050$ ). Nenhum efeito foi observado entre as técnicas (FC,  $p = 0,643$ ; FR,  $p = 0,717$ ; PAS =  $0,842$ ; PAD =  $0,805$ ; SpO<sub>2</sub>,  $p = 0,729$ ) e na interação momento e técnicas (FC,  $p = 0,830$ ; FR,  $p = 0,119$ ; PAS,  $p = 0,727$ ; PAD,  $p = 0,288$ ; SpO<sub>2</sub>,  $p = 0,903$ ). Os resultados obtidos para os parâmetros cardiorrespiratórios podem ser observados na Tabela 1.

Menores valores de FC e FR foram observados na modalidade de VMNI contínua quando comparado os valores obtidos durante a ventilação com os obtidos em respiração espontânea. Em ambas as técnicas observaram-se aumentos significantes dos valores de SpO<sub>2</sub> durante a ventilação em comparação a respiração espontânea.

Nas figuras 1 e 2 pode-se observar o comportamento dos índices da VFC no domínio do tempo e frequência, respectivamente, nos momentos e modalidades de VMNI aplicadas. Ocorreram efeitos de momento para os índices SDNN ( $p < 0,0001$ ) e RMSSD ( $p < 0,001$ ). Nenhum efeito foi observado entre as técnicas (SDNN,  $p = 0,513$ ; RMSSD,  $p = 0,513$ ) e na interação momento e técnicas (SDNN,  $p = 0,693$ ; RMSSD,  $p = 0,711$ ).

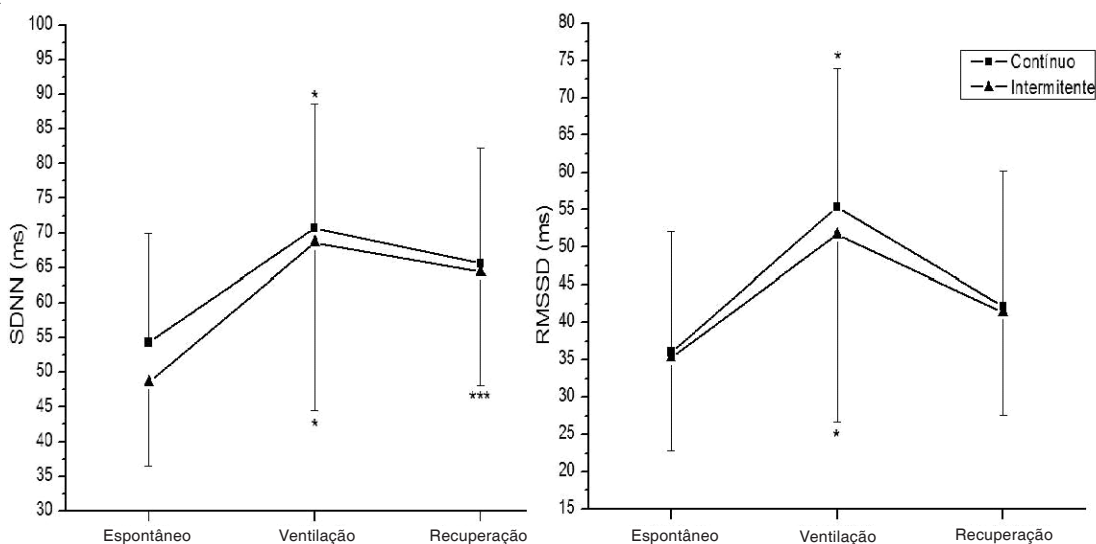
Para os índices SDNN e RMSSD diferenças estatísticas entre o momento espontâneo e a ventilação em ambas as técnicas aplicadas foram observadas. Diferença estatística entre os momentos de ventilação e recuperação foi também observada para o índice SDNN na aplicação da ventilação intermitente. (Figura 1).

Na análise no domínio da frequência observou-se efeito de momento para os índices LF ms<sup>2</sup> ( $p = 0,001$ ), LFnu ( $p < 0,001$ ), HFms<sup>2</sup> ( $p < 0,001$ ) e HFnu. ( $p < 0,001$ ), o que não ocorreu com a relação LF/HF ( $p = 0,142$ ). Não foram observados efeitos entre as técnicas aplicadas (LFms<sup>2</sup>,  $p = 0,056$ ; LFnu,  $p = 0,228$ ; HFms<sup>2</sup>,  $p = 0,560$ ; HFnu,  $p = 0,228$ ; e relação LF/HF,  $p = 0,209$ ) e na interação momento e técnicas (LFms<sup>2</sup>,  $p = 0,070$ ; LFnu,  $p = 0,340$ ; HFms<sup>2</sup>,  $p = 0,267$ ; HFnu,  $p = 0,340$ ; e relação LF/HF,  $p = 0,706$ ). (Figura 2).

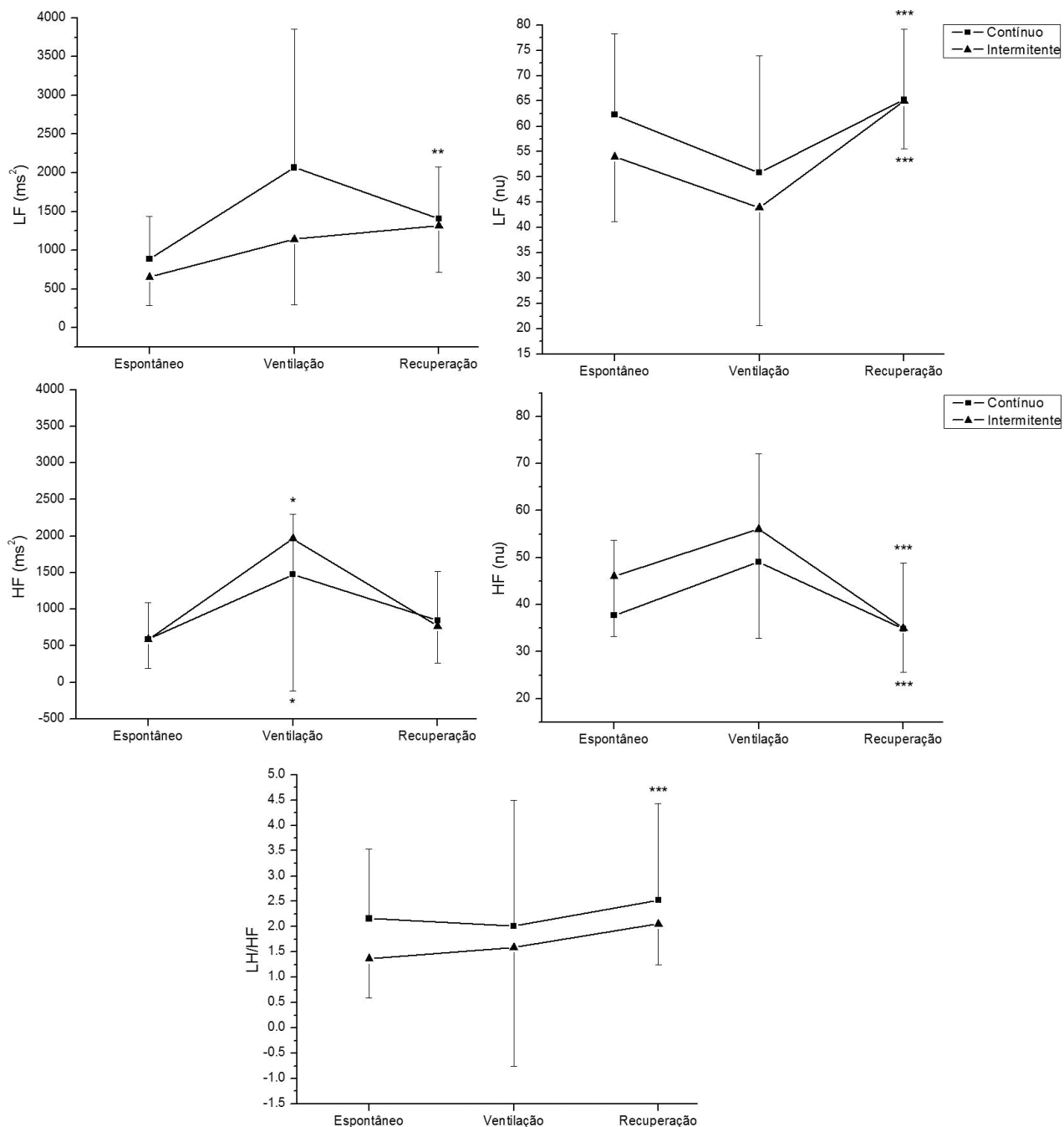
**Tabela 1. Valores médios, acompanhado dos seus respectivos desvios padrão, dos parâmetros cardiorrespiratórios nas modalidades e momentos analisados.**

Parâmetros	Técnica	Espontânea	Ventilação	Recuperação
<b>FC (bpm)</b>	Contínuo	84,25 ± 11,58	77,75 ± 9,31 <sup>a</sup>	78,10 ± 8,66
	Intermitente	84,60 ± 9,61	79,80 ± 12,31	79,60 ± 9,31
<b>FR (rpm)</b>	Contínuo	16,65 ± 1,42	14,25 ± 2,09 <sup>a</sup>	15,30 ± 0,86
	Intermitente	15,90 ± 1,37	14,60 ± 2,18	15,25 ± 1,29
<b>PAS (mmHg)</b>	Contínuo	114,0 ± 5,98	116,5 ± 5,87	114,5 ± 6,04
	Intermitente	115,0 ± 7,60	116,0 ± 5,98	115,0 ± 6,07
<b>PAD (mmHg)</b>	Contínuo	76,50 ± 7,45	78,50 ± 4,89	76,50 ± 4,89
	Intermitente	78,00 ± 6,15	78,00 ± 6,15	74,50 ± 5,10
<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	Contínuo	97,15 ± 0,93	98,60 ± 0,68 <sup>a</sup>	97,75 ± 0,96
	Intermitente	97,30 ± 0,73	98,60 ± 0,59 <sup>a</sup>	97,80 ± 1,15

<sup>a</sup>= Valor com diferença significativa entre os momentos espontâneo e ventilação. Legendas: FC = frequência cardíaca; bpm = batimentos por minuto; FR = frequência respiratória; rpm = respirações por minuto; PAS = pressão arterial sistólica; mmHg = milímetros de mercúrio; PAD = pressão arterial diastólica; SpO<sub>2</sub> = saturação parcial de oxigênio.



**Figura 1.** Comportamento dos índices de VFC no domínio do tempo nas modalidades e momentos analisados; \*Diferença significativa entre os momentos espontâneo e ventilação; \*\*\*Diferença significativa entre os momentos ventilação e recuperação. **Legendas:** SDNN = desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais, expresso em milissegundos; RMSSD = raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em milissegundos.



**Figura 2.** Comportamento dos índices da VFC no domínio da frequência nas modalidades e momentos analisados. \*Diferença significativa entre os momentos espontâneo e ventilação; \*\*Diferença significativa entre os momentos espontâneo e recuperação; \*\*\*Diferença significativa entre os momentos ventilação e recuperação. **Legendas:** LF = Baixa frequência; HF = Alta frequência; LF/HF = Relação LF/HF; ms = Milissegundos; nu = Unidades normalizadas.

O índice LFms<sup>2</sup> apresentou maiores valores durante a ventilação em comparação a recuperação na modalidade contínua, enquanto que, para o índice HFms<sup>2</sup> aumento significativo durante a ventilação em comparação ao momento espontâneo foi observado nas duas técnicas aplicadas.

Já para o índice LFnu observou-se maiores valores durante a recuperação em comparação com a ventilação nas duas técnicas analisadas. O índice HFnu apresentou menores valores na recuperação em comparação a ventilação também nas duas técnicas estudadas. Para a relação LF/HF maiores valores foram observados para a recuperação em comparação ao momento ventilação apenas para a técnica contínua.

A Figura 3 mostra o comportamento dos índices geométricos da VFC. Nesta análise, da mesma forma que observado para os índices nos domínios do tempo, observou-se efeito de momento para todos os índices avaliados (SD1,  $p < 0,001$ ; SD2,  $p < 0,001$ ; relação SD1/SD2,  $p < 0,001$ ; RRtri,  $p < 0,001$ ; e TINN,  $p < 0,001$ ). Não foram observados efeito entre as técnicas aplicadas (SD1,  $p = 0,727$ ; SD2,  $p = 0,488$ ; relação SD1/SD2,  $p = 0,775$ ; RRtri,  $p = 0,239$ ; TINN  $p = 0,285$ ) e na interação momento e técnicas (SD1,  $p = 0,710$ ; SD2,  $p = 0,606$ ; relação SD1/SD2,  $p = 0,081$ ; RRtri,  $p = 0,833$ ; TINN,  $p = 0,731$ ). (Figura 3)

Notaram-se maiores valores do índice RRtri durante a ventilação quando comparado com ventilação espontânea em ambas as técnicas aplicadas e uma diminuição deste quando comparados os momentos espontâneo e recuperação somente na técnica intermitente. As mesmas alterações foram encontradas para o índice SD2.

Para o índice TINN ocorreu aumento dos seus valores quando comparados os momentos de ventilação com espontâneo e recuperação com espontâneo, apenas na modalidade intermitente. Aumento do índice SD1 foi observado para as duas técnicas utilizadas quando comparado a ventilação com o momento espontâneo. Por fim para a relação SD1/SD2 observou-se aumento apenas na modalidade contínua na comparação dos momentos recuperação e espontâneo.

## Discussão

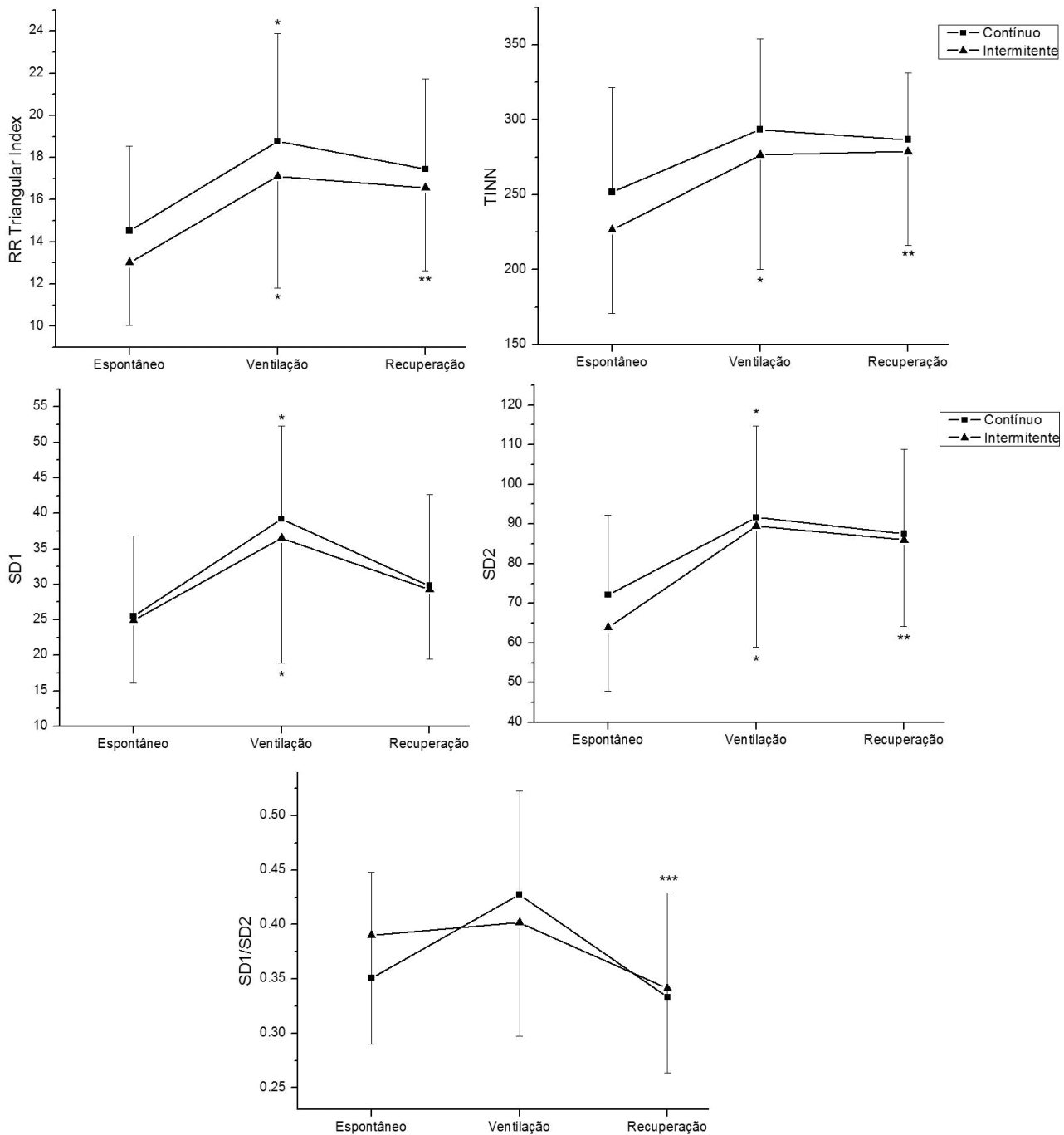
Os achados principais do presente estudo apontam que não houve diferenças significativas quando comparadas as duas técnicas em nenhuma das variáveis analisadas. Todavia observaram-se diferenças e peculiaridades das respostas dos parâmetros cardiorrespiratórios e da modulação autonômica quando as técnicas foram analisadas individualmente. Conhecer os benefícios individualmente entre elas pode mostrar a elegibilidade do paciente e direcionar a conduta mais apropriada para cada situação.

A aplicação das duas técnicas de VMNI não promoveu modificações significativas nos valores de pressão arterial sistólica ou diastólica. Entretanto na modalidade contínua a FC e a FR apresentaram diminuição significativa durante a ventilação quando comparado à respiração espontânea. Este comportamento pode estar relacionado à diminuição do trabalho respiratório promovida pela modalidade contínua que facilita a inspiração e aumenta o tempo expiratório pela PEEP somado ao aumento da pressão intratorácica com consequentes reduções de pré-carga e pós-carga.<sup>32,33</sup> É importante destacar que apesar do comportamento hemodinâmico não diferir entre as técnicas, alterações específicas ocorreram na modalidade contínua.

Silva et al 2009, analisou o efeito de diferentes níveis de pressão positiva expiratória nas vias aéreas de indivíduos sadios e a resposta da FC foi menor quando os voluntários foram submetidos à PEEP equivalente a 5 cmH<sub>2</sub>O, condizendo com nosso estudo. Entretanto, esse nível de pressão positiva pode não ter sido suficiente para gerar alterações hemodinâmicas compensatórias, na população estudada, relacionadas à redução do débito cardíaco, como o aumento da FC.<sup>34</sup>

O comportamento da frequência respiratória pode sofrer influência de acordo com a população em que se aplica a VMNI.<sup>1-6</sup> No estudo de Barros et al.<sup>35</sup>, pacientes com insuficiência cardíaca congestiva apresentaram diminuição estatisticamente significativa da frequência respiratória com PEEP inicial de 5 cmH<sub>2</sub>O. Os indivíduos do presente estudo,





**Figura 3.** Comportamento dos índices geométricos da VFC nas modalidades e momentos analisados. \*Diferença significativa entre os momentos espontâneo e ventilação; \*\*Diferença significativa entre os momentos espontâneo e recuperação; \*\*\*Diferença significativa entre os momentos ventilação e recuperação. Legendas: TINN = Interpolação triangular de intervalos NN; SD1 = desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento-a-batimento; SD2 = desvio padrão da variabilidade a longo prazo; SD1/SD2 = Relação SD1/SD2.

embora saudáveis, responderam de maneira semelhante à PEEP de mesmo valor.

Aumento significativo da SpO<sub>2</sub> em ambas as modalidades aplicadas foram observados, o que pode estar relacionado ao fornecimento de O<sub>2</sub> durante a ventilação. O aumento observado não perdurou após a aplicação das técnicas. Gaszyńska et al.<sup>36</sup> observaram comportamento semelhante em seu estudo, no qual a aplicação de CPAP em indivíduos saudáveis embora não significativo também resultou em diminuição da FC, aumento da SpO<sub>2</sub> e manutenção da PA. Contudo o estudo foi realizado com uma população com média de idade de 40,2±10,8 anos, característica diferente da população do presente estudo.

Observou-se aumento da modulação parassimpática (RMSSD, HF ms<sup>2</sup> e SD1) da variabilidade global (SDNN, RR triangular e SD2) em ambas as técnicas quando comparado à ventilação a respiração espontânea. Esta resposta pode estar associada às repercussões cardiovasculares promovidas pela VMNI, ou seja, o aumento da pressão intratorácica promove diminuição da pré e pós-carga facilitando a contratilidade miocárdica, o que produz diminuição da FC, características que são controladas pela atividade predominantemente vagal.<sup>23,33,37</sup> Somado a estes fatores previamente descritos, pode-se também associar em parte, o aumento da modulação parassimpática à diminuição da FR que ocorreu no momento de ventilação nas duas modalidades, porém com significância apenas na modalidade contínua.<sup>2,29</sup>

Estudos encontrados na literatura apresentam resultados divergentes sobre o comportamento do balanço autonômico durante a VMNI<sup>2,3,4,32</sup>, o que pode estar relacionado aos diferentes protocolos aplicados (pressão, tempo de aplicação e população estudada. Reis et al.<sup>4</sup> demonstraram que a aplicação de níveis pressóricos elevados (10cmH<sub>2</sub>O) em pacientes com DPOC promoveu um desequilíbrio autonômico, entretanto, esse mesmo nível promoveu resultados satisfatórios, com melhora da atividade vagal na população com insuficiência cardíaca crônica neste mesmo estudo.

No período de recuperação analisado, observou-se diminuição significativa do índice SDNN, indicador da VFC global, na modalidade intermitente o que não ocorreu na modalidade contínua. Maior VFC global está relacionada a melhor condição do

SNA e uma maior eficiência das respostas aos estímulos tanto internos quanto externos do organismo. Em contrapartida, redução da VFC global é indicativo de adaptação anormal e insuficiente do SNA e mau funcionamento fisiológico no indivíduo.<sup>38</sup> Todavia no índice LF/HF que caracteriza o balanço simpato-vagal sobre o coração, predominância simpática, mostrou-se aumentado na recuperação na modalidade contínua.

Na modalidade intermitente houve aumento na recuperação quando comparado a respiração espontânea apenas nos índices geométricos RRtri, TINN e SD2 que também representam a variabilidade global. Este fato pode estar relacionados a maior sensibilidade dos índices geométricos em identificar alterações na modulação autonômica. Os métodos não lineares como os índices geométricos descrevem as flutuações complexas do ritmo mais adequadamente do que os métodos lineares (tempo e frequência), pois a teoria do caos apresenta características que são condizentes as encontradas no organismo humano, assim essas análises permitem melhor avaliação da condição do SNA e discriminação entre uma pessoa com fisiologia normal ou alterada.<sup>27,28,39</sup>

Quando os índices LF e HF são analisados em unidades normalizadas observa-se aumento da modulação simpática (LF un) e redução parassimpática (HF un) na recuperação em comparação a ventilação em ambas as técnicas. Dados transformados em unidades normalizadas contribuem para avaliar o balanço simpato-vagal, pois representam a atuação de ambos os ramos de forma proporcional, ou seja, a porcentagem com que cada ramo atua num total de 100%.<sup>40</sup>

Ao analisar o comportamento das variáveis de ambas as técnicas, pôde-se notar que durante o período de recuperação, ainda que com significância estatística diferente, o CPAP, mesmo com nível pressórico inferior, gerou modificações semelhantes à RPPI.

A comparação entre estes tipos de modalidades de VMNI (CPAP e RPPI) tem sido pouco investigada. Muller et. al.<sup>9</sup> comparou os efeitos cardiorrespiratórios destas técnicas em pacientes em pós operatório de revascularização miocárdica e observou as características no comportamento cardiovascular de cada modalidade. O estudo ressalta que o RPPI possui fácil manuseio e simples

aplicação. Além disso, como o próprio fisioterapeuta é o responsável pela aplicação do aparelho, isto pode facilitar a adaptação do paciente frente à técnica, já que esta irá respeitar o seu ritmo respiratório tornando-se assim um procedimento individualizado com melhor aceitação, principalmente aos pacientes que apresentam fobia às modalidades convencionais (CPAP e BIPAP). Somado a este fato, vazamentos ou escape de ar ocorrem com frequência com a aplicação do CPAP, como também pode resultar em aerofagia. No entanto, os equipamentos atuais para aplicação de VMNI dispõem de artefatos que minimizam e/ ou excluem escapes de ar, além de gerar pressões maiores do que as estipuladas. No caso do Reanimador de Muller, a questão do vazamento de ar é evitada pela válvula de segurança que impede que uma maior pressão seja administrada, além de possibilitar um manejo sincrônico entre operador e o paciente.<sup>9,11</sup>

Os estudos que empregam a utilização desta modalidade de VMNI de forma intermitente ainda são escassos, sendo necessárias mais pesquisas com diferentes populações para concretizar-se os efeitos desta técnica. Ainda assim, a RPPi mostra-se mais uma opção viável dentre as modalidades de VMNI já que não houve alterações dos parâmetros cardiovasculares. Além disso, mais estudos utilizando os mesmos níveis de pressão em ambas as técnicas devem ser realizados para comparação entre elas.

As principais limitações do estudo foram a impossibilidade de controlar volume corrente e outros parâmetros que avaliam trabalho respiratório, bem como, o ciclo menstrual das participantes, o qual pode interferir no comportamento do sistema nervoso autônomo. Além disso, houve número pequeno da amostra e as respostas são em curto prazo, o que mostra a necessidade de pesquisas com mais sessões de aplicação.

## Conclusão

Os resultados desse estudo sugerem que não houve diferença quando comparadas as duas modalidades de VMNI aplicadas em nenhuma das variáveis analisadas. Contudo quando analisadas individualmente observam-se comportamento diferentes dos parâmetros cardiorrespiratórios e do SNA tanto nos momentos de ventilação quanto recuperação.

## Referências

1. Nicolini A, Mollar E, Grecchi B, Landucci N. Comparison of intermittent positive pressure breathing and temporary positive expiratory pressure in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Bronconeumol*. 2014; 50:18-24
2. Borghi-Silva A, Reis MS, Mendes RG, Pantoni CB, Simões RP, Martins LE, et al. Noninvasive ventilation acutely modifies heart rate variability in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Respir Med*. 2008; 102: 1117-23.
3. Dib JE, Matin SA, Luckert A. Prehospital use of continuous positive airway pressure for acute severe congestive heart failure. *J Emerg Med*. 2012; 42:553-8.
4. Reis MS, Sampaio LMM, Lacerda D, De Oliveira LVF, Pereira GB, Pantoni CBF, et al. Acute effects of different levels of continuous positive airway pressure on cardiac autonomic modulation in chronic heart failure and chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Med Sci*. 2010; 6: 719-27.
5. Burns KE, Meade MO, Premji A, Adhikari NK. Noninvasive positive-pressure ventilation as a weaning strategy for intubated adults with respiratory failure. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013;12: CD004127.
6. Neme JY, Gutiérrez AM, Santos MC, Berón M, Ekroth C, Arcos JP, et al. Physiologic effects of noninvasive ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Bronconeumol*. 2007; 43:150-5.
7. Keenan SP, Sinuff T, Burns KE, Muscedere J, Kutsogiannis J, Mehta S, et al. Clinical practice guidelines for the use of noninvasive positive-pressure ventilation and noninvasive continuous positive airway pressure in the acute care setting. *CMAJ*. 2011; 22; 183:E195-214.
8. Archambault PM, St-Onge M. Invasive and noninvasive ventilation in the emergency department. *Emerg Med Clin North Am*. 2012; 30:421-49.
9. Müller AP. Reanimador de Müller como recurso fisioterapêutico. *Fisioter Mov*. 1999; 12: 9-16.
10. Publio AZ, Tuzi DA, Possoni HC, Rocha SM. Estudo da pressão positiva expiratória e a sua eficácia na atelectasia: uma revisão literária; Positive expiratory pressure study and its effectiveness on atelectasis: a literature review. *Fisioter Mov*. 2004; 17: 43-50.
11. Muller AP, Olandoski M; Macedo R; Costantini C; Guarita-Souza LC. Comparative Study Between Intermittent (Müller Reanimador) and Continuous Positive Airway Pressure in the Postoperative Period of Coronary Artery Bypass Grafting. *Arq Bras Cardiol*. 2006; 86:232-9.
12. Ferreira LL, Marino LHC, Cavenaghi S. Fisioterapia cardiorrespiratória no paciente cardiopata. *Rev Bras Clin Med*. São Paulo, 2012; 10:127-31.
13. Mendes RG, Borghi-Silva A. Eficácia da intervenção fisioterapêutica associada ou não à respiração por pressão positiva intermitente (RPPi) após cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea. *Fisioter Mov*. 2006; 9:73-82.
14. Ferreira LL, Souza NM, Vitor ALR, Bernardo AFB, Valenti VE, Vanderlei LCM. Ventilação mecânica não-invasiva no pós-operatório de cirurgia cardíaca: atualização da literatura. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2012; 27:446-52.
15. Carvalho LA, Rattes C, Brandão DC, Andrade AD. Eficácia do suporte ventilatório não invasivo no incremento da tolerância ao exercício em pacientes com insuficiência cardíaca: uma revisão sistemática. *Fisioter Pesqui*. 2015; 22:3-10.

16. Schroll S, Sériès F, Lewis K, Benjamin A, Escourrou P, Luigart R, et al. Acute haemodynamic effects of continuous positive airway pressure in awake patients with heart failure. *Respirol*. 2014; 19:47-52.
17. Pantoni CB, Di Thommazo L, Mendes RG, Catai AM, Luzzi S, Amaral Neto O, et al. Effects of different levels of positive airway pressure on breathing pattern and heart rate variability after coronary artery bypass grafting surgery. *Braz J Med Biol Res*. 2011; 44:38-45.
18. Tang S, Zhao J, Shen J, Hu Z, Shi Y. Nasal intermittent positive pressure ventilation versus nasal continuous positive airway pressure in neonates: a systematic review and meta-analysis. *Indian Pediatr*. 2013; 50: 371-6.
19. Armanian AM, Badiie Z, Heidari G, Feizi A, Salehimehr N. Initial Treatment of Respiratory Distress Syndrome with Nasal Intermittent Mandatory Ventilation versus Nasal Continuous Positive Airway Pressure: A Randomized Controlled Trial. *Int J Prev Med*. 2014; 5:1543-51
20. Romanini W, Muller AP, Carvalho KA, Olandoski M, Faria-Neto JR, Mendes FL, et al. The effects of intermittent positive pressure and incentive spirometry in the postoperative of myocardial revascularization. *Arq Bras Cardiol*. 2007; 89:94-9, 105-10.
21. Pinsky MR. Cardiovascular issues in *Respir Care*. *Chest*. 2005; 128 (Suppl. 2): 592S-7S.
22. Buda AJ, Pinsky MR, Ingels NB Jr, Daughters GT 2nd, Stinson EB, Alderman EL. Effect of intrathoracic pressure on left ventricular performance. *N Engl J Med*. 1979; 301:453-9.
23. Fietze I, Romberg D, Glos M, Endres S, Theres H, Witt C, et al. Effects of positive-pressure ventilation on the spontaneous baroreflex in healthy subjects. *J Appl Physiol*. 2004; 96: 1155-60.
24. Sociedade Brasileira de Cardiologia. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. *Arq Bras Cardiol*. 2010; 95(1 supl.1): 1-51.
25. Vanderlei LC, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2009; 24:205-17.
26. Vanderlei LCM, Silva RA, Pastre CM, Azevedo FM, Godoy MF. Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Braz J Med Biol Res*. 2008; 41:854-9.
27. Godoy MF. Teoria do Caos Aplicada a Medicina [Tese]. São José do Rio Preto: Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto; 2005;179p. Livro Docência em Cardiologia. Disponível em: <http://www.mfgodoy.med.br/caos.pdf>
28. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*. 1996; 93:1043-65.
29. Rajendra Acharya U, Paul Joseph K, Kannathal N, Lim CM, Suri JS. Heart rate variability: a review. *Med Biol Eng Comput*. 2006; 44:1031-51.
30. Huikuri HV, Mäkikallio TH, Perkiömäki J. Measurement of heart rate variability by methods based on nonlinear dynamics. *J Electrocardiol*. 2003; 36 (suppl): 95-9.
31. Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Ranta-aho PO, Karjalainen PA. Kubios HRV — A Software for Advanced Heart Rate Variability Analysis. 4th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering IFMBE Proceedings. 2009; 22: 1022-5.
32. Frazier SK, Moser DK, Stone KS. Heart rate variability and hemodynamic alterations in canines with normal cardiac function during exposure to pressure support, continuous positive airway pressure, and a combination of pressure support and continuous positive airway pressure. *Biol Res Nurs*. 2001; 2: 167-74.
33. Kallet RH, Diaz JV. The physiologic effects of noninvasive ventilation. *Respir Care*. 2009; 54:102-15.
34. Silva FMF, Bagnall MES, Zardo TS, Bovi A, Carvalho EM, Lopes CR. Repercussões hemodinâmicas e ventilatórias em indivíduos saudáveis com diferentes níveis de EPAP. *Fisioter Mov*. 2009;22:419-26.
35. Barros AF, Barros LC, Sangean MC, Vega JM. Analysis of Ventilation and Hemodynamic Changes Resulting from Noninvasive Bilevel Pressure Mechanical Ventilation Applied to Patients with Congestive Heart Failure. *Arq Bras Cardiol*. 2007; 88: 96-103.
36. Gaszyńska E, Roguszka K, Stankiewicz-Rudnicki M, Wiczorek A, Gaszyński T. Comparison of haemodynamic effects of noninvasive ventilation delivered via Resgard and CPAP boussignac masks. *Pol Prz Chir*. 2013; 85:129-32.
37. Cabrini L, Nobile L, Plumari VP, Landoni G, Borghi G, Mucchetti M et al. Intraoperative prophylactic and therapeutic non-invasive ventilation: a systematic review. *Br J Anaesth*. 2014;112:638-47.
38. Sinski M, Lewandowski J, Abramczyk P, Narkiewicz K, Gaciong A. Why study sympathetic nervous system?. *Int J Physiol Pathophysiol Pharmacol*. 2006;57 (Suppl 11):79- 87.
39. Vitor ALR, Souza NM, Lorenconi R, Pastre CM, Abreu LC, Valenti VE, et al. Nonlinear methods of heart rate variability analysis in diabetes. *Health Med*. 2012;6(8):2647-53.
40. Chun MY, Park HK, Hwang HS, Han JI, Chee YJ, Lee JS. The association between symptoms of autonomic neuropathy and the heart rate variability in diabetics. *Korean J Fam Med*. 2011; 32: 292-8.