

ARTIGO ORIGINAL

Modulação autonômica cardíaca durante diferentes modos de desmame em ventilação mecânica

Cardiac autonomic modulation during different modes of weaning of mechanical ventilation

Marcelle Guerra¹, Juliana Zangirolami-Raimundo¹, George Jerre Vieira Sarmiento³, Renata Salatini⁴, Pammela de Jesus Silva⁵, Rodrigo Daminello Raimundo^{1*}

 Open access

¹Laboratório de Delineamento de Estudos e Escrita Científica do Centro Universitário Saúde ABC, Santo André, SP, Brazil.

²Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brazil.

³Coordenador do Serviço de Fisioterapia do Hospital São Luiz/Rede D'or – Unidade Jabaquara, SP, Brazil.

⁴Clínica Cirúrgica, Faculdade de Medicina da USP, São Paulo, SP, Brazil.

⁵Universidade de São Caetano, São Caetano do Sul, SP, Brazil.

Autor correspondente
rodrigo.raimundo@fmabc.br

Manuscrito recebido: Dezembro 2018
Manuscrito aceito: Agosto 2019
Versão online: Outubro 2019

Resumo

Introdução: A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é um método não invasivo para analisar variações de intervalos de tempo entre batimentos cardíacos. A VFC é um método promissor para analisar o balanço autonômico quantitativamente. Durante o processo de desmame da ventilação mecânica, ocorrem alterações na atividade autonômica.

Objetivo: Analisar o comportamento da modulação autonômica da frequência cardíaca em diferentes modos do desmame da VM.

Método: 18 pacientes foram estudados. Os parâmetros cardiorrespiratórios (PAS, PAD, PAM, FR, SpO₂) iniciais e finais foram registrados em uma ficha. Um cardiofrequencímetro foi posicionado (relógio no punho e cinta no tórax). Os pacientes foram mantidos em decúbito Fowler e permaneceram 10' em cada modo ventilatório (A/C, SIMV, PSV 18 e 10 e nebulização com Tubo T). Os sinais captados pelo cardiofrequencímetro foram analisados através do software Kubios®.

Resultados: Os parâmetros da Variabilidade da Frequência Cardíaca foram analisados nos domínios do tempo, frequência e índices geométricos. Houve aumento na média rMSSD - modulação parassimpática, do momento A/C para o momento PSV 10 ($p=0,027$), aumento entre os momentos SIMV e PSV 10 ($p=0,042$), mas reduziu entre os momentos PSV 10 e TUBO T ($p=0,035$). Houve aumento na média do LF (low frequency) -modulação simpática, dos momentos SIMV e PSV 10 para TUBO T ($p=0,011$ e $p=0,037$). A média de LF apresentou queda entre os momentos A/C e SIMV ($p=0,024$), aumento nos momentos SIMV e PSV 10 para TUBO T ($p=0,049$ e $p=0,027$). HF (high frequency) - modulação simpática aumentou entre os momentos SIMV e PSV 10 ($p=0,020$) e também entre os momentos SIMV e TUBO T ($p=0,044$). Houve redução na média HF entre os momentos PSV e TUBO T ($p=0,026$).

Conclusão: Modos controlados apresentaram diminuição da VFC e maior predomínio simpático em relação a modos espontâneos.

Palavras-chave: sistema nervoso autônomo, variabilidade da frequência cardíaca, desmame ventilatório.

Suggested citation: Guerra M, Zangirolami-Raimundo J, Sarmiento GJV, Salatini R, Silva PJ, Raimundo RD. Cardiac autonomic modulation during different modes of weaning of mechanical ventilation. *J Hum Growth Dev.* 2019; 29(2): 232-240. DOI: <http://doi.org/10.7322/jhgd.v29.9427>

Síntese dos autores

Por que este estudo foi feito?

- Cerca de 50% dos pacientes em terapia intensiva necessitam de suporte ventilatório.
- O tempo prolongado na VM invasiva impõe efeitos deletérios, não apenas no sistema respiratório, mas também em outros órgãos do corpo humano.
- Estima-se que 40% do tempo total de ventilação seja utilizado durante o processo de desmame.
- Marcadores de Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) podem indicar falha no desmame precoce e auxiliar na escolha da melhor estratégia, minimizando os riscos inerentes à falha deste processo.

O que os pesquisadores fizeram e acharam?

- Parâmetros cardiorrespiratórios de 18 participantes foram coletados e um cardiofrequencímetro foi colocado. Os sujeitos foram mantidos em decúbito dorsal de Fowler, ventilando por 10 minutos no modo ventilação assistida-controlada (A/C), o modo de ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV), ventilação de suporte de pressão (PSV), e com nebulização através de Peça em T.
- No final de todos os modos de ventilação, as variáveis pré-especificadas foram medidas. Os parâmetros da VFC foram analisados nos domínios tempo, frequência e índices geométricos.
- Houve um aumento na média do rMSSD do momento A/C para o PSV 10, aumento entre os momentos SIMV e PSV 10, mas reduzido entre os momentos PSV 10 e T-Tube. Houve um aumento na média do LF dos momentos do SIMV e PSV 10 para o tubo-T. O LF médio apresentou uma diminuição entre os momentos C / A e SIMV, respectivamente, aumento nos momentos de SIMV e PSV 10 para TUBE T. HF aumentou entre os momentos SIMV e PSV 10 e também entre os momentos SIMV e T-Tube. Houve redução na média de IC entre o PSV 10 e o tubo-T.

O que essas descobertas significam?

- Em comparação com a respiração espontânea, a respiração controlada foi associada à menor VFC durante o desmame da ventilação mecânica.

INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica invasiva (VMI) é um recurso terapêutico utilizado nos casos de falência respiratória de diversas origens dentro das unidades de terapia intensiva (UTI). Cerca de 50% dos pacientes em tratamento intensivo necessitam do suporte ventilatório¹.

A permanência prolongada na VMI impõe efeitos deletérios não só ao aparelho respiratório, como também, em todos os sistemas do corpo humano. Sendo assim, a retirada da ventilação mecânica (VM) deve ser considerada tão logo o paciente tenha a capacidade de respirar espontaneamente².

O desmame ventilatório representa o período de transição da ventilação mecânica à espontânea. O trabalho respiratório é transferido de volta do ventilador para o paciente, e esse processo é considerado um problema médico desafiador na prática clínica². Estima-se que 40% do tempo total de ventilação seja utilizado durante o processo de desmame³. É importante ressaltar que o atraso ou mesmo o desmame precoce podem influenciar o desfecho do paciente: ventilação prolongada, tempo de internação em terapia intensiva, aumento de custos, necessidade de reabilitação mais prolongada e maior taxa de mortalidade^{2,4}.

O desmame do ventilador também está associado a mudanças na atividade do sistema nervoso autônomo (SNA). Alterações na variabilidade da frequência cardíaca são esperadas⁵⁻⁷. A transição da VM invasiva para a respiração espontânea é caracterizada por alterações na pressão intratorácica, o que resulta no aumento da pressão arterial sistólica (PA) e da frequência cardíaca, sugerindo uma exacerbação da atividade simpática.

Quando a ventilação é descontinuada, mais de

25% dos pacientes apresentam insuficiência respiratória que requer retorno à VM invasiva¹. Portanto, o uso de ferramentas que possam auxiliar os profissionais envolvidos na previsão do sucesso ou fracasso do desmame é extremamente valioso.

Nesse sentido, a análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem sido utilizada como uma ferramenta não invasiva que reflete a modulação autônoma do sistema cardiovascular. A análise é baseada no estudo das oscilações temporais entre os batimentos cardíacos^{1,2}.

Sabe-se que a atividade respiratória afeta a regulação cardiovascular. Alterações na pressão intratorácica e nos volumes pulmonares durante a VM podem induzir alterações nos marcadores hemodinâmicos, como pré-carga e pós-carga dos ventrículos direito e esquerdo e do volume intratorácico e fluxo sanguíneo. Em resposta, o (ANS) é ativado, e isso induz mudanças na pós-carga ventricular, na contratilidade e na frequência cardíaca para manter o débito cardíaco e a perfusão tecidual. O equilíbrio entre os dois componentes do tônus autônomo - inervação simpática e parassimpática - pode ser avaliado pela medida da VFC⁸.

A disfunção autônoma aumenta a atividade simpática e reduz a atividade parassimpática, relacionada à fisiopatologia de algumas doenças, arritmias e aumento da mortalidade⁹.

Vários estudos^{2,3,8-14} avaliaram parâmetros relacionados à interação cardiovascular e sua influência no processo de desmame.

Sasaki e Maruyama¹⁴ descreveram o comportamento da VFC na respiração controlada versus

espontânea. Os resultados mostraram que, em comparação com a respiração espontânea, apesar de taxas respiratórias similares (RR), a respiração controlada foi associada a uma frequência cardíaca mais alta e a um componente de alta frequência (IC) mais baixo, uma taxa de atividade do nervo parassimpático. Durante a respiração controlada, a proporção de baixa frequência (LF) para os componentes HF (LF/HF), um índice da atividade nervosa simpática, aumentou muito, enquanto a IC diminuiu e a frequência cardíaca e a pressão arterial permaneceram praticamente inalteradas. Assim, a respiração controlada, que requer concentração mental, pode inibir a atividade nervosa parassimpática. Durante a respiração controlada, o LF/HF aumenta porque alguns subcomponentes de HF estão sincronizados com a frequência respiratória e provavelmente se movem para a banda de LF¹⁵.

A queda nos índices de VFC tem sido associada à alta mortalidade em pacientes críticos. Shen *et al.*¹⁰ relataram o impacto do desmame da VM na VFC. Os autores observaram uma redução na modulação da VFC em pacientes que não conseguiram fazer a transição da modalidade de apoio para a modalidade de apoio ou T-piece. Além disso, a VFC mostrou-se um bom preditor diagnóstico e prognóstico em doenças críticas¹².

Nesse contexto, marcadores que podem indicar falha no desmame precoce podem auxiliar na escolha da melhor estratégia, minimizando os riscos inerentes à falha desse processo.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento da modulação autonômica cardíaca em diferentes fases do desmame da ventilação mecânica.

■ MÉTODO

Aspectos éticos da pesquisa

O projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina do ABC e aprovado (CAAE 27249314.6.0000.0082), número do parecer: 638.109 e foi aplicado somente após a aprovação do Comitê e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) pelo responsável legal de cada sujeito da pesquisa.

Tipo, local e população de estudo

Foi realizado um estudo do tipo transversal, no período de Março de 2015 a Novembro de 2015, no qual foram avaliados 18 pacientes internados na unidade de terapia intensiva (UTI) do Hospital São Luiz - Unidade Jabaquara (HSL), em fase de desmame ventilatório.

Critérios de inclusão e exclusão

Foram considerados elegíveis todos os pacientes, de ambos os sexos, em fase de transição da ventilação mecânica para a ventilação espontânea internados na UTI do HSL em intubação oro-traqueal por mais 24 horas ou com assistência ventilatória sob traqueostomia e que tivessem autorização dos responsáveis para participar do estudo pela confirmação e assinatura do TCLE.

Destes, foram excluídos os pacientes que não preencheram os critérios clínicos e fisiológicos para o desmame ventilatório, ou seja, não reversão ou melhora do evento agudo que motivou a ventilação mecânica; pressão

parcial de oxigênio (PaO₂) menor que 60 mmHg com fração inspirada de oxigênio (FiO₂) maior ou igual a 0,4 com pressão positiva ao final da expiração (PEEP) entre 5 a 8 cmH₂O; baixa perfusão tecidual com dependência de drogas vasopressoras; incapacidade de iniciar o esforço ventilatório espontaneamente (“drive” respiratório), tampouco tosse eficaz; não despertar ao estímulo sonoro; pH < 7,30; valores séricos de sódio, potássio, cálcio e magnésio anormais.

Ainda foram excluídos, os pacientes em uso de marcapasso e uso de drogas que afetassem a modulação autonômica.

Instrumentos de coleta de dados

Foi utilizada uma ficha de coleta de dados preenchida a beira do leito e a partir do prontuário médico do paciente.

As medidas realizadas englobaram pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), pressão arterial média (PAM), frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e saturação periférica de oxigênio (SpO₂), para a monitorização durante as alterações dos modos ventilatórios. Os dados de SpO₂ foram colhidos pela visualização do monitor multiparâmetro DX 2010 da marca Dixtal® e os dados PAS, PAD e PAM foram obtidos por uma única medida fornecida pelo mesmo monitor. A FC foi registrada pelo cardiofrequencímetro S810i da marca Polar®. Todos os pacientes foram ventilados no aparelho Puritan Bennett™ 840, da marca Covidien-Medtronic.

Após o preenchimento da ficha inicial, foi colocada a cinta de captação no tórax dos voluntários, e, no seu punho, o receptor de FC (S810i, Polar), equipamento previamente validado para captação da FC e a utilização dos seus dados para análise da VFC.

Em seguida, os indivíduos foram mantidos em decúbito dorsal em posição de Fowler (semi-sentado a 45 graus) e permaneceram em repouso, ventilando por 10 minutos no modo ventilatório A/C, por pressão controlada, com PEEP 5 cmH₂O, FiO₂ ≤ 40%, FR entre 12-15 ipm, pressão controlada, Tinsp de acordo com a complacência pulmonar de cada indivíduo. Após 10 minutos foram colhidos novamente a PAS, PAD, PAM, SpO₂ e FR.

Em sequência, houve a mudança para o modo ventilatório SIMV por pressão controlada, com PEEP 5 cmH₂O, FiO₂ ≤ 40%, FR entre 12-15 ipm, pressão controlada, Tinsp de acordo com a complacência pulmonar de cada indivíduo, permanecendo assim por mais 10 minutos. Sendo então colhidos novamente as variáveis PAS, PAD, PAM, SpO₂ e FR.

Após o modo SIMV, o paciente foi colocado no modo PSV 18, PEEP 5cmH₂O, FiO₂ ≤ 40% por mais 10 minutos, sendo então coletadas as variáveis acima descritas.

Se o paciente, em PSV 18, apresentasse adequado padrão respiratório, boa SpO₂, adequado volume corrente, mais uma alteração era realizada para PSV 10, PEEP 5 cmH₂O, FiO₂ ≤ 40%, permanecendo novamente por 10 minutos sendo colhido também as variáveis.

Para finalizar o protocolo, o paciente foi colocado em nebulização através do Tubo T, permanecendo também por 10 minutos, coletando ao fim deste período as variáveis

PAS, PAD, PAM, SpO2 e FR.

A coleta de dados foi realizada no horário das 7h às 21h, sendo que cada paciente permaneceu por tempo total de 50 minutos de coleta dos dados da VFC, totalizando o que se refere aos momentos assistido-controlado, SIMV, PSV 18, PSV 10 e nebulização através da peça T (TUBO T).

Análise da VFC

O software Kubios HRV® foi utilizado para se obter os intervalos RR consecutivos e posterior análise da VFC. Somente séries com mais de 95% de batimentos sinusais foram incluídas no estudo; para isto, foi realizado uma filtragem digital, seguida por manual, para eliminação de batimentos ectópicos prematuros e artefatos.

A análise da VFC foi realizada por meio de métodos lineares, analisados nos domínios do tempo e da frequência e através dos índices geométricos¹⁶.

No domínio do tempo foram avaliados os índices rMSSD, pNN50, que refletem a modulação parassimpática e SDNN, índices que refletem a variabilidade global. A análise da reentrada vagal foi feita por meio do RMSSD, calculado com auxílio do software Kubios HRV analysis – versão 2.0. Para isso, o comportamento da FC foi registrado batimento a batimento durante todo o protocolo, e antes da utilização da série RR captada para análise dos dados.

O índice RMSSD corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os intervalos RR no registro, dividido pelo número de intervalos RR em um tempo determinado menos um intervalo RR. Para esta análise foram considerados os 10 minutos do período de cada modo ventilatório. O índice pNN50 é definido como a porcentagem das diferenças sucessivas do intervalo R-R cujo valor absoluto excede 50ms e é um marcador sensível e facilmente interpretável da atividade do sistema nervoso autonômico parassimpático. O SDNN representa o desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais, expresso em milissegundos e reflete a participação de ambos os ramos do SNA¹⁷⁻¹⁹.

Para análise da VFC no domínio da frequência foram utilizados os componentes espectrais de baixa frequência (LF) que é decorrente da ação conjunta dos componentes vagal e simpático sobre o coração, com predominância do simpático; e alta frequência (HF), que corresponde à modulação respiratória e é um indicador da atuação do nervo vago sobre o coração, em unidades

normalizadas, e a razão entre estes componentes (LF/HF), que reflete as alterações absolutas e relativas entre os componentes simpático e parassimpático do SNA, caracterizando o balanço simpato-vagal sobre o coração²⁰.

Para análise da VFC por meio de métodos não lineares foi utilizado o gráfico de Poincaré (componentes SD1, SD2 e relação SD1/SD2)²¹.

O plot de Poincaré permite que cada intervalo RR seja representado em função do intervalo anterior. Para análise quantitativa do plot foram calculados os seguintes índices: SD1(desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento), índice que reflete a modulação parassimpática; SD2 (desvio-padrão a longo prazo dos intervalos R-R contínuos) que reflete a variabilidade global e a relação SD1/SD2^{22,23}.

Análise Estatística

Foram utilizados os programas Excel 2013 para elaboração do banco de dados e o programa SPSS (Statistical Package for Social Research) versão 21.0 para análise estatística. A estatística descritiva foi feita por média e desvio padrão. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para verificar normalidade dos dados. O teste estatístico para a comparação entre os momentos de coleta foi ANOVA para medidas repetidas (RM-ANOVA). Foi definido para este trabalho um nível de significância de 0,05 (5%).

RESULTADOS

Dezoito pacientes foram incluídos no estudo, sendo 10 do sexo masculino e 8 do sexo feminino. A idade variou entre 54 a 76 anos. A população estudada foi heterogênea em relação aos diagnósticos (50% doenças cardiovasculares, 27% de doenças pulmonares) de admissão na UTI.

Não houve diferença estatística (ANOVA para medidas repetidas) entre os parâmetros cardiorrespiratórios PAS (p=0,18), PAD (p=0,13), PAM (p=0,32), FC (p=0,43), SpO2 (p=0,09), FR (p=0,3) medidos durante cada modo ventilatório. A fração inspirada de oxigênio (FiO2) manteve-se constante com média de 40% e desvio padrão de 10% durante todos os modos ventilatórios, não havendo diferença estatística entre os momentos (Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3).

Tabela 1: Parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca nos índices geométricos nos momentos A/C, SIMV, PSV 18, PSV 10 e TUBO T.

Características		
	n	%
Sexo		
Masculino	10	55.5
Feminino	08	45.5
Idade (anos)	65+11	
Diagnósticos de admissão na UTI		
Cardiovascular	9	50.0
Respiratório, n (%)	5	27.7
Cirurgia, n (%)	3	16.6
Trauma, n (%)	1	5.5

Valores expressos em média + Desvio padrão e n(%); UTI (unidade de terapia intensiva)

Tabela 2: Parametros cardiopulmonares avaliados durante cada modo ventilatório

	A/C	SIMV	PSV18	PSV10	Nebulização (Tubo-T)
PAS, mmHg	127+20	116+17	130+30	113+15	116+18
PAD, mmHg	66+2	63+8	66+5	60+7	61+7
PAM, mmHg	83+4	82+2	84+6	77+9	80+11
FC, bpm	80+20	84+14	82+15	81+17	82+17
SpO2, %	96+3	98+1	98+2	98+2	97+2
FR, bpm	16+2	18+5	16+7	19+10	21+9*
FiO2	40+10	40+5	45+10	45+10	40+10

ANOVA one-way; *diferenças entre A/C; (PAS) Pressão arterial sistólica, (PAD) pressão arterial diastólica; (PAM) pressão arterial média; (FC) frequência cardíaca; (SpO2) Saturação de pulso de oxigênio; (FR) frequência respiratória; (bpm) batimentos por minuto.

Tabela 3: Parametros da variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo durante os diferentes modos ventilatórios.

	A/C	SIMV	PSV 18	PSV 10	T-PIECE	(df) F	η2	(p●)
MeanRR (ms)	667,78±134,87	695,30±124,49	711,68±153,60	718,87±157,34	644,24±53,45	(4,68) 3,48	0.17	0.006
		0,070*	0,011*	0,006* 0,025**	0,486*			
MeanHR (bpm)	93,60±17,01	88,92±14,36	87,89±15,28	87,01±15,60	91,96±11,27	(4,68) 2,63	0.13	0.09
		0,081*	0,036* 0,042Δ	0,019* 0,008**	0,659*			
SDNN (ms)	39,28±26,46	27,97±15,40	52,34±58,38	40,08±24,93	30,70±14,34	(4,68) 2,12	0.11	0.15
		0,012*	0,374*	0,911*	0,100*			
rMSSD (ms)	20,67±19,36	24,04±18,31	33,81±25,69	29,96±21,26	21,22±13,84	(4,68) 3,26	0.16	0.04
		0,295*	0,055*	0,027* 0,042**	0,906* 0,035*			
pNN50 (%)	10,12±5,87	9,55±10,00	12,03±9,67	11,29±10,32	10,66±8,16	(4,68) 0,32	0.02	0.78
		0,869*	0,455*	0,713*	0,840*			

Teste ANOVA p-valor / nível de significância em relação ao momento A / C (p); ** valor de p / nível de significância em relação aos momentos SIMV e PSV 10; Δ - valor / nível de significância em relação aos momentos SIMV e PSV 18; • -valor / nível de significância em relação aos momentos PSV 10 e TUBE T; Assistência controlada (A / C); Ventilação sincronizada intermitente obrigatória (SIMV); Ventilação de Suporte de Pressão de 18 cmH2O (PSV 18); Ventilação de Suporte de Pressão de 10 cmH2O (PSV 10); Nebulização de oxigênio através do tubo T a 5 L / min (peça T; notas Liberty (df); razão F (F); quadrado Eta (η2); ● -valor / nível de significância do teste ANOVA; intervalo médio RR (MédiaRR); Milissegundo (ms); RR médio do intervalo no intervalo de tempo selecionado (MeanHR); Batimentos por minuto (bpm); Desvio padrão da média de todos os intervalos RR normais (SDNN); Raiz quadrada da média quadrada das diferenças entre intervalos RR normais sucessivos (rMSSD); porcentagem de intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms (pNN50); porcentagem (%).

De acordo com os resultados mostrados na Tabela 3, houve um aumento no intervalo RR médio (médiaRR) na ventilação A/C (667,78 ± 134,87ms) para os momentos PSV 18 e PSV 10 (711,68 ± 153,60ms e 718,87 ± 157,34ms, respectivamente) e aumento entre os momentos SIMV (695,30 ± 124,49ms) e PSV 10 (718,87 ± 157,34ms).

A média de HRC apresentou diminuição a partir do momento A/C (93,60 ± 17,01bpm) para os momentos PSV 18 e PSV 10 (87,89 ± 15,28bpm e 87,01 ± 15,60bpm), diminuição entre SIMV (88,92 ± 14,36bpm) e PSV 18 e diminuição entre SIMV e PSV 10. Média SDNN diminuiu entre os momentos A / C (39,28 ± 26,46ms) e SIMV 27,97 ± 15,40ms. Houve um aumento na média do rMSSD a partir do momento em que o A/C de 20,67 ± 19,36ms até o momento PSV 10 29,96 ± 21,26ms, aumentou entre os momentos SIMV de 24,04 ± 18,31ms e PSV 10 a 29,96 ± 21,26ms, mas reduzida entre os momentos PSV 10 e T

21,22 ± 13,84ms (Tabela 4).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, houve um aumento na média de LF dos momentos SIMV 158,46 ± 229,77ms² e PSV 10 265,50 ± 359,88ms² para a peça T 408,92 ± 392,77ms², respectivamente. A média da BF apresentou diminuição entre os momentos A/C e SIMV respectivamente 62,48 ± 17,99nu e 54,29 ± 15,29nu, aumento dos momentos SIMV 54,29 ± 15,29nu e PSV 10 55,05 ± 23,07nu para a peça T 65,57 ± 17,08nu respectivamente. A IC aumentou entre os momentos SIMV 162,89 ± 231,19ms² e PSV 10 247,83 ± 288,99ms² e também entre os momentos SIMV e T-peça 248,28 ± 214,46ms². Houve diminuição na média da IC entre os momentos PSV 10 44,71 ± 22,95nu e T-peça 34,22 ± 17,03nu. A média da razão LF/HF diminuiu entre A/C 2,38 ± 1,68 e SIMV 1,62 ± 1,53 (Tabela 5).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 5,

houve um aumento da média do RRTri dos momentos A/C 5,44 ± 3,27, SIMV 5,37 ± 3,70, A média do SD1 apresentou aumento entre os momentos SIMV 17,02 ± 12,95ms e PSV 10 21,18 ± 15,04ms e diminuir entre os momentos PSV 18 e T, respectivamente 23,93 ± 18,18ms e 14,99 ± 9,80ms.

SD2 apresentou diminuição no momento A/C 49,93 ± 38,46ms até o momento SIMV 35,26 ± 18,43ms. A média SD1 / SD2 aumentou a partir do momento A/C 0,33 ± 0,24 para os momentos SIMV 0,46 ± 0,19 e PSV 18 0,47 ± 0,34 e PSV 10 0,48 ± 0,36.

Tabela 4: Parametros da variabilidade da frequência cardíaca no domínio da frequência durante os momentos A/C, SIMV, PSV 18, PSV 10 e Tubo-T

	A/C	SIMV	PSV 18	PSV 10	Tubo - T	(df)F	η2	(p•)
LF (ms2)	196,83±257,47	158,46±229,77 0,649*	829,83±1616,51 0.130*	265,50±359,88 0.305*	408,92±392,77 0.019* 0.011** 0,037Δ	(4,68)2,43	0.13	0.13
LF (nu)	62,48±17,99	54,29±15,29 0,024*	53,85±21,04 0.085*	55,05±23,07 0.170*	65,57±17,08 0.554 0.049** 0,027Δ	(4,68) 2,31	0.12	0.1
HF (ms2)	152,50±212,38	162,89±231,19 0,866*	409,89±519,86 0,065*	247,83±288,99 0,093* 0,020•	248,28±214,46 0.099* 0.044**	(4,68) 2,99	0.15	0.08
HF (nu)	37,35±17,82	45,42±15,22 0,026*	45,79±20,86 0,092*	44,71±22,95 0,170*	34,22±17,03 0,546* 0,026Δ	(4,68) 2,28	0.12	0.1
LF/HF	2,38±1,68	1,62±1,53 0,049*	1,60±1,06 0,055*	1,98±1,74 0,418*	2,26±1,16 0,757*	(4,68) 1,71	0.09	0.18

* teste ANOVA p-valor / nível de significância em relação ao momento A / C (p); ** valor-p / significância um nível em relação aos momentos; SIMV e peça em T; Δ valor p / significância um nível em relação aos momentos PSV 10 e peça em T; • valor de p / nível de significância em relação aos momentos SIMV e PSV 10; Auxilia controlado (A / C); Ventilação sincronizada intermitente obrigatória (SIMV); Suporte de pressão; Ventilação de 18 cmH2O (PSV 18); Ventilação de Suporte de Pressão de 10 cmH2O (PSV 10); Nebulização de oxigênio através da parte T em 5 L / min (T-PIECE); Notas Liberty (df); razão F (F); Quadrado Eta (η2); • valor de p / nível de significância da ANOVA do teste; Baixa frequência (LF); Milissegundo ao quadrado (ms2); Unidade normalizada (nu); Alta frequência (IC); Relação entre LF e HF (LF / HF).

Tabela 5: Parametros da variabilidade da frequência cardíaca nos índices geométricos durante os momentos A/C, SIMV, PSV 18, PSV 10 e Tubo-T.

	A/C	SIMV	PSV 18	PSV 10	Tubo - T	(df)F	η2	(p)
TINN (ms)	196,39±127,67	182,50±123,99 0,338*	183,61±126,61 0,660*	203,61±136,47 0,820*	189,41±130,04 0,845*	(4,68) 0,19	0.01	0.89
RRTri	5,44±3,27	5,37±3,70 0,934*	5,58±3,74 0,840*	5,64±3,87 0,790*	7,56±3,92 0,039* 0.007** 0,016Δ 0,012•	(4,68) 3,84	0.18	0.02
SD1 (ms)	14,60±13,70	17,02±12,95 0,288*	23,93±18,18 0,054*	21,18±15,04 0,027* 0.043***	14,99±9,80 0.907* 0,034Δ	(4,68) 3,28	0.16	0.04
SD2 (ms)	49,93±38,46	35,26±18,43 0,042*	68,29±82,10 0,405*	50,52±35,27 0,960*	40,40±18,69 0,244*	(4,68)1,74	0.09	0.2
SD1/SD2	0,33±0,24	0,46±0,19 0,026*	0,47±0,34 0,016*	0,48±0,36 0,049*	0,38±0,19 0,515*	(4,68)1,93	0.1	0.15

* teste ANOVA p-valor / nível de significância em relação ao momento A / C (p); **valor de p / nível de significância em relação aos momentos SIMV e peça em T; Δ valor de p / nível de significância em relação aos momentos PSV 18 e peça em T; • valor-p / significância um nível em relação a os momentos PSV 10 e peça em T; *** valor p / significância um nível em relação aos momentos SIMV e PSV 10; Assistências controladas (A / C); Ventilação sincronizada intermitente obrigatória (SIMV); Ventilação de Suporte de Pressão de 18 cmH2O (PSV 18); Suporte de pressão Ventilação de 10 cmH2O (PSV 10); Nebulização de oxigênio através de peça em T em 5 L / min (TUBE T); Notas Liberty (df); razão F (F); Eta quadrado (η2); • valor de p / nível de significância da ANOVA do teste; Interpolação triangular do histograma do intervalo RR (TINN); Milissegundo (Senhora); Índice triangular (RRtri); Desvio padrão das distâncias dos pontos à diagonal y = x (DP1); Desvio padrão das distâncias dos pontos às linhas y = -x + RRm, onde RRm é o intervalo RR médio (DP2); Razão entre as variações curtas e longas do RR intervalos (SD1 / SD2).

■ DISCUSSÃO

A literatura atual contém diversos estudos²⁴⁻³⁰ sobre a VFC em diferentes cenários clínicos e ambientes. No entanto, dentro do ambiente hospitalar, e especificamente durante o processo de desmame da ventilação mecânica, os achados ainda não são bem compreendidos.

O desmame da ventilação mecânica para respiração espontânea está associado a alterações na hemodinâmica e na modulação do SNA que se refletem na VFC. As arritmias cardíacas são uma importante manifestação de alterações hemodinâmicas, mas os dados do estudo sobre o impacto do desmame na VFC são limitados³⁰.

Este estudo analisou o comportamento da VFC em diferentes fases do desmame ventilatório para melhor compreender o comportamento do SNA nesse processo, o que poderia auxiliar na avaliação de indicadores preditivos clinicamente importantes em pesquisas futuras.

Tobin *et al.*¹¹ e Shen *et al.*¹⁰ demonstraram que pacientes que falharam no processo de desmame da VM apresentaram maior frequência respiratória (FR) e menor volume corrente (VC) durante a respiração com a peça em T. Eles observaram que a falha do desmame geralmente ocorre em paralelo com uma diminuição na TV e aumento da FR devido ao aumento do trabalho respiratório; esta parece ser a justificativa para o aumento da LF.

Estudos sugerem que pacientes que não conseguem desmamar com a peça T apresentam uma sobrecarga maior dos músculos inspiratórios e expiratórios, necessitando de maior força para manter a ventilação¹².

Também observamos um aumento da modulação parassimpática durante a transição de modos ventilatórios mais controlados (A/C e SIMV) para o modo espontâneo PSV 10 e também durante a respiração espontânea através da peça em T.

O estudo de Shen *et al.*¹⁰ analisou as mudanças da VFC durante o desmame e encontrou resultados que evidenciaram uma diminuição do HF no grupo que falhou no processo de desmame. Eles sugerem duas razões para esta diminuição. A primeira delas é que a intensa estimulação simpatoadrenal durante o desmame, pode resultar na retirada da atividade do sistema nervoso parassimpático. A segunda, é que o componente HF da VFC diminui com o aumento da FR e diminuição do VC¹¹. Diferentemente dos achados em nosso estudo, onde observou-se maior modulação parassimpática em modos mais espontâneos quando comparados a modos controlados.

Durante a transição do PSV para a peça T, os componentes da VFC reduziram significativamente no grupo de pacientes que não conseguiram desmamar, mas não no grupo de sucesso³⁰.

Embora o objetivo do nosso estudo não tenha sido avaliar o sucesso ou o fracasso do desmame, também observamos uma redução significativa dos componentes HF (nu), RMSSD e SD1 durante a transição do PSV 10 para a peça-T.

Por outro lado, os componentes HF, RMSSD e SD1 aumentaram quando houve transição dos tipos A/C - SIMV, SIMV - PSV10, SIMV - T - peça (HF); A/C - PSV 10, SIMV-PSV 10 (RMSSD) e A/C - PSV 10, SIMV - PSV 10 (SD1); indicando que essas transições apresentaram maior modulação parassimpática no presente estudo.

Nossos achados corroboram os de Hammash *et al.*⁸ Segundo os autores, essa transição induz alterações nos marcadores hemodinâmicos, como volume vascular intratorácico, pré-carga e pós-carga. O SNA responde com aumento da atividade simpática, redução da atividade parassimpática ou uma combinação de ambos para manter débito cardíaco adequado e oxigenação tecidual.

Em relação aos parâmetros globais, nossos achados mostraram uma diminuição no SDNN, LF/HF e SD2 na transição A/C - SIMV.

Frazier *et al.*¹², analisou o tônus autonômico em pacientes de terapia intensiva sob ventilação mecânica e durante o desmame através de CPAP. Em concordância com nosso estudo, os achados também evidenciaram uma redução da VFC identificada nos componentes do domínio do tempo e índices geométricos. A diminuição da VFC global foi maior naqueles pacientes incapazes de respirar espontaneamente durante o CPAP.

Há evidências de que a alta pressão positiva da ventilação mecânica gera uma resposta neuro-hormonal complexa por pressão intratorácica alterada e alterações na interação cardiopulmonar. Reduções na secreção de peptídeos natriuréticos, aumento da arginina-vasopressina e uma significativa liberação de renina com conseqüente elevação da angiotensina 2 e aldosterona levam ao aumento do volume intravascular e intersticial e um estado hipervolêmico. Essas mudanças na homeostase neuro-hormonal podem contribuir para uma diminuição na VFC global¹².

A redução do SDNN no estudo de Frazier *et al.*¹² esteve associada ao grupo de pacientes que não tiveram sucesso no desmame.

Em contrapartida, observou-se que, o RRTri aumentou nas transições de A/C -TUBO T, SIMV - TUBO T, PSV 18 - TUBO T e PSV 10 - TUBO T. Houve aumento do SD1/SD2 também nas transições A/C - SIMV, A/C - PSV e A/C - PSV 10.

Nossos achados estão de acordo com Huang *et al.*¹³, que, em seu estudo com uma amostra de pacientes criticamente heterogêneos, mostraram respostas diferentes durante o desmame. Assim, mudanças em alguns componentes da VFC ainda são desconhecidas.

Vitacca *et al.*²⁹ constataram que medidas de mudanças na VFC durante o processo de desmame podem ajudar os médicos a prever os resultados e, ao final da análise, melhorar o desfecho e os pacientes.

A análise espectral dos componentes da VFC, realizada em intervalos de 10 minutos durante o processo de desmame, pode não ter sido suficiente para fornecer informações adicionais.

Para a avaliação do valor prognóstico das alterações dos índices de VFC durante o desmame ventilatório, maiores populações de pacientes precisam ser estudadas no futuro.

■ CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou que, em comparação com a respiração espontânea, a respiração controlada foi associada à menor VFC durante o desmame da ventilação mecânica.

Agradecimentos

Este trabalho não seria possível sem a permissão para a coleta dos dados nas Unidades de Terapia Intensiva do Hospital São Luiz – Unidade Jabaquara.

Agradecemos, aos responsáveis legais dos pacientes, por terem aceito a participação no estudo e os professores Luiz Carlos de Abreu e Andrés Ricardo Perez-Riera.

REFERÊNCIAS

1. Chiappa AMG, Chiappa GR, Cipriano G Jr, Moraes RS, Ferlin EL, Borghi-Silva A, et al. Spontaneous breathing trial in T-tube negatively impact on autonomic modulation of heart rate compared with pressure support in critically ill patients. *Clin Respir J*. 2017;11(4):489-495. DOI: <http://doi.org/10.1111/crj.12363>
2. Arcentales A, Caminal P, Diaz I, Benito S, Giraldo BF. Classification of patients undergoing weaning from mechanical ventilation using the coherence between heart rate variability and respiratory flow signal. *Physiol Meas*. 2015;36(7):1439-52. DOI: <http://doi.org/10.1088/0967-3334/36/7/1439>
3. Goldwasser R, Farias A, Freitas EE, Saddy F, Amado V, Okamoto V. Desmame e interrupção da ventilação mecânica. *J Bras Pneumol*. 2007;33(Suppl 2):128-36. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132007000800008>
4. Seely AJ, Bravi A, Herry C, Green G, Longtin A, Ramsay T, et al. Do heart and respiratory rate variability improve prediction of extubation outcomes in critically ill patients? *Critical Care*. 2014;18(12):R65. DOI: <http://doi.org/10.1186/cc13822>
5. Sin DD, Wong E, Mayers I, Lien DC, Feeny D, Cheung H, et al. Effects of nocturnal noninvasive mechanical ventilation on heart rate variability of patients with advanced COPD. *Chest*. 2007;131(1):156-63. DOI: <http://doi.org/10.1378/chest.06-1423>
6. Srivastava S, Chatila W, Amoateng-Adjepong Y, Kanagasegar S, Jacob B, Zarich S, et al. Myocardial ischemia and weaning failure in patients with coronary artery disease: an update. *Crit Care Med*. 1999;27(10):2109-12. DOI: <http://doi.org/10.1097/00003246-199910000-00005>
7. Valipour A, Schneider F, Köessler W, Saliba S, Burghuber OC. Heart rate variability and spontaneous baroreflex sequences in supine healthy volunteers subjected to nasal positive airway pressure. *J Appl Physiol*. 2005;99(6):2137-43. DOI: <http://doi.org/10.1152/jappphysiol.00003.2005>
8. Hammash MH, Moser DK, Frazier SK, Lennie TA, Hardin-Pierce M. Heart Rate Variability as a predictor of cardiac dysrhythmias during weaning from mechanical ventilation. *Am J Crit Care*. 2015;24(2):118-27. DOI: <http://doi.org/10.4037/ajcc2015318>
9. Reis MS, Sampaio LM, Lacerda D, Oliveira LV, Pereira GB, Pantoni CB, 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(5):719-27. DOI: <http://doi.org/10.5114/aoms.2010.17087>
10. Shen HN, Lin LY, Chen KY, Kuo PH, Yu CJ, Wu HD, et al. Changes of heart rate variability during ventilator weaning. *Chest*. 2003;123(4):1222-8. DOI: <http://doi.org/10.1378/chest.123.4.1222>
11. Tobin DD, Menon M, Menon M, Spatta BC, Hodges EV, Perry DG. The intrapsychics of gender: a model of self-socialization. *Psychol Rev*. 2010 A;117(2):601-22. DOI: <http://doi.org/10.1037/a0018936>
12. Frazier SK, Moser DK, Schlanger R, Widener J, Pender L, Stone KS. Autonomic tone in medical intensive care patients receiving mechanical ventilation and during a CPAP weaning trial. *Biol Res Nurs*. 2008;9(4):301-10. DOI: <http://doi.org/10.1177/1099800408314707>
13. Huang CT, Tsai YJ, Lin JW, Ruan SY, Wu HD, Yu CJ. Application of heart rate variability in patients undergoing weaning from mechanical ventilation. *Crit Care*. 2014;18(1):R21. DOI: <http://doi.org/10.1186/cc13705>
14. Sasaki K, Maruyama R. Consciously controlled breathing decreases the high-frequency component of heart rate variability by inhibiting cardiac parasympathetic nerve activity. *Tohoku J Exp Med*. 2014;233(3):155-63. DOI: <http://doi.org/10.1620/tjem.233.155>
15. 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(5):1043-65.
16. Pumpura J, Howorka K, Groves D, Chester M, Nolan J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. *Int J Cardiol*. 2002;84(1):1-14.
17. Vanderlei LCM, Silva RA, Pastre CM, Azevedo FM, Godoy MF. Comparison of polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Braz J Med Bio Res*. 2008;41(10):854-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-879X2008005000039>

18. Ribeiro JP, Moraes Filho RS. Variabilidade da Frequência cardíaca como instrumento de investigação do sistema nervoso autônomo. *Rev Bras Hipertens.* 2005;12(1):14-20.
19. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TDias, Godoy MF. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2009;24(2):205-17. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-76382009000200018>
20. Gamelin FX, Berthoin S, Bosquet L. Validity of the Polar S810 Heart Rate Monitor to Measure R-R Intervals at Rest. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(5):887-93. DOI: <http://doi.org/10.1249/01.mss.0000218135.79476.9c>
21. Terathongkum S, Pickler RH. Relationships among heart rate variability, hypertension, and relaxation techniques. *J Vasc Nurs.* 2004;22(3):78-82. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jvn.2004.06.003>
22. Tulppo MP, Mäkikallio TH, Seppänen T, Laukkanen RT, Huikuri HV. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *Am J Physiol.* 1998;274 (2Pt 2):H424-9. DOI: <http://doi.org/10.1152/ajpheart.1998.274.2.H424>
23. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med.* 2003;33(12):889-919. DOI: <http://doi.org/10.2165/00007256-200333120-00003>
24. Riad FS, Razak E, Saba S, Shalaby A, Nemeč J. Recent heart rate history affects QT interval duration in atrial fibrillation. *PLoS One.* 2017;12(3):e0172962. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0172962>
25. Nagaraj SB, Ramaswamy SM, Biswal S, Boyle EJ, Zhou DW, McClain LM, et al. Heart rate variability as a biomarker for sedation depth estimation in ICU patients. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2016;2016:6397-6400. DOI: <http://doi.org/10.1109/EMBC.2016.7592192>
26. Kim CS, Kim MK, Jung HY, Kim MJ. Effects of exercise training intensity on cardiac autonomic regulation in habitual smokers. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2017;22(5). DOI: <http://doi.org/10.1111/anec.12434>
27. Bisschoff CA, Coetzee B, Esco MR. Relationship between Autonomic Markers of Heart Rate and Subjective Indicators of Recovery Status in Male, Elite Badminton Players. *J Sports Sci Med.* 2016;15(4):658-69.
28. Guerra M, Pidori Igreja T, Carvalho TD, Valenti VE, Abreu LC, Silva TD, et al. Heart Rate Variability During Weaning Mechanical Ventilation. *J Cardiol Ther.* 2016; 3(3):519-22.
29. Vitacca M, Scalvini S, Volterrani M, Clini EM, Paneroni M, Giordano A, et al. In COPD patients on prolonged mechanical ventilation heart rate variability during the T-piece trial is better after pressure support plus PEEP: a pilot physiological study. *Heart Lung.* 2014;43(5):420-6. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2014.04.003>
30. Astorino TA, Robergs RA, Ghiasvand F, Marks D, Burns S. Incidence of the oxygen plateau at VO₂max during exercise testing to volitional fatigue. *J Exerc Physiol.* 2000;3(4):1-12.

Abstract

Introduction: Heart rate variability (HRV) is a noninvasive method to analyze variations of time intervals between heart beats. HRV is a promising method to analyze autonomic balance quantitatively. During the weaning process of mechanical ventilation, alterations occur in the autonomic activity. Methods to identify increased risk for weaning failure are needed.

Objective: To analyze the behavior of cardiac autonomic modulation in different phases of weaning mechanical ventilation.

Methods: Cardiorespiratory parameters (SBP, DBP, MAP, RR, SpO₂) of 18 participants were collected and a cardio-frequency meter was placed. The subjects were kept in supine Fowler's position t, ventilating for 10 minutes in the assist-controlled (A/C) ventilation mode the synchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV) mode, pressure support ventilation (PSV) 18 and 10, and with nebulization through a T-piece. At the end of all ventilator modes, the pre-specified variables were measured. The HRV parameters were analyzed in the domains of time, frequency and geometric indexes.

Results: There was an increase in the mean rMSSD of the A/C moment of 20.67 ± 19.36 ms for the PSV 10 time 29.96 ± 21.26 ms ($p = 0.027$), increase between the SIMV moments of 24.04 ± 18.31 ms and PSV 10 to 29.96 ± 21.26 ms ($p = 0.042$), but reduced between PSV 10 and T-Tube moments 21.22 ± 13.84 ms ($p = 0.035$). There was an increase in the LF mean of the SIMV moments 158.46 ± 229.77 ms² and PSV 10 265.50 ± 359.88 ms² for T-tube 408.92 ± 392.77 ms² ($p = 0.011$ and $p = 0.037$ respectively). The mean LF showed a decrease between C/A and SIMV moments, respectively, 62.48 ± 17.99 nu and 54.29 ± 15.29 nu ($p = 0.024$), increase in SIMV moments 54.29 ± 15.29 nu and PSV 10 55.05 ± 23.07 nu for TUBE T 65.57 ± 17.08 nu ($p = 0.049$ and $p = 0.027$ respectively). HF increased between SIMV moments 162.89 ± 231.19 ms² and PSV 10 247.83 ± 288.99 ms² ($p = 0.020$) and also between SIMV and T-Tube moments 248.28 ± 214.46 ms² ($p = 0.044$). There was a reduction in mean HF between PSV 10 times 44.71 ± 22.95 nu and T-tube 34.22 ± 17.03 nu ($p = 0.026$).

Conclusions: The present study showed that in comparison with spontaneous breathing, controlled breathing was associated with lower HRV during weaning from mechanical ventilation.

Keywords: autonomic nervous system, heart rate of weaning, ventilatory weaning.

©The authors (2019), this article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.