

Impact of CPAP on physical exercise tolerance and sympathetic-vagal balance in patients with chronic heart failure

Impacto da CPAP sobre a tolerância ao exercício físico e a modulação simpato-vagal de pacientes com insuficiência cardíaca crônica

Hugo V. Reis¹, Audrey Borghi-Silva², Aparecida M. Catai³, Michel S. Reis¹

ABSTRACT | Background: Chronic heart failure (CHF) leads to exercise intolerance. However, non-invasive ventilation is able to improve functional capacity of patients with CHF. **Objectives:** The aim of this study was to evaluate the effectiveness of continuous positive airway pressure (CPAP) on physical exercise tolerance and heart rate variability (HRV) in patients with CHF. **Method:** Seven men with CHF (62±8 years) and left ventricle ejection fraction of 41±8% were submitted to an incremental symptom-limited exercise test (IT) on the cicloergometer. On separate days, patients were randomized to perform four constant work rate exercise tests to maximal tolerance with and without CPAP (5 cmH₂O) in the following conditions: i) at 50% of peak work rate of IT; and ii) at 75% of peak work rate of IT. At rest and during these conditions, instantaneous heart rate (HR) was recorded using a cardiofrequencímetro and HRV was analyzed in time domain (SDNN and RMSSD indexes). For statistical procedures, Wilcoxon test or Kruskal-Wallis test with Dunn's post-hoc were used accordingly. In addition, categorical variables were analysed through Fischer's test (p<0.05). **Results:** There were significant improvements in exercise tolerance at 75% of peak work rate of IT with CPAP (405±52 vs. 438±58 s). RMSSD indexes were lower during exercise tests compared to CPAP at rest and with 50% of peak work rate of IT. **Conclusion:** These data suggest that CPAP appears to be a useful strategy to improve functional capacity in patients with CHF. However, the positive impact of CPAP did not generate significant changes in the HRV during physical exercises.

Keywords: non-invasive ventilation; heart rate variability; chronic heart failure; exercise tolerance; continuous positive airway pressure; physical therapy.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Reis HV, Borghi-Silva A, Catai AM, Reis MS. Impact of CPAP on physical exercise tolerance and sympathetic-vagal balance in patients with chronic heart failure. *Braz J Phys Ther.* 2014 May-June; 18(3):218-227. <http://dx.doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0037>

RESUMO | Contextualização: A insuficiência cardíaca (IC) crônica cursa com intolerância ao exercício físico. A ventilação não invasiva (VNI) tem se mostrado benéfica para a melhora da performance desses pacientes. **Objetivos:** Avaliar a eficiência da pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP) sobre a tolerância ao exercício físico e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) de pacientes com IC crônica. **Método:** Sete homens com IC crônica (62±8 anos) e fração de ejeção do ventrículo esquerdo de 41±8% foram submetidos ao teste incremental (TI) sintoma-limitado em cicloergômetro. Posteriormente, foram aleatorizados para a realização de exercícios físicos de carga constante até a tolerância máxima com e sem CPAP (5 cmH₂O) nas condições: i) 50% da carga pico do TI e ii) 75% da carga pico do TI. Em repouso e durante os testes, a frequência cardíaca (FC) instantânea foi obtida pelo cardiofrequencímetro, e a VFC foi analisada no domínio do tempo. A análise estatística foi realizada pelos testes de Wilcoxon ou Kruskal-Wallis com *post-hoc* de Dunn e as variáveis categóricas, pelo teste de Fischer (p<0,05). **Resultados:** Durante a CPAP, houve aumento significativo no tempo de exercício físico (405±52 vs. 438±58 s) e da FC pico (97±3 vs. 105±2 bpm) somente na intensidade de 75%. Em relação à VFC, observou-se que o RMSSD foi significativamente menor em exercício físico quando comparado ao repouso com CPAP na intensidade 50%. **Conclusão:** Em conclusão, a CPAP com 5 cmH₂O mostrou-se um útil na melhora da capacidade funcional dos pacientes estudados com pouco impacto sobre a VFC.

Palavras-chave: ventilação não invasiva; VFC; insuficiência cardíaca crônica; tolerância ao exercício físico; CPAP; fisioterapia.

¹Grupo de Pesquisa em Fisioterapia Cardiovascular (GECARE), Departamento de Fisioterapia, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

²Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar, Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP, Brasil

³Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular, Departamento de Fisioterapia, UFSCar, São Carlos, SP, Brasil

Received: 05/07/2013 Revised: 08/15/2013 Accepted: 10/09/2013

● Introdução

Pacientes com insuficiência cardíaca (IC) crônica apresentam reduzida tolerância ao exercício físico como principal desfecho da doença¹. Isso ocorre devido não somente a causas cardíacas como também pela disfunção muscular respiratória e apendicular¹. Diversos fatores como hipoxemia crônica, estresse oxidativo, depleção nutricional, desuso da musculatura periférica, efeitos medicamentosos e desequilíbrio simpátovagal² contribuem para isso. Nesse sentido, a redução na tolerância ao exercício físico pode ser atribuída a uma redistribuição do fluxo sanguíneo para a musculatura ventilatória como consequência do aumento do trabalho e dos metabólitos nessa musculatura, que levarão a uma maior resposta vasoconstritora simpática nos músculos periféricos, cuja eficiência metabólica é comprometida pelo menor aporte sanguíneo¹.

O uso da ventilação não invasiva (VNI) tem sua eficácia comprovada em diversas situações que cursam com insuficiência respiratória aguda, em especial como conduta de escolha para o manejo de pacientes com edema agudo de pulmão³. A pressão positiva diminui o *shunt* pulmonar por meio da expansão de alvéolos colapsados, consequentemente melhorando a troca gasosa e a oxigenação dos tecidos⁴. A VNI também diminui a pressão transmural do ventrículo esquerdo, a pós-carga e, consequentemente, melhora o débito cardíaco⁵. Além disso, o uso da VNI com um nível pressórico contínuo melhora a capacidade residual funcional e a complacência pulmonar, gerando um menor trabalho ventilatório⁶, o que pode representar um efeito importante para esses pacientes que apresentam fadiga muscular ventilatória no exercício físico⁷. Contudo, poucos estudos⁷⁻¹⁰ têm avaliado a resposta desse recurso terapêutico na melhora da performance ao exercício físico de pacientes com IC crônica, sendo que parte deles⁸⁻¹⁰ avaliou apenas o impacto da aplicação de repouso sobre a tolerância ao exercício físico e não o efeito combinado da VNI e exercício físico. O conhecimento da eficácia da aplicação da VNI como recurso terapêutico coadjuvante na prescrição de exercício físico para pacientes com IC crônica tem especial importância para a área da fisioterapia cardiovascular, uma vez que esses pacientes apresentam redução na tolerância ao exercício físico principalmente por uma alteração na musculatura periférica¹, alvo da intervenção fisioterapêutica.

No entanto, torna-se importante destacar que a aplicação da VNI é capaz de acarretar repercussões hemodinâmicas importantes, principalmente quando

prescrita inadvertidamente. Nesse sentido, estudos têm mostrado a utilidade da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), que reflete o balanço simpátovagal sobre o nodo sinusal para o entendimento dos ajustes cardiovasculares durante a aplicação da VNI em pacientes com IC crônica em repouso¹¹⁻¹⁷. Porém, a literatura é incipiente sobre o seu comportamento em exercício físico associado à aplicação da VNI.

Nesse contexto, objetivou-se avaliar se o uso da VNI por meio de um nível pressórico contínuo (CPAP) num protocolo de exercício físico de carga constante é capaz de promover melhora da tolerância ao exercício físico, além disso, verificar se a CPAP influencia a modulação simpátovagal no exercício físico de pacientes com IC crônica.

● Método

Casuística

Estudo transversal em que foram selecionados sete homens com diagnóstico clínico de IC crônica. Os pacientes foram recrutados em um serviço público de atenção primária à saúde e deveriam apresentar as seguintes características: história prévia de IC estável provocada por disfunção ventricular sistólica esquerda documentada nos últimos seis meses (fração de ejeção do ventrículo esquerdo <45%); estabilidade clínica nos últimos três meses e sem história de eventos anginosos ou coexistência de doença pulmonar. Foram excluídos os pacientes com evidências clínicas e/ou funcionais de doença pulmonar crônica ($VEF_1/CVF < 70\%$)¹⁸, asma induzida pelo exercício, angina ou arritmias significativas e infarto do miocárdio nos últimos seis meses e os que haviam participado de programa de reabilitação cardiovascular no ano anterior ao estudo. Todos os voluntários foram submetidos à avaliação clínica e a provas de função pulmonar; avaliação da capacidade funcional, de acordo com a classificação da *New York Heart Association* (NYHA)¹⁹; exames bioquímicos, eletrocardiografia e teste de exercício físico sintoma-limitado. Adicionalmente, os pacientes com IC crônica estavam com medicação otimizada. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e este protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP, Brasil (parecer nº. 238/06).

Procedimento experimental

A pesquisa foi realizada em um laboratório climatizado com temperatura entre 22 °C e 24 °C e

umidade relativa do ar entre 50% e 60%, no mesmo período do dia (entre 8h e 12h). Para a véspera e no dia dos testes, cada voluntário recebeu orientações para evitar consumo de bebidas estimulantes, não realizar atividade física 24 horas antes dos testes, realizar refeições leves e ter uma noite de sono adequada (pelo menos 8 horas).

Inicialmente, os voluntários foram familiarizados com o ambiente experimental e com os pesquisadores envolvidos. Antes de iniciar os testes, os voluntários foram avaliados e examinados para certificar se as orientações dadas haviam sido rigorosamente seguidas. Ainda, foi verificada a pressão arterial diastólica e sistólica, realizada ausculta pulmonar e checada a SpO₂.

Função Pulmonar

A espirometria foi realizada usando o espirômetro *Vitalograph*[®] (*Hand-Held 2021 instrument. Ennis, Ireland*). A prova de CVF foi realizada para determinação do VEF₁ e da relação VEF₁/CVF. Os valores de referências utilizados foram os de Knudson et al.²⁰ e foram expressos em condições BTPS (*Body Temperature Pressure Standard*), e os procedimentos técnicos, critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade foram realizados segundo as normas recomendadas pela *American Thoracic Society*²¹.

Protocolo de exercício físico incremental

Essa avaliação foi realizada por um cardiologista, com o propósito de determinar a carga máxima alcançada pelos pacientes. Além disso, essa etapa foi considerada importante para avaliação das condições clínicas e funcionais dos sistemas cardiovascular e muscular periférico e para identificar as evidências de comorbidades cardiorrespiratórias precipitadas pelo exercício físico. Inicialmente, os voluntários foram submetidos à avaliação do ECG padrão de 12 derivações e, na sequência, à avaliação do sinal eletrocardiográfico a partir das derivações MC5, DII modificada e V2 nas condições supina, sentada, em apnéia (15 s) e hiperventilada (15 s). O teste de exercício físico foi realizado em cicloergômetro de frenagem eletromagnética (*Quinton Corival Ergometer 400, Croningen, Netherlands*), com os voluntários na posição sentada com 5-10° de flexão de joelho e incrementos de potência controlados externamente por um microprocessador modelo *Workload Programm* (*Quinton, Croningen, Netherlands*). Inicialmente, foi realizado um período de aquecimento de 2 minutos em carga livre, correspondente a 4 Watts (W). Em sequência,

incrementos de 5 W a cada 3 minutos, com velocidade mantida em 60 rotações por minuto até a exaustão física, isto é, impossibilidade de manter a velocidade da pedalada. Adicionalmente, o teste poderia ser interrompido na iminência de sinais e/ou sintomas, tais como: tontura, náusea, cianose, arritmias complexas, sudorese excessiva, angina e dessaturação periférica de oxigênio. Durante o teste, os pacientes foram monitorados a partir da derivação MC5, DII modificada e V2, e as aferições da FC, pressão arterial (método auscultatório) e registro eletrocardiográfico foram realizados nos 30 segundos finais de cada nível de potência e no 1°, 3°, 6° e 9° minutos de recuperação. Ao término do período de recuperação, com o voluntário na posição supina, foi realizado um novo ECG padrão de 12 derivações. Além das variáveis descritas anteriormente, a partir de fórmulas preconizadas pela *American Heart Association* (que leva em consideração carga pico e massa corporal), foi calculado indiretamente o consumo máximo de oxigênio (VO_{2pico}) alcançado pelos pacientes. Durante todo o teste, a saturação periférica de oxigênio (SpO₂) foi obtida por meio do oxímetro de pulso (*Oxyfast, Takaoka, Brasil*).

Protocolo de carga constante em respiração espontânea e durante aplicação da CPAP

Todos os pacientes foram submetidos a quatro testes de exercício físico em carga constante. A ordem de execução dos testes foi aleatorizada por sorteio, em envelopes numerados, selados e opacos, em dois dias, com intervalo de 48 horas entre eles, sendo dois dos testes executados no mesmo dia. Para a execução desse protocolo, inicialmente, os voluntários foram mantidos em repouso na posição sentada por aproximadamente 10 minutos, com o objetivo de atingir os valores basais de FC. Ainda nessa condição, a FC instantânea foi obtida em repouso na posição sentada por 15 minutos. Posteriormente, os pacientes foram aleatorizados por sorteio para a realização de exercícios submáximos de carga constante até a tolerância máxima com e sem aplicação de pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP – 5 cmH₂O, *Breas PV101, Sweden*) por meio da máscara nasal (*Respironics, Murrysville, PA*) nas condições: i) 50% da carga pico do teste incremental e ii) 75% da carga pico do teste incremental. Os voluntários foram posicionados no cicloergômetro horizontal de frenagem eletromagnética (*Quinton Corival Ergometer 400, Croningen, Netherlands*) com flexão de joelhos entre 5° e 10°. Inicialmente, os pacientes permaneciam sentados no cicloergômetro em repouso por 1 minuto e, na sequência, foram

orientados a pedalar na cadência de 60 rotações por minuto até a tolerância máxima. A SpO₂ (*Oxyfast*, *Takaoka*, Brasil) e o ECG (*Ecafis* 500, São Paulo, Brasil), nas derivações MC5, DII modificada e V2, foram monitorizados continuamente durante todo o procedimento experimental, e a pressão arterial foi verificada a cada dois minutos, com cuidados para evitar interferências na coleta das variáveis, assim como a escala de BORG modificada (CR-10). Os testes de carga constante foram executados em um único dia e no mesmo período para evitar as influências circadianas, com intervalo de 30 minutos ou até que as variáveis cardiovasculares voltassem aos valores basais, e conduzidos por uma equipe de pesquisadores treinada, a qual estava atenta aos sinais e/ou sintomas de intolerância ao exercício que pudessem determinar a interrupção imediata do teste.

Frequência cardíaca e intervalos R-R

A FC e os intervalos R-R (iR-R) foram coletados, batimento a batimento, por meio de um cardiofrequencímetro (Polar® S810i). A coleta dos dados ocorreu nos 15 minutos em repouso na posição sentada e durante o protocolo de carga constante nas condições aleatórias de 50% e 75% com e sem a CPAP. O cardiofrequencímetro apresenta uma frequência de amostragem de 1000 Hz, fixado por um cinto elástico no terço inferior do esterno e com transmissão simultânea para o relógio onde foram armazenados. Posteriormente, por meio de uma interface porta serial de sensor infravermelho, os dados foram transportados e armazenados em microcomputador (Pentium III, 1100MHz) para que fossem analisados. Os pontos de transição do protocolo também foram devidamente marcados para a análise adequada dos dados.

Análise dos dados

O tempo máximo de execução do exercício físico durante o protocolo de carga constante foi identificado pelo tempo de tolerância, e as variáveis FC e sensação subjetiva de esforço para dispneia e desconforto de membros inferiores foram avaliadas no início e no pico do protocolo. A VFC foi analisada no domínio do tempo por meio do aplicativo *Kubious HRV* (versão 2.0 Release November 2008). A seleção do trecho de análise das condições de repouso sentada e durante o protocolo de carga constante foi realizada por meio da inspeção visual da distribuição dos iR-R (ms), em que se selecionava o período com maior estabilidade do sinal e que apresentasse uma frequência de amostragem de 256 pontos, conforme preconizada pelo *Task Force*²². A análise no domínio

do tempo foi realizada a partir dos índices RMSSD (ms) – correspondente à raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado entre os iR-R adjacentes dividido pelo número de iR-R menos um e SDNN (ms) – desvio padrão de todos os iR-R.

Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (teste de Shapiro-Wilk). Como não foi observada distribuição normal, foram utilizados os testes estatísticos não paramétricos. Para as comparações entre repouso e exercício físico, foi aplicado o teste de Wilcoxon e, nas condições de exercício físico, o teste de Kruskal-Wallis com *post-hoc* de Dunn. Por fim, para as variáveis categóricas, o teste exato de Fisher foi aplicado. As análises foram realizadas no *software GraphPad InStat 3*, com nível de significância estabelecido de $p < 0,05$. Os dados demográficos, antropométricos e clínicos foram apresentados em média e desvio padrão, e as variáveis relacionadas às condições de exercício físico, estudadas em mediana (máximos – mínimos).

Resultados

Inicialmente foram triados 31 pacientes com IC crônica. Vinte e quatro foram excluídos, sendo apenas sete incluídos na pesquisa, conforme mostra a Figura 1.

Na Tabela 1, encontram-se os dados referentes a idade, características antropométricas e clínicas dos grupos estudados. Os pacientes apresentavam fração de ejeção do ventrículo esquerdo reduzida com etiologia, em sua maioria, de origem isquêmica, com classe funcional II/III e função pulmonar preservada. Em relação ao IMC, observamos que os indivíduos eram eutróficos ou com leve sobrepeso. No teste incremental, a carga média alcançada pelos pacientes foi de 36 watts, com resposta reprimida da pressão arterial e FC. Todos os pacientes estavam com medicação otimizada e em uso de β – bloqueadores (dose média de 42 ± 11 mg).

A Tabela 2 mostra as variáveis cardiorrespiratórias e a escala subjetiva de esforço (Borg CR-10) durante as condições estudadas. Como esperado, houve diferença significativa das variáveis FC e FR entre o repouso e as condições de exercício físico ($p < 0,05$). A pressão arterial sistólica aumentou significativamente no exercício físico na condição 75% do protocolo incremental. No que se refere ao tempo de tolerância, foi observada diferença estatisticamente significativa entre as condições CPAP e respiração espontânea durante a intensidade 75% do teste incremental

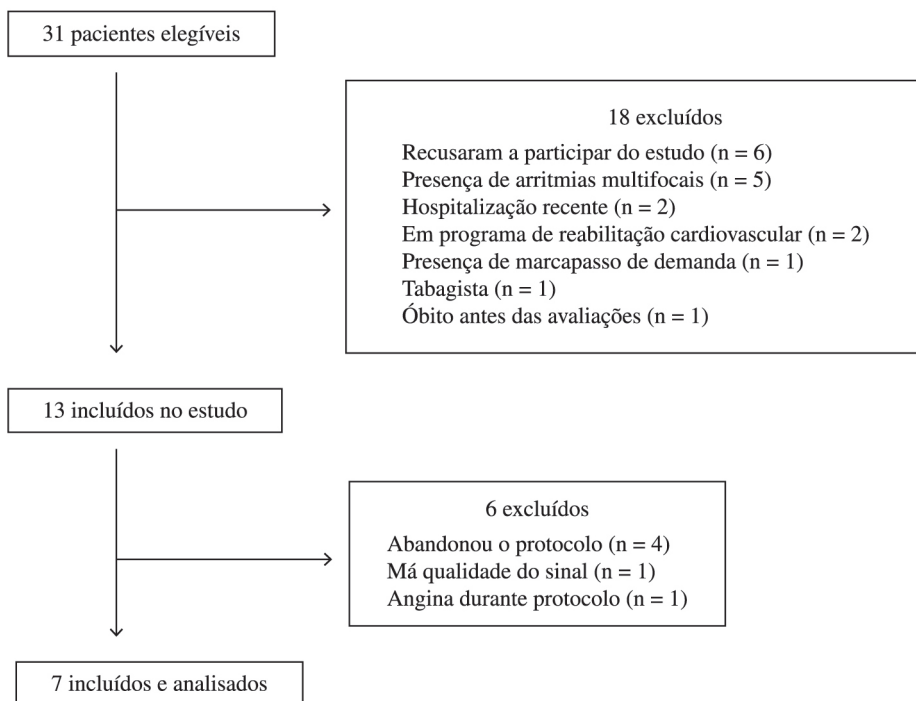


Figura 1. Fluxograma de exclusão dos pacientes nesse estudo. IC: insuficiência cardíaca.

(Tabela 2 e Figura 2). Adicionalmente, a FC mostrou valores maiores na condição CPAP em relação à respiração espontânea nessa intensidade ($p < 0,05$). Não houve diferenças significativas nas demais variáveis.

Na análise da VFC, a FC mostrou valores significativamente maiores nas condições de exercício físico acompanhados por uma queda na média dos intervalos R-R ($p < 0,05$). Enquanto o índice SDNN não mostrou diferença estatística entre as condições estudadas, o RMSSD apresentou valores menores nas condições 50% com CPAP, 75% com e sem CPAP quando comparado ao repouso ($p < 0,05$) (Figura 3).

● Discussão

Os principais achados do estudo foram: (i) aumento do tempo de tolerância ao exercício físico dos pacientes com IC crônica na carga de 75% com uso de CPAP; (ii) não houve diferença na VFC entre as condições de exercício físico estudadas; por fim, (iii) o índice RMSSD (representativo da modulação vagal) revelou valores significativamente menores durante as condições de exercício físico quando comparado ao repouso.

Nas condições basais, os pacientes eram, na sua maioria, eutróficos, com fração de ejeção do ventrículo esquerdo reduzida de origem isquêmica.

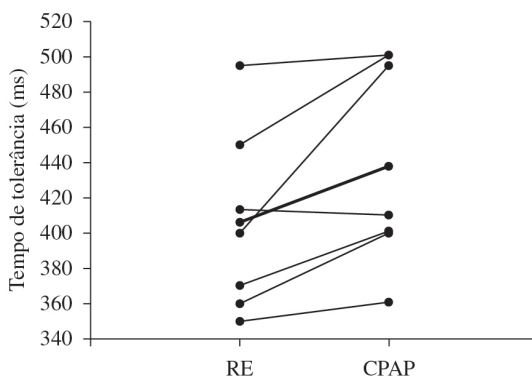


Figura 2. Efeito da pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP) na tolerância ao exercício físico com 75% da carga obtida no teste incremental de pacientes com insuficiência cardíaca crônica ($p < 0,05$). RE: respiração espontânea. Mediana (linha escura).

Todos tinham função pulmonar preservada. Mostraram reduzida capacidade funcional pela baixa carga pico suportada no teste incremental. Todos mantiveram o uso otimizado de medicamentos, sendo os β – bloqueadores e os inibidores da enzima conversora de angiotensina os mais frequentes. Durante os protocolos de carga constante, os pacientes apresentaram aumento significativo da FC e FR durante o exercício físico quando comparado ao repouso. Esses resultados eram esperados; embora

Tabela 1. Idade, características antropométricas e clínicas do grupo estudado.

	IC crônica (n=7)
Idade (anos)	62±8
Estatura (m)	1,66±0,07
Massa corporal (kg)	68,06±9,84
IMC (kg/m ²)	24,67±3,73
Ecocardiografia	
FEVE (%)	41±8
Etiologia da IC	
Isquêmica	4
Não isquêmica	3
NYHA	
II/III	4/3
Espirometria	
VEF ₁ (% do predito)	80,29±8,58
VEF ₁ /CVF (%)	82,00±4,24
Características clínicas	
SpO ₂ (%)	96±2
FR (ipm)	14±4
Medicações	
Diuréticos	3
Digitálicos	5
β – bloqueadores	7
Inibidor-ECA	6
Teste Incremental	
Repouso	
PAS (mmHg)	110±10
PAD (mmHg)	75±9
FC (bpm)	67±9
Pico do esforço	
PAS (mmHg)	141±18
PAD (mmHg)	80±10
FC (bpm)	100±20
Potência pico (watts)	36±9

Valores em média±DP. IC: insuficiência cardíaca; IMC: índice de massa corporal; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; NYHA: Classificação da *New York Heart Association*; VEF₁: volume expiratório forçado no 1 s; VEF₁/CFV: relação volume expiratório forçado no 1 s e capacidade vital forçada; SpO₂: saturação periférica de oxigênio; FR: frequência respiratória em incursões por minuto; ECA: enzima conversora de angiotensina; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; FC: frequência cardíaca.

podendo ser influenciados pelas condições de saúde do indivíduo, os sistemas humanos sempre vão determinar o desencadeamento de ajustes centrais e periféricos (por mecanismos de alimentação/retroalimentação) em busca da homeostasia frente a uma nova demanda imposta^{16,23}.

Como principal achado do presente estudo, foi visto um aumento no tempo de tolerância ao exercício físico na condição 75% da carga do teste incremental com CPAP. Borghi-Silva et al.⁷ viram diferença significativa no tempo de tolerância ao exercício físico em pacientes com IC quando submetidos à ventilação proporcional assistida com volumes e fluxos titulados de 5,7±1,5 H₂O/l e 3,1±1,1 cmH₂O.l⁻¹.s⁻¹ respectivamente, concomitante ao exercício de carga constante de alta intensidade (70-80% da carga pico do teste incremental). Em outro trabalho, Chermont et al.⁸ também viram um aumento na tolerância ao exercício físico com aumento da distância percorrida no teste de caminhada de 6 minutos e reserva cronotrópica de pacientes com IC quando submetidos à CPAP – 6 cmH₂O por 30 minutos antes do teste. Em protocolo de pesquisa similar, Lima et al.²⁴ também viram aumento da distância percorrida no teste de caminhada de 6 minutos em pacientes com IC crônica quando submetidos à CPAP – 10 cmH₂O previamente ao teste.

Dempsey et al.¹ têm mostrado que, em exercício físico de alta intensidade, ocorre redistribuição do fluxo sanguíneo da musculatura periférica para a musculatura ventilatória (teoria do roubo de fluxo). Isso ocorre devido à sobrecarga dos músculos ventilatórios, que demandam um incremento de 30% do débito cardíaco relativo. Como consequência, ocorre um menor aporte sanguíneo para a musculatura periférica, o que induzirá uma fadiga precoce. Nesse sentido, a associação do suporte ventilatório ao exercício físico pode amenizar o trabalho da musculatura ventilatória que, às custas de uma menor demanda metabólica, permite uma melhor redistribuição do fluxo sanguíneo para a musculatura periférica¹, o que pode justificar nossos achados. Por outro lado, a melhora da performance cardíaca também pode ter sido responsável pelo aumento da tolerância ao exercício físico, uma vez que a aplicação da CPAP diminui a pressão transmural do ventrículo esquerdo, melhorando o débito cardíaco e diminuindo o volume sistólico final²⁵. Nesse sentido, nossos resultados podem estar relacionados ao ganho na tolerância ao exercício físico que se deu pela melhora da oferta de oxigênio à musculatura periférica às custas da redistribuição do fluxo sanguíneo, mesmo com CPAP de 5 cmH₂O. Ressaltamos que o aumento no tempo de tolerância foi acompanhado pelo aumento da FC por se tratar de uma maior demanda metabólica.

Além do exposto, vimos uma redução na escala subjetiva de esforço (Borg CR-10) entre as condições

Tabela 2. Variáveis cardiorespiratórias e da escala subjetiva de esforço (Borg CR-10) durante as condições de exercício físico estudadas.

Variáveis	50% teste incremental		75% teste incremental	
	RE	CPAP	RE	CPAP
Repouso				
FR (ipm)	14 (12-15)	13 (12-16)	14 (12-14)	14 (12-15)
FC (bpm)	71 (56-80)	67 (56-78)	68 (56-73)	78 (56-80)
PAS (mmHg)	110 (90-120)	100 (90-110)	110 (90-120)	110 (90-120)
PAD (mmHg)	75 (70-85)	75 (70-85)	70 (80-90)	75 (70-85)
Exercício físico submáximo - pico				
Tempo de tolerância (s)	462 (315-505)	460 (360-503)	400 (350-495)	410 (361-501) [†]
FC (bpm)	99 (95-120)*	98 (94-114)*	97 (93-102)*	104 (103-108)* [†]
FR (ipm)	21 (18-22)*	20 (18-22)*	24 (22-26)*	23 (21-25)*
PAS (mmHg)	130 (125-135)	130 (120-135)	145 (130-150)*	150 (135-160)*
PAD (mmHg)	85 (70-90)	90 (70-95)	90 (70-95)	90 (70-95)
Dispneia (CR-10)	5(1-7)	5 (3-8)	5 (4-8)	5 (3-7)
MMII (CR-10)	5 (2-7)	4 (2-7)	6 (3-8)	5 (3-7)

Mediana (mín-máx). RE: respiração espontânea; CPAP: pressão positiva contínua nas vias aéreas; FR: frequência respiratória em incursões por minuto; FC: frequência cardíaca em batimentos por minuto; PAS: pressão arterial sistólica em mmHg; PAD: pressão arterial diastólica em mmHg; MMII: membros inferiores; CR-10: escala de Borg modificada 0-10. * $p<0,05$: repouso vs. exercício físico (teste de Wilcoxon). [†] $p<0,05$: RE vs. CPAP (Teste de Kruskal-Wallis com *post-hoc* de Dunn).

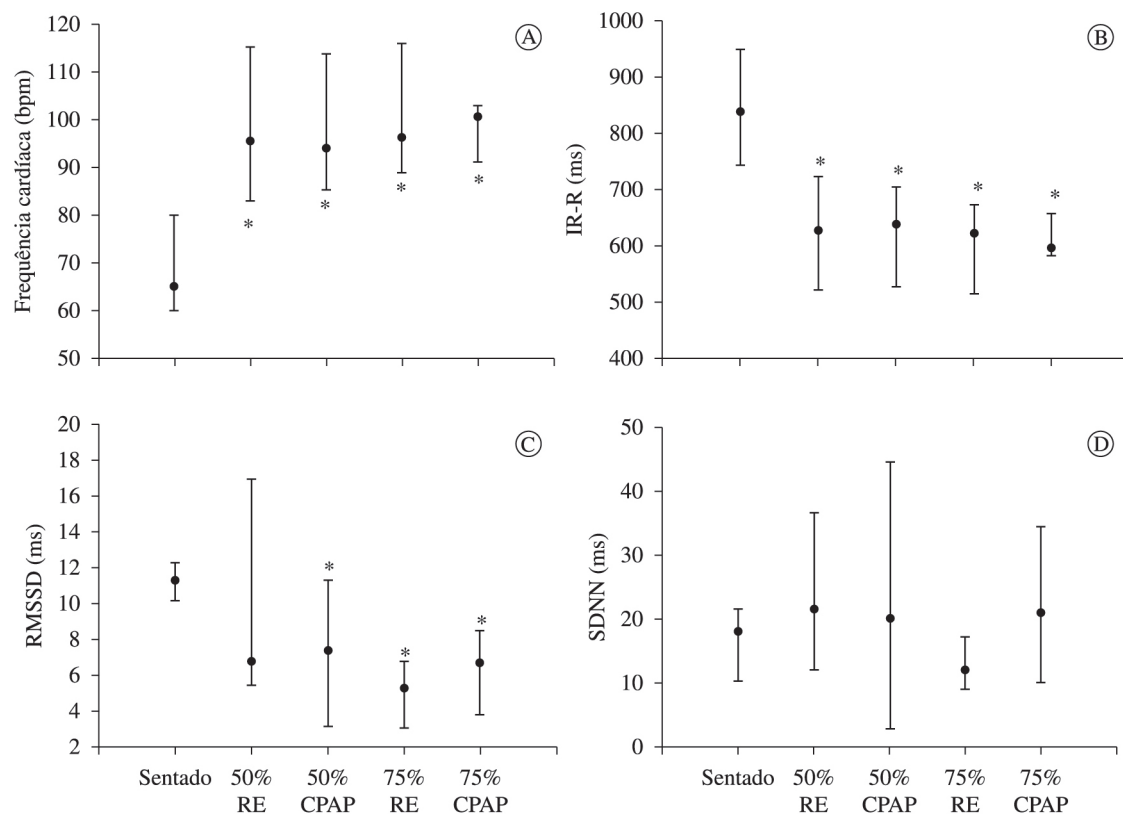


Figura 3. Dados da coleta da VFC nas condições estudadas. (A) Dados de frequência cardíaca em bpm; (B) Dados dos intervalos R-R em ms; (C) Dados RMSSD em ms; (D) Dados SDNN em ms; * $p<0,05$. Teste de Kruskal-Wallis com *post-hoc* de Dunn. IR-R: intervalos R-R do sinal eletrocardiográfico; RMSSD: correspondente à raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado entre os iR-R adjacentes dividido pelo número de iR-R menos um em ms; SDNN (ms): desvio padrão de todos os iR-R em ms; RE: respiração espontânea; CPAP: pressão positiva contínua na via aérea.

RE e CPAP no exercício físico de carga constante proposto. Ainda que os dados não mostrem diferença estatística, alguns trabalhos^{26,27} mostraram que a mudança de dois pontos na escala de Borg reflete uma repercussão clínica importante. Esse dado ratifica nossa hipótese de que o fluxo sanguíneo foi mais bem distribuído na musculatura periférica na condição CPAP, o que levou a uma maior tolerância ao exercício físico.

Com relação à VFC, estudos prévios^{28,29} têm demonstrado que pacientes com IC crônica apresentam desbalanço simpátovagal em repouso e que isso pode ser atenuado com a titulação de nível pressórico adequado durante a aplicação em repouso da CPAP. No entanto, nossos resultados não revelaram diferenças entre os valores do índice SDNN (representativo da VFC total) nas condições de exercício físico estudadas. Esses achados suportam a hipótese de que a aplicação da CPAP com nível pressórico de 5 cmH₂O não determinou grande repercussão hemodinâmica, uma vez que o aumento da pressão intratorácica (pela pressão positiva) pode gerar alterações hemodinâmicas relevantes³⁰. Embora com protocolo de exercício físico e modalidade de VNI diferente, nossos dados corroboram os de Borghi-Silva et al.⁷ no estudo que avaliou o efeito da ventilação proporcional assistida durante o exercício físico sobre as variáveis débito cardíaco, volume sistólico e FC, avaliados de forma não invasiva por bioimpedância torácica. Os autores mostraram que os pacientes com IC crônica apresentaram melhora na tolerância ao exercício físico durante aplicação da ventilação não invasiva sem mudanças significativas nas variáveis hemodinâmicas.

Concomitantemente, a análise da VFC mostrou uma queda da média dos iR-R com o aumento da média da FC nas condições de exercício físico em comparação à condição repouso. Esse achado pode ser facilmente explicado pelo aumento da demanda metabólica na transição repouso-exercício físico²³⁻³¹ que está presente em indivíduos com disfunções cardiopulmonares crônicas, mesmo que influenciado pelas condições do paciente. Curiosamente, esses dados foram acompanhados de uma queda do índice RMSSD (representativo da modulação vagal). Isso infere que o ajuste da FC ao exercício físico possa ter ocorrido devido a uma menor modulação parassimpática, uma vez que esses indivíduos estavam em uso de β – bloqueadores, droga que sabidamente influencia a modulação simpática sobre o controle da FC³².

Considerações metodológicas

Um grupo maior de pacientes com IC crônica seria desejável. Porém, o número reduzido desse estudo se deve à complexidade da manifestação da IC que influenciou a perda amostral no decorrer da pesquisa. Outro aspecto se refere à influência do uso de β – bloqueadores sobre a análise da VFC, porém atualmente essa é a terapia de escolha para preservar a função cardíaca e a demanda metabólica do miocárdio em pacientes com IC crônica.

Implicações para a fisioterapia

Como vimos em nosso estudo, pacientes com IC crônica têm uma reduzida tolerância ao exercício físico e parecem se beneficiar da aplicação da VNI associada ao exercício físico. Isso posto, essa pode ser uma boa estratégia para o manejo desses pacientes em programas de fisioterapia cardiovascular para melhorar sua capacidade funcional.

● Conclusão

Nosso estudo observou melhora da capacidade funcional dos pacientes com IC crônica quando submetidos à CPAP na carga de 75% do teste incremental, porém sem melhora da tolerância ao exercício na carga de 50% do teste incremental. Adicionalmente, não houve alteração significativa na VFC nas condições de exercício físico avaliadas. Além disso, foram vistos menores valores do índice RMSSD (representativo da modulação vagal) na transição repouso-exercício físico, sugestivos de predominância simpática no ajuste da FC às custas da menor modulação parassimpática quando submetidos a VNI.

● Agradecimentos

À Fundação Carlos Chagas de Apoio da Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ - processo: E-26/110.827/2012) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – processo: 487375/2012-2), pelo apoio financeiro. Adicionalmente, agradecemos aos colegas do Grupo de Pesquisa em Fisioterapia Cardiopulmonar (GECARE) do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

● Referências

- Dempsey JA, Romer L, Rodman J, Miller J, Smith C. Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. *Respir Physiol Neurobiol*. 2006;151:242-50. PMID:16616716. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resp.2005.12.015>
- Gosker HR, Wouters EF, van der Vusse GJ, Schols AM. Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease and chronic heart failure: underlying mechanisms and therapy perspectives. *Am J Clin Nutr*. 2000;71:1033-47. PMID:10799364.
- III Consenso de Ventilação mecânica. *J Bras Pneumol*. 2007;33(Supl 2):S51-3.
- Ho KM, Wong K. A comparison of continuous and bi-level positive airway pressure non-invasive ventilation in patients with acute cardiogenic pulmonary edema: a meta-analysis. *Crit Care*. 2006;10(2):R49. PMID:16569254 PMID:PMC1550921. <http://dx.doi.org/10.1186/cc4861>
- Naughton MT, Rahman MA, Hara K, Floras JS, Bradley TD. Effect of continuous positive airway pressure in intrathoracic and left ventricular transmural pressures in patients with congestive heart failure. *Circulation*. 1995;91:1725-31. PMID:7882480. <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.91.6.1725>
- Meduri GU. Noninvasive positive-pressure ventilation in patients with acute respiratory failure. *Clin Chest Med*. 1996;17:513-53. [http://dx.doi.org/10.1016/S0272-5231\(05\)70330-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0272-5231(05)70330-0)
- Borghi-Silva A, Carrascosa C, Oliveira CC, Barroco AC, Berton DC, Vilaca D, et al. Effects of respiratory muscle unloading on leg muscle oxygenation and blood volume during high-intensity exercise in chronic heart failure. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2008;294:2465-72. PMID:18375714. <http://dx.doi.org/10.1152/ajpheart.91520.2007>
- Chermont S, Quintão MM, Mesquita ET, Rocha NN, Nóbrega AC. Noninvasive ventilation with continuous positive airway pressure acutely improves 6-minute walk distance in chronic heart failure. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2009;29(1):44-8. PMID:19158587. <http://dx.doi.org/10.1097/HCR.0b013e3181927858>
- Castello V, Mendes RG, Simões RP, Reis MS, Catai AM, Borghi-Silva A. Autonomic activity in an adolescent with a single ventricle who underwent physical therapy intervention: case report. *Rev Bras Fisioter*. 2008;12(2):157-60.
- Leung RS, Bradley TD. Respiratory modulation of heart rate and blood pressure during cheyne-stokes respiration. *J Electrocardiol*. 2003;36 Suppl:S213-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2003.09.062>
- Musialik-Lydka AM, Sredniawa B, Pasyk S. Heart rate variability in heart failure. *Kardiol Pol*. 2003;58(1):10-6. PMID:14502297.
- Tulppo M, Huikuri HV. Origin and significance of heart rate variability. *J Am Coll Cardiol*. 2004;43(12):2278-80. PMID:15193693. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2004.03.034>
- Rosen SD, Murphy K, Leff AP, Cunningham V, Wise RJ, Adams L, et al. Is central nervous system processing altered in patients with heart failure? *Eur Heart J*. 2004;25(11):952-62. PMID:15172467. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ehj.2004.03.025>
- van de Borne P, Montano N, Pagani M, Oren R, Somers VK. Absence of low-frequency variability of sympathetic nerve activity in severe heart failure. *Circulation*. 1997;95(6):1449-54. PMID:9118512. <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.95.6.1449>
- Ponikowski P, Chua TP, Piepoli M, Ondusova D, Webb-Peploe K, Harrington D, et al. Augmented peripheral chemosensitivity as a potential input to baroreflex impairment and autonomic imbalance in chronic heart rate failure. *Circulation*. 1997;96(8):2586-94. PMID:9355898. <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.96.8.2586>
- O'Donnell DE, D'Arsigny C, Raj S, Abdollah H, Webb KA. Ventilatory assistance improves exercise endurance in stable congestive heart failure. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;160:1804-11. PMID:10588589. <http://dx.doi.org/10.1164/ajrccm.160.6.9808134>
- Arzt M, Schulz M, Wensel R, Montalván S, Blumberg FC, Riegger GA, et al. Nocturnal continuous positive airway pressure improves ventilatory efficiency during exercise in patients with chronic heart failure. *Chest*. 2005;127:794-802. PMID:15764759. <http://dx.doi.org/10.1378/chest.127.3.794>
- Pawels RA, Buist AS, Calverley PM, Jenkins CR, Hurd SS. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. NHLBI/WHO Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) Workshop summary. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;163:1256-76. PMID:11316667. <http://dx.doi.org/10.1164/ajrccm.163.5.2101039>
- Criteria Committee of the New York Heart Association. Nomenclature and Criteria for Diagnosis. 9^a ed. Boston: Little Brown; 1994.
- Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. Changes in the maximal expiratory flow-volume curve with growth and ageing. *Am Rev Respir Dis*. 1983;127:725-34. PMID:6859656.
- American Thoracic Society. Standardization of spirometry 1994 update. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995;152:1107-36. PMID:7663792. <http://dx.doi.org/10.1164/ajrccm.152.3.7663792>
- Task Force of European Society of Cardiology, North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*. 1996;93(5):1043-65. PMID:8598068. <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
- Mitchell JH. Wolffe memorial lecture. Neural control of the circulation during exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1990;22(2):141-54. PMID:2192221.
- Lima ES, Cruz CG, Santos FC, Gomes-Neto M, Bittencourt HS, Reis FJFB, et al. Suporte Ventilatório na Capacidade Funcional de Pacientes com Insuficiência Cardíaca: Estudo Piloto. *Arq Bras Cardiol*. 2011;96(3):227-32. <http://dx.doi.org/10.1590/S0066-782X2011005000002>
- Kaneko Y, Floras JS, Usui K, Plante J, Tkacova R, Kubo T, et al. Cardiovascular effects of continuous positive airway pressure in patients with heart

- failure and obstructive sleep apnea. *N Engl J Med.* 2003;348(13):1233-41. PMID:12660387. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa022479>
26. Farrara JT, Young JP, LaMoreaux L, Werthb JL, Poole RM. Clinical importance of changes in chronic pain intensity measured on an 11-point numerical pain rating scale. *Pain.* 2001;94:149-58. [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3959\(01\)00349-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3959(01)00349-9)
27. Fukuda TY, Rossetto FM, Magalhães E, Bryk FF, Lucareli PRG, Carvalho NAA. Short-term effects of hip abductors and lateral rotators strengthening in female quoth patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(11):736-42. PMID:21041965. <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2010.3246>
28. Reis MS, Deus AP, Simões RP, Aniceto IA, Catai AM, Borghi-Silva A. Autonomic control of heart rate in patients with chronic cardiorespiratory disease and in healthy participants at rest and during a respiratory sinus arrhythmia maneuver. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14(2):106-13. PMID:20464168. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552010005000003>
29. Reis MS, Sampaio LM, Lacerda D, De 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. PMID:22419931 PMCid:PMC3298341. <http://dx.doi.org/10.5114/aoms.2010.17087>
30. Valipour A, Schneider F, Kossler 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;99:2137-43. PMID:16002778. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.00003.2005>
31. Sperandio PA, Borghi-Silva A, Barroco A, Nery LE, Almeida DR, Neder JA. Microvascular oxygen delivery-to-utilization mismatch at the onset of heavy-intensity exercise in optimally treated patients with CHF. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2009;297:H1720-8. PMID:19734359. <http://dx.doi.org/10.1152/ajpheart.00596.2009>
32. Goldsmith RL, Bigger JT, Bloomfield DM, Krum H, Steinman RC, Sackner-Bernstein J, et al. Long-term carvedilol therapy increases parasympathetic nervous system activity in chronic congestive heart failure. *Am J Cardiol.* 1997;80:1101-4. [http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9149\(97\)00616-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9149(97)00616-4)

Correspondence

Michel Silva Reis

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Faculdade de Medicina
Departamento de Fisioterapia
Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco, s/n, 8º andar ala E, sala 3
(8E-03), Ilha do Fundão
CEP 21941-913, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
e-mail: msreis@hucff.ufrj.br