

Efeito de diferentes intensidades de exercício muscular inspiratório no controle autonômico cardíaco no período de recuperação pós esforço em adultos saudáveis: estudo controlado e randomizado

Effect of different intensities of inspiratory muscle exercise on cardiac autonomic control in the post-exercise recovery in healthy adults: a controlled and randomized study

El efecto de diferentes intensidades de entrenamiento muscular inspiratorio en el control autonómico cardíaco en el periodo de recuperación tras el esfuerzo en adultos sanos: estudio controlado y aleatorizado

Pedro Lima Souza¹, Leila Dal Poggetto Moreira², Lilian Pinto da Silva³, Vinicius Faria Weiss⁴, Pedro Augusto Carvalho Mira⁵, Patrícia Fernandes Trevizan⁶, Mateus Camaroti Laterza⁷, Daniel Godoy Martinez⁸

RESUMO | O objetivo deste trabalho foi investigar o efeito de diferentes intensidades de exercício muscular inspiratório (EMI) no controle autonômico cardíaco no período de recuperação pós esforço em adultos saudáveis. Foi realizado estudo experimental, controlado e randomizado com 15 homens entre 18-40anos, sedentários e saudáveis em quatro sessões de EMI: Sham, 30%, 40% e 60% da pressão inspiratória máxima. Intervalos de pulso foram registrados por fotopletismografia digital infravermelha obtendo valores frequência cardíaca (FC), FC, intervalo entre batimentos, desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais (SDNN), raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes (RMSSD), porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms (pNN50)

(domínio do tempo), potência total, potência das bandas espectrais de baixa frequência (LF) e potência das bandas espectrais de alta frequência (HF) (ms^2), LF e HF (n.u.) e LF/HF (domínio da frequência) foram medidos simultaneamente por dez minutos no basal e período de recuperação (15, 30, 45 e 60 minutos). Foi utilizado ANOVA two-way, considerando nível de significância de 5%. O RMSSD e pNN50 apresentaram no período de recuperação valores maiores em relação ao basal (efeito tempo: $P=0,004$; $P<0,01$, respectivamente). Não houve diferença para variáveis de VFC no domínio da frequência (efeito tempo: $P>0,05$). Não houve diferença na comparação entre as intensidades para todas as variáveis de VFC (efeito sessões: $P>0,05$). Concluímos que, independentemente da carga empregada, há aumento semelhante dos índices da modulação autonômica

Trabalho realizado na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) – Juiz de Fora (MG), Brasil.

1. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) – Juiz de Fora (MG), Brasil. E-mail: pedrolimakta@hotmail.com.

Orcid: 0000-0003-2574-3313.

2. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) – Juiz de Fora (MG), Brasil. E-mail: leiladpmoreira@gmail.com.

Orcid: 0000-0002-1409-4314.

3. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) – Juiz de Fora (MG), Brasil. E-mail: lilian.pinto@ufjf.br. Orcid: 0000-0003-3331-2118.

4. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) – Juiz de Fora (MG), Brasil. E-mail: vinicius.weiss@hotmail.com.

Orcid: 0000-0003-2485-2278.

5. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) – Juiz de Fora (MG), Brasil. E-mail: pedroaugustocm@hotmail.com.

Orcid: 0000-0003-1511-2681.

6. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte (MG), Brasil. E-mail: patricia_trevizan@yahoo.com.br.

Orcid: 0000-0001-5517-8285

7. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) – Juiz de Fora (MG), Brasil. E-mail: mateus.laterza@ufjf.br.

Orcid: 0000-0002-3984-4951.

8. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) – Juiz de Fora (MG), Brasil. E-mail: danielgmartinez@yahoo.com.br.

Orcid: 0000-0003-0034-7963.

Endereço para correspondência: Daniel Godoy Martinez – Universidade Federal de Juiz de Fora – Rua José Lourenço Kelmer, s/n, São Pedro – Juiz de Fora (MG), Brasil – CEP: 36036-900 – Telefone: (32) 99934-9333 – E-mail: danielgmartinez@yahoo.com.br – Fonte de financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), código de financiamento 001 – Conflito de interesses: Nada a declarar. Apresentação: 04 abr. 2022 – Aceito para publicação: 22 set. 2024 – Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local sob CAAE nº 1.995.992.

cardíaca parassimpática no período de recuperação pós sessão de EMI em adultos saudáveis.

Descritores | Exercício Respiratório; Sistema Autônomo; Variabilidade da Frequência Cardíaca.

ABSTRACT | This study aimed to investigate the effect of different intensities of Inspiratory Muscle Exercise (IME) on cardiac autonomic control during the period of post-exertion recovery in healthy adults. Thus, an experimental, controlled, and randomized study was conducted with 15 men aged from 18 to 40 years, including sedentary and healthy individuals. Participants underwent four IME sessions: a sham session, followed by sessions with 30%, 40%, and 60% of maximal inspiratory pressure. Pulse intervals were recorded using digital infrared photoplethysmography to obtain heart rate (HR) values. Measurements included HR, interbeat interval, standard deviation of all normal RR intervals (SDNN), root mean square of successive differences between adjacent normal RR intervals (RMSSD), percentage of adjacent RR intervals greater than 50ms (pNN50) (time domain), total power, power of low-frequency spectral bands (LF), and power of high-frequency spectral bands (HF) (ms^2), LF and HF (n.u.), and LF/HF (frequency domain). These measures were assessed simultaneously for 10 minutes at rest and during recovery period (15, 30, 45, and 60 minutes). Two-way analysis of variance was used, considering a 5% significance level. We observed that RMSSD and pNN50 showed higher values compared to baseline (Time Effect: $P=0.004$; $P<0.01$, respectively). No differences were found in HRV measures in the frequency domain (Time Effect: $P>0.05$). Additionally, there was no difference in the comparison between intensities for all HRV measures (Session Effect: $p>0.05$). We conclude that, regardless of the applied load, there is a similar increase in parasympathetic cardiac autonomic modulation indices in the post-IME recovery period in healthy adults.

Keywords | Breathing Exercise; Autonomic System; Heart Rate Variability.

RESUMEN | Este trabajo tuvo el objetivo de investigar el efecto de diferentes intensidades de entrenamiento muscular inspiratorio (EMI) en el control autonómico cardíaco durante el periodo de recuperación tras el esfuerzo en adultos sanos. Se realizó un estudio experimental, controlado y aleatorizado con 15 hombres de 18 a 40 años, sedentarios y sanos en cuatro sesiones de EMI: Sham, el 30%, el 40% y el 60% de la presión inspiratoria máxima. Se registraron los intervalos de pulso mediante fotoplethysmografía digital infrarroja obteniendo valores de frecuencia cardíaca (FC). FC, intervalo entre latidos, desviación estándar de la media de todos los intervalos RR normales (SDNN), raíz cuadrada de la media del cuadrado de las diferencias entre intervalos RR normales adyacentes (RMSSD), porcentaje de intervalos RR adyacentes con diferencia de duración mayor que 50ms (pNN50) (dominio del tiempo), potencia total, potencia de las bandas espectrales de baja frecuencia (LF) y potencia de las bandas espectrales de alta frecuencia (HF) (ms^2), LF y HF (n.u.) y LF/HF (dominio de la frecuencia) se midieron simultáneamente durante diez minutos en el basal y el periodo de recuperación (15, 30, 45 y 60 minutos). Se utilizó ANOVA dos vías, considerando el nivel de significación del 5%. RMSSD y pNN50 presentaron valores más altos en el periodo de recuperación en comparación con el basal (efecto tiempo: $P=0,004$; $P<0,01$, respectivamente). No hubo diferencia para variables de VFC en el dominio de la frecuencia (efecto tiempo: $P>0,05$). No hubo diferencia en la comparación entre las intensidades para todas las variables de VFC (efecto sesiones: $P>0,05$). Concluimos que, independientemente de la carga utilizada, hay un aumento similar en los índices de la modulación autonómica cardíaca parassimpática durante el periodo de recuperación tras la sesión de EMI en adultos sanos.

Palabras clave | Entrenamiento Respiratorio; Sistema Autonómico; Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca.

INTRODUÇÃO

O treinamento muscular inspiratório (TMI), composto por sessões de exercício muscular inspiratório (EMI), tem sido cada vez mais discutido no meio científico e empregado na prática clínica em diferentes populações^{1,2}. São encontrados diversos benefícios e não somente no que se refere a ganho de força e resistência da musculatura inspiratória, como também melhora na qualidade de vida, aumento da tolerância ao esforço, aumento no consumo máximo de oxigênio e capacidade funcional em indivíduos

com insuficiência cardíaca, além de benefícios no controle da pressão arterial³⁻⁵. Nesse sentido, existem trabalhos demonstrando a influência do TMI no sistema nervoso autonômico (SNA)⁶⁻⁸.

O SNA atua no controle de mecanismos homeostáticos fisiológicos, momento a momento, por meio das alças simpática e vagal do SNA⁹. Alguns estudos têm demonstrado efeito positivo do TMI sobre o controle autonômico cardíaco (CAC), principalmente em relação à variabilidade da frequência cardíaca (VFC)^{6,10,11}. O aumento da VFC está geralmente

associado a um bom estado de saúde, enquanto a menor VFC pode significar alterações patológicas¹². Além disso, a avaliação da VFC pode ser útil para identificar pacientes com maior potencial de eventos cardiovasculares e mortalidade por todas as causas¹³. Sendo assim, O TMI parece melhorar o CAC e ser sistêmico, principalmente em doentes cardiovasculares. Porém, a heterogeneidade entre os estudos quanto às prescrições do TMI parece influenciar a resposta de VFC encontrada⁸. Nesse sentido, os dados parecem indicar que, a longo prazo, o TMI apresenta repercussões no SNA. Contudo, agudamente a literatura não é consistente nos resultados apresentados.

Levando em consideração as diferentes intensidades empregadas nos protocolos de EMI e as repercussões no CAC que o TMI pode gerar, é possível que o EMI possa influenciar agudamente a VFC no período de recuperação pós esforço? Além disso, a carga de uma sessão de EMI influencia o CAC na recuperação de adultos saudáveis? Tendo em vista essas questões, o objetivo deste estudo foi investigar o efeito de diferentes intensidades de exercício muscular inspiratório no CAC no período de recuperação pós esforço em adultos saudáveis.

METODOLOGIA

Desenho do estudo e amostra

Trata-se de um estudo experimental, controlado e randomizado. Este estudo foi desenvolvido na Unidade de Investigação Cardiovascular e Fisiologia do Exercício (InCFEx) do hospital universitário da UFJF. A amostra foi composta por adultos (entre 18 anos e 40 anos) do sexo masculino. Os critérios de elegibilidade foram: não fazer uso de medicações de ação cardiovascular; não possuir doença cardiovascular ou pulmonar previamente diagnosticada; sedentários (não praticar atividade física regular, maior ou igual a uma vez por semana, há no mínimo seis meses); e não tabagistas. Foram excluídos indivíduos com hipertensão arterial¹⁴, pressão arterial elevada¹⁴, obesidade (índice de massa corporal igual ou maior a 30kg/m²) e aqueles com alterações no eletrocardiograma detectadas durante a monitorização de repouso. O estudo seguiu o guia CONSORT, quando aplicável¹⁵.

Medidas e procedimentos

Foi realizada anamnese para detectar possíveis fatores de exclusão. A avaliação eletrocardiográfica foi registrada continuamente, em repouso, por meio do monitor multiparamétrico Dixtal 2023® (Amazônia, Brasil).

Avaliação da força muscular respiratória

A força muscular inspiratória foi identificada por meio da pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) mensurada pelo manovacuômetro digital (GlobalMed®). Com o voluntário na posição sentada, foi solicitado realizar, após expiração completa, esforço inspiratório máximo, o qual deveria ser mantido por ao menos um segundo. Esse procedimento foi repetido três vezes, entre as quais não poderia haver variação maior que 10% entre as medidas. Para caracterização da PI_{máx}, foi considerado o maior valor em módulo verificado¹⁶, assim como para a força muscular expiratória, porém solicitando-se um esforço expiratório máximo com o mesmo procedimento. Para o cálculo da PI_{máx} e PE_{máx} predito pela idade e sexo, foram utilizadas fórmulas previamente descritas¹⁷.

Exercício muscular inspiratório

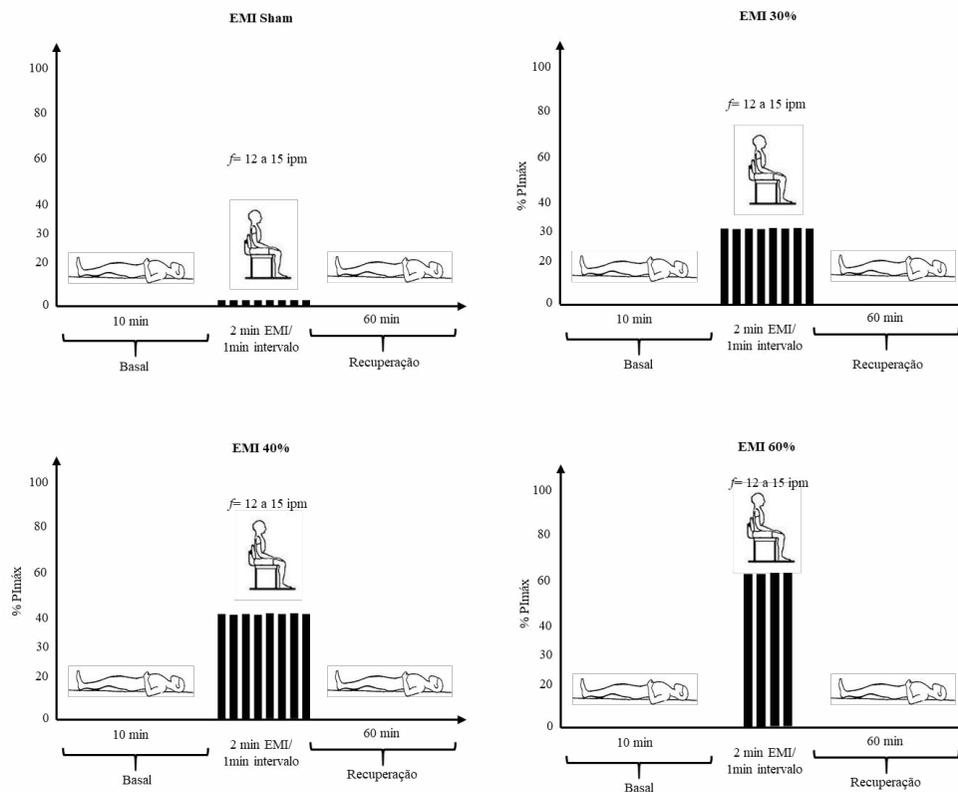
As quatro sessões foram realizadas em dias diferentes, com pelo menos 72 horas de intervalo, utilizando dispositivo Powerbreathe®. Foram utilizadas as intensidades: 30%, 40% (oito séries de dois minutos, com um minuto de intervalo)¹⁸ e 60% da PI_{máx} (quatro séries de dois minutos, com um minuto de intervalo), assim como uma sessão Sham (sem carga inspiratória) com oito séries de dois minutos, com um minuto de intervalo. A ordem das sessões foi randomizada por meio de um site, e os voluntários não foram previamente informados à qual sessão seriam submetidos. Além disso, os voluntários foram orientados a realizarem respiração diafragmática, mantendo uma frequência respiratória (FR) de 12 a 15 incursões por minuto (ipm) (controle por *feedback* do avaliador) (Figura 1).

Familiarização e orientações

A familiarização foi realizada com o aparelho sem carga, com clipe nasal e com controle da FR.

Os voluntários receberam orientações sobre a técnica de respiração diafragmática. Adicionalmente, foram orientados a absterem-se de bebidas alcoólicas e cafeinadas, a não realizarem exercício físico intenso por 24 horas antes das sessões e a ingerirem uma refeição leve até hora antes da avaliação.

Figura 1. Protocolos experimentais



EMI: Exercício Muscular Inspiratório; PImax: Pressão Inspiratória máxima; f: frequência respiratória

Avaliação da VFC

Os sinais dos intervalos entre batimentos (IEB) registrados por meio de fotopletismografia digital infravermelha (FinometerPro)¹⁹ por dez minutos em repouso e por 60 minutos da recuperação pós-exercício foram utilizados para análise do efeito das diferentes sessões sobre a modulação autonômica cardíaca (MAC). Foram considerados os cinco minutos finais de cada sinal da seguinte maneira: basal do quinto ao décimo minuto e na recuperação do décimo ao 15º minuto, do 25º ao 30º minuto, do 40º ao 45º minuto e do 55º ao 60º minuto.

Protocolos

Na primeira visita, foram realizadas anamnese, antropometria, eletrocardiograma, avaliação da força muscular respiratória e familiarização. Da segunda a quinta visita, houve o registro dos IEB em repouso, seguido do EMI de acordo com a randomização do voluntário.

Processamento dos sinais de intervalo de pulso

As séries temporais foram transferidas para o *software* Kubios HRV Analysis, versão 3.1.0, para cálculo FC e

das medidas de VFC no domínio do tempo (DT): IEB, desvio padrão dos iNN (SDNN), raiz média quadrática da diferença entre iNN sucessivos (RMSSD), proporção número de pares de NNs sucessivos que se diferem em mais de 50ms dividida pelo número total de NNs (pNN50).

Para o domínio da frequência (DF), por meio da estimativa da função densidade espectral de potência, utilizou-se a Transformada Rápida de Fourier²⁰. Para isso, efetuou-se a remoção da componente de tendência da série temporal de iNN, pelo método de suavização a priori²¹. Foram calculados no DF: potência total, potência das bandas espectrais de baixa frequência (LF; 0,04-0,15 Hz) em unidades absolutas (ms^2) e em unidades normalizadas (u.n.); potência das bandas espectrais de alta frequência (HF; 0,15-0,4 Hz), em ms^2 e u.n. e razão LF/HF²².

Análise estatística

O pressuposto de normalidade foi testado por meio do teste de *Shapiro-Wilk*.

A análise de variância de dois fatores para medidas repetidas foi empregada para análise do efeito da intervenção na VFC comparando sessões de exercício e entre os períodos pré e pós-exercício. Quando detectada

diferença significativa, a ANOVA foi seguida do post-hoc de *bonferroni*. Os pressupostos de esfericidade por meio do teste de *Mauchly* foram testados e, quando necessário, foi feita a correção de *Huynh-Feldt*. O nível de significância adotado foi de 5%.

Para a análise do tamanho de efeito, foi utilizado o cálculo de *partial eta squared* (η_p^2). Foi considerado como efeito pequeno valores entre 0,01 e 0,06; para efeito médio, entre 0,07 e 0,14; e efeito grande para valores acima de 0,14. Além disso, foi utilizado o cálculo do poder observado das análises estatísticas realizadas.

Todos os testes foram realizados no programa SPSS versão 20.0.0.

RESULTADOS

O fluxograma de entrada e exclusão dos participantes está representado pela Figura 2. As características físicas, demográficas e de força muscular respiratória da amostra encontram-se descritas na Tabela 1.

Figura 2. Diagrama de fluxo

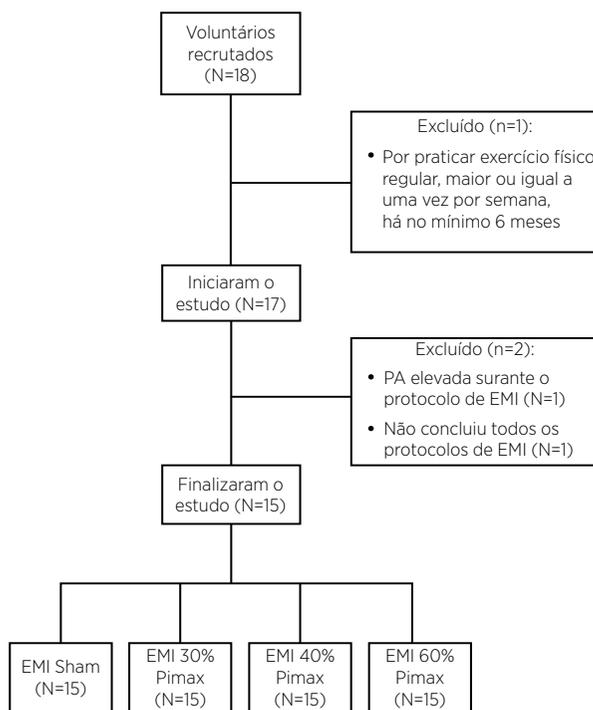


Tabela 1. Caracterização da amostra

Variáveis	Grupo (N=15)
Idade (anos)	25 ± 4,7
IMC (Kg/m ²)	23,5 ± 3,3
Plmáx (cmH ₂ O)	-112,9 ± 31,9

(continua)

Tabela 1. Continuação

Variáveis	Grupo (N=15)
Plmáx predita (%)	135,2 ± 3,8
30% Plmáx (cmH ₂ O)	33,9 ± 9,6
40% Plmáx (cmH ₂ O)	45,1 ± 12,8
60% Plmáx (cmH ₂ O)	67,7 ± 19,1
PEmáx (cmH ₂ O)	132,4 ± 28,8
PEmáx predita (%)	145,0 ± 3,8

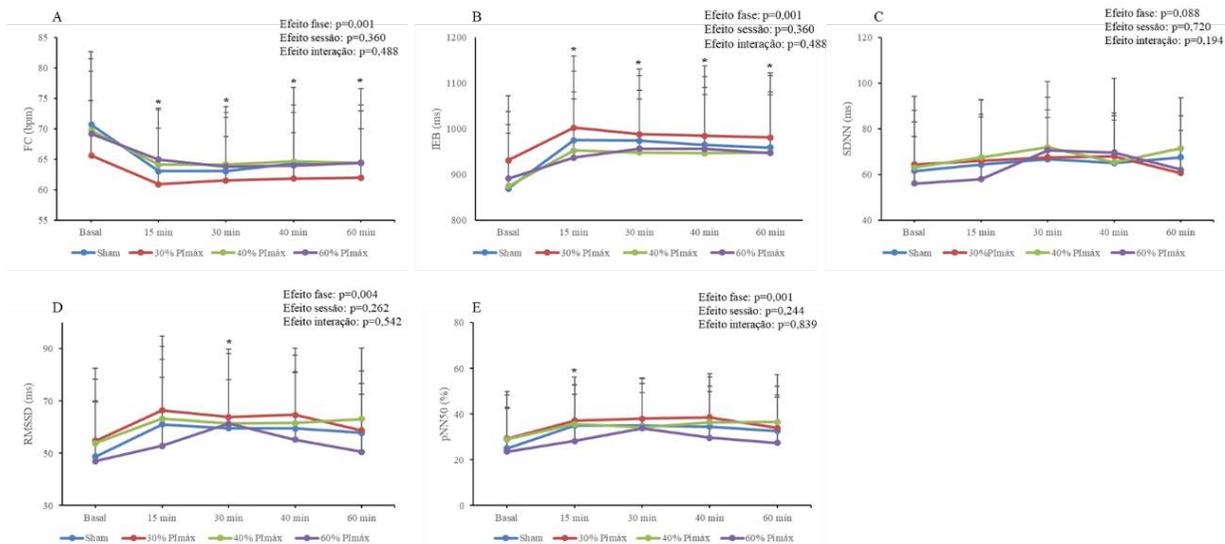
Os valores são apresentados em média ± desvio padrão. IMC: índice de massa corporal; Plmáx: pressão inspiratória máxima; Plmáx predita: pressão inspiratória máxima predita pela idade; PEmáx: pressão expiratória máxima; PEmáx predito: pressão expiratória máxima predito pela idade.

Resposta da VFC entre as diferentes intensidades de EMI

Os valores da FC diminuíram de forma estatisticamente significativa durante todo período de recuperação em comparação com o basal para todas as intensidades (tempo: $P<0,01$; $\eta_p^2=0,569$; poder observado: 1,000; grupo: $P=0,360$; $\eta_p^2=0,073$; poder observado: 0,275) (Figura 3A), enquanto os IEB aumentaram durante todo período de recuperação (tempo: $P<0,01$; $\eta_p^2=0,633$; poder observado: 1,000; grupo: $P=0,388$; $\eta_p^2=0,069$; poder observado: 0,260) (Figura 3B). O RMSSD apresentou valores significativamente maiores em relação ao basal nos minutos 30, 45 e 60 para todas as intensidades (tempo: $P=0,004$; $\eta_p^2=0,280$; poder observado: 0,898; grupo: $P=0,262$; $\eta_p^2=0,090$; poder observado: 0,340) (Figura 3D), bem como o pNN50 apresentou valores aumentados em relação ao basal nos minutos 15, 30, 45 para todas as intensidades (tempo: $P<0,01$; $\eta_p^2=0,345$; poder observado: 0,994; grupo: $P=0,244$; $\eta_p^2=0,093$; poder observado: 0,354) (Figura 3E). Vale ressaltar que para todas essas variáveis apresentadas não houve diferença em relação às diferentes intensidades avaliadas.

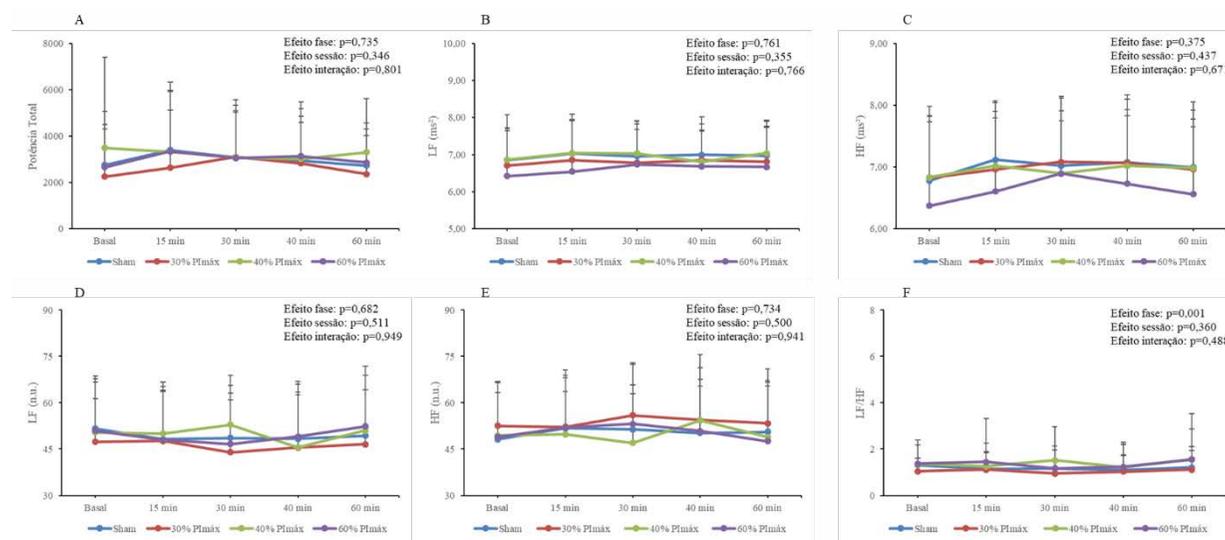
Já os índices de VFC do DF representados pelo LF(ms²) (tempo: $P=0,761$; $\eta_p^2=0,025$; poder observado: 0,110; grupo: $P=0,355$; $\eta_p^2=0,073$; poder observado: 0,255) (Figura 4B) e HF(ms²) (tempo: $P=0,375$; $\eta_p^2=0,071$; poder observado: 0,269; grupo: $P=0,437$; $\eta_p^2=0,062$; poder observado: 0,236) (Figura 4C) não apresentaram alterações significativas tanto para o tempo como para grupo, assim como LF (n.u.) (tempo: $P=0,682$; $\eta_p^2=0,037$; poder observado: 0,156; grupo: $P=0,511$; $\eta_p^2=0,053$; poder observado: 0,203) (Figura 4D) e HF (n.u.) (tempo: $P=0,734$; $\eta_p^2=0,032$; poder observado: 0,142; grupo: $P=0,500$; $\eta_p^2=0,054$; poder observado: 0,208) (Figura 4E). A relação LF/HF também não obteve diferenças significativas em nenhum momento, sem diferença entre as intensidades (tempo: $P=0,539$; $\eta_p^2=0,044$; poder observado: 0,151; grupo: $P=0,232$; $\eta_p^2=0,096$; poder observado: 0,364) (Figura 4F).

Figura 3. Comparação das variáveis no domínio do tempo



Dados em média ± desvio padrão da média. (A)FC: frequência cardíaca; (B)IEB: intervalos entre batimentos; (C)SDNN: desvio padrão dos intervalos R-R de origem sinusal; (D)RMSSD: raiz média quadrática da diferença entre os intervalos R-R de origem sinusal sucessivos; (E)pNN50: porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms; * $p \leq 0,05$ vs. basal.

Figura 4. Comparação das variáveis no domínio da frequência



Dados em média ± desvio padrão da média. (A)Potência Total (B)LnLF (ms^2): logaritmo natural da banda espectral de baixa frequência em unidade absoluta; (C)LnHF(ms^2): logaritmo natural da banda espectral de alta frequência em unidades absolutas; (D)LF(u.u.): banda espectral de baixa frequência em unidade normalizada; (E)HF(u.u.): banda espectral de alta frequência em unidade normalizada; (F)LF/HF: balanço simpato-vagal.

DISCUSSÃO

Nossos principais achados mostraram que, independentemente da carga de trabalho empregada, há um aumento em medidas de VFC que refletem modulação vagal cardíaca no período de recuperação pós EMI.

Foi observado um aumento do RMSSD e do pNN50 nos minutos 15, 30 e 45 da recuperação, demonstrando um predomínio parassimpático no período pós esforço. Além disso, foi possível observar uma diminuição da FC em comparação com o basal durante os 60 minutos

de recuperação, assim como um aumento do IEB. Essa diminuição de FC corrobora os achados com índices parassimpáticos aumentados.

Estudos anteriores mostraram que, possivelmente, o efeito do EMI sobre o CAC é influenciado pela carga empregada^{10,11}. Agudamente, o efeito do EMI à 60% da PImáx em comparação com 30% PImáx obteve maior MAC em indivíduos saudáveis com aumento do LF(n.u.) e uma diminuição significativa do HF(n.u.) para a carga de 60% da PImáx em comparação com a menor carga durante o período de recuperação¹¹. Porém, o protocolo

empregado foi igual entre as duas intensidades com ciclos de 30 respirações e 30 segundos de intervalo com duração de 15 minutos totais. Portanto, o trabalho total realizado pela intensidade de 60% da PImáx foi maior. Sendo assim, seus resultados devem ser interpretados com cautela. Em contrapartida, comparando diferentes cargas de 30%, 60% e 80% da PImáx por quatro minutos de esforço e separados por cinco minutos de descanso demonstrou que cargas menores são capazes de promover maiores ganhos autonômicos a partir da modulação parassimpática em idosos¹⁰.

A fim de equalizar o trabalho e verificar o efeito da intensidade do EMI sobre o CAC, mais especificamente na VFC, realizamos uma subanálise em que comparamos as intensidades 30% Vs. 60% da PImáx com trabalho equalizado e constatamos não haver diferença na resposta autonômica (RA) encontrada para nenhuma das variáveis em comparação aos grupos (dados não apresentados). Esse resultado demonstra que, pelo menos do ponto de vista autonômico, o EMI parece influenciar a RA cardíaca não tendo influência da carga empregada.

O fato de a sessão Sham (sem carga) ter demonstrado aumento de variáveis no DT pode ser explicado, pelo menos em parte, pelo controle da FR durante a sessão. É sabido que a respiração é um dos fatores que implicam diretamente nos valores de VFC^{23,24}. Descrito como arritmia sinusal respiratória, quando a VFC está em sincronia com a respiração, faz com que o iRR seja encurtado durante a inspiração e prolongado durante a expiração²⁵. O controle da FR durante a sessão de EMI Sham pode ter contribuído, em parte, na redução da FC e no aumento de índices vagais durante o período de recuperação.

Cabe ressaltar que este estudo manteve a FR dentro de um padrão respiratório considerado normal. Tal fato nos leva a interpretar que o EMI aplicado nessa população em diferentes intensidades pode ter contribuído para uma alteração na MAC, justificado principalmente pelo controle da FR.

Após exercício, há um efeito descrito na literatura como bradicardia, em que os valores de FC podem ser diminuídos abaixo de seus valores basais^{26,27}, assim como ocorreu neste estudo. Tal raciocínio atribui mais uma evidência de que o EMI pode ser capaz de promover tais resultados no sistema autonômico cardíaco desses indivíduos.

Assim, entender os efeitos gerados por diferentes intensidades de EMI no que se refere ao CAC, em especial durante o período de recuperação pós esforço, é de suma importância, pois nesse período ocorrem ajustes

fisiológicos cardíacos em resposta à sessão de exercício físico que foi realizada. Dessa forma, tal entendimento pode, em parte, contribuir na prática clínica para uma prescrição de EMI de forma mais segura, de acordo com a população que está sendo trabalhada.

Sendo assim, nossos achados sugerem que, independentemente da carga empregada, há uma mobilização do SNA. E isso mostra que essa modalidade de exercício pode ser segura, já que apresentou índices parassimpáticos aumentados na recuperação, não causando riscos ao sistema cardiovascular. Portanto, sabendo que maiores cargas apresentam maiores resultados em outras variáveis e que essas maiores cargas não apresentam prejuízo na RA cardíaca, torna-se viável a aplicação dessa modalidade. Contudo, a literatura acerca dessa temática ainda é limitada e os protocolos utilizados ainda são bastante distintos, com resultados discrepantes uns dos outros, o que dificulta cravar algum tipo de conclusão.

Limitações do estudo

Este apresenta algumas limitações. Uma possível limitação é o pequeno tamanho amostral e, por isso, nossos resultados devem ser entendidos com cautela e não devem ser generalizados a diversas populações e/ou diversas idades. Além disso, outra limitação é a não mensuração do volume corrente durante as sessões de EMI e a ausência de controle dos tempos de inspiração e expiração durante as sessões. Para minimizar esse viés, a FR foi controlada entre 12 e 15ipm. Assim, acreditamos que essas possíveis limitações não tenham afetado os resultados.

CONCLUSÃO

Independentemente da intensidade empregada nas sessões de EMI, observa-se CAC semelhante no período de recuperação pós esforço em adultos saudáveis, representado por aumento semelhante da modulação autonômica cardíaca parassimpática e ausência de alteração na modulação autonômica cardíaca simpática nesse período.

REFERÊNCIAS

- Caruso FCR, Simões RP, Reis MS, Guizilini S, Alves VLS, et al. High-intensity inspiratory protocol increases heart rate variability in myocardial revascularization patients. *Br J Cardiovas Surg*. 2016;31:38-44. doi: 10.5935/1678-9741.20160007

2. Sasaki M, Kurosawa H, Kohzuki M. Effects of inspiratory and expiratory muscle training in normal subjects. *J Jpn Phys Ther Assoc.* 2005;8(1):29-37. doi: 10.1298/jjpta.8.29
3. Di Mambro TR, Figueiredo PH, Wanderley TR, Kritski AL, Guimarães F. Treinamento muscular inspiratório na doença pulmonar obstrutiva crônica: impacto na qualidade de vida, intolerância ao esforço e dispnéia. *Fisioter Pesqui.* 2007 [cited 2024 10 06];14(2):65-71. Available from: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-469892>
4. Plentz RDM, Sbruzzi G, Ribeiro RA, Ferreira JB, Dal Lago P. Treinamento muscular inspiratório em pacientes com insuficiência cardíaca: metanálise de estudos randomizados. *ASOBRAFIR.* 2012;99:762-71. doi: 10.1590/S0066-782X2012001100011
5. Vranish JR, Bailey EFJS. Inspiratory muscle training improves sleep and mitigates cardiovascular dysfunction in obstructive sleep apnea. *Sleep.* 2016;39(6):1179-85. doi: 10.5665/sleep.5826
6. Ferreira JB, Plenz RDM, Stein C, Casali KR, Arena R, et al. Inspiratory muscle training reduces blood pressure and sympathetic activity in hypertensive patients: a randomized controlled trial. *Int J Cardiol.* 2013;166(1):61-7. doi: 10.1016/j.ijcard.2011.09.069
7. Kaminski DM, Schaan BD, Silva AMV, Soares PP, Dal Lago P. Inspiratory muscle training in patients with diabetic autonomic neuropathy: a randomized clinical trial. *Clin Autonomic Research.* 2015;25(4):263-6. doi: 10.1007/s10286-015-0291-0
8. Almeida LB, Seixas MB, Trevizan PF, Laterza MC, Silva LP, et al. Efeitos do treinamento muscular inspiratório no controle autonômico: revisão sistemática. *Fisioter Pesqui.* 2018;25:345-51. doi: 10.1590/1809-2950/17015425032018
9. Wehrwein EA, Orer HS, Barman SMJCP. Overview of the anatomy, physiology, and pharmacology of the autonomic nervous system. *Comprehensive Physiology.* 2011;6(3):1239-78. doi: 10.1002/cphy.c150037
10. Archiza B, Simões RP, Mendes RG, Fregonezi GAF, Catai AM, et al. Acute effects of different inspiratory resistive loading on heart rate variability in healthy elderly patients. *Br J Phys Ther.* 2013;17:401-8. doi: 10.1590/S1413-35552013005000100
11. Plentz RDM, Silva VG, Dipp TJL, Macagnan FE, Lemos LC, et al. Treinamento (Entrenamiento) muscular inspiratório para o controle. *Salud(i) Cienc.* 2014 [cited 2024 10 06];21:28-34. Available from: <https://www.siicsalud.com/dato/sic/211/140299.pdf>
12. Fang S-C, Wu Y-L, Tsai P-SJ. Heart rate variability and risk of all-cause death and cardiovascular events in patients with cardiovascular disease: a meta-analysis of cohort studies. *2020;22(1):45-56.* doi: 10.1177/1099800419877442
13. Ernst G. Heart-rate variability-more than heart beats? *Front Public Health.* 2017;5:240. doi: 10.3389/fpubh.2017.00240
14. Malachias MVB, Souza WKS, Plavnik FL, Rodrigues CIS, Brandão AA, et al. 7ª Diretriz Brasileira de hipertensão arterial: Cap 1-Conceituação, Epidemiologia e Prevenção Primária. *Arq Br Cardiol.* 2016;107:1-6. doi: 10.5935/abc.20160151
15. Schulz KF, Altman DG, Moher D, et al. CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMC Med.* 2010;1(2):100-7. doi: 10.1186/1741-7015-8-18
16. Med ATSJAJRCC. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002 [cited 2024 10 06];166:518-624. Available from: <https://cir.nii.ac.jp/crid/1573105975842035840>
17. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests: II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Br J Med Biol Res.* 1999;32:719-27. doi: 10.1590/S0100-879X1999000600007
18. Souza H, Rocha T, Pessoa M, Rattes C, Brandão D, et al. Effects of inspiratory muscle training in elderly women on respiratory muscle strength, diaphragm thickness and mobility. *J Gerontol Ser A: Biomed Sci Med Sci.* 2014;69(12):1545-53. doi: 10.1093/gerona/glu182
19. Michel-Chávez A, Estañol B, Gien-López JÁ, Robles-Cabrera A, Huitrado-Duarte ME, et al. Variabilidade da frequência cardíaca e da pressão arterial sistólica em diabéticos com diagnóstico recente. *Arq Bras Cardiol.* 2015;105:276-84. doi: 10.5935/abc.20150073
20. Malik M, Camm AJ, Bhj. Heart rate variability and clinical cardiology. *Br Heart J.* 1994;71(1):3. doi: 10.1136/hrt.71.1.3
21. Tarvainen MP, Ranta-Aho PO, Karjalainen PAJ. An advanced detrending method with application to HRV analysis. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2002;49(2):172-5. doi: 10.1109/10.979357
22. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation.* 1996;93(5):1043-65.
23. Bernardi L, Porta C, Gabutti A, Spicuzza L, Sleight P. Modulatory effects of respiration. *Auton Neurosci.* 2001;90(1-2):47-56. doi: 10.1016/S1566-0702(01)00267-3
24. Shamsuzzaman AS, Somers VKJA. Cardiorespiratory interactions in neural circulatory control in humans. *Ann New York Acad Sci.* 2001;940(1):488-99. doi: 10.1111/j.1749-6632.2001.tb03700.x
25. Yasuma F, Hayano J-iJC. Respiratory sinus arrhythmia: why does the heartbeat synchronize with respiratory rhythm? *Chest.* 2004;125(2):683-90. doi: 10.1378/chest.125.2.683
26. Seals DR, Chase PBJJ. Influence of physical training on heart rate variability and baroreflex circulatory control. *J Appl Physiol.* 1989;66(4):1886-95. doi: 10.1152/jap.1989.66.4.1886
27. Shi X, Stevens GH, Foresman BH, Stern SA, Raven PB. Autonomic nervous system control of the heart: endurance exercise training. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(10):1406-13.