

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EXERCÍCIO
E ESPORTE

Mariana Balbi Seixas

EFEITO DO EXERCÍCIO MUSCULAR INSPIRATÓRIO SOBRE A MODULAÇÃO
AUTÔNOMICA CARDÍACA EM IDOSOS

Juiz de Fora

2017

Mariana Balbi Seixas

**EFEITO DO EXERCÍCIO MUSCULAR INSPIRATÓRIO SOBRE A MODULAÇÃO
AUTONÔMICA CARDÍACA EM IDOSOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, área de concentração: Exercício e Esporte, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Lilian Pinto da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Mateus Camaroti Laterza

Juiz de Fora

2017

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Seixas, Mariana Balbi.

Efeito do exercício muscular inspiratório sobre a modulação autonômica cardíaca em idosos / Mariana Balbi Seixas. -- 2017. 63 f.

Orientadora: Lilian Pinto da Silva

Coorientador: Mateus Camaroti Laterza

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Universidade Federal de Viçosa, Faculdade de Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2017.

1. Envelhecimento. 2. Exercícios respiratórios. 3. Sistema nervoso autônomo. 4. Frequência cardíaca. I. Silva, Lilian Pinto da, orient. II. Laterza, Mateus Camaroti, coorient. III. Título.

Mariana Balbi Seixas

**EFEITO DO EXERCÍCIO MUSCULAR INSPIRATÓRIO SOBRE A MODULAÇÃO
AUTÔNOMICA CARDÍACA EM IDOSOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, área de concentração: Exercício e Esporte, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

Aprovada em 14 de julho de 2017

BANCA EXAMINADORA

Dra. Lilian Pinto da Silva - Orientadora
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Luiz Carlos Marques Vanderlei
Universidade Estadual Paulista

Dr. Maycon de Moura Reboredo
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico este trabalho aos meus amados pais, José Carlos e Maria Alice, que tiveram a sensibilidade de perceber desde cedo meu desejo de buscar o conhecimento e cultivaram em mim a paixão pelos estudos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, **José Carlos Inácio Seixas** e **Maria Alice Balbi Seixas**, pelo imenso amor, a base de qualquer caminhada. Pelo cuidado, incentivo e por todo o sacrifício necessário para que hoje eu pudesse estar aqui. Eterna gratidão...

Aos meus irmãos, **Rachel Balbi Seixas** e **Thiago Balbi Seixas**, sempre presentes. Grandes parceiros e exemplos em minha vida.

Ao meu afilhado **Tiaguinho**, pois mesmo sem saber e compreender, foi uma importante fonte de energia positiva e leveza, fundamentais para o alcance deste objetivo.

Ao meu amado esposo, **Bruno Landim Dutra**, por toda a compreensão nos momentos de ausência, pelo carinho nas horas mais necessárias e por ser meu companheiro de vida. Desejo poder retribuir todo amor dispensado a mim.

Aos amigos da FacFisio, que sempre me apoiaram e tornaram meus dias mais divertidos e prazerosos.

À Faculdade de Fisioterapia, meu querido local de trabalho, presente que a vida me deu. Agradeço pelo apoio ao longo desses dois anos de mestrado, o que possibilitou a conclusão deste importante passo em minha carreira.

Ao **Professor Dr. Fernando Marques de Almeida Nogueira**, que foi grande parceiro neste projeto. Sou grata pela inestimável ajuda e pela paciência ao me ensinar.

Aos amigos da Unidade de Investigação Cardiovascular e Fisiologia do Exercício, por todo o conhecimento compartilhado e pela convivência agradável. Em especial, agradeço à **Dr^a. Isabelle Freitas Guedes**, pela disponibilidade, atenção e pelo exemplo de pessoa e pesquisadora. Ao **Professor Pedro Augusto Mira**, por todos os conhecimentos transmitidos e pela paciência e carinho nos momentos em que precisei de auxílio. À minha companheira de coletas, **Joice Gomide**, por dividir comigo os momentos de ansiedade e insegurança e por contribuir para meu crescimento profissional e pessoal.

Ao meu querido amigo **Leonardo Barbosa de Almeida**, pelo companheirismo de sempre, pelos ensinamentos, conselhos e carinho de irmão. Sem suas palavras de apoio eu não teria chegado até aqui.

Ao **Dr. Tiago Peçanha**, pelas valiosas discussões que muito ajudaram na construção deste trabalho.

Ao meu co-orientador, **Professor Dr. Mateus Camaroti Laterza**, pela oportunidade de convivência que contribuiu sobremaneira para meu crescimento científico. Sou grata pela confiança depositada em mim e pela atenção durante a realização deste trabalho.

Ao **Professor Dr. Daniel Godoy Martinez**, pela colaboração em cada etapa do projeto, por todas as contribuições neste trabalho e pelo bom-humor que muitas vezes reavivou meu ânimo.

À **Professora Dr^a. Gabriela Alves Trevizani**, pela participação não apenas neste trabalho, mas em minha formação acadêmica desde a iniciação científica. Sou muito grata por todos os ensinamentos.

Aos Professores **Dr. Luiz Carlos Marques Vanderlei** e **Dr. Maycon Moura Reboredo**, referências nesta área de pesquisa, por aceitarem participar da banca examinadora. Agradeço pela disponibilidade, pelas contribuições e por compartilharem conosco seus conhecimentos.

Aos mestrandos da turma de 2015, pela convivência prazerosa, pelas risadas e momentos inesquecíveis vividos nestes dois anos de curso. Sentirei saudades.

Aos funcionários da Faculdade de Educação Física e do Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora, locais onde passei boa parte do meu tempo durante estes dois anos. Agradeço pela presteza e comprometimento com a formação de todos os alunos.

A todos os Professores do Programa de Mestrado em Educação Física da UFJF, por compartilharem seus conhecimentos e suas ricas experiências profissionais.

A cada voluntário que participou deste estudo. Serei eternamente grata pela contribuição e compromisso que tiveram com esta pesquisa. Sem pessoas generosas como vocês, a pesquisa científica certamente não evoluiria. Parabéns pela participação e muito obrigada.

À minha orientadora, **Professora Dr^a. Lilian Pinto da Silva**, não poderia deixar de agradecer imensamente. Muito além de orientar a realização desta pesquisa, norteou cada passo que dei nesta trajetória, com ética e carinho. Obrigada pela amizade construída e pela convivência que, certamente, me fez uma profissional e pessoa melhor. Agradeço pelos conselhos que levarei para o resto da vida e pelo ânimo quando me faltou.

A todos os amigos e familiares que de alguma forma, seja em pensamento, palavras ou ações, contribuíram para que este objetivo fosse alcançado.

Finalmente, à Deus, que é o grande autor desta história. Agradeço por esta benção recebida, por este sonho realizado. Sou grata por todas estas pessoas colocadas em meu caminho que participaram desta conquista.

Obrigada!

“Considera o trabalho o melhor meio para progredir. Quem não trabalha, entrega-se à paralisia moral e espiritual[...]. O trabalho é vida”.

Joanna de Ângelis

RESUMO

O treinamento muscular inspiratório promove efeitos crônicos positivos sobre variáveis fisiológicas em diferentes populações, incluindo idosos. No entanto, o conhecimento dos efeitos agudos cardiovasculares promovidos pelo exercício muscular inspiratório (EMI) ainda é escasso. Considerando-se que o envelhecimento fisiológico prejudica a modulação autonômica cardíaca e que esta é visivelmente afetada pela respiração, torna-se relevante investigar as respostas aguda e tardia de uma sessão de EMI sobre o controle autonômico dos batimentos cardíacos em idosos. Para isso, quinze idosos não tabagistas e sedentários, foram submetidos aleatoriamente à duas sessões de exercício: EMI de moderada intensidade (40% da pressão inspiratória máxima) e *Sham* (sem carga resistiva). A modulação autonômica cardíaca foi avaliada pelas seguintes medidas de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) calculadas nos domínios do tempo e da frequência: duração média dos intervalos R-R normais (MNN), desvio padrão dos intervalos R-R normais (SDNN), raiz média quadrática da diferença entre intervalos R-R normais sucessivos (RMSSD), potências espectrais de baixa (LF) e alta frequência (HF), em unidades absolutas (ms^2) e normalizadas (u.n.), e razão LF/HF. O efeito agudo foi estudado pela comparação das medidas de VFC obtidas a partir do sinal do eletrocardiograma (ECG) de curta duração na condição basal (antes do exercício) e na recuperação por uma hora pós-exercício (Rec 1 = 10' - 15'; Rec 2 = 25' - 30'; Rec 3 = 40' - 45' e Rec 4 = 55' - 60'). O efeito tardio foi investigado pela análise das medidas de VFC obtidas pelo sinal do ECG de longa duração, coletado por equipamento de monitorização ambulatorial, comparando cada hora após a colocação do aparelho em relação à primeira hora, e também os períodos de vigília-noite (18:00 às 21:00), sono (00:00 às 05:00) e vigília-dia (08:00 às 14:00), determinados pelos registros nos diários dos participantes. O teste de análise de variância de duas entradas para medidas repetidas, seguido do *post hoc* de Tukey, foi empregado para todas as comparações, sendo considerado nível de significância $\alpha = 5\%$. Adicionalmente, foi calculado o tamanho do efeito (d de Cohen) para avaliação da magnitude do efeito agudo observado em cada sessão de exercício. Agudamente houve aumento significativo do MNN ($P < 0,001$) durante toda a recuperação. Além disso, as medidas SDNN ($P = 0,01$), RMSSD ($P < 0,001$) e as potências espectrais LF (ms^2) ($P < 0,001$) e HF (ms^2) ($P < 0,001$) aumentaram significativamente a partir da Rec 2 em comparação ao basal. Não foram encontradas diferenças para as demais medidas, bem como entre as sessões de exercício para nenhuma variável. A análise do d de Cohen mostrou que a carga moderada potencializou o efeito agudo observado nas medidas de VFC. De forma tardia, as intervenções não promoveram efeitos significativos na modulação

autonômica cardíaca, já que as alterações observadas ao longo das horas subsequentes às sessões de exercício e nos períodos de sono e vigílias relacionam-se às mudanças inerentes ao ritmo circadiano: aumento de medidas que refletem a modulação vagal durante o sono. Assim, concluiu-se que uma sessão EMI de moderada intensidade promove melhora aguda da modulação autonômica cardíaca e não gera efeitos tardios significativos nas medidas de VFC em idosos.

Descritores: Envelhecimento. Exercícios respiratórios. Sistema nervoso autônomo. Frequência cardíaca.

ABSTRACT

Inspiratory muscle training promotes positive chronic effects on physiological variables in different populations, including the elderly. However, knowledge is scarce in relation to the acute cardiovascular effects promoted by the inspiratory muscle exercise (IME). Considering that physiological aging impairs cardiac autonomic modulation and that it is noticeably affected by breathing, it becomes relevant to investigate the acute and late responses of a single IME session on the autonomic control of the heart beats in elderly. Fifteen non-smokers and sedentary elderly were randomly assigned to two exercise sessions: moderate intensity IME (40% maximal inspiratory pressure) and Sham (no resistive load). Cardiac autonomic modulation was assessed by the following measures of heart rate variability (HRV) calculated in time and frequency domains: mean duration of normal RR intervals (MNN), standard deviation of normal RR intervals (SDNN), root of the mean square differences of successive normal RR intervals (RMSSD), power of the spectral bands of low (LF) and high (HF) frequencies in absolute (ms^2) and normalized (n.u.) units, and LF/HF ratio. The acute effect was studied by comparing the HRV measures obtained from the short-term electrocardiogram (ECG) signal at baseline (before exercise) and for one hour post-exercise recovery (Rec 1 = 10'- 15'; Rec 2 = 25'- 30'; Rec 3 = 40'- 45' and Rec 4 = 55'- 60'). The late effect was investigated by the analysis of the HRV measures obtained from the long-term ECG signal, collected continuously by ambulatory monitoring equipment, comparing every hour after the device was placed in relation to the first hour, and also between the periods wake-night (18:00 to 21:00), sleep (00:00 to 05:00) and wake-day (08:00 to 14:00), determined by the participant's records. The two-factor analysis of variance with repeated measures was used for all comparisons, followed by Tukey's post hoc, and significance level $\alpha = 95\%$ was considered. In addition, the effect size (Cohen's d) was calculated to assess the magnitude of the acute effect observed in each exercise session. There was a significant increase in MNN ($P < 0.001$) throughout the recovery. In addition, SDNN ($P = 0.01$) and RMSSD ($P < 0.001$) measures and LF (ms^2) ($P < 0.001$) and HF (ms^2) ($P < 0.001$) spectral bands increased significantly from Rec 2 compared to baseline. No differences were found for the other HRV measures, as well as between the exercise sessions for neither variable. The analysis of Cohen's d showed that the moderate load potentiated the acute effect observed in HRV measures. Late, interventions did not promote significant effects on cardiac autonomic modulation, since the changes observed during the hours following the exercise sessions and in the sleep and wake periods are related to the changes inherent to the circadian rhythm: increase of measures that reflect vagal

modulation during sleep. Thus, it was concluded that a single moderate-intensity IME session promotes an acute improvement in cardiac autonomic modulation and does not generate significant late effects on HRV measures in elderly men.

Keywords: Aging. Breathing exercises. Autonomic nervous system. Heart rate.

LISTA DE FIGURAS

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Figura 1	Arritmia sinusal respiratória	23
-----------------	-------------------------------------	----

2 ARTIGO

Figura 1	Protocolo experimental	31
-----------------	------------------------------	----

Figura 2	Comparação das variáveis entre a condição basal e a recuperação pós-exercício nas sessões de EMI de moderada intensidade e <i>Sham</i>	36
-----------------	--	----

Figura 3	Comparação das variáveis entre as sessões de EMI de moderada intensidade e <i>Sham</i> obtidos pelo sinal de longa duração	38
-----------------	--	----

LISTA DE TABELAS

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Tabela 1	Descrição e interpretação fisiológica das medidas da variabilidade da frequência cardíaca	24
-----------------	---	----

2 ARTIGO

Tabela 1	Caracterização da amostra	34
Tabela 2	Frequência respiratória (ipm) na condição basal e na recuperação pós-exercício.....	35
Tabela 3	Frequência cardíaca e variabilidade da frequência cardíaca nos períodos de vigília-noite, sono e vigília-dia nas sessões EMI de moderada intensidade e <i>Sham</i>	40

SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.1	O ENVELHECIMENTO	15
1.1.1	Principais alterações no sistema cardiovascular decorrentes do envelhecimento	15
1.1.2	Principais alterações no sistema muscular decorrentes do envelhecimento	16
1.1.3	Principais alterações no sistema respiratório decorrentes do envelhecimento.....	17
1.2	EXERCÍCIO MUSCULAR INSPIRATÓRIO	18
1.2.1	Visão Geral	18
1.2.2	Aplicabilidade	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1	VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA	22
3	JUSTIFICATIVA	25
4	OBJETIVOS	26
5	ARTIGO	27
	▪ Introdução	27
	▪ Materiais e Métodos	28
	▪ Resultados	34
	▪ Discussão	41
	▪ Conclusão	45
6	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICES	52
	ANEXOS	58

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1 O ENVELHECIMENTO

O crescimento da população idosa é um fenômeno mundial e o Brasil acompanha essa tendência de aumento progressivo da longevidade (VERAS, 2009). Não há consenso sobre a idade cronológica em que se inicia a chamada Terceira Idade, porém o Estatuto do Idoso classifica como idosa a pessoa com idade igual ou superior a 60 anos, embora o início da velhice varie conforme as condições locais de desenvolvimento humano (BRASIL, 2003).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015), a esperança de vida ao nascer no Brasil aumentou de 62,6 anos em 1980 para 71,3 anos em 2003 e há estimativa de que população idosa possa atingir o número de 41,5 milhões em 2030. Diante disso, é fundamental conhecer as mudanças fisiológicas decorrentes do envelhecimento, suas implicações e possíveis estratégias de intervenção para agregar qualidade aos anos adicionais de vida.

O envelhecimento biológico é um processo contínuo que cursa com declínio progressivo de todos os processos orgânicos em decorrência de alterações estruturais e funcionais em vários sistemas do organismo, incluindo os sistemas cardiovascular, muscular e respiratório (JANSSENS, PACHE, NICOD, 1999; KHAN, SINGER, VAUGHAN, 2017; NOBREGA *et al.*, 1999).

1.1.1. Principais alterações no sistema cardiovascular decorrentes do envelhecimento

As alterações na estrutura e função do sistema cardiovascular decorrentes do processo de envelhecimento fisiológico podem comprometer suas respostas adaptativas e prejudicar a eficácia das respostas efetoras às ativações centrais e/ou reflexas (FOLKOW, SVANBORG, 1993).

De forma geral, observa-se que as grandes artérias tornam-se enrijecidas com o envelhecimento, principalmente em função da diminuição do conteúdo elástico, deposição de colágeno e calcificação da camada íntima, culminando em redução da luz do vaso sanguíneo. Além disso, os barorreceptores tornam-se menos sensíveis às variações pressóricas e há menor disponibilidade de agentes vasodilatadores, como o óxido nítrico (ARONOW *et al.*, 2011; FERRARI, RADAELLI, CENTOLA, 2003; NEGRÃO, BARRETO, 2010).

O coração envelhecido apresenta aumento da espessura da parede do ventrículo esquerdo e do tamanho dos cardiomiócitos, sem elevação da massa cardíaca total (LAKATTA, 2002; STRAIT, LAKATTA, 2012). O sistema de condução elétrica do coração também sofre importantes alterações com o passar dos anos, como o aumento do conteúdo de tecido elástico e colágeno, acúmulo de gordura em torno do nodo sinusal e calcificação das câmaras cardíacas, o que aumenta o risco de bloqueio na condução do impulso atrioventricular. Ao mesmo tempo, ocorre redução do número de células autoexcitáveis do nodo sinusal, diminuição da atividade vagal e, conseqüentemente, aumento da prevalência de arritmias atriais e ventriculares na população idosa (STRAIT, LAKATTA, 2012).

A modulação exercida pelo sistema nervoso autônomo sobre o coração também está prejudicada no idoso que apresenta menor responsividade adrenérgica, além de estar sob menor domínio vagal (STRAIT, LAKATTA, 2012; STRATTON *et al.*, 2003). Nesse sentido, vários trabalhos encontraram redução das variações dos intervalos entre os batimentos cardíacos (iRR) com o avançar da idade, indicando uma correlação negativa entre idade e variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (DE MEERSMAN, STEIN, 2007; JENSEN-URSTAD *et al.*, 1997; KUO *et al.*, 1999; MELO *et al.*, 2005; WADDINGTON, MACCULLOCH, SAMBROOKS, 1979).

Apesar de todos esses prejuízos, não há comprometimento significativo da função cardíaca dos idosos na condição de repouso. Porém, durante o exercício físico, idosos apresentam redução da tolerância e diminuição do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$). A queda no $VO_{2máx}$ tem início aos 20-30 anos de idade e reduz cerca de 10% a cada década de vida. Embora parte desta diminuição esteja relacionada às alterações periféricas que levam à prejuízo na captação e distribuição de oxigênio e, conseqüentemente, na diferença arteriovenosa de oxigênio, o débito cardíaco também reduz com o envelhecimento. (STRAIT, LAKATTA, 2012).

1.1.2 Principais alterações no sistema muscular decorrentes do envelhecimento

A maturidade neuromuscular nos humanos é atingida entre os 20 e 30 anos de idade e, a partir da quarta década de vida, as alterações musculares têm início (NOBREGA *et al.*, 1999). Dentre as principais alterações pode-se destacar a sarcopenia que cursa com perda da massa e, conseqüentemente, força muscular em função da redução do número de fibras musculares, sobretudo as do tipo II. Além disso, ocorre diminuição de proteínas contráteis e disfunção mitocondrial com o aumento da idade (NAIR, 2005).

Essas mudanças estruturais estão associadas à fraqueza, endurance reduzida e aumento da resistência insulínica. Tudo isso pode contribuir para aumentar a inatividade física em idosos e diminuir o gasto energético total, elevando a prevalência de obesidade, especialmente em decorrência do acúmulo de gordura abdominal, e contribuindo para o desenvolvimento de doenças cardiometabólicas (NAIR, 2005).

1.1.3 Principais alterações no sistema respiratório decorrentes do envelhecimento

O sistema respiratório também se modifica com o avançar da idade, culminando em redução progressiva da função pulmonar máxima. Em idosos saudáveis a limitação ventilatória não é aparente no repouso, mas pode tornar-se evidente durante o exercício físico (NEGRÃO, BARRETO, 2010).

Dentre as alterações decorrentes da senescência observadas nesse sistema, destacam-se a redução do recolhimento elástico do pulmão e diminuição da complacência da caixa torácica, resultando em *air-trapping* estático, aumento da capacidade residual funcional e do trabalho respiratório (JANSSENS, PACHE, NICOD, 1999). A sensibilidade do centro respiratório à hipóxia e hipercapnia está reduzida no idoso o que resultará em diminuição da resposta ventilatória em casos de doença aguda. Além disso, a força da musculatura respiratória também está prejudicada (ENRIGHT *et al.*, 1994; JANSSENS, PACHE, NICOD, 1999).

Nesse sentido, Neder *et al.* (1999), formularam equações de valores preditivos para a pressão inspiratória máxima (Pimax) e pressão expiratória máxima (Pemax) para homens e mulheres brasileiros de 20 a 80 anos e verificaram que a força muscular respiratória tem uma correlação fortemente negativa com a idade (NEDER *et al.*, 1999). Essa diminuição é consequência não somente da sarcopenia, mas também de alterações na configuração do tórax e em sua complacência, que prejudicam o posicionamento diafragmático e a geração de força, além da menor resposta dos músculos à estimulação neural, alterações nos níveis de proteínas musculares e da função mitocondrial (JANSSENS, PACHE, NICOD, 1999; SIMÕES *et al.*, 2007).

Dessa forma, intervenções que objetivam aumento da força e endurance muscular respiratória, como o treinamento muscular inspiratório (TMI), são de extrema importância para esta população.

1.2 EXERCÍCIO MUSCULAR INSPIRATÓRIO

1.2.1 Visão geral

Assim como todos os músculos esqueléticos, os músculos respiratórios podem melhorar sua função em resposta ao treinamento físico tendo em vista os princípios universais da sobrecarga, especificidade, individualidade e reversibilidade (MCCONNELL, 2013). Sendo assim, programas de exercícios musculares inspiratórios (EMI) tem como objetivo primário o aumento da força ou da resistência muscular inspiratória (MACHADO, 2008; MCCONNELL, 2013). Para isso, as três principais formas de treinamento muscular inspiratório mais empregadas são: hiperpnéia isocápnica, treinamento com resistores alineares e lineares (GÖHL *et al.*, 2016). Além disso, vários são os equipamentos disponíveis atualmente para o treinamento dos músculos inspiratórios: Pflex, SpiroTiger, TrainAir, Threshold e PowerBreathe (MCCONNELL, 2013)

Para o treinamento da resistência dos músculos inspiratórios emprega-se a técnica de hiperpnéia isocápnica voluntária em que o indivíduo hiperventila por determinado tempo (em torno de 15 a 30 minutos) objetivando alcançar volume minuto estipulado previamente. Para aumento específico da força dessa musculatura utiliza-se método semelhante ao levantamento de pesos, impondo resistência à respiração por meio de dispositivos de carga alinear ou linear (MACHADO, 2008; MCCONNELL, 2013).

De acordo com recente revisão da literatura sobre o uso do TMI nas doenças cardíacas, grande parte dos trabalhos científicos publicados utilizaram dispositivos com resistores lineares, em que a carga resistiva é pré-determinada e independe do fluxo aéreo inspiratório do indivíduo, sendo o equipamento mais usado o Threshold® IMT (Philips Respironics, Andover, MA, USA) (CAHALIN *et al.*, 2013). Além deste, atualmente o dispositivo POWERbreathe® (HaB International Ltd, Southam, UK) vem sendo empregado em pesquisas científicas e na prática clínica (ARCHIZA *et al.*, 2013; PLENTZ *et al.*, 2014; RAMOS *et al.*, 2015). Embora os dois produtos possuam o suporte extensivo de pesquisas de alta qualidade, algumas vantagens do POWERbreathe® podem ser destacadas, como: maior intervalo de carga oferecido para treinamento e a separação das vias de fluxo inspiratório e expiratório para que a válvula inspiratória seja protegida do ar úmido exalado. No entanto, uma desvantagem é o maior custo deste equipamento (MCCONNELL, 2013).

Além da escolha do equipamento apropriado para o treinamento dos músculos inspiratórios é importante potencializar o estímulo para atingir melhores resultados. Executar

um bom padrão respiratório combinando fluxos, volumes e tempos respiratórios adequados durante o treinamento e realizar uma boa técnica respiratória com foco no músculo diafragma são passos fundamentais (MCCONNELL, 2013). Vários estudos empregaram a instrução da técnica da respiração diafragmática em seus protocolos de treinamento, visto que o diafragma é o músculo mais ativado durante o ato de respirar e parte central da inspiração contra resistência (FERREIRA *et al.*, 2013; MCCONNELL, 2013; SILVA *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2014). Quando realizada de forma correta, a respiração diafragmática resultará no movimento frontal e lateral das costelas e projeção do abdome para frente durante a inspiração, enquanto a expiração será relaxada, sem atividade muscular (MCCONNELL, 2013).

1.2.2. Aplicabilidade

Programas de EMI têm sido aplicados em populações com diferentes agravos, incluindo insuficiência cardíaca congestiva (PLENTZ *et al.*, 2012), doença pulmonar obstrutiva crônica (CRISAFULLI *et al.*, 2007), doenças neuromusculares (MCCOLL, TZELEPIS, 1995), hipertensão arterial (FERREIRA *et al.*, 2013; JONES, SANGTHONG, PACHIRAT, 2010) e diabetes mellitus (KAMINSKI *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2012). Além de promover melhora da força muscular inspiratória, esta modalidade de exercício físico parece ser uma ferramenta promissora para melhoria da saúde geral, considerando-se que tem promovido benefícios para a qualidade de vida, capacidade funcional, resistência à insulina, níveis pressóricos, controle autonômico cardíaco e outros. Ao mesmo tempo, esta forma de intervenção também tem sido aplicada em indivíduos saudáveis, sobretudo nos de menor aptidão física e atletas de esportes de longa duração, a fim de aprimorar o desempenho físico (ILLI *et al.*, 2012).

De forma semelhante, em idosos, o treinamento da musculatura inspiratória tem benefícios comprovados na força muscular respiratória (AZNAR-LAIN *et al.*, 2007; MILLS *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2014), capacidade física (AZNAR-LAIN *et al.*, 2007; WATSFORD; MURPHY, 2008), autonomia funcional (FONSECA *et al.*, 2010), espessura e mobilidade diafragmática (SOUZA *et al.*, 2014). Além disso, melhora na modulação autonômica cardíaca foi verificada em resposta à um programa de EMI realizado por mulheres idosas com síndrome metabólica (FERIANI *et al.*, 2017). No entanto, existe uma ampla variação entre os protocolos de treinamento utilizados nesta população. De forma geral, utilizam-se séries de 15 a 30 respirações (totalizando, em média, 15 a 30 minutos diários de exercícios), 3 a 7 vezes por semana por 6 a 10 semanas com cargas de 30 a 60% da Pimax

(AZNAR-LAIN *et al.*, 2007; MILLS *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2014; WATSFORD; MURPHY, 2008).

Os efeitos fisiológicos do exercício físico podem ser classificados em agudos ou respostas (acontecem em associação direta com a sessão de exercício nos minutos ou horas posteriores à sua realização) e crônicos ou adaptações (resultam da exposição frequente e regular ao exercício) (GODOY *et al.*, 1997). Embora os efeitos crônicos (adaptações) promovidos pelo TMI sobre os sistemas orgânicos já tenham sido evidenciados na literatura em diferentes populações, conforme elucidado anteriormente, poucos foram os trabalhos desenvolvidos até o momento que investigaram as respostas (efeitos agudos) hemodinâmicas e autonômicas à uma sessão de EMI.

Nesse sentido, Calabrese *et al.* (2000) observaram aumento dos componentes espectrais em altas e baixas frequências da VFC durante o exercício respiratório a medida que havia incremento da carga imposta durante todo o ciclo respiratório em indivíduos saudáveis. Outro estudo realizado com remadores altamente treinados submetidos a protocolo de repetições máximas respiratórias com diferentes intensidades (50%, 60%, 70%, 80% e 90% da Pimax) mostrou que, apesar de todas provocarem aumentos da frequência cardíaca (FC), somente cargas a partir de 60% da Pimax provocaram aumento sustentado da pressão arterial média (PAM), pressão arterial diastólica (PAD) e pressão arterial sistólica (PAS) (MCCONNELL, GRIFFITHS, 2010). Da mesma forma, um estudo desenvolvido por Plentz *et al.* (2014) com jovens saudáveis concluiu que o EMI altera a modulação autonômica cardíaca de forma dependente da intensidade do exercício. Rodrigues *et al.* (2013) também investigaram os efeitos cardíacos agudos promovidos pelo EMI em jovens tabagistas e verificaram que uma sessão de EMI de baixa intensidade (30% da Pimax) foi capaz de reduzir a PAS e melhorar a modulação autonômica dos batimentos cardíacos, avaliada por meio de medidas de VFC, após 15 minutos de recuperação.

Apenas dois trabalhos investigando as respostas ao EMI em idosos foram publicados até o momento. Archiza *et al.* (2013) demonstraram que cargas mais baixas de EMI (quatro minutos de EMI com 30% e 60% da Pimax) produziram maior VFC durante a intervenção quando comparada à carga mais elevada (quatro minutos de EMI com 80% da Pimax). Neste trabalho a melhora da VFC foi demonstrada por meio do aumento das medidas que refletem a modulação vagal sobre o coração. Recentemente, Ramos *et al.* (2015) avaliaram as respostas hemodinâmicas e eletrocardiográficas à uma sessão de EMI (2 séries de 15 respirações por minuto com 30% Pimax) em pacientes idosos atendidos em um Programa de Reabilitação Cardiopulmonar. Os autores verificaram ausência de mudanças significativas das variáveis

avaliadas durante o protocolo experimental, porém arritmias de baixa complexidade foram verificadas em alguns pacientes, além de raras mudanças no segmento ST do eletrocardiograma.

Os dois estudos supracitados avaliaram as respostas agudas do EMI em idosos, no entanto, os protocolos utilizados não são aplicáveis à prática clínica visando às adaptações benéficas do treinamento (intervenções de curta duração com poucas repetições), diferindo-se muito daqueles que demonstraram efeitos crônicos nessa população de estudo. Somado a isso, as variáveis foram medidas apenas durante ou imediatamente após a sessão de exercício, além de não possuírem um grupo controle nesses trabalhos.

Dessa forma, torna-se relevante o desenvolvimento de estudos clínicos controlados e randomizados para investigação das respostas fisiológicas agudas desencadeadas por um protocolo de EMI que seja aplicável à prática clínica e que possa contribuir para aumentar a segurança do profissional da saúde ao prescrever e da população idosa ao realizar este tipo de exercício.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

A frequência cardíaca varia batimento a batimento durante o ritmo cardíaco sinusal. Essa variação que ocorre espontaneamente entre batimentos cardíacos sucessivos resulta da dinâmica entre mecanismos fisiológicos múltiplos que regulam a FC instantânea sendo modulada, principalmente, pelo sistema nervoso autônomo (SNA) (BILCHICK, BERGER, 2006; TASK FORCE, 1996). A variabilidade da frequência cardíaca é amplamente utilizada como uma ferramenta não-invasiva para investigação da modulação autonômica sobre o nódulo sinusal (TASK FORCE, 1996).

A análise da VFC é realizada a partir de medidas calculadas por meio de métodos não lineares e métodos lineares, no domínio do tempo e da frequência, sendo utilizadas séries temporais de batimentos cardíacos ou de intervalos RR (iRR) construídos a partir da detecção das ondas R presentes em registros eletrocardiográficos de curta (minutos) e longa (24 horas) duração (TASK FORCE, 1996, VANDERLEI *et al.*, 2009).

As medidas no domínio do tempo são obtidas por meio de cálculos estatísticos e geométricos, os quais exploram a variabilidade dos iRR considerando os valores absolutos de todos os intervalos ou a diferença entre intervalos sucessivos. Os resultados são expressos em unidade de tempo (milissegundos) e as principais medidas calculadas a partir da série temporal de iRR normais (iNN) são: MNN (média dos iNN), SDNN (desvio padrão dos iNN), RMSSD (raiz média quadrática das diferenças de batimentos sucessivos de origem sinusal); pNN50 (porcentagem de iNN sucessivos cuja diferença de duração entre os mesmos é maior que 50ms) (TASK FORCE, 1996, VANDERLEI *et al.*, 2009).

Para a análise da VFC no domínio da frequência ou análise espectral, utiliza-se a quantificação da densidade espectral de potência para decompor a série temporal de iRR em componentes oscilatórios fundamentais, sendo os principais: componente de ultra-baixa frequência - ULF ($< 0,003$ Hz), presente apenas em séries temporais de longa duração; componente de muito-baixa frequência - VLF (0,003 - 0,04 Hz); componente de baixa frequência - LF (0,04 - 0,15 Hz) e componente de alta frequência - HF (0,15 - 0,40 Hz). Para o estudo da VFC são consideradas as bandas LF e HF que podem ser expressas em valores absolutos de potência (ms^2) ou em unidades normalizadas (u.n.). As medidas em unidades normalizadas representam o valor relativo da amplitude das componentes de frequência, presentes nessas bandas, em proporção à potência total do espectro sem a interferência da banda

VLF, cujos valores variam entre 0 e 100. Além disso, calcula-se a razão LF/HF, cujo resultado é interpretado como um indicador do balanço simpato-vagal (TASK FORCE, 1996, VANDERLEI *et al.*, 2009).

As medidas de VFC calculadas nos domínios do tempo e da frequência que serão utilizados neste trabalho estão apresentados na tabela 1, assim como sua interpretação fisiológica.

Diante desta temática, é importante salientar que a respiração é um dos fatores determinantes nas oscilações da FC, sendo um poderoso modulador da VFC (BERNARDI *et al.*, 2001a; SHAMSUZZAMAN, SOMERS, 2001). De fato, já foi demonstrado que a duração dos iRR diminui durante a inspiração e aumenta na expiração (YASUMA, HAYANO, 2004). Este fenômeno biológico é conhecido como arritmia sinusal respiratória (figura 1), sendo uma interação cardiorrespiratória caracterizada por flutuações em fase da FC instantânea associadas ao ciclo respiratório (GROSSMAN, TAYLOR, 2007).



Figura 1. Arritmia sinusal respiratória

Sinal eletrocardiográfico (ECG) e respiratório (RESP) obtidos por meio de um sistema de aquisição de sinais biológicos (Biopac®). A imagem ilustra o fenômeno da arritmia sinusal respiratória, pelo visível aumento do intervalo entre os batimentos cardíacos durante a expiração e redução dos mesmos na inspiração.

Fonte: A autora (2017)

Dessa forma é possível concluir que a manipulação do padrão respiratório pode provocar alterações nas respostas autonômicas cardíacas (BERNARDI *et al.*, 2001a; MOURYA *et al.*, 2009).

Tabela 1. Descrição e interpretação fisiológica das medidas da variabilidade da frequência cardíaca (TASK FORCE, 1996).

Domínio do Tempo		
Variável	Descrição	Interpretação Fisiológica
MNN	Média dos Inn	Inverso da frequência cardíaca
SDNN	Desvio padrão dos iNN	Reflete a participação de todos os componentes rítmicos responsáveis pela VFC sendo relacionada à modulação simpática e vagal
RMSSD	Raiz média quadrática das diferenças entre batimentos cardíacos sucessivos	Reflete as variações entre batimentos cardíacos sucessivos, produzidas pela modulação vagal
Domínio da Frequência		
LF ms ²	Componente espectral de baixa frequência em unidades absolutas	Reflete as variações dos iNN de baixa frequência relacionadas à mecanismos baroreflexos, representando ação conjunta da modulação simpática e vagal
HF ms ²	Componente espectral de alta frequência em unidades absolutas	Reflete as variações dos iNN de alta frequência, relacionadas à arritmia sinusal respiratória e mediadas exclusivamente pelo vago
LF (u.n.)	Componente espectral de baixa frequência em unidades normalizadas	Há controvérsia em relação ao seu significado fisiológico, mas comumente é associado à modulação simpática predominantemente
HF (u.n.)	Componente espectral de alta frequência em unidades normalizadas	Reflete a modulação vagal cardíaca
LF/HF	Razão entre os componentes espectrais de baixa e alta frequência	Reflete o balanço simpato-vagal cardíaco

3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Como visto, o emprego do TMI tem mostrado efeitos crônicos benéficos sobre diversas variáveis fisiológicas, inclusive melhora do controle autonômico em algumas populações. No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos agudos desta modalidade de exercício físico sobre o sistema cardiovascular.

Espera-se que ao realizar um exercício físico o organismo saia da sua homeostasia, ou seja, que ocorram perturbações, sobretudo ao sistema cardiovascular, a fim de atender as demandas orgânicas geradas por esta nova condição. Deste modo, o estresse desencadeado pelo exercício físico pode aumentar o risco cardiovascular, sobretudo em indivíduos susceptíveis.

Até o momento, apenas dois trabalhos investigando as respostas cardiovasculares de idosos submetidos ao EMI foram publicados e os protocolos utilizados não se enquadram à prescrição que tem sido convencionalmente empregada para que esta intervenção gere adaptações benéficas ao organismo. Considerando-se todo o exposto anteriormente, e ainda que o envelhecimento fisiológico prejudica a modulação autonômica cardíaca e que esta é visivelmente afetada pela respiração, torna-se relevante investigar os efeitos agudos de uma sessão de EMI sobre o controle autonômico dos batimentos cardíacos em idosos.

4 OBJETIVOS

-Geral:

Avaliar a resposta autonômica cardíaca de idosos submetidos a uma sessão de exercício muscular inspiratório de moderada intensidade por meio da variabilidade da frequência cardíaca.

-Específicos:

Analisar o efeito agudo (primeira hora após a intervenção) e tardio (período de 24 horas após a intervenção) de uma sessão de exercício muscular inspiratório de moderada intensidade, por meio da variabilidade da frequência cardíaca, em idosos.

5 ARTIGO

INTRODUÇÃO

O processo de envelhecimento promove uma série de alterações fisiológicas nos sistemas orgânicos (KHAN, SINGER, VAUGHAN, 2017), incluindo o sistema respiratório, que se modifica com o avançar da idade, culminando em redução progressiva da função pulmonar (JANSSENS, PACHE, NICOD, 1999). Esse comprometimento respiratório tem importante relação com as alterações musculares, sobretudo ao processo de sarcopenia, que também afeta os músculos respiratórios (JANSSENS, PACHE, NICOD, 1999; ENRIGHT, *et al.*, 1994). Dessa forma, intervenções que promovem aumento da força e da resistência muscular respiratória, como o treinamento muscular inspiratório (TMI), têm sido aplicadas à essa população (AZNAR-LAIN *et al.*, 2007; MILLS *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2014).

Outro importante prejuízo fisiológico causado pelo envelhecimento é a piora no controle autonômico dos batimentos cardíacos (GREISER *et al.*, 2009; STRAIT, LAKATTA, 2012), sendo observada uma relação linear e negativa entre a idade e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (ALMEIDA-SANTOS *et al.*, 2016; WADDINGTON, MACCULLOCH, SAMBROOKS, 1979). As medidas de VFC fornecem importante informação sobre a atuação dos sistemas nervoso simpático e vagal sobre o nodo sinusal (TASK-FORCE, 1996). Em geral, uma maior VFC é sinal de melhor adaptabilidade às necessidades do organismo à cada momento, indicando melhor condição de saúde (PUMPRLA *et al.*, 2002; VANDERLEI *et al.*, 2009), enquanto redução dessa medida está associada a pior prognóstico e aumento do risco cardiovascular e de mortalidade (DEKKER *et al.*, 1997; HILLEBRAND *et al.*, 2013; TSUJI *et al.*, 1996). Dado que o processo de envelhecimento fisiológico cursa com uma diminuição da VFC (GREISER *et al.*, 2009; WADDINGTON, MACCULLOCH, SAMBROOKS, 1979), intervenções que promovam melhora da modulação autonômica sobre o coração podem beneficiar a população idosa.

Alguns estudos têm evidenciado melhora do controle autonômico cardíaco, caracterizado por aumento da atividade vagal e redução da simpática sobre o nodo sinusal, em resposta à programas de exercício muscular inspiratório (EMI) aplicados a indivíduos de meia idade e idosos com comorbidades que cursam com alterações da modulação autonômica cardíaca, como pacientes hipertensos (FERREIRA *et al.*, 2013), com insuficiência cardíaca (MELLO *et al.*, 2012) e diabéticos (KAMINSKI *et al.*, 2015). Além disso, Feriani *et al.* (2017)

mostraram que um programa EMI realizado por sete dias foi capaz de melhorar medidas de VFC em grupo de idosos com síndrome metabólica.

No entanto, embora alguns trabalhos tenham verificado efeitos crônicos positivos de programas de EMI sobre o controle autonômico cardíaco, pouco se sabe sobre as possíveis repercussões que podem ocorrer no sistema cardiovascular de forma aguda a uma sessão desse exercício. Em idosos, apenas dois trabalhos investigando essas respostas foram publicados até o momento, cujos protocolos experimentais diferem-se amplamente daqueles que demonstraram efeitos crônicos nessa população, somado ao fato das variáveis desfecho terem sido avaliadas apenas durante ou imediatamente após a sessão de EMI (ARCHIZA *et al.*, 2013; RAMOS *et al.*, 2015).

Considerando-se que a modulação autonômica cardíaca é visivelmente afetada pela respiração (BERNARDI *et al.*, 2001a), e que ainda existe pouco conhecimento a respeito da resposta do controle autonômico dos batimentos cardíacos ao EMI, torna-se relevante o desenvolvimento de um estudo clínico controlado e randomizado a fim de estudar os efeitos agudo e tardio desencadeados por uma sessão de EMI sobre a VFC em idosos.

MATERIAIS E MÉTODOS

ASPECTOS ÉTICOS

Todos os procedimentos experimentais foram realizados na Unidade de Investigação Cardiovascular e Fisiologia do Exercício do Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora e todos os participantes leram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, elaborado de acordo com a Declaração de *Helsinki* e aprovado pelo comitê de ética em pesquisa com seres humanos do referido hospital (parecer nº 1.402.581).

AMOSTRA

Foram recrutados 18 homens com idade ≥ 60 anos, não tabagistas e sedentários há, no mínimo, 6 meses (prática de exercício físico menor ou igual a uma sessão por semana). A amostra de conveniência foi obtida a partir da divulgação da pesquisa por meio de material impresso, internet e rádio. Os critérios de exclusão adotados foram: alterações eletrocardiográficas detectadas durante a monitorização eletrocardiográfica de repouso (flutter ou fibrilação atrial, ectopias atriais ou ventriculares múltiplas e bloqueios atrioventriculares ou

ventriculares), relato de diagnóstico prévio de doenças do sistema cardiovascular ou respiratório, presença de limitações que inviabilizassem a realização do exercício físico proposto e uso de medicações que pudessem interferir nas variáveis fisiológicas investigadas. Três voluntários foram excluídos, sendo dois por questões pessoais que impediram a conclusão de todas as etapas do protocolo experimental e um por apresentar fibrilação atrial, portanto, participaram deste estudo quinze idosos.

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Conforme mostra a figura 1, o protocolo experimental foi composto por 3 visitas em dias não consecutivos, com intervalo mínimo de 3 e máximo de 7 dias entre elas, e sempre no período da tarde. Na primeira visita os voluntários foram submetidos à uma entrevista para investigação do histórico médico, incluindo presença de fatores de risco ou doença nos sistemas cardiovascular ou pulmonar, hábitos de vida e medicações em uso. Além disso, os voluntários passaram por: 1) avaliação física para mensuração da circunferência abdominal e da estatura e massa corporal para cálculo do índice de massa corporal (IMC); 2) monitorização eletrocardiográfica em repouso nas 12 derivações padrão (DI, DII, DIII, AVR, AVL, AVF, V1 a V6) na posição supina utilizando um monitor multiparamétrico modelo Dixtal 2023® (Amazônia, Brasil); 3) aferição da pressão arterial pelo método auscultatório seguindo as recomendações da VII Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial (MALACHIAS *et al.*, 2016), medida das frequências cardíaca e respiratória e ausculta pulmonar. Em seguida a força da musculatura respiratória foi avaliada utilizando um manovacuômetro digital (MVD-300, Globalmed, Porto Alegre, Brazil). A pressão inspiratória máxima (Pimax) foi obtida solicitando um esforço inspiratório máximo, após uma expiração completa sendo considerada, de três tentativas, a pressão mais negativa atingida e mantida por pelo menos um segundo. Para medida da pressão expiratória máxima (Pemax) foi solicitado um esforço expiratório máximo após inspiração completa, sendo considerada, também de três medidas, a maior pressão positiva atingida e mantida por pelo menos um segundo (ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing, 2002). Por fim, os voluntários realizaram a familiarização, que consistia no treinamento com o equipamento de fortalecimento da musculatura inspiratória (*POWERbreathe® Plus*) com o objetivo de aprender a execução correta da técnica (respiração diafragmática) e o controle da frequência respiratória (f) na faixa orientada de 12 a 15 incursões por minuto (ipm). Todos executaram uma sessão completa de exercício semelhante aos dias de

intervenção com a carga mínima do dispositivo de treinamento a fim de que pudessem perceber o esforço necessário quando há resistência à inspiração.

Nos outros dois dias do protocolo experimental os voluntários foram submetidos a duas sessões de exercícios: sessão de exercício muscular inspiratório de moderada intensidade (carga de 40% da Pimax) e sessão *Sham* (sem carga inspiratória devido à retirada da válvula inspiratória do equipamento). A ordem das duas sessões foi randomizada em blocos de cinco, por meio de um esquema gerado pelo site *Randomization.com*, e os participantes não foram informados à qual sessão seriam submetidos. Todos os voluntários foram orientados previamente a não ingerirem bebidas cafeinadas e alcoólicas nas 24 horas que antecediam a coleta de dados, não se exercitarem no dia anterior, terem uma boa noite de sono e ingerirem uma refeição leve até uma hora antes da mesma.

Nas duas sessões de exercício foram posicionados três eletrodos no tórax do voluntário na posição MC5 para registro dos batimentos cardíacos continuamente pelo sinal do eletrocardiograma (ECG), além de uma cinta torácica piezoelétrica colocada em torno do abdômen superior para registro da *f*. Estes dois sinais foram coletados e processados por meio de um sistema de aquisição de sinais biológicos (Biopac®) (FREITAS *et al.*, 2017). Após repouso inicial de 10 minutos na posição supina, para estabilização da frequência cardíaca (FC), o sinal do ECG foi registrado durante 10 minutos para posterior cálculo das medidas de VFC na condição basal. Em seguida, os exercícios foram realizados na posição sentada durante aproximadamente 23 minutos, sendo 8 séries de 2 minutos com 1 minuto de repouso entre elas (SOUZA *et al.*, 2014), mantendo a *f* entre 12 e 15 ipm a partir do *feedback* do avaliador. Os voluntários utilizaram um clipe nasal para evitar escapes de ar e foram orientados a realizar a técnica de respiração diafragmática durante os exercícios. Ao término das sessões, os participantes permaneceram na posição supina durante uma hora e o sinal do eletrocardiograma foi registrado para posterior cálculo das medidas de VFC a cada 15 minutos do período de recuperação pós-exercício. O protocolo de exercício adotado neste trabalho contempla parâmetros de prescrição convencionalmente descritos na literatura e usados na prática clínica em relação à intensidade e tempo de execução, além de já ter sido aplicado à idosos por 8 semanas com segurança e ter promovido efeitos crônicos benéficos sobre variáveis respiratórias (SOUZA *et al.*, 2014).

Ao final de cada sessão de exercício, os voluntários foram equipados com o dispositivo CardioMapa®, seguindo as recomendações do fabricante, para monitorização eletrocardiográfica ambulatorial por 24 horas e análise da resposta tardia da VFC às intervenções. Todos foram orientados a seguirem a rotina habitual, evitarem o consumo de

bebidas cafeinadas enquanto estivessem com o dispositivo e sobre a importância do registro das atividades e horários no diário entregue pelo pesquisador.

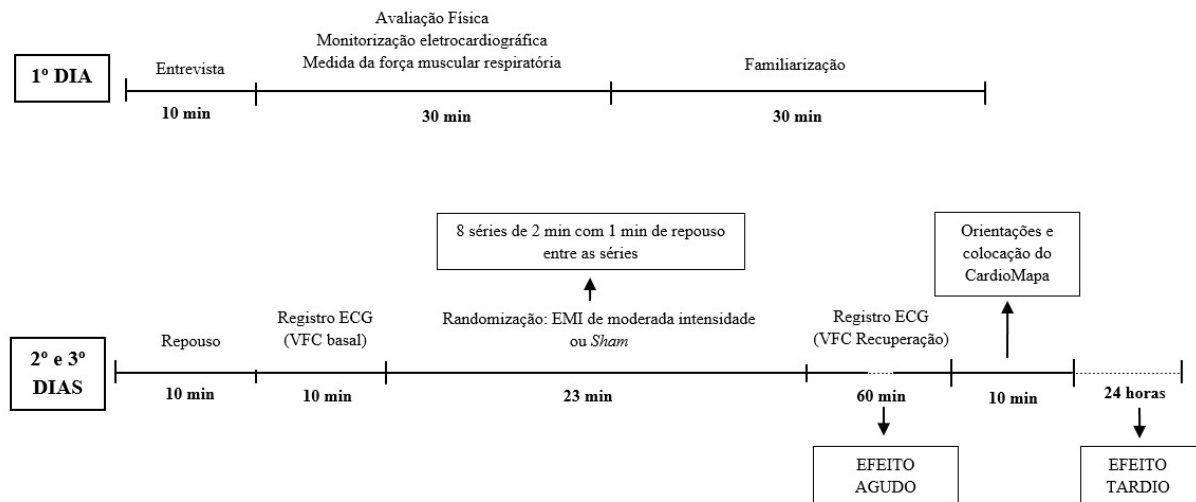


Figura 1. Protocolo experimental

ECG= eletrocardiograma; VFC= variabilidade da frequência cardíaca, EMI= exercício muscular inspiratório.

PROCESSAMENTO DOS SINAIS ELETROCARDIOGRÁFICOS DE CURTA DURAÇÃO

Os sinais de curta duração do ECG registrados na condição basal e a cada 15 minutos da recuperação pós-exercício foram utilizados para análise do efeito agudo da sessão de EMI de moderada intensidade e sessão *Sham* sobre a modulação autonômica cardíaca, investigada por meio da VFC. Foram considerados para análise os 5 minutos finais de cada sinal registrado da seguinte maneira: na condição basal do 5º ao 10º minuto do registro pré-exercício e na recuperação pós exercício do 10º ao 15º minuto (Rec 1), do 25º ao 30º minuto (Rec 2), do 40º ao 45º minuto (Rec 3) e do 55º ao 60º minuto (Rec 4). Uma inspeção visual dos trechos selecionados foi conduzida para detecção de batimentos prematuros e, na presença dos mesmos, o trecho foi processado para exclusão deste e dos batimentos anterior e posterior a cada um deles para obtenção da série temporal de intervalos R-R (iRR) normais (iNN).

Em seguida, cada série temporal de iNN foi transferida para o software Kubios HRV Analysis, versão 2.2, (TARVAINEN, 2014) para cálculo da duração média dos iNN (MNN) e das seguintes medidas de VFC no domínio do tempo: desvio padrão dos iNN (SDNN) e raiz média quadrática da diferença entre iNN sucessivos (RMSSD). A medida SDNN reflete as

contribuições de ambos os ramos do sistema nervoso autônomo, enquanto o RMSSD reflete as oscilações em altas frequências, relacionadas exclusivamente à atuação vagal sobre o coração (TASK FORCE, 1996).

Também foram calculadas as medidas de VFC no domínio da frequência por meio da estimativa da função densidade espectral de potência, utilizando a Transformada Rápida de Fourier (MALIK, CAMM, 1994). Para isso, efetuou-se a remoção da componente de tendência da série temporal de iNN, pelo método de suavização a priori (TARVAINEN, RANTA-AHO, KARJALAINEN, 2002), e a interpolação por meio da *spline* cúbica a uma frequência de 4Hz. Foram calculados as seguintes medidas de VFC no domínio da frequência: potência das bandas espectrais de baixa frequência (LF; 0,04-0,15 Hz) em unidades absolutas (ms^2) que representa um conjunto de influências simpática e vagal sobre o nódulo sinusal (NS) e em unidades normalizadas (u.n.) que reflete predominantemente a atuação simpática sobre o NS; potência das bandas espectrais de altas frequências (HF; 0,15-0,4 Hz), em unidades absolutas (ms^2) e normalizadas (u.n.) que representam a atuação vagal sobre o NS; e razão LF/HF, cujo valor pode ser interpretado como o balanço simpato-vagal (TASK FORCE, 1996)

PROCESSAMENTO DOS SINAIS ELETROCARDIOGRÁFICOS DE LONGA DURAÇÃO

O efeito tardio nas 24 horas após as sessões de exercício foi avaliado a partir dos sinais de ECG de longa duração obtidos pela monitorização eletrocardiográfica ambulatorial. Para o processamento de cada um destes sinais foi utilizada uma rotina previamente implementada no aplicativo MatLab versão 6.0 (Mathworks, EUA) que efetuou a divisão do mesmo em segmentos de 60 minutos e a seleção dos trechos de 5 minutos de menor variância de cada hora. Na presença de batimentos prematuros, a mesma rotina processava o sinal para exclusão dos dois iRR anteriores e do iRR posterior ao mesmo para obtenção da série temporal de iNN. Cada série temporal foi transferida para o software Kubios HRV Analysis (TARVAINEN, 2014) para cálculo das mesmas medidas de VFC no domínio do tempo e da frequência, conforme descrito anteriormente para os sinais de curta duração.

Os voluntários iniciaram a coleta de dados de 24 horas entre 16:30 e 18:30 e o sinal de ECG foi adquirido com sucesso durante, pelo menos, 22 horas. Dessa forma, foram realizadas duas análises da modulação autonômica cardíaca: a primeira considerando o tempo decorrido (em horas) após a colocação da CardioMapa, a partir de cada trecho selecionado ao longo das 22 horas subsequentes ao término do protocolo experimental (análise longitudinal). Além disso, uma segunda análise comparou os períodos de sono e vigílias a partir das informações

registradas pelos voluntários em seus diários (análise sono/vigílias). De acordo com os mesmos, todos estavam dormindo entre 00:00 e 05:00, sendo considerados os trechos selecionados nos seguintes horários para análise da VFC: vigília-noite de 18:00 às 21:00, sono de 00:00 às 05:00 e vigília-dia de 08:00 às 14:00.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade de todas as variáveis foi testada por meio do teste de *Shapiro-Wilk* e para os dados que não apresentaram distribuição normal (LF e HF em unidades absolutas e razão LF/HF para todas as análises e SDNN e RMSSD para análise dos períodos de sono e vigílias obtidos a partir do sinal de longa duração) optou-se pela utilização do logaritmo natural a fim de permitir que métodos paramétricos de análise estatística pudessem ser empregados. O nível de significância adotado para todas as análises realizadas foi $\alpha = 5\%$.

O teste de análise de variância de duas entradas para medidas repetidas (ANOVA) foi empregado para análise dos valores da *f* e do efeito agudo da intervenção na VFC entre as duas sessões de exercício (EMI vs. *Sham*) e entre os períodos pré e pós-exercício (basal vs. recuperação).

O mesmo teste foi utilizado para análise do efeito tardio das intervenções entre as duas sessões de exercício (EMI vs. *Sham*), ao longo das 22 horas de observação em relação à primeira hora após a colocação da CardioMapa (análise longitudinal) e entre os momentos de sono e vigília (vigília noite vs. sono vs. vigília dia).

O post-hoc de *Tukey* foi realizado em seguida à ANOVA quando verificada diferença significativa. Os pressupostos de homogeneidade de variância e esfericidade foram previamente testados e, quando necessário, feita a correção de *Greenhouse-Geisser*. Todos os testes foram realizados no programa *Statistica* (Statsoft, USA), versão 8.0.

Em complementação aos testes estatísticos descritos anteriormente, para análise do efeito agudo das intervenções, foi realizado o cálculo do tamanho do efeito (TE) pelo *d* de Cohen, dado pela diferença entre as médias dos valores obtidos na condição basal e na Rec 2 divididos pela média do desvio padrão desses valores. O referido cálculo foi utilizado para determinar a magnitude do TE observado nas medidas de VFC nas duas sessões de exercício. De acordo com a classificação proposta por Cohen, foi considerado efeito insignificante ($d < 0,2$), pequeno (d entre 0,2 a 0,5) médio (d entre 0,5 e 0,8) ou grande ($d > 0,8$) (COHEN, 1988; COHEN, 1992).

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta as características demográficas, antropométricas e clínicas dos participantes.

Tabela 1. Caracterização da amostra

Variáveis	Média (desvio padrão) (n=15)
Idade (anos)	64,7 (2,8)
IMC (Kg/m ²)	25,9 (3,6)
Circunferência abdominal (cm)	97,2 (10,2)
PAS (mmHg)	128,1 (12,4)
PAD (mmHg)	79,5 (7,9)
FC (bpm)	66,9 (8,3)
<i>f</i> (ipm)	15,9 (3,6)
Pimax (cmH ₂ O)	99,6 (31,7)
Pimax predito (cmH ₂ O)	103,5 (2,2)
Pimax%	96,6 (31,2)
40% Pimax	39,8 (12,7)
Pemax (cmH ₂ O)	113,5 (33,3)
Pemax predito (cmH ₂ O)	112,8 (2,3)
Pemax%	100,7 (29,8)

Os valores são apresentados em média (desvio padrão); IMC = índice de massa corporal; PAS = pressão arterial sistólica, PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca; *f* = frequência respiratória; Pimax = pressão inspiratória máxima; Pimax predito = pressão inspiratória máxima predito pela idade; Pimax% = razão Pimax/Pimax predito; 40% Pimax = 40% da pressão inspiratória máxima (carga utilizada na sessão de exercício de moderada intensidade); Pemax = pressão expiratória máxima; Pemax predito = pressão expiratória máxima predito pela idade; Pemax% = razão Pemax/Pemax predito

A tabela 2 mostra os valores de média e desvio padrão da *f* na condição basal e na recuperação após as duas sessões de exercício, sendo que não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas para esta variável.

Tabela 2. Frequência respiratória (ipm) na condição basal e na recuperação pós-exercício

	Basal	Rec 1	Rec 2	Rec 3	Rec 4
Sessão EMI 40%	18,6 (6,4)	21,6 (5,6)	20,4 (4,8)	19,4 (4,9)	19,3 (5,6)
Sessão <i>Sham</i>	19,2 (4,3)	21,7 (6,5)	22,7 (8,0)	21,5 (6,4)	19,8 (4,8)

Os valores estão apresentados em média (desvio padrão); EMI 40% = sessão de exercício muscular inspiratório com intensidade de 40% da pressão inspiratória máxima; *Sham* = sessão de exercício sem carga inspiratória; Rec 1 = 10' a 15' de recuperação; Rec 2 = 25' a 30' de recuperação; Rec 3 = 40' a 45' de recuperação; Rec 4 = 55' a 60' de recuperação.

EFEITO AGUDO

Os valores de MNN aumentaram significativamente em relação à condição basal, enquanto a FC apresentou comportamento inverso ao longo da recuperação e as medidas SDNN e RMSSD aumentaram significativamente a partir da Rec 2 em relação ao basal, permanecendo elevadas até a Rec 4, sem diferenças estatisticamente significativas entre as sessões EMI e *Sham*, conforme ilustrado na figura 2.

A potência espectral de HF (ms^2) teve comportamento semelhante às medidas de VFC no domínio do tempo, aumentando significativamente a partir da Rec 2 e permanecendo elevada até o final da recuperação, enquanto a potência espectral LF (ms^2) mostrou-se aumentada na Rec 2 e Rec 3 em relação ao basal. Por outro lado, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas das potências espectrais LF e HF em unidades normalizadas e da razão LF/HF entre a condição basal e os quatro períodos de recuperação avaliados. Para nenhuma das medidas de VFC no domínio da frequência foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as sessões de EMI e *Sham*, conforme ilustrado na figura 2.

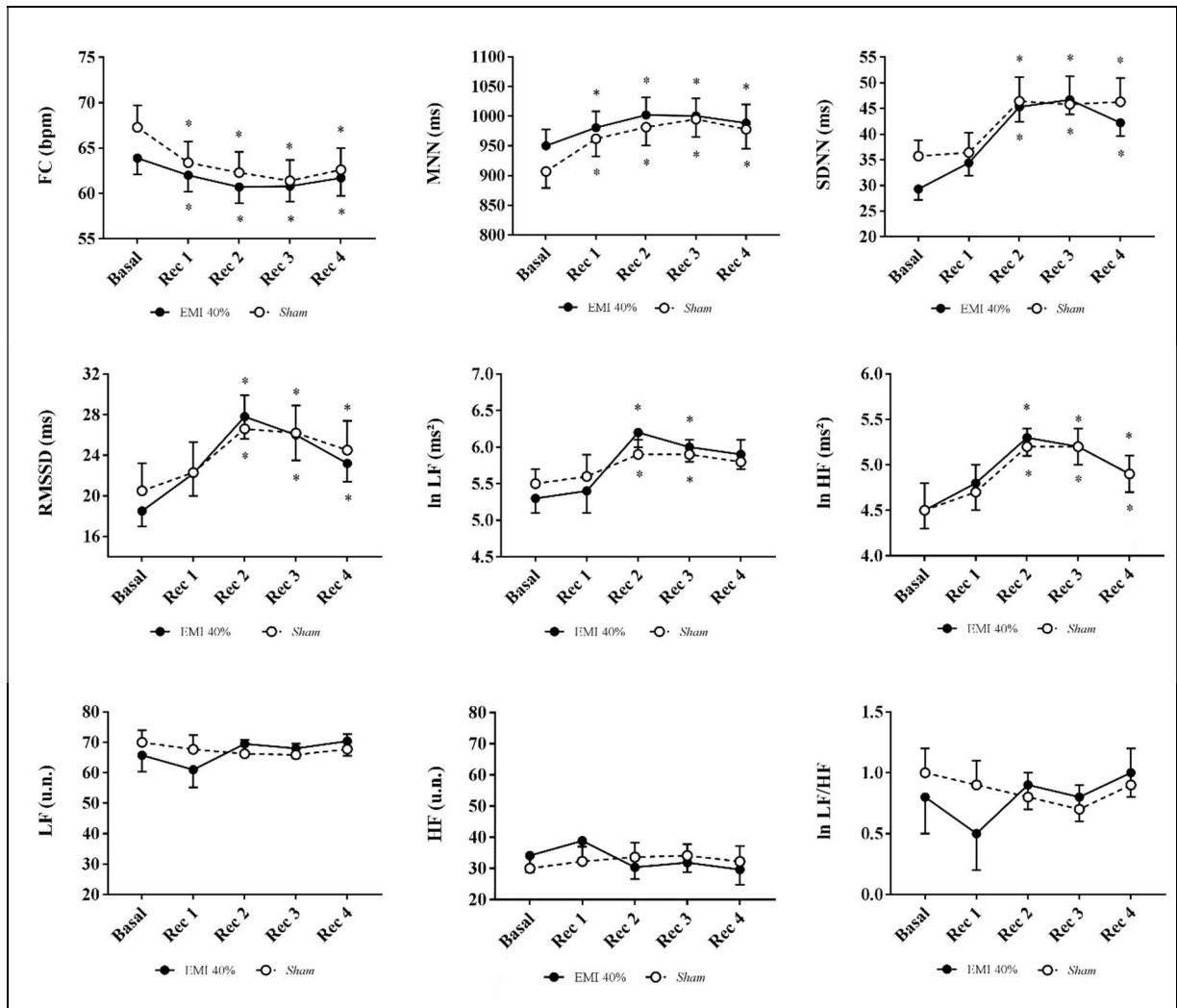


Figura 2. Comparação das variáveis entre a condição basal e a recuperação pós-exercício nas sessões de EMI de moderada intensidade (círculo preto com linha cheia) e *Sham* (círculo branco com linha pontilhada).

Os símbolos representam a média e as barras o erro padrão da média.

FC = frequência cardíaca; MNN= duração média dos intervalos R-R de origem sinusal; SDNN = desvio padrão dos intervalos R-R de origem sinusal; RMSSD = raiz média quadrática da diferença entre os intervalos R-R de origem sinusal sucessivos; ln LF (ms^2) = logaritmo natural da banda espectral de baixa frequência em unidade absoluta; ln HF (ms^2) = logaritmo natural da banda espectral de alta frequência em unidades absolutas; LF (u.n.) = banda espectral de baixa frequência em unidade normalizada; HF (u.n.) = banda espectral de alta frequência em unidade normalizada; ln LF/HF = logaritmo natural do balanço simpato-vagal; (*) diferença estatística em relação ao basal.

O cálculo do d de Cohen para a sessão *Sham* mostrou efeitos médios para MNN ($d = 0,7$), FC ($d = 0,5$), SDNN ($d = 0,7$), RMSSD ($d = 0,5$) e LF (ms^2) ($d = 0,5$) e efeitos pequenos para HF (ms^2) ($d = 0,4$), LF (u.n.) ($d = 0,2$), HF (u.n.) ($d = 0,2$), e para a razão LF/HF ($d = 0,3$). Na sessão de exercício de moderada intensidade a magnitude dos efeitos calculados foram médios para MNN ($d = 0,5$) e FC ($d = 0,5$), grandes para SDNN ($d = 1,7$), RMSSD ($d = 1,3$), LF (ms^2) ($d = 1,1$) e HF (ms^2) ($d = 0,9$), pequenos para LF (u.n.) ($d = 0,2$) e HF (u.n.) ($d = 0,2$) e insignificante para o balanço simpato-vagal ($d = 0,1$).

EFEITO TARDIO

A análise do comportamento da VFC ao longo das 22 horas posteriores às sessões de exercício também não mostrou diferenças significativas entre os dois dias experimentais para nenhuma das medidas calculadas. Independentemente da intervenção, o MNN apresentou aumento significativo entre 5 e 15 horas após a colocação da CardioMapa, enquanto a FC reduziu significativamente no mesmo período, em relação à primeira hora após início da coleta do sinal de longa duração. As medidas no domínio do tempo não apresentaram diferenças significativas, assim como a potência espectral de LF (ms^2) no domínio da frequência (Figura 3).

A potência espectral de HF (ms^2) mostrou-se aumentada entre 11 e 13 horas após término das sessões de exercício. As potências espectrais LF e HF em unidades normalizadas apresentaram diferenças significativas após 7 horas e entre 10 e 14 horas após a colocação do equipamento, estando LF (u.n.) diminuído e HF (u.n.) aumentado nestes momentos. Dessa forma, a razão LF/HF mostrou-se estatisticamente reduzida após 6 e 7 horas e entre 10 e 14 horas após colocação da CardioMapa em relação à primeira hora de análise (Figura 3).

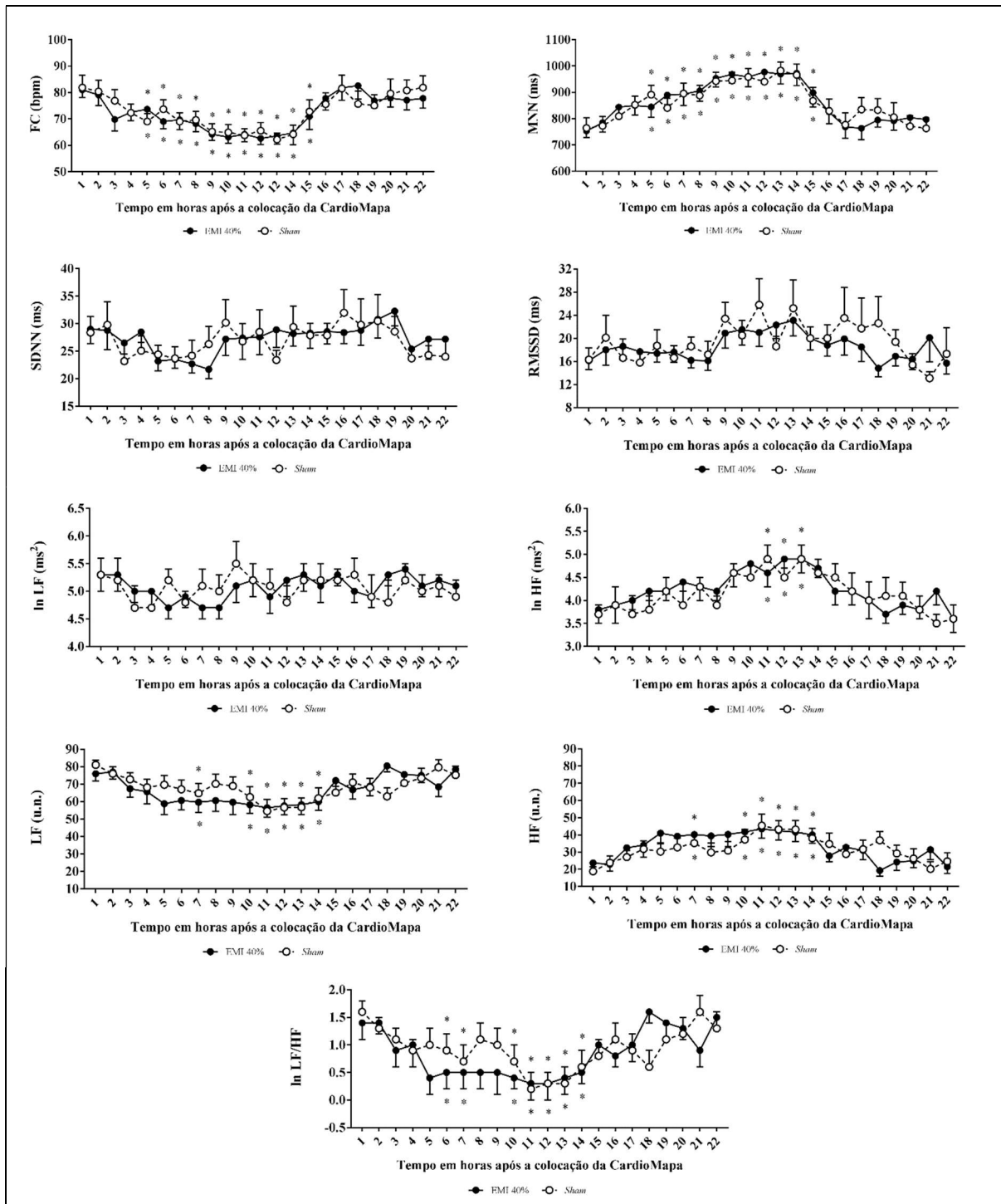


Figura 3. Comparação das variáveis entre as sessões de EMI de moderada intensidade (círculo preto com linha cheia) e *Sham* (círculo branco com linha pontilhada) obtidos pelo sinal de longa duração. Os símbolos representam a média e as barras o erro padrão da média.

FC = frequência cardíaca; MNN= duração média dos intervalos R-R de origem sinusal; SDNN = desvio padrão dos intervalos R-R de origem sinusal; RMSSD = raiz média quadrática da diferença entre os intervalos R-R de origem sinusal sucessivos; ln LF (ms²) = logaritmo natural da banda espectral de baixa frequência em unidade absoluta; ln HF (ms²) = logaritmo natural da banda espectral de alta frequência em unidades absolutas; LF (u.n.) = banda espectral de baixa frequência em unidade normalizada; HF (u.n.) = banda espectral de alta frequência em unidade normalizada; ln LF/HF = logaritmo natural do balanço simpato-vagal; (*) diferença estatística em relação à 1 hora após a colocação da CardioMapa.

A análise dos períodos de sono e vigílias também revelou que o comportamento de todas as medidas de VFC não foi diferente estatisticamente entre as duas sessões de exercício. Observou-se aumento do MNN no período de sono em relação aos momentos de vigília e, conseqüentemente, redução significativa da FC. As medidas SDNN e LF (ms^2) não apresentaram mudanças significativas. As medidas RMSSD, HF (ms^2) e HF (u.n.) aumentaram estatisticamente durante o período de sono, enquanto o LF (u.n.) e a razão LF/HF cursaram com redução significativa neste período (Tabela 3).

Tabela 3. Frequência cardíaca e variabilidade da frequência cardíaca nos períodos de vigília-noite, sono e vigília-dia nas sessões EMI de moderada intensidade e *Sham*

	Sessão EMI			Sessão <i>Sham</i>			<i>P</i>
	Vigília noite (18-21h)	Sono (00-05h)	Vigília dia (08-14h)	Vigília noite (18-21h)	Sono (00-05h)	Vigília dia (08-14h)	
FC	74,1 (13,1)	64,3* (8,8)	78,8 (12,5)	75,4 (15,7)	64,4* (10,1)	79,1 (15,2)	<0,001
MNN	823,8 (126,6)	955,6* (123,8)	788,8 (121,2)	826,9 (141,1)	953,0* (118,3)	797,5 (151,5)	<0,001
SDNN [#]	26,3 (5,9)	27,0 (10,7)	28,8 (8,2)	25,9 (11,0)	27,9 (11,5)	26,9 (11,0)	0,58
RMSSD [#]	17,1 (5,5)	21,0* (7,6)	17,2 (7,3)	17,4 (10,8)	22,7* (9,5)	18,4 (11,8)	0,01
ln LF (ms ²)	5,3 (0,6)	5,2 (1,0)	5,4 (0,6)	5,1 (1,2)	5,4 (1,1)	5,3 (0,9)	0,54
ln HF (ms ²)	4,1 (0,7)	4,9* (0,9)	4,2 (0,8)	3,9 (1,4)	4,9* (0,9)	4,1 (1,1)	<0,001
LF (u.n.)	69,3 (16,2)	57,4* (17,1)	73,9 (11,5)	74,0 (11,9)	60,2* (17,4)	71,8 (14,0)	<0,001
HF (u.n.)	30,5 (16,2)	42,6* (17,1)	25,9 (11,4)	25,9 (11,9)	39,7* (17,4)	28,1 (13,9)	<0,001
ln LF/HF	1,3 (0,9)	0,6* (0,9)	1,5 (0,6)	1,2 (0,6)	0,8* (0,9)	1,4 (0,7)	<0,001

Os valores são apresentados em média (desvio padrão); FC = frequência cardíaca; MNN= duração média dos intervalos R-R de origem sinusal; SDNN = desvio padrão dos intervalos R-R de origem sinusal; RMSSD = raiz média quadrática da diferença entre os intervalos R-R de origem sinusal sucessivos; ln LF (ms²) = logaritmo natural da banda espectral de baixa frequência em unidade absoluta; ln HF (ms²) = logaritmo natural da banda espectral de alta frequência em unidades absolutas; LF (u.n.) = banda espectral de baixa frequência em unidade normalizada; HF (u.n.) = banda espectral de alta frequência em unidade normalizada; ln LF/HF = logaritmo natural do balanço simpato-vagal; ([#]) = transformação logarítmica para análise estatística; (*) diferença estatística em relação aos períodos de vigília-noite e vigília-dia

DISCUSSÃO

EFEITO AGUDO

O principal achado do presente estudo foi de que o EMI, tanto com carga moderada (40% da Pimax) quanto sem carga resistiva, promove melhora aguda da modulação autonômica cardíaca, avaliada por meio da VFC, em idosos.

Agudamente e transitoriamente, o exercício físico pode aumentar o risco cardiovascular, sobretudo em indivíduos susceptíveis (THOMPSON *et al.*, 2007). O estresse fisiológico imposto pelo exercício físico gera aumento da atividade simpática e redução da atividade vagal que podem permanecer no período de recuperação (PEÇANHA *et al.*, 2017). De fato, em idosos, já foi observado redução das medidas de VFC na recuperação após sessões de exercício aeróbico (DROGUETT *et al.*, 2015) e resistido (QUEIROZ *et al.*, 2013). Dessa forma, a avaliação da recuperação autonômica cardíaca neste período, tanto pela análise do comportamento da FC quanto das medidas de VFC, tem sido amplamente utilizada na literatura, de acordo com recente revisão metodológica publicada por Peçanha *et al.* (2017).

Semelhante aos nossos achados, o efeito de melhora da função autonômica em resposta ao EMI já foi previamente documentado no estudo de Rodrigues *et al.*, (2013). Neste trabalho, um grupo de jovens tabagistas e um grupo controle foram submetidos a uma única sessão de EMI de baixa intensidade (30% da Pimax) e foram avaliadas as respostas agudas da pressão arterial e da VFC à esta intervenção. Os autores observaram redução significativa dos níveis de pressão arterial sistólica durante 15 minutos de recuperação pós-exercício no grupo tabagista e aumento das medidas de VFC no domínio do tempo (SDNN, RMSSD e variância dos iRR) e na potência espectral HF. Por outro lado, foi verificada redução da banda LF em resposta ao exercício. Dessa forma, o exercício muscular inspiratório contribuiu para tornar as medidas de VFC do grupo tabagista semelhante às do grupo controle.

Alguns estudos já mostraram que o EMI pode alterar a modulação do sistema nervoso autonômico sobre o coração de forma dependente da intensidade. Dessa forma, a realização do exercício em intensidades mais elevadas resulta em menores valores para medidas de VFC que refletem a modulação vagal quando comparado com intensidades mais leves (ARCHIZA *et al.*, 2013; PLENTZ *et al.*, 2014). Em atletas submetidos à protocolos de repetições máximas em cargas inspiratórias crescentes, já foi evidenciado que apesar de todas as cargas provocarem aumentos sustentados da FC, somente a carga de 60% da Pimax provocou aumento sustentado da pressão arterial média, pressão arterial diastólica e pressão arterial sistólica, proporcionando

evidência de resposta metaboreflexa nesta intensidade (MCCONNEL; GRIFFITHS, 2010). Além disso, Calabrese *et al.*, (2000) encontraram, em voluntários saudáveis, que o incremento na carga aplicada à respiração promovia aumento da potência espectral LF e que esta elevação parecia estar linearmente correlacionada com o aumento do tempo respiratório, ou seja, à uma mudança no padrão respiratório. Adicionalmente, os pesquisadores observaram que não havia diferença significativa na VFC quando os indivíduos respiravam na mesma f com ou sem carga resistiva.

O presente estudo apresentou como um achado não esperado a melhora da VFC também na sessão *Sham*, em que os idosos realizaram o exercício sem carga resistiva. No entanto, uma possível explicação para este resultado é a mudança no padrão respiratório ao executar o EMI mesmo sem resistência aplicada na fase inspiratória. Durante as duas sessões de exercício os sujeitos foram orientados a executarem a respiração diafragmática mantendo uma f na faixa entre 12 e 15 ipm. De fato, a respiração controlada e lenta pode aumentar a VFC, de modo que as mudanças no padrão respiratório podem ser usadas para manipular a variabilidade cardiovascular (BERNARDI *et al.*, 2001a; PITZALIS *et al.*, 1998). É importante considerar, ainda, que os sistemas respiratório e cardiovascular compartilham mecanismos de controle semelhantes, portanto, alterações em um sistema podem modificar o funcionamento do outro (JOSEPH *et al.*, 2005, FRANCIS, COATS, PONIKOWSKI, 2000). Além da proximidade anatômica, estudo de Neff *et al.* (2003) estabeleceu uma ligação neuroquímica entre os neurônios que controlam a frequência cardíaca e aqueles relacionados a geração do ritmo respiratório.

Embora a metodologia empregada na presente investigação não permita a elucidação dos mecanismos envolvidos no aumento da VFC em resposta ao EMI, é possível especular que a mudança do padrão respiratório possa estar relacionada à esse achado. Pesquisas demonstraram que a execução de respiração controlada na faixa de 6 ipm pode diminuir a sensibilidade quimiorreflexa e aumentar a barorreflexa, sugerindo que a respiração lenta está relacionada com uma ampla inibição excitatória (BERNARDI *et al.*, 2001b; JOSEPH *et al.*, 2005; RADAELLI *et al.*, 2004). Sabendo-se que a população idosa apresenta maior f quando comparada à jovem, sendo valores até 28 ipm considerados dentro da normalidade segundo Rodriguez-Moliner *et al.* (2013), possivelmente a faixa orientada de 12-15 ipm durante as sessões experimentais pode representar uma respiração lenta para idosos.

Verificamos ainda que a f durante a realização das sessões de exercício foi controlada em faixa mais baixa (12-15 ipm) quando comparada à condição basal das duas sessões propostas. Acreditamos que essa redução da f durante o exercício possa ter promovido aumento

do volume corrente a fim de manter adequada oxigenação com mesmo volume-minuto. Dessa forma, a realização do EMI, mesmo sem carga resistiva, pode ter alterado o padrão respiratório dos voluntários e contribuído para as mudanças observadas nas medidas da VFC. Além disso, o aumento do volume corrente está relacionado à ativação do reflexo de estiramento de Hering-Breuer que é mediado pelo vago e culmina com a interrupção da inspiração e redução da atividade nervosa simpática (BERNARDI *et al.*, 2001b).

Pelo fato das principais mudanças autonômicas cardíacas terem sido observadas em ambas as sessões e a partir do segundo período de análise da recuperação (Rec 2), não podemos descartar a hipótese deste efeito ser proveniente do repouso prolongado após o exercício. No entanto, outros trabalhos já documentaram ausência de mudanças significativas nas medidas de VFC após sessões controle sem exercício em que os voluntários permaneciam em repouso por vários minutos em uma mesma posição (REZK *et al.*, 2006; TEIXEIRA *et al.*, 2011). Além disso, no presente estudo, o aumento observado nas medidas de VFC foi expressivo e de maior magnitude no dia da sessão com carga resistiva moderada, nos permitindo inferir que o padrão respiratório das sessões experimentais é o mais provável mecanismo envolvido nas respostas verificadas.

EFEITO TARDIO

Nossos resultados mostraram que as intervenções não promoveram efeitos tardios significativos na modulação autonômica cardíaca. De acordo com os diários dos participantes da pesquisa, entre 7 e 14 horas após a colocação do equipamento de monitorização eletrocardiográfica ambulatorial a maioria dos idosos estava dormindo. Este período coincidiu com as principais alterações verificadas nas medidas de VFC na análise contínua das 22 horas posteriores à colocação da CardioMapa, sendo verificada diminuição da FC e das medidas que refletem a modulação predominantemente simpática sobre o coração e aumento daquelas refletem a modulação vagal. Dessa forma, as alterações observadas nas medidas de VFC ao longo das horas subsequentes às sessões de exercício e também nos períodos de sono e vigílias relacionam-se às mudanças inerentes ao ritmo circadiano (FURLAN *et al.*, 1990; TASK-FORCE, 1996).

Apenas o estudo de Plentz *et al.* (2014) realizou medida da VFC após 24 horas de duas sessões de EMI de intensidades diferentes e não foram observadas modificações significativas nas variáveis avaliadas em resposta à nenhuma das intervenções investigadas. Não foram encontrados trabalhos que acompanharam o comportamento da VFC ao longo de 24 horas após

sessão de EMI, no entanto, a resposta tardia de sessões de exercícios de outras modalidades possibilita algumas comparações, mesmo que limitadas.

Semelhante aos nossos achados, Peçanha *et al.* (2014) não observaram diferenças no comportamento das bandas LF e HF da função densidade espectral de potência, expressas em unidades absolutas, nas 24 horas posteriores a realização de uma sessão de exercício aeróbico de moderada intensidade ou após um dia controle sem exercício. No entanto, após a realização de exercício aeróbico de alta intensidade, os autores observaram valor reduzido para a banda HF (ms^2) e elevado para LF (ms^2) no período de sono quando comparado à sessão de exercício de intensidade moderada. Nesse sentido, parece que para o exercício aeróbico, a intensidade influencia na modulação autonômica cardíaca durante o sono (AL HADDAD *et al.* 2009; PEÇANHA *et al.*, 2014).

Queiroz *et al.* (2013) investigaram as respostas cardiovasculares e autonômicas após uma sessão de exercício resistido de intensidade alta a moderada, realizada por idosos. Embora neste trabalho o efeito tardio das medidas de VFC não tenha sido verificado, os autores relataram que a FC permaneceu elevada por 4,5 horas após a sessão de exercício. Outro estudo deste mesmo grupo, investigou as respostas autonômicas de hipertensos e normotensos de meia idade à uma sessão de exercício resistido e observou que, embora as medidas de VFC estivessem alteradas em relação ao basal em ambos os grupos após uma hora da realização do exercício (aumento de LF (u.n.) e da razão LF/HF e redução de HF (u.n.)), as mesmas não se mantiveram por longo período, retornando aos valores basais após 7 horas de observação (QUEIROZ *et al.*, 2015).

Somado à escassez de estudos relacionados ao tema, é possível perceber que os trabalhos que investigam o efeito tardio das medidas de VFC a partir de sinais eletrocardiográficos ambulatoriais no período pós-exercício não possuem método padronizado para análise das variáveis, o que dificulta o alcance de conclusões robustas e sinaliza para a necessidade de mais trabalhos neste campo do conhecimento.

IMPLICAÇÕES CLÍNICAS

Verificou-se que o protocolo de EMI de moderada intensidade não teve impacto na função autonômica dos idosos até 22 horas após sua realização, e de forma aguda contribuiu para um aumento na VFC. Além disso, o cálculo do *d* de Cohen permitiu uma comparação do tamanho dos efeitos verificados de forma aguda às intervenções e sua importância clínica. Dessa forma, é possível identificar que a carga moderada de exercício potencializou o efeito

observado nas medidas de VFC, promovendo mudanças de maiores magnitudes na modulação autonômica cardíaca quando comparada a realização do exercício sem sobrecarga inspiratória.

Uma vez que programas de EMI, de intensidade leve a moderada, tem sido propostos para a população idosa tendo em vista os importantes efeitos crônicos em diversas variáveis funcionais (AZNAR-LAIN *et al.*, 2007; MILLS *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2014), os resultados da presente investigação dão suporte ao uso dessa modalidade de exercício na prática clínica, já que esta intervenção parece ser segura do ponto de vista autonômico cardíaco e suscita benefícios para a saúde autonômica dessa população.

LIMITAÇÕES

O presente trabalho possui limitações como a impossibilidade de medida e controle do volume corrente durante a realização das sessões de exercício. No entanto, na prática clínica normalmente não se utiliza o controle dessa variável durante o treinamento, tornando este trabalho próximo da realidade. Além disso, nosso protocolo experimental também não possibilitou medir a VFC imediatamente após as sessões de exercício em função da mudança postural realizada pelos voluntários ao término do exercício. Optamos pela realização dos registros dos sinais de ECG na condição basal e durante os 60 minutos da recuperação na posição supina a partir de estudo piloto que indicou desconforto dos idosos ao permanecer durante toda a coleta de dados na posição sentada. No entanto, mantivemos a execução do exercício com os voluntários assentados, já que esta é a postura convencionalmente adotada para treinamento.

CONCLUSÃO

Uma sessão EMI de moderada intensidade promove melhora aguda da modulação autonômica cardíaca sem efeitos tardios significativos sobre as medidas de VFC em idosos.

6 REFERÊNCIAS

- AL HADDAD, H. *et al.* Nocturnal heart rate variability following supramaximal intermittent exercise. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 4, n. 4, p. 435-447, 2009.
- ALMEIDA-SANTOS, M. A. *et al.* Aging, heart rate variability and patterns of autonomic regulation of the heart. **Arch Gerontol Geriatr**, v. 63, p. 1-8, 2016.
- ARCHIZA, B. *et al.* Acute effects of different inspiratory resistive loading on heart rate variability in healthy elderly patients. **Braz J Phys Ther**, v. 17, n. 4, p. 401-408, 2013.
- ARONOW, W. S. *et al.* ACCF/AHA 2011 Expert Consensus Document on Hypertension in the Elderly: A Report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Clinical Expert Consensus Documents. **Circulation**, v. 123, p. 2434-2506, 2011.
- ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 166, n. 4, p. 518-624, 2002.
- AZNAR-LAIN, S. *et al.* Effects of inspiratory muscle training on exercise capacity and spontaneous physical activity in elderly subjects: a randomized controlled pilot trial. **Int J Sports Med**, v. 28, n. 12, p.1025-1029, 2007.
- BERNARDI, L. *et al.* Modulatory effects of respiration. **Auton Neurosci**, v. 90, n. 1-2, p. 47-56, 2001a.
- BERNARDI, L. *et al.* Slow breathing reduces chemoreflex response to hypoxia and hypercapnia, and increases baroreflex sensitivity. **J Hypertens**, v. 19, n. 12, p. 2221-2229, 2001b.
- BILCHICK, K.C.; BERGER, R.D. Heart Rate Variability. **J Cardiovasc Electrophysiol**, v. 17, n. 6, p. 691-694, 2006.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003**: dispõe sobre o Estatuto do Idoso e dá outras providências. Brasília, 2003. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/leis/2003/L10.741.htm>>. Acesso em: 21 jan. 2006.
- CAHALIN, L.P. *et al.* Inspiratory muscle training in heart disease and heart failure: a review of the literature with a focus on method of training and outcomes. **Expert Rev Cardiovasc Ther**, v. 11, n. 2, p. 161-177, 2013.
- CALABRESE, P. *et al.* Cardiorespiratory interactions during resistive load breathing. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, v. 279, n. 6, p. R2208-2213, 2000.
- COHEN, J. A power primer. **Psychol Bull**, v. 112, n. 1, p. 155-159, 1992.
- COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2 ed. New York: Academic Press, 1988.

CRISAFULLI, E. *et al.* Respiratory muscles training in COPD patients. **Int J Obstruct Pulmon Dis**, v. 2, n. 1, p. 19-25, 2007.

DEKKER, J. M. *et al.* Heart rate variability from short electrocardiographic recordings predicts mortality from all causes in middle-aged and elderly men. **Am J Epidemiol**, v. 145, n. 10, p. 899-908, 1997.

DE MEERSMAN, R. E.; STEIN, P. K. Vagal modulation and aging. **Biol Psychol**, v. 74, n. 2, p. 165-173, 2007.

DROGUETT, V. S. *et al.* Cardiac autonomic modulation in healthy elderly after different intensities of dynamic exercise. **Clin Interv Aging**, v. 12, n. 10, p. 203-208, 2015.

ENRIGHT, P. L. *et al.* Respiratory muscle strength in the elderly. Correlates and reference values. Cardiovascular Health Study Research Group. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 149, n. 2, p. 430-438, 1994.

FERIANI, D. J. *et al.* Effects of inspiratory muscle exercise in the pulmonary function, autonomic modulation, and hemodynamic variables in older women with metabolic syndrome. **J Exerc Rehabil**, v. 13, n. 2, p. 218-226, 2017.

FERRARI, A. U.; RADAELLI, A.; CENTOLA, M. Aging and the cardiovascular system. **J. Appl. Physiol**, v. 95, p. 2591-2597, 2003.

FERREIRA, J. B. *et al.* Inspiratory muscle training reduces blood pressure and sympathetic activity in hypertensive patients: A randomized controlled trial. **Int J Cardiol**, v. 166, n. 1, p. 61-67, 2013.

FOLKOW, B.; SVANBORG, A. Physiology of cardiovascular aging. **Physiol Rev**, v. 73, p. 725-764, 1993.

FONSECA, M. A. *et al.* Programas de Treinamento Muscular Respiratório: Impacto na Autonomia Funcional de Idosos. **Rev Assoc Med Bras**, v. 56, n. 6, p. 642-648, 2010.

FRANCIS, D. P., PONIKOWSKI, P., COATS, A. J. S. Chemoreflex-baroreflex interactions in cardiovascular disease. In: BRADLEY, D.T.; FLORAS, J.S. (Eds). **Sleep Apnea: Implications in Cardiovascular and Cerebrovascular Disease**. New York, NY: Dekker, 2000.

FREITAS, I. M. G. *et al.* Baroreflex gain and vasomotor sympathetic modulation in resistant hypertension. **Clin Auton Res**, v. 27, n. 3, p. 175-184, 2017.

FURLAN, R. *et al.* Continuous 24-hour assessment of the neural regulation of systemic arterial pressure and RR variabilities in ambulant subjects. **Circulation**, v. 8, n. 2, p. 537-547, 1990.

GODOY, M. Editor. I Consenso Nacional de Reabilitação Cardiovascular. **Arq Bras de Cardiol**, v. 69, n. 4, p. 267-291, 1997.

GÖHL, O. *et al.* Respiratory Muscle Training: State of the Art. **Pneumologie**, v. 70, n. 1, p. 37-48, 2016.

- GREISER, K. H. *et al.* Cardiovascular diseases, risk factors and short-term heart rate variability in an elderly general population: the CARLA study 2002-2006. **Eur J Epidemiol**, v. 24, n. 3, p. 123-142, 2009.
- GROSSMAN, P.; TAYLOR, E. W. Toward understanding respiratory sinus arrhythmia: relations to cardiac vagal tone, evolution and biobehavioral functions. **Biol Psychol**, v. 74, n. 2, p. 263-285, 2007.
- HILLEBRAND, S. *et al.* Heart rate variability and first cardiovascular event in populations without known cardiovascular disease: meta-analysis and dose-response meta-regression. **Europace**, v. 15, n. 5, p. 742-749, 2013.
- ILLI, S. K. *et al.* Effect of Respiratory Muscle Training on Exercise Performance in Healthy Individuals. **Sports Med**, v. 42, n. 8, p. 707-724, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Mudança demográfica no Brasil no início do século XXI**. Subsídios para as projeções da população. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv93322.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2017.
- JANSSENS, J. P.; PACHE, J. C.; NICOD, L. P. Physiological changes in respiratory function associated with ageing. **Eur Respir J**, v.13, p.197-205, 1999.
- JENSEN-URSTAD, K. *et al.* Heart rate variability in healthy subjects is related to age and gender. **Acta Physiol Scand**, v.160, n. 3, p. 235-241, 1997.
- JONES, C. U.; SANGTHONG, B.; PACHIRAT, O. An inspiratory load enhances the antihypertensive effects of home-based training with slow deep breathing: a randomised trial. **J Physiother**, v. 56, n. 3, p.179-186, 2010.
- JOSEPH, C. N. *et al.* Slow breathing improves arterial baroreflex sensitivity and decreases blood pressure in essential hypertension. **Hypertension**, v. 46, n. 4, p. 714-718, 2005.
- KAMINSKI, D. M. *et al.* Inspiratory muscle training in patients with diabetic autonomic neuropathy: a randomized clinical trial. **Clin Auton Res**, v. 25, n. 4, p. 263-266, 2015.
- KHAN, S. S; SINGER, B. D.; VAUGHAN, D. E. Molecular and physiological manifestations and measurement of aging in humans. **Aging Cell**, 2017 [Epub ahead of print] 2017.
- KUO, T. B. J. *et al.* Effect of aging on gender differences in neural control of heart rate. **Am J Physiol**, v. 277, n. 6, p. H2233–H2239, 1999.
- LAKATTA, E. G. Age-associated cardiovascular changes in health: impact on cardiovascular disease in older persons. **Heart Fail Rev**, v. 7, p. 29-49, 2002.
- MACHADO, M. G. R. **Bases da Fisioterapia Respiratória: terapia Intensiva e Reabilitação**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- MALACHIAS, M. V. B. *et al.* VII Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial. **Arq Bras Cardiol**, v. 107, n. 3, p. 1-83, 2016.

- MALIK, M.; CAMM, A. J. Heart rate variability and clinical cardiology. **Br Heart J**. v. 71, n. 1, p. 3-6, 1994.
- MCCOLL, F. D.; TZELEPIS, G. E. Inspiratory muscle training in the patient with neuromuscular disease. **Phys Ther**, v. 75, n. 11, p. 1006-1014, 1995.
- MCCONNEELL, A. **Treinamento Respiratório para um desempenho superior**. 1 ed. Barueri, São Paulo: Manole, 2013.
- MCCONNELL, A. K.; GRIFFITHS, L. A. Acute cardiorespiratory responses to inspiratory pressure threshold loading. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 9, p. 1696-1703, 2010.
- MELO, R. C. *et al.* Effects of age and physical activity on the autonomic control of heart rate in healthy men. **Braz J Med Biol Res**, v. 38, n. 9, p. 1331-1338, 2005.
- MELLO, P. R. *et al.* Inspiratory muscle training reduces sympathetic nervous activity and improves inspiratory muscle weakness and quality of life in patients with chronic heart failure: a clinical trial. **J Cardiopulm Rehabil Prev**, v. 32, n. 5, p. 255-6, 2012.
- MILLS, D. E. *et al.* The effects of inspiratory muscle training in older adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 47, n. 4, p. 691-697, 2015.
- MOURYA, M. *et al.* Effect of slow- and fast-breathing exercises on autonomic functions in patients with essential hypertension. **J Altern Complement Med**, v. 15, n. 7, p. 711-717, 2009.
- NAIR, K. S. Aging muscle. **Am J Clin Nutr**, v. 81, n. 6, p. 953-963, 2005.
- NEDER, J. A. *et al.* Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. **Braz J Med Biol Res**, v. 32, n. 6, p. 719-727, 1999.
- NEFF, R. A. *et al.* Respiratory sinus arrhythmia: endogenous activation of nicotinic receptors mediates respiratory modulation of brainstem cardioinhibitory parasympathetic neurons. **Circ Res**, v. 93, n. 6, p. 565-572, 2003.
- NEGRÃO, C. E.; BARRETTO, A. C. P. **Cardiologia do Exercício: do atleta ao cardiopata**, 3. ed. São Paulo: Manole, 2010.
- NOBREGA, A. C. L. *et al.* Posicionamento oficial da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte e da Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia: atividade física e saúde no idoso. **Rev Bras Med Esporte**, v. 5, p. 207-211, 1999.
- PEÇANHA, T. *et al.* 24-h cardiac autonomic profile after exercise in sedentary subjects. **Int J Sports Med**, v. 35, n. 3, p. 245-252, 2014.
- PEÇANHA, T. *et al.* Methods of assessment of the post-exercise cardiac autonomic recovery: A methodological review. **Int J Cardiol**, v. 227, p. 795-802, 2017.
- PITZALIS, M. V. *et al.* Effect of respiratory rate on the relationships between RR interval and systolic blood pressure fluctuations: a frequency-dependent phenomenon. **Cardiovasc Res**, v. 38, n. 2, p. 332-339, 1998.

PLENTZ, R. D. M. *et al.* Inspiratory Muscle Training in Patients with Heart Failure: Meta-Analysis of Randomized Trials. **Arq Bras Cardiol**, v. 99, n. 2, p. 762-771, 2012.

PLENTZ, R. D. M. *et al.* Efeito agudo do treinamento muscular inspiratório com diferentes sobrecargas sobre o controle autonômico de indivíduos saudáveis: um estudo randomizado cruzado. **Salud(i)Ciencia**, v. 21, n. 1, p. 28-34, 2014.

PUMPRLA, J. *et al.* Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. **Int J Cardiol**, v. 84, n. 1, p. 1-14, 2002.

QUEIROZ, A. C. *et al.* Cardiac work remains high after strength exercise in elderly. **Int J Sports Med**, v. 34, n. 5, p. 391-397, 2013.

QUEIROZ, A. C. *et al.* Post-resistance exercise hemodynamic and autonomic responses: Comparison between normotensive and hypertensive men. **Scand J Med Sci Sports**, v. 25, n. 4, p. 486-494, 2015.

RADAELLI, A. *et al.* Effects of slow, controlled breathing on baroreceptor control of heart rate and blood pressure in healthy men. **J Hypertens**, v. 22, n. 7, p. 1361-1370, 2004.

RAMOS, P. S. *et al.* Acute hemodynamic and electrocardiographic responses to a session of inspiratory muscle training in cardiopulmonary rehabilitation. **Eur J Phys Rehabil Med**, v. 51, n. 6, p. 773-779, 2015.

REZK, C. C. *et al.* Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: influence of exercise intensity. **Eur J Appl Physiol**, v. 98, n. 1, p. 105-112, 2006.

RODRIGUES, F. *et al.* Autonomic changes in young smokers: acute effects of inspiratory exercise. **Clin Auton Res**, v. 23, n. 4, p. 201-207, 2013.

RODRÍGUEZ-MOLINERO, A. *et al.* Normal Respiratory Rate and Peripheral Blood Oxygen Saturation in the Elderly Population. **J Am Geriatr Soc**, v. 61, n. 12, p. 2238-2240, 2013.

SHAMSUZZAMAN, A. S.; SOMERS, V. K. Cardiorespiratory interactions in neural circulatory control in humans. **Ann N Y Acad Sci**, v. 940, p. 488-499, 2001.

SILVA, M. S. *et al.* Inspiratory training increases insulin sensitivity in elderly patients. **Geriatr Gerontol Int**, v. 12, n. 2, p. 345-351, 2012.

SIMÕES, R. P. *et al.* Influência da idade e do sexo na força muscular respiratória. **Fisioter Pesqui**. v. 14, n. 1, p. 36-41, 2007.

SOUZA, H. *et al.* Effects of Inspiratory Muscle Training in Elderly Women on Respiratory Muscle Strength, Diaphragm Thickness and Mobility. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 69, n. 12, p. 1545-1553, 2014.

STRAIT, J. B.; LAKATTA, E. G. Aging-associated cardiovascular changes and their relationship to heart failure. **Heart Fail Clin**, v. 8, n. 1, p. 143-164, 2012.

STRATTON, J. R. *et al.* Effects of aging on cardiovascular responses to parasympathetic withdrawal. **J Am Coll Cardiol**, v. 41, n. 11, p. 2077-2083, 2003.

TARVAINEN, M. P. Biosignal Analysis and Medical Imaging Group (BSAMIG). **User's guide Kubios HRV version 2.2**. Department of Physics, University of Kuopio: Finland, 2014.

TARVAINEN, M. P.; RANTA-AHO, P. O.; KARJALAINEN, P. A. An advanced detrending method with application to HRV analysis. **IEEE Trans Biomed Eng**, v. 49, n. 2, p.172-175, 2002.

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". **Eur Heart J**, v. 17, n. 3, p. 354-381, 1996.

TEIXEIRA, L. *et al.* Post-concurrent exercise hemodynamics and cardiac autonomic modulation. **Eur J Appl Physiol**, v. 111, n. 9, p. 2069-2078, 2011.

THOMPSON, P. D. *et al.* Exercise and acute cardiovascular events placing the risks into perspective: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism and the Council on Clinical Cardiology. **Circulation**, v. 115, n. 17, p. 2358-2368, 2007.

TSUJI, H. *et al.* Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. The Framingham Heart Study. **Circulation**, v. 94, n. 11, p. 2850-2855, 1996.

VANDERLEI, L. C. M. *et al.* Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev Bras Cir Cardiovasc**, v. 24, n. 2, p. 205-217, 2009.

VERAS, R. Envelhecimento populacional contemporâneo: demandas, desafios e inovações. **Rev. Saúde Pública**, v. 43, p. 548-554, 2009.

WADDINGTON, J. L.; MACCULLOCH, M. J.; SAMBROOKS, J. E. Resting heartrate variability in man declines with age. **Experientia**, v. 35, n. 9, p. 1197-1198, 1979.

WATSFORD, M.; MURPHY, A. The effects of respiratory-muscle training on exercise in older women. **J Aging Phys Act**, v. 16, n. 3, p. 245-260, 2008.

YASUMA, F.; HAYANO, J. Respiratory sinus arrhythmia: why does the heartbeat synchronize with respiratory rhythm? **Chest**, v. 125, n. 2, p. 683-690, 2004.

APÊNDICE A- Ficha de avaliação

FICHA DE AVALIAÇÃO - ANAMNESE E EXAME FÍSICO

Data: ___/___/___

1) Identificação

Nome: _____ Data de Nascimento: _____
 ___/___/___

Endereço: _____

Bairro: _____ Telefone(s): _____

Sexo: () M () F Profissão: _____

2) Hábitos de Vida

() Fumante Há quanto tempo? _____ Quantidade diária: _____

() Não fumante () Ex – fumante: há quanto tempo parou de fumar? _____

Etilista: () Sim () Não Qual(is) bebida(s) faz uso: _____

Quantidade: _____ Frequência: _____

Bebe café ou chá: _____ /dia

3) Fatores de Risco para Doença Aterosclerótica Coronariana

HAS: Sim () Não () Há quanto tempo foi diagnosticado? _____

Diabetes: Sim () Não () Tipo 1 () Tipo 2 ()

Dislipidemia: Sim () Não ()

Obesidade: Sim () Não () Grau: _____ Obs.: utilizar medidas coletadas no item 9.

Estresse: Sim () Não ()

Sedentarismo: Sim () Não () Há quanto tempo: _____

Tipo de exercício/frequência/intensidade: _____

4) Sinais e Sintomas Relacionados com Alterações do Sistema Cardiorrespiratório

Lipotímia: () Sim () Não Em quais situações: _____

Síncope: () Sim () Não Em quais situações: _____

Palpitação: () Sim () Não Em quais situações: _____

Dor Precordial: () Sim () Não Em quais situações: _____

Dispnéia: () Sim () Não Em quais situações: _____

5) Alguma Doença do Sistema Cardiovascular: () Sim () Não

Qual (is) _____

6) Alguma Doença do Sistema Respiratório: () Sim () Não

Qual (is) _____

7) História patológica pregressa:

Exclusivo para Mulheres

Menopausa: Sim () Não () Há quanto tempo: _____

Reposição hormonal: Sim () Não () Obs.: em caso afirmativo, descrever medicação no item 8.

8) Medicações em uso

Nome	Concentração	Posologia	Classificação

9) Exame Físico

- Massa corporal: _____ Altura: _____ IMC: _____

- Circunferência abdominal: _____

10) Monitorização Eletrocardiográfica (repouso supino):

DI: _____

DII: _____

DIII: _____

AVR: _____

AVL: _____

AVF: _____

V1: _____

V2: _____

V3: _____

V4: _____

V5: _____

V6: _____

Qualidade do traçado: () ótima () boa () regular () ruim

11) Sinais Vitais (supino):

FC: _____ bpm FR: _____ irpm PA: _____ / _____ mmHg AP: _____

12) Avaliação da Força Muscular Respiratória

TENTATIVAS	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a
Pimax								
Pemax								

Resultado:

Pimax: _____ cmH₂O % predito: _____ (Pimax: $y = -0,80 \times idade + 155,3$)

Pemax: _____ cmH₂O % predito: _____ (Pemax: $y = -0,81 \times idade + 165,3$)

Carga 40% Pimax: _____ cmH₂O

Pesquisador: _____

Nome:

Randomização:

Dia 2: _____ Data: _____		Dia 3: _____ Data: _____	
ID: _____		ID: _____	
MOMENTO	TEMPO	MOMENTO	TEMPO
Início coleta basal		Início coleta basal	
Final coleta basal		Final coleta basal	
Início 1º série		Início 1º série	
Repouso 1		Repouso 1	
Início 2ª série		Início 2ª série	
Repouso 2		Repouso 2	
Início 3ª série		Início 3ª série	
Repouso 3		Repouso 3	
Início 4ª série		Início 4ª série	
Repouso 4		Repouso 4	
Início 5ª série		Início 5ª série	
Repouso 5		Repouso 5	
Início 6ª série		Início 6ª série	
Repouso 6		Repouso 6	
Início 7ª série		Início 7ª série	
Repouso 7		Repouso 7	
Início 8ª série		Início 8ª série	
Recuperação – Baro 1		Recuperação – Baro 1	
Recuperação – Fluxo 1		Recuperação – Fluxo 1	
Recuperação – Baro 2		Recuperação – Baro 2	
Recuperação – Fluxo 2		Recuperação – Fluxo 2	
Recuperação – Baro 3		Recuperação – Baro 3	
Recuperação – Fluxo 3		Recuperação – Fluxo 3	
Recuperação – Baro 4		Recuperação – Baro 4	
Recuperação – Fluxo 4		Recuperação – Fluxo 4	
Nº arquivo MAPA: _____		Nº arquivo MAPA: _____	
Nº arquivo Holter: _____		Nº arquivo Holter: _____	

APÊNDICE B – Orientações ao voluntário da pesquisa**Orientações voluntários**

1. Vir de banho tomado, pois usaremos um equipamento que não pode ter contato com água. Ele ficará ligado à você por 24h para medir a pressão e registrar os batimentos do seu coração.
2. Vir de camisa ou blusa curta e com manga que não seja muito apertada.
3. Não usar cremes, óleos ou hidratantes na pele no dia agendado.
4. Não ingerir bebidas alcoólicas ou cafeinadas (ex.: cafezinho preto, chá mate, coca cola) 24 h antes da avaliação.
5. Não realizar exercício físico intenso.
6. Ter uma boa noite de sono.
7. Ingerir refeição leve até 1 h antes da avaliação.

Você deve voltar ____/____ às _____hr

Em caso de dúvidas entrem em contato:

Mariana: 98807-0448

Joice: 98844-2147

Obrigada por participar!

APÊNDICE C – Treinamento da respiração diafragmática

Treinamento da Respiração Diafragmática

É muito importante que você pratique em casa a respiração diafragmática que acabamos de aprender e fazer no hospital, para que nos próximos retornos você já esteja treinado e habituado com essa respiração.

Pedimos que faça, pelo menos, 2 minutos de respiração diafragmática 2 vezes ao dia até o dia marcado para o retorno.

Como é mesmo a técnica?

- 1) Sente-se de maneira confortável, com as costas apoiadas e coloque as mãos na barriga para sentir o movimento respiratório.
- 2) Puxe o ar pela boca e encha bem a sua barriga, estufando-a.



- 3) Solte lentamente o ar pela boca, esvaziando completamente a barriga, murchando-a.



- 4) Reinicie os movimentos de puxar o ar estufando a barriga e soltar o ar murchando a barriga por 2 minutos.

Tente fazer este treino, pelo menos 2 vezes ao dia.

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Respostas hemodinâmicas e autonômicas de idosos submetidos ao exercício muscular inspiratório

Pesquisador: Lilian Pinto da Silva

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 52021215.3.0000.5133

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA UFJF

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.402.581

Apresentação do Projeto:

O processo fisiológico de envelhecimento promove alterações em diferentes sistemas do organismo, incluindo o respiratório. Dentre os principais prejuízos orgânicos decorrentes do avançar da idade destaca-se a perda da força muscular respiratória. Sendo assim, o treinamento com exercício muscular inspiratório (EMI) vem sendo prescrito para a população idosa e tem evidenciado efeitos crônicos benéficos. No entanto, as respostas cardiovasculares agudas a este tipo de exercício físico ainda não foram amplamente investigadas e os achados descritos na literatura são ainda inconclusivos. Diante disso, o objetivo do presente estudo é verificar o efeito agudo (durante e imediatamente após), subagudo (durante 60 minutos da recuperação pós-exercício) e tardio (24 horas após) de uma sessão de EMI sobre variáveis hemodinâmicas (pressão arterial sistólica, pressão arterial diastólica, pressão arterial média, frequência cardíaca e fluxo sanguíneo do antebraço) e autonômicas cardíacas (variabilidade da frequência cardíaca e sistema barorreflexo) em idosos. Assim, serão recrutados homens e mulheres com idade acima de 60 anos que serão submetidos, aleatoriamente, a duas sessões de EMI: sessão placebo (sem carga no dispositivo de treinamento) e sessão de treinamento (intensidade moderada - 40% da pressão inspiratória máxima). A hipótese desta investigação é de que o EMI de moderada intensidade poderá interferir no comportamento das variáveis avaliadas de forma aguda, subaguda e tardia.

Endereço: Av. Engenheiro Nascimben, s/n
 Bairro: Dom Bosco CEP: 36.036-330
 UF: MG Município: JUIZ DE FORA
 Telefone: (32)4009-6336 Fax: (32)4009-6336 E-mail: cep.11@ufjf.edu.br



Continuação do Parecer: 1.402.551

Além disso, acredita-se que um melhor conhecimento do comportamento das variáveis cardiovasculares em resposta ao EMI contribuirá para uma prescrição mais adequada desta modalidade de exercício físico para a população idosa.

Objetivo da Pesquisa:

A presente proposta tem como objetivos geral e específico:

Objetivo geral: Avaliar a resposta hemodinâmica e autonômica cardíaca de idosos submetidos a uma sessão de exercício muscular inspiratório de moderada intensidade.

Objetivos específicos:

- Avaliar o efeito agudo (durante e imediatamente após), subagudo (60 minutos da recuperação pós-exercício) e tardio (24 horas após) do EMI sobre a PAS, PAD, PAM, FC e fluxo sanguíneo do antebraço em idosos.
- Avaliar o efeito agudo (durante e imediatamente após), subagudo (60 minutos da recuperação pós-exercício) e tardio (24 horas após) do EMI sobre a modulação autonômica cardíaca, medida por meio da VFC, e o barorreflexo em idosos

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os pesquisadores apresentaram os riscos e benefícios envolvidos na realização da presente pesquisa em conformidade com o proposto pela Resolução CNS466/12.

- Riscos: Os riscos envolvidos na pesquisa são mínimos e limitam-se a algum desconforto ou cansaço físico decorrente da prática do exercício físico proposto, considerando-se que os participantes podem não ter experiência prévia com esta modalidade de exercício.

Benefícios: A pesquisa contribuirá para um melhor conhecimento do comportamento fisiológico de variáveis hemodinâmicas e autonômicas cardíacas em resposta à uma sessão de exercício muscular inspiratório, contribuindo para uma mais adequada prescrição deste tipo de exercício para a população idosa.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A presente proposta possui relevância acadêmica e social uma vez que a análise das variáveis hemodinâmicas e autonômicas cardíacas em resposta ao exercício muscular inspiratório conforme proposto poderá contribuir para prescrição adequada deste tipo de exercício a população idosa além disso buscando também compreender como EMI de moderada intensidade poderá interferir

Endereço: Av. Engenheiro do Nascimento, s/n
 Bairro: Dom Bosco CEP: 36.038-330
 UF: MG Município: JUIZ DE FORA
 Telefone: (32)4009-6336 Fax: (32)4009-6336 E-mail: cep.jf@ufjf.edu.br



Continuação do Parecer: 1.402.581

nas variáveis avaliadas de forma aguda, subaguda e tardia.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os "termos de apresentação obrigatória" apresentados encontram-se adequadamente assinados e atualizados. Abaixo segue relação dos documentos encaminhados.

- Folha de Rosto
- TCLE
- Currículo Lattes - Joice Gomide Nolasco
- Currículo Lattes - Daniel Godoy Martinez
- Currículo Lattes - Mateus Camaroti Laterza
- Currículo Lattes - Mariana Balbi Seixas
- Currículo Lattes - Lilian Pinto
- Carta Encaminhamento
- Aprovação orçamento
- Orçamento
- Cronograma
- Declaração de Infraestrutura
- Declaração concordância
- Projeto Plataforma Brasil

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

A presente proposta encontra-se APROVADA uma vez que foi apresentada obedecendo os critérios éticos exigidos e propostos pela Resolução CNS466/12.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_D_O_P ROJETO_631173.pdf	18/12/2015 09:16:28		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	18/12/2015 09:07:20	Lilian Pinto da Silva	Aceito
Orçamento	Aprovacao_orcamento.pdf	18/12/2015	Lilian Pinto da Silva	Aceito

Endereço: Av. Engenheiro Nascimben, s/n
 Bairro: Dom Bosco CEP: 36.038-330
 UF: MG Município: JUIZ DE FORA
 Telefone: (32) 4009-6336 Fax: (32) 4009-6336 E-mail: cep.jf@ufjf.edu.br



Continuação do Parecer: 1.402.951

Orçamento	Aprovacao_orcamento.pdf	08:38:42	Lilian Pinto da Silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao_infra.pdf	18/12/2015 08:37:28	Lilian Pinto da Silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao_concordancia.pdf	18/12/2015 08:37:05	Lilian Pinto da Silva	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_JoiceGomideNolasco.pdf	18/12/2015 08:34:23	Lilian Pinto da Silva	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_DanielGodoyMartinez.pdf	18/12/2015 08:33:21	Lilian Pinto da Silva	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_MateusCamarotiLaterza.pdf	18/12/2015 08:32:41	Lilian Pinto da Silva	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_MarianaBalbiSeixas.pdf	18/12/2015 08:31:52	Lilian Pinto da Silva	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_LilianPinto.pdf	18/12/2015 08:31:03	Lilian Pinto da Silva	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	18/12/2015 08:24:09	Lilian Pinto da Silva	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	17/12/2015 22:52:42	Lilian Pinto da Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Plataforma_Brasil.pdf	17/12/2015 22:49:20	Lilian Pinto da Silva	Aceito
Outros	CartaEncaminhamento.pdf	17/12/2015 22:46:37	Lilian Pinto da Silva	Aceito
Outros	Cadastros.pdf	17/12/2015 22:46:27	Lilian Pinto da Silva	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	17/12/2015 17:54:18	Lilian Pinto da Silva	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JUIZ DE FORA, 03 de Fevereiro de 2016

Assinado por:
Gisele Aparecida Fófano
(Coordenador)

Endereço: Av. Engenheiro Nascimento, s/n
Bairro: Dom Bosco CEP: 36.038-330
UF: MG Município: JUIZ DE FORA
Telefone: (32)4009-6336 Fax: (32)4009-6336 E-mail: cep.11@ufjf.edu.br

ANEXO B- Termo de consentimento livre e esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – CEP HU/UFJF
JUIZ DE FORA – MG – BRASIL

FACULDADE DE FISIOTERAPIA UFJF/ HU CAS (Unidade Dom Bosco)

Pesquisadora Responsável: Lilian Pinto da Silva
Endereço: Rua Flores de Ouro Preto, 421
CEP: 36030-790 Juiz de Fora – MG
Fone: (32) 99105.5053
E-mail: lilian.pinto@ufjf.edu.br

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr. (a) está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa **“Respostas hemodinâmicas e autonômicas de idosos submetidos ao exercício muscular inspiratório”**. Neste estudo pretendemos avaliar os efeitos imediatos de variáveis hemodinâmicas e autonômicas de idosos submetidos a uma sessão de exercício muscular inspiratório de moderada intensidade. O motivo que nos leva a estudar este tema é que, embora o comportamento de variáveis cardiovasculares (pressão arterial, frequência cardíaca, fluxo sanguíneo e sistema barorreflexo, que controla a pressão arterial) durante e após uma sessão de exercício muscular inspiratório possa sofrer alterações decorrentes do processo de envelhecimento fisiológico, ainda não existem estudos conclusivos nesta área do conhecimento.

Para este estudo adotaremos os seguintes procedimentos: avaliação inicial e duas sessões de exercício muscular inspiratório com medidas de variáveis hemodinâmicas (pressão arterial, batimentos cardíacos e fluxo de sangue do antebraço) e autonômicas (intervalos entre batimentos cardíacos e sistema de controle da pressão arterial), todas de forma não invasiva, imediatamente após e nas 24 horas posteriores ao exercício. Os riscos envolvidos na pesquisa são mínimos e limita-se a algum desconforto ou cansaço físico decorrente da prática do exercício proposto, considerando-se que os participantes podem não ter experiência prévia com esta modalidade de exercício. A pesquisa contribuirá para um melhor conhecimento do comportamento fisiológico em resposta à uma sessão de exercício muscular inspiratório, contribuindo para uma mais adequada prescrição deste tipo de exercício para a população idosa.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, o Sr.(a) tem assegurado o direito a indenização. O Sr. (a) será esclarecido (a) sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento.

A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que o Sr. (a) é atendido (a) é atendido pelo pesquisador, que tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. O(A) Sr(a) não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, no Setor Métodos Gráficos do Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora e a outra será fornecida ao Sr.(a).

Eu, _____, portador do documento de Identidade _____ fui informado (a) dos objetivos do estudo **“Respostas hemodinâmicas e autonômicas de idosos submetidos ao exercício muscular inspiratório”** de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Juiz de Fora, _____ de _____ de 201____.

_____	_____
Nome e assinatura do(a) participante	Data
_____	_____
Nome e assinatura do(a) pesquisador	Data
_____	_____
Nome e assinatura da testemunha	Data

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o CEP HU – Comitê de Ética em Pesquisa HU/UFJF
Hospital universitário Unidade Dom Bosco - Sala 297
CEP 36.038-330
E-mail: cep.hu@ufjf.edu.br