

MODULAÇÃO AUTONÔMICA CARDÍACA E RESPOSTAS HEMODINÂMICAS AGUDAS AO EXERCÍCIO ISOMÉTRICO DE PREENSÃO MANUAL EM IDOSOS COM SÍNDROME DA FRAGILIDADE: RESPOSTAS HEMODINÂMICAS AO EXERCÍCIO ISOMÉTRICO EM IDOSOS FRÁGEIS

Leila Dal Poggetto Moreira

Programa de Pós-graduação em Engenharia
Biomédica, Universidade Anhembi Morumbi,
São José dos Campos, Brasil
leiladpmoreira@gmail.com

Osmar Pinto Neto

Programa de Pós-graduação em Engenharia
Biomédica, Universidade Anhembi Morumbi.
Centro de Inovação, Tecnologia e Educação,
São José dos Campos, Brasil
osmarpintoneto@hotmail.com

Maria do Socorro Brasileiro-Santos

Programa de Pós-Graduação em Educação Física,
Universidade de Pernambuco/ Universidade
Federal da Paraíba
João Pessoa, Brasil
sbrasileiro@yahoo.com.br

Linda Massako Ueno-Pardi

Escola de Artes Ciências e Humanidades. Instituto
do Coração do Hospital das Clínicas Faculdade de
Medicina da Universidade de São Paulo,
São Paulo, Brasil
lindabrz@usp.br

Amilton da Cruz Santos

Programa de Pós-Graduação em Educação Física,
Universidade de Pernambuco/ Universidade
Federal da Paraíba
João Pessoa, Brasil
adagatom@yahoo.com.br

Egberto Munin

Programa de Pós-graduação em Engenharia
Biomédica, Universidade Anhembi Morumbi.
Centro de Inovação, Tecnologia e Educação,
São José dos Campos, Brasil
emunin@gmail.com

Adriana Sarmiento de Oliveira

Programa de Pós-graduação em Engenharia
Biomédica, Universidade Anhembi Morumbi.
Centro de Inovação, Tecnologia e Educação,
São José dos Campos, Brasil
adriana.sarmiento@alumni.usp.br

RESUMO

Introdução: A fragilidade é uma síndrome geriátrica que leva ao comprometimento e à desregulação homeostática progressiva nos sistemas fisiológicos. **Objetivo:** Avaliar a modulação autonômica cardíaca e as respostas hemodinâmicas agudas ao exercício isométrico de prensão manual (EIPM) de idosos com síndrome da fragilidade. **Metodologia:** A amostra foi constituída por 21 idosos, 11 idosos no grupo não frágil e 10 no grupo frágil, classificados segundo os critérios de Fried et al (2001). Foram avaliados o intervalo RR pelo polar V800 e analisada a variabilidade da frequência cardíaca pelo Kubios HRV Standard para avaliação da modulação autonômica cardíaca. As variáveis hemodinâmicas, pressão arterial e frequência cardíaca, também foram avaliadas. O EIPM foi realizado a 30% da contração voluntária máxima durante 3 minutos. Antes deste período o idoso foi avaliado em repouso na posição supina por 10 minutos assim como por 5 minutos de recuperação, após finalização do período de exercício isométrico. **Resultados:** Foi observado maior balanço autonômico cardíaco ($p=0,03$) em idosos frágeis em repouso e uma tendência a maior modulação simpática ($p=0,09$) e menor modulação parassimpática cardíaca em idosos frágeis ($p=0,09$). Durante o exercício isométrico, foi observada resposta mais elevada da pressão arterial sistólica (PAS) no segundo e terceiro minuto ($p=0,02$) no grupo frágil, enquanto durante a recuperação, houve uma redução significativa da PAS, no primeiro ($p=0,01$) e quinto minuto ($p=0,05$) maior no grupo não frágil. **Conclusão:** Idosos frágeis apresentaram maior balanço autonômico no repouso, maior resposta sistólica durante o EIPM e recuperação prejudicada da pressão sistólica.

Palavras-chave: Envelhecimento. Fragilidade. Exercício. Pressão Arterial. Variabilidade da frequência cardíaca.

CARDIAC AUTONOMIC MODULATION AND ACUTE HEMODYNAMIC RESPONSES TO ISOMETRIC HANDGRIP EXERCISE IN OLDER ADULTS WITH FRAILTY SYNDROME: HEMODYNAMIC RESPONSES TO ISOMETRIC EXERCISE IN FRAIL OLDER ADULTS

ABSTRACT

Introduction: Frailty, a geriatric syndrome, induces impairment and gradual dysregulation of physiological homeostasis. **Objective:** This study aims to assess cardiac autonomic modulation and acute hemodynamic responses to isometric handgrip exercise (IHG) in elderly individuals with frailty syndrome. **Methodology:** The sample comprised 21 elderly participants, with 11 classified as non-frail and 10 as frail according to Fried et al.'s criteria (2001). RR interval was monitored using the Polar V800, and heart rate variability was analyzed using Kubios HRV Standard to assess cardiac autonomic modulation. Additionally, hemodynamic variables including blood pressure and heart rate were evaluated. IHG was performed at 30% of maximum voluntary contraction for 3 minutes. Before the exercise, participants rested in a supine position for 10 minutes, and a 5-minute recovery period followed the exercise. **Results:** Frail elderly individuals exhibited greater cardiac autonomic balance at rest ($p=0.03$) and a tendency towards increased sympathetic modulation ($p=0.09$), along with diminished cardiac parasympathetic modulation ($p=0.09$). During IHG, the frail group displayed a heightened systolic blood pressure (SBP) response in the second and third minutes ($p=0.02$), while the non-frail group exhibited a significant reduction in SBP during the first ($p=0.01$) and fifth minute of recovery ($p=0.05$). **Conclusion:** Frail elderly individuals demonstrated greater autonomic balance at rest, elevated systolic response during IHG, and impaired recovery of systolic pressure.

Key words: Aging. Frailty. Exercise. Blood pressure. Heart rate variability.

1. INTRODUÇÃO

O envelhecimento está associado a uma diminuição do tônus vagal e a um aumento da modulação simpática cardíaca (SCANAVACCA; MAURICIO, 2017), promovendo um desequilíbrio autonômico que favorece o surgimento de doenças cardiovasculares, principal causa de morte desta população (DE ANDRADE *et al.*, 2017; HERNÁNDEZ-VICENTE *et al.*, 2020).

Na literatura, é amplamente aceito que os idosos, independentemente das doenças associadas, apresentam uma menor variabilidade da frequência cardíaca (VFC), caracterizada pelo aumento da modulação simpática e pela redução da modulação parassimpática durante o repouso (HERNÁNDEZ-VICENTE *et al.*, 2020; PARVANEH *et al.*, 2015). Durante o exercício

isométrico de preensão manual (EIPM), observa-se uma tendência de diminuição na VFC. Esse fenômeno ocorre devido ao aumento da modulação simpática e à retirada da modulação parassimpática, o que contribui para o aumento da resistência vascular periférica e, conseqüentemente, da PA (SARMENTO *et al.*, 2017). Essas alterações são mediadas pelo mecanorreflexo e metaboreflexo, mecanismos reflexos principais responsáveis por aumentar o fluxo sanguíneo e a pressão arterial, além de ativar o sistema nervoso simpático durante exercícios isométricos. No entanto, o envelhecimento compromete a sensibilidade desses mecanismos, limitando a capacidade do organismo de regular eficientemente as respostas cardiovasculares durante o exercício e aumentando o risco de eventos adversos

relacionados ao coração e à circulação (DREW, 2017; MURPHY *et al.*, 2011).

A síndrome de fragilidade (SF) destaca-se como uma das principais síndromes associadas ao processo dinâmico e progressivo do envelhecimento humano (SHI *et al.*, 2020; WOOLFORD *et al.*, 2020). Caracterizada pela redução das respostas fisiológicas em múltiplos sistemas corporais, essa condição torna os idosos mais suscetíveis a uma série de desfechos adversos, como quedas, fraturas, infecções, hospitalizações, institucionalizações e, em última instância, mortalidade (JUSTIN C. DE BIASIO *et al.*, 2020; WOOLFORD *et al.*, 2020).

Nesse contexto, é relevante considerar que idosos frágeis frequentemente apresentam comprometimento no funcionamento do sistema nervoso autônomo cardiovascular. A revisão sistemática conduzida por Parvaneh *et al.* (2015) avaliou a regulação autonômica cardíaca em indivíduos com diferentes estados de fragilidade, com foco nas medidas de VFC. Os resultados indicaram que a fragilidade está associada a menor VFC e maior modulação simpática cardíaca em indivíduos frágeis.

Vale destacar que o processo de envelhecimento também está associado a um declínio progressivo na sensibilidade barorreflexa, o que reduz a capacidade do sistema cardiovascular de responder de forma eficiente às variações na PA e de atenuar essas alterações (DE BIASIO *et al.*, 2020; PARVANEH *et al.*, 2015; VERONESE *et al.*, 2017). Em idosos frágeis, essa redução na sensibilidade é ainda mais acentuada devido à disfunção no sistema adrenérgico, responsável pelo controle das respostas automáticas, como a

PA. Com o avanço da idade, essa disfunção é intensificada pela fragilidade, resultando em um excesso de liberação de adrenalina e noradrenalina. Esse processo leva a uma superativação do sistema nervoso simpático, causando uma queda na variância do intervalo RR. Essa resposta inadequada pode ser indicativa de modificações morfológicas, como o remodelamento arterial, semelhante ao que acontece no desenvolvimento da doença cardiovascular (BUTO *et al.*, 2021; LAKATTA, 2015).

Masoli *et al.* (2020) investigaram a relação entre a PA de repouso e os desfechos cardiovasculares, bem como a mortalidade por todas as causas, em idosos frágeis. Os resultados indicaram que tanto a PA elevada quanto a PA baixa estão associadas a um aumento no risco de mortalidade em idosos frágeis. A análise sugere que a gestão da PA em idosos frágeis deve ser cuidadosamente ponderada, considerando os riscos associados a ambos os extremos da PA. Esses achados têm implicações importantes para a prática clínica, destacando a necessidade de estratégias personalizadas para o manejo da PA em populações idosas frágeis.

É relevante destacar que, até o momento, não há estudos que tenham investigado os efeitos imediatos do EIPM na PA e na VFC; somente os efeitos crônicos desse tipo de exercício foram abordados. Portanto, nossa hipótese é de que idosos frágeis experimentam um maior estresse fisiológico durante o EIPM em comparação com os idosos não frágeis. Devido à importância de controlar e manter a PA dentro de níveis normais durante esse tipo de exercício, e com o intuito de fornecer as melhores evidências para informar

sobre as repercussões hemodinâmicas e autonômicas, nosso estudo tem como objetivo analisar a VFC e as respostas hemodinâmicas agudas ao EIPM em idosos com fragilidade.

2. MÉTODO

O estudo foi conduzido de forma prospectiva e transversal. Foi realizado após a aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Anhembi Morumbi, conforme o protocolo #3.264.341/CAAE: 10169419.6.0000.5492.

Os participantes foram selecionados por meio de um processo de recrutamento e avaliação realizado nas instalações do Centro Integrado de Saúde da Universidade Anhembi Morumbi, localizado na cidade de São Paulo. Para esta fase de seleção, foram utilizados métodos de busca ativa, que incluíram o contato por meio de chamadas telefônicas e a divulgação de informações relacionadas ao projeto de pesquisa através de meios impressos e digitais.

Os idosos foram convidados para as avaliações do estadiamento da fragilidade segundo Fried *et al.* (2001) e o protocolo experimental do estudo, que aconteciam presencialmente no Centro Integrado de Saúde da Universidade Anhembi Morumbi. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e foram informados de que poderiam se retirar do estudo a qualquer momento.

Os critérios de inclusão para o estudo foram idosos frágeis com 60 anos ou mais, de ambos os sexos, capazes de participar de todas as avaliações e etapas da pesquisa. Os critérios de exclusão incluíram idosos diagnosticados com fibrilação atrial, infarto agudo do miocárdio, revascularização miocárdica ou angina instável nos

últimos 3 meses, uso de marca-passo ou cardio desfibrilador implantável, tabagistas, pressão arterial sistólica (PAS) >160mmHg ou pressão arterial diastólica (PAD) >110mmHg, e uso de antiarrítmicos, betabloqueadores, alfa-bloqueadores ou benzodiazepínicos.

Dado que não foram encontrados estudos na literatura que abordassem a PAS em relação ao treinamento isométrico em idosos frágeis, optou-se por utilizar como referência um estudo previamente publicado de Millar *et al.* (2011). Esse avaliou os efeitos agudos diferentes protocolos de EIPM na PA em idosos saudáveis, um grupo que se assemelha mais à casuística em questão. Foi utilizado o programa Open Source Epidemiologic Statistics for Public Health, versão 2.3 (disponível em <https://www.openepi.com>). Para a análise, foi considerado um intervalo de confiança de 95% (bidirecional) e um poder estatístico de 90%. A diferença entre o basal e após EIPM da variável FC foi de 64 ± 9 a 49 ± 6 , respectivamente. Nesse contexto, a amostra foi calculada para 5 idosos em cada grupo. Considerando as possíveis perdas, foi proposta uma casuística de 10 idosos por grupo.

2.1 Avaliação do fenótipo de fragilidade

O fenótipo de fragilidade foi avaliado para verificar a elegibilidade do participante no protocolo, orientado pelos cinco critérios propostos por Fried *et al.* (2001).

2.2 Avaliação da Pressão Arterial

A PA foi medida utilizando o método auscultatório com um esfigmomanômetro aneroide e um estetoscópio Premium®

(BARROSO *et al.*, 2021; BARROSO *et al.*, 2021).

2.3 Modulação autonômica cardíaca

A VFC foi utilizada como parâmetro de avaliação da modulação autonômica cardíaca e foi avaliada coletando a FC e seu intervalo respectivo (iRR) a cada batimento cardíaco usando um medidor portátil de FC (Polar V800, Finlândia). Os dados coletados foram analisados utilizando o software KUBIOS HRV (Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Joensuu, Finlândia), versão 3.3 para Windows (TARVAINEN *et al.*, 2016; AMERICAN HEART ASSOCIATION, 1996).

2.4 Protocolo experimental

No primeiro momento, foram realizados a anamnese e a avaliação dos critérios da fragilidade. A determinação da FPM obtida a partir da média de três aferições, estando os idosos em decúbito dorsal e o dinamômetro de preensão manual posicionado na mão dominante, com o cotovelo fletido a 90°. Durante a coleta da PA e VFC, os idosos foram orientados a não falar, rir, dormir ou se movimentar excessivamente. A coleta foi realizada em um ambiente controlado, com temperatura entre 23 °C a 25 °C. A seguir o protocolo experimental:

Repouso: na posição de decúbito dorsal, o idoso permaneceu em silêncio por 10 minutos para a coleta dos intervalos R-R de repouso e PA clínica.

Exercício Isométrico: Com o idoso mantido na posição de repouso, o dinamômetro de preensão manual foi posicionado na mão dominante, com o cotovelo fletido a 90°. Em seguida, foi solicitado ao idoso realizar o EIPM por 3

minutos a 30% da contração voluntária máxima (CVM), enquanto a PA clínica foi coletada. Durante a análise visual do exercício de força de preensão manual, não foram observadas variações maiores que 5% entre os minutos. Os idosos eram estimulados verbalmente para manterem nos valores previamente calculados (30% CVM) (SARMENTO *et al.*, 2017).

Recuperação: na posição de decúbito dorsal, o idoso permaneceu em silêncio por 5 minutos para a coleta da PA clínica.

Todas as coletas do protocolo experimental ocorreram durante o período da tarde e foram sempre conduzidas pelos mesmos dois avaliadores.

2.5 Análise estatística

O teste de normalidade de Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar a distribuição dos dados. As características basais e o comportamento das variáveis durante o EIPM e o período de recuperação foram analisados pelo teste “t” de *Student* não pareado. Para avaliar diferenças entre as proporções de variáveis categóricas entre os grupos foi aplicado o Teste do Qui quadrado. Os dados foram apresentados como média \pm erro padrão. Foi aceito como diferença significativa $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

Foram triados 509 idosos do Centro Integrado de Saúde de São Paulo, mas 451 não puderam participar do estudo por dificuldades de transporte ou pela pandemia de COVID-19. Dos 58 idosos selecionados, 37 foram excluídos por motivos diversos, incluindo avaliações incompletas, erros de coleta dos dados de R-R e

por terem sido categorizados como pré-frágil. Por fim, a amostra total foi constituída de 21 idosos, 11 no grupo não frágil e 10 no frágil.

As características antropométricas, presença de comorbidades e uso de medicamentos dos grupos foram detalhadas na Tabela 1. Observa-se que os grupos eram comparáveis em termos de estatura, massa corporal, IMC e distribuição por gênero. Os grupos diferiam com relação a idade, pois o grupo frágil apresentava idade mais avançada ($p < 0,001$).

No contexto dos critérios associados à síndrome da fragilidade, constatou-se que o grupo frágil apresentou valores elevados tanto no tempo de marcha ($p = 0,001$) quanto na exaustão ($p = 0,002$), e uma redução significativa no nível de atividade física ($p = 0,000$).

A Tabela 2 apresenta as medidas de VFC dos idosos do grupo não frágil e frágil. Foi observado maior balanço autonômico cardíaco, avaliado pelo componente BF/AF, ($p = 0,03$) em idosos frágeis em repouso e uma tendência a maior modulação simpática, avaliada pelo componente BF, ($p = 0,09$) e menor modulação parassimpática cardíaca, avaliada pelo componente AF, em idosos frágeis ($p = 0,09$). Não foram identificadas diferenças significativas entre os dois grupos em relação às medidas de VFC no domínio do tempo durante o repouso.

As características hemodinâmicas durante e após o EIPM a 30% CVM dos dois grupos foram apresentadas na Tabela 3. Apesar da similaridade entre os grupos em relação ao comportamento da PAD e à FC, observou-se uma resposta mais elevada da PAS durante o segundo ($p = 0,02$) e terceiro minuto ($p = 0,02$) do EIPM no

grupo frágil. Durante o período de recuperação, houve uma redução significativa da PAS no primeiro ($p = 0,01$) e quinto minuto ($p = 0,05$) no grupo não frágil.

4. DISCUSSÃO

O principal achado deste estudo foi o aumento no balanço autonômico cardíaco em repouso, maior resposta pressórica sistólica durante o EIPM e menor recuperação sistólica em idosos frágeis em comparação com idosos não frágeis.

Millar *et al.* (2011) investigaram os efeitos agudos de quatro protocolos distintos de EIPM na PA e na VFC, bem como nas respostas de recuperação em idosos saudáveis. Os resultados demonstraram que o EIPM induziu uma redução significativa na PAS e um aumento na entropia da amostra em todos os protocolos, quando comparados com a sessão controle, em idosos normotensos.

Nosso estudo também avaliou a resposta pressórica ao exercício isométrico e observou aumento da PAS, porém a nossa população estudada foi composta por idosos frágeis. Parece que a SF não apenas está associada a um maior balanço autonômico cardíaco em repouso, como também potencializa a resposta hemodinâmica exacerbada ao EIPM. Esses resultados sugerem uma possível influência do estado de fragilidade na resposta cardiovascular ao exercício isométrico, destacando a importância de considerar o estado de fragilidade ao prescrever intervenções de exercício nesta população. Não encontramos na literatura outro estudo que avaliasse o comportamento hemodinâmico durante o exercício isométrico em idosos frágeis.

Sarmiento *et al.* (2017) realizaram uma avaliação do controle autonômico cardíaco por meio da VFC durante o EIPM em idosos sedentários e fisicamente ativos. O EIPM foi realizado por 3 minutos a 30% da contração muscular máxima, mesmo protocolo que o nosso. Os resultados indicam que os idosos sedentários demonstraram uma maior atividade simpática, e uma menor modulação parassimpática cardíaca, em comparação ao grupo ativo. Este estudo ajuda a explicar nossos resultados. O grupo frágil era composto exclusivamente por indivíduos sedentários, enquanto o grupo não frágil era formado por participantes totalmente ativos fisicamente, pode ter contribuído nos resultados da nossa pesquisa, além disso, a idade média do grupo frágil era mais elevada.

Durante o exercício, os metabólitos acumulados estimulam os metaborreceptores musculares, o que resulta em um aumento na modulação simpática, contribuindo para o incremento na FC e na resistência vascular periférica, resultando em um substancial aumento da PAS e PAD (DREW, 2017; SCOTT). É relevante notar que a sensibilidade do metaboreflexo é comprometida no processo de envelhecimento (SILVA *et al.*, 2020).

Outro fator que ajuda a explicar, pelo menos em parte, a hiperativação pressórica no idoso frágil, é a sensibilidade barorreflexa prejudicada (BUTO *et al.*, 2019; D'SOUZA *et al.*, 2022; GROTTLE *et al.*, 2023). O estudo conduzido por Buto *et al.* (2019) evidenciou uma redução na sensibilidade barorreflexa após a realização da manobra postural ativa, em idosos frágeis em relação a idosos não frágeis. Este achado sugere a presença de transbordamento

adrenérgico nesses grupos, em conjunto com a disfunção adrenérgica característica do envelhecimento, pode contribuir para uma hiperativação simpática (D'SOUZA *et al.*, 2022). Destaca-se ainda que a sensibilidade barorreflexa tem sido apontada como um preditor de mortalidade em diversas populações (GROTTLE *et al.*, 2023; LAKATTA, 2015).

A hiperatividade pressórica observada durante o EIPM em idosos frágeis corrobora com a importância de uma avaliação mais detalhada da população idosa a fim de adotar medidas terapêuticas que retardem ou previnam esta alteração hemodinâmica, uma vez que a resposta hiperpressórica está associada à mortalidade e é um marcador de mau prognóstico em várias doenças cardiovasculares em idosos (KLASSEN *et al.*, 2021).

O presente estudo apresenta algumas limitações, incluindo o baixo número de participantes nos grupos estudados, o que foi dificultado pela coleta de dados ter sido realizada durante a pandemia de COVID-19. Além disso, a falta de um transdutor de força para garantir a variação da força de preensão manual a cada minuto durante o EIPM. No entanto, para mitigar essa questão, os valores de força foram registrados e foi observado que não houve variação maior que 5% entre os minutos de exercício.

5. CONCLUSÃO

Idosos frágeis apresentaram maior balanço autonômico no repouso, maior resposta sistólica durante o EIPM e uma recuperação prejudicada da PAS. Esses fatores podem contribuir para maior risco de desenvolvimento

de doenças cardiovasculares, que são a principal causa de morte nessa população.

Tabela 1 – Características antropométricas presença de comorbidades e uso de medicamentos de idosos não frágil e frágil.

	Não frágil (n=11)	Frágil (n=10)	<i>p</i>
Idade (anos)	66 ± 1,44	77 ± 2,25	0,001*
Estatura (m)	1,62 ± 0,03	1,60 ± 0,02	0,60
Massa Corporal (kg)	66,95 ± 2,56	70,99 ± 5,17	0,48
IMC (Kg/m ²)	25,39 ± 0,66	27,68 ± 2,03	0,28
Critérios da SF			
Força de Pressão manual (Kgf)	24,72 ± 2,40	19,14 ± 1,63	0,08
Velocidade da marcha (s)	3 ± 0,23	8 ± 1,24	0,001*
Nível de atividade física	283 ± 27,23	24 ± 13,85	0,000*
Exaustão	0 (0%)	6 (60%)	0,002*
Perda de peso não intencional	0 (0%)	2 (20%)	0,12
Sexo (n/%)			
Feminino	9 (82%)	8 (80%)	0,92
Masculino	2 (18%)	2 (20%)	0,92
Comorbidades (n/%)			
HAS	4 (36%)	5 (50%)	0,53
DM	2 (18%)	3 (30%)	0,53
Dislipidemia	2 (18%)	3 (30%)	0,53

Nota: Índice de massa corporal (IMC); Hipertensão arterial sistêmica (HAS); Diabetes mellitos (DM). Valores apresentados em média ± erro padrão. **p* < 0,05.

Tabela 2 – Comportamento das variáveis autonômicas durante o repouso nos grupos não frágil e frágil.

	Não frágil (n=11)	Frágil (n=10)	<i>p</i>
Mean RR, ms	916,28±41,02	914,23±26,14	0,97
SDNN, ms	22,00 ± 2,92	20,86 ± 1,46	0,74
RMSSD, ms	22,66 ± 3,44	21,31 ± 1,30	0,73
PNN50%	4,48 ± 2,08	2,53 ± 0,50	0,40
BF, nu	50,12 ± 1,91	55,23 ± 2,21	0,09
AF, nu	49,78 ± 1,90	44,65 ± 2,20	0,09
Balanço autonômico	1,04 ± 0,08	1,33 ± 0,10	0,03*

Nota: Média do intervalo RR (Mean RR); Milissegundos (ms); Desvio padrão de todos os intervalos RR (SDNN); Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes (RMSSD); Percentual de intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50 ms (pNN50%); Porcentagem (%); Baixa frequência (BF); Unidade normalizada (nu); Alta frequência (AF). Valores apresentados em média ± erro padrão. **p* < 0,05.

Tabela 3 - Comportamento das variáveis hemodinâmicas durante e após EIPM nos grupos não frágil e frágil.

	Basal	EIPM			Recuperação	
		(1°min)	(2°min)	(3°min)	(1°min)	(5°min)
FC (bpm)						
Não frágil	66 ± 2,67	69 ± 2,27	71 ± 2,53	74 ± 2,10	67 ± 2,65	66 ± 2,72
Frágil	67 ± 3,04	72 ± 2,44	75 ± 2,68	77 ± 2,81	68 ± 3,23	66 ± 3,15
<i>p</i>	0,78	0,45	0,32	0,38	0,90	0,97
PAS (mmHg)						
Não frágil	113 ± 3,19	125 ± 3,26	134 ± 3,48	139 ± 3,75	120 ± 3,16	115 ± 3,50
Frágil	123 ± 4,03	134 ± 5,15	148 ± 4,45	154 ± 4,54	137 ± 4,72	128 ± 5,09
<i>p</i>	0,07	0,15	0,02	0,02	0,01	0,048
PAD (mmHg)						
Não frágil	74 ± 1,95	78 ± 2,83	84 ± 2,34	85 ± 3,26	75 ± 2,37	73 ± 2,27
Frágil	76 ± 2,54	78 ± 2,77	83 ± 4,28	85 ± 4,08	75 ± 4,77	73 ± 2,86
<i>p</i>	0,48	0,97	0,90	0,93	0,93	0,94

Nota: Exercício isométrico de prensão manual (EIMP) Pressão arterial sistólica (PAS); Pressão arterial diastólica (PAD); Frequências cardíaca (FC). Valores apresentados em média ± erro dos grupos pré frágil e frágil. **p* < 0,05.

REFERÊNCIAS

1. AMERICAN HEART ASSOCIATION, Inc. **Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. European Heart Journal 1996**, Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society for Pacing and Electrophysiology. 1996. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279548912_Heart_rate_variability_Standards_of_measurement_physiological_interpretation_and_clinical_use. Acesso em: 19 maio 2024.
2. BARROSO W. K. S., *et al.* Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial-2020 Barroso *et al.* Arq Bras Cardiol. **Arquivos Brasileiros de Cardiolgia**, v. 116, n. 3, p. 516–658, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36660/abc.20201238>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abc/a/Z6m5gGNQCv rW3WLV7csqbqh/?lang=pt>. Acesso em: 19 maio 2024.
3. BIELECKA-DABROWA, A. *et al.* Cachexia, muscle wasting, and frailty in cardiovascular disease. **European Journal of Heart Failure**, v. 22, n. 12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejhf.2011>. Disponível em:
4. BUTO, M. S. S. *et al.* Baroreflex sensitivity in frailty syndrome. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 52, n. 4, p. 1–7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-431X20198079>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjmr/a/wWBQywm qJ8Lggywk5pFmmt/abstract/?lang=en>. Acesso em: 19 maio 2024.
5. DE ANDRADE, P. E. *et al.* Reduction of heart rate variability in hypertensive elderly. **Blood Pressure**, v. 26, n. 6, p. 350–358, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/08037051.2017.1354285>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08037051.2017.1354285>. Acesso em: 19 maio 2024.
6. DREW, R. C. Baroreflex and neurovascular responses to skeletal muscle mechanoreflex activation in humans: An exercise in integrative physiology. **American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology**, v. 313, n. 6, p. 654–659, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00242.2017>. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/ajpregu.00242.2017>. Acesso em: 19 maio

- 2024.
7. DREW, R. C. Baroreflex and neurovascular responses to skeletal muscle mechanoreflex activation in humans: an exercise in integrative physiology. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, v. 313, n. 6, p. 654-659, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00242.2017>. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/ajpregu.00242.2017>. Acesso em: 19 maio 2024.
 8. D'SOUZA, A. W. et al. Aging is associated with enhanced central but impaired peripheral arms of the sympathetic baroreflex arc. *Journal of Applied Physiology*, v. 133, n. 2, p. 349-360, 23 jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00045.2022>. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/japplphysiol.00045.2022>. Acesso em: 19 maio 2024.
 9. FRIED, L. P. et al. Frailty in older adults: Evidence for a phenotype. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 56, n. 3, p. 146-157, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1093/gerona/56.3.M146>. Disponível em: <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article/56/3/M146/545770?login=false>. Acesso em: 19 maio 2024.
 10. GROTTLE, A. K. et al. Age-related alterations in the cardiovascular responses to acute exercise in males and females: role of the exercise pressor reflex. *Frontiers in Physiology*, v. 14, p. 1287392, 1 nov. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1287392>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2023.1287392/full>. Acesso em: 19 maio 2024.
 11. HERNÁNDEZ-VICENTE, A. et al. Heart Rate Variability and Exceptional Longevity. **Frontiers in Physiology**, v. 11, n. September, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.566399>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2020.566399/full>. Acesso em: 19 maio 2024.
 12. HIRANI, Vasant et al. Resting blood pressure and its association with frailty in older adults: a cross-sectional analysis of the Canadian Longitudinal Study on Aging. *Journal of Human Hypertension*, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/ageing/afaa028>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32133525/>. Acesso em: 19 maio 2024.
 13. JUSTIN C. DE BIASIO et al. Frailty in Critical Care Medicine: A Review. **Anesthesia and analgesia.**, v. 130, n. 6, p. 1462-1473, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1213%2FANE.0000000000004665>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7426653/>. Acesso em: 19 maio 2024.
 14. KATAYAMA, Pedro Lourenço et al. Cardiac autonomic modulation in non-frail, pre-frail and frail elderly women: a pilot study. **Aging clinical and experimental research**, v. 27, n. 5, p. 621-629, 2015. <https://doi.org/10.1007/s40520-015-0320-9>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25673231/>. Acesso em: 19 maio 2024.
 15. KIM, Y. et al. Association between blood pressure control and risk of stroke in adults with hypertension: a nationwide population-based study. *European Heart Journal*, v. 43, n. 3, p. 271-279, 2022. doi: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab512>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26325559/>. Acesso em: 19 maio 2024.
 16. KLASSEN, S. A.; JOYNER, M. J.; BAKER, S. E. The impact of ageing and sex on sympathetic neurocirculatory regulation. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, v. 116, p. 72-81, ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.semedb.2021.01.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S108495212100001X>. Acesso em: 19 maio 2024.
 17. MASOLI, Jane A. H.; DELGADO, Joao; PILLING, Luke; STRAIN, David; MELZER, David. Blood pressure in frail older adults: associations with cardiovascular outcomes and all-cause mortality. *Age and Ageing*, v. 49, n. 5, p. 807-813, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/ageing/afaa028>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32133525/>. Acesso em: 19 maio 2024.
 18. MILLAR, P. J.; MACDONALD, M. J.; MCCARTNEY, N. Effects of isometric handgrip protocol on blood pressure and neurocardiac modulation. **International**

- Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 3, p. 174–180, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0030-1268473>. Disponível em: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0030-1268473>. Acesso em: 19 maio 2024.
19. MURPHY, M. N. *et al.* Cardiovascular regulation by skeletal muscle reflexes in health and disease. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, v. 301, n. 4, p. 191–204, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00208.2011>. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/ajpheart.00208.2011>. Acesso em: 19 maio 2024.
 20. PARVANEH, S. *et al.* Regulation of Cardiac Autonomic Nervous System Control across Frailty Statuses: A Systematic Review. **Gerontology**, v. 62, n. 1, p. 3–15, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1159/000431285>. Disponível em: <https://www.karger.com/Article/Abstract/431285>. Acesso em: 19 maio 2024.
 21. SAEED, A.; KAMPANGKAEW, J.; NAMBI, V. Hypertension and Cardiovascular Disease: Contributions of the Framingham Heart Study. *Glob Heart*, v. 16, n. 1, p. 1–10, 2021. doi: <https://doi.org/10.5334/gh.1089>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211816012002645?via%3Dihub>. Acesso em: 19 maio 2024.
 22. SARMENTO, A. DE O. *et al.* Regular physical exercise improves cardiac autonomic and muscle vasodilatory responses to isometric exercise in healthy elderly. **Clinical Interventions in Aging**, v. 12, p. 1021–1028, 2017. DOI: <https://doi.org/10.2147/CIA.S120876>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2147/CIA.S120876>. Acesso em: 19 maio 2024.
 23. SCANAVACCA, E.; MAURICIO, R. Modulação Autônoma Cardíaca-A Busca por uma Técnica Definitiva. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 109, n. 5, p. 384–386, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/abc.20170166>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abc/a/cSkXx4x44D7RJDvcvVknmYQ/?lang=pt>. Acesso em: 19 maio 2024.
 24. SCOTT, J. M. *et al.* Reflex cardiovascular responses evoked by active muscle mass during dynamic exercise in humans. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, v. 307, n. 5, p. H681–H688, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00357.2014>.
 25. SHI, S. M. *et al.* Changes in frailty index and association with mortality. *Journal of American Geriatrics Society*, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/jgs.17002>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33377190/>. Acesso em: 19 maio 2024.
 26. SILVA, A. B.; SILVA-COUTO, M. D.; RODRIGUES, B. Aging and the Impairment of Metaboreflex Sensitivity: Mechanisms and Implications for Cardiovascular Health. *Frontiers in Physiology*, v. 11, p. 593037, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.593037>.
 27. TARVAINEN, M. *et al.* **Kubios HRV Software: User's Guide**. Kubios Oy. 2016. Disponível em: https://www.kubios.com/downloads/Kubios_HRV_Users_Guide.pdf. Acesso em: 19 maio 2024.
 28. UNGER, T. *et al.* 2020 International Society of Hypertension Global Hypertension Practice Guidelines. *Hypertension*, v. 75, n. 6, p. 1334–1357, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.120.15026>. Disponível em: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/HYPERTENSIONAHA.120.15026>. Acesso em: 19 maio 2024.
 29. VERONESE, N. *et al.* Risk of cardiovascular disease morbidity and mortality in frail and pre-frail older adults: Results from a meta-analysis and exploratory meta-regression analysis. **Ageing Research Reviews**, v. 35, p. 63–73, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arr.2017.01.003>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28143778>. Acesso em: 19 maio 2024.
 30. WOOLFORD, S. J. *et al.* Approaches to the diagnosis and prevention of frailty. **Ageing Clinical and Experimental Research**, v. 32, n. 9, p. 1629–1637, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40520-020-01559-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40520-020-01559-3>. Acesso em: 19 maio 2024.

Leila Dal Poggetto Moreira

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Anhembi Morumbi.

Osmar Pinto Neto

Docente e Professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Anhembi Morumbi. Centro de Inovação, Tecnologia e Educação.

Maria do Socorro Brasileiro-Santos

Docente e Orientadora do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade de Pernambuco/ Universidade Federal da Paraíba.

Linda Massako Ueno-Pardi

Docente e Orientadora do Programa de Pós-graduação em Ciências da Atividade Física da Escola de Artes Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo e do Mestrado em Fisiopatologia Experimental da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Amilton da Cruz Santos

Docente e Orientador do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade de Pernambuco/ Universidade Federal da Paraíba.

Egberto Munin

Orientador do Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Anhembi Morumbi. Centro de Inovação, Tecnologia e Educação.

Adriana Sarmento de Oliveira

Orientadora do Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Anhembi Morumbi. Centro de Inovação, Tecnologia e Educação.