

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**CLARA ITALIANO MONTEIRO**

**AVALIAÇÃO DA FASE DE RECUPERAÇÃO APÓS EXERCÍCIO RESISTIDO  
EM IDOSOS E JOVENS: ANÁLISE DA MODULAÇÃO AUTÔNOMICA  
CARDÍACA**

**SÃO CARLOS**

**2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**CLARA ITALIANO MONTEIRO**

**AVALIAÇÃO DA FASE DE RECUPERAÇÃO APÓS EXERCÍCIO RESISTIDO  
EM IDOSOS E JOVENS: ANÁLISE DA MODULAÇÃO AUTONÔMICA  
CARDÍACA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Fisioterapia, área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ramona Cabiddu

**Coorientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Renata Gonçalves Mendes

**São Carlos – SP**

**2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Clara Italiano Monteiro, realizada em 21/02/2017:

---

Profa. Dra. Ramona Cabiddu  
UFSCar

---

Prof. Dr. Rodrigo Polaquini Simões  
UFSCar

---

Profa. Dra. Vivian Maria Arakelian  
UNINOVE

**Investigação conduzida no Laboratório de Fisioterapia  
Cardiopulmonar do Departamento de Fisioterapia da  
Universidade Federal de São Carlos. Projeto desenvolvido  
com apoio CNPq 450500/2016-0, 117515/2014-0 e  
486365/2013-1.**

*Dedico esse trabalho à Deus, princípio e fim de  
todas as coisas e à minha família que trilhou  
esse caminho comigo.*

## AGRADECIMENTO

*Os dois anos dedicados ao mestrado chegaram ao fim! No começo tudo era novo, as informações eram inúmeras, mas toda novidade é excitante. Chegar até aqui não foi nada fácil, mas chegamos! Chegamos, porque sozinha eu não teria conseguido.*

*Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado a oportunidade de trilhar esse caminho e finalizá-lo na certeza de que muito foi feito, aprendido, alcançado, mesmo em meios às dificuldades, me fortalecendo nos momentos de fraqueza e certa de que, sem Ele, nada aconteceria.*

*Agradeço imensamente aos meus pais, Carlos e Rosane, por sempre me incentivarem, caminharem comigo nos momentos bons e ruins, aguentarem meus choros de desespero, ajudarem a me reerguer, por todo amor dado, correções feitas, palavras de consolo, enfim, por serem sempre meus grandes exemplos! Agradeço também aos meus irmãos Caio, Ciro e Cassiano simplesmente por serem como são. O Caio sempre com seu jeito de irmão mais velho, implicando, mas corrigindo com caridade. Levando-me sempre a ser uma pessoa melhor e buscar sempre a Deus e, claro, como bom padrinho que é, colocando-me em suas orações diárias. O Ciro por estar sempre comigo, mesmo longe, mas ainda assim sempre presente com seus jargões inigualáveis e seu companheirismo de sempre. O Cassiano por trazer música a nossos dias, por ser sempre nosso caçula e ter a hora certa de fazer as piadas. Amo-os incondicionalmente e, embora incapaz de agradecer todo o amor que vocês me dão, agradeço a Deus por poder chamá-los de minha família! Sem dúvida nenhuma, esse resultado é dedicado a vocês.*

*Agradeço aos colegas de laboratório que souberam ser pacientes e muito me ajudaram, dedicando tempo para me ensinar e trilhar esse caminho juntos. À Audrey por todo o apoio dado, pela disponibilidade dos equipamentos e do laboratório, pela oportunidade dada quando o interesse pela pesquisa era apenas uma sementinha em mim e por ter*

recebido a professora Ramona Cabiddu, pois sem essa oportunidade de filia-la ao programa, eu não teria a chance de chegar onde cheguei. À Paula e à Ana Farche por terem sido tão prestativas e dedicadas ao trabalho de apoio técnico nesses dois anos em que fiquei no laboratório. À Daniela Bassi que, mesmo estando longe hoje, se dedicou a nossa amizade e tem grande influência em muito do que aprendi aqui, até mesmo no crescimento pessoal. Ao Guilherme que, com toda sua paciência e paixão pela docência, dedicou tempo para me ensinar e mostrar que sou capaz de crescer, aprender e que não serão minhas dificuldades que me limitarão, basta dedicação. À Erika que com todo seu companheirismo e amizade caminhou comigo nesses dois anos.

Agradeço imensamente às amizades feitas ao longo desses dois anos, se foi muito ou pouco tempo de convivência, cada um que passa deixa algo que nos faz crescer. À Anna e Ivanize, que com suas experiências e histórias souberam me mostrar caminhos mais leves e alegres a serem trilhados, com direito a muita risada e sendo sempre ótimas companhias. À Germanna e Larissa que, mesmo em pouquíssimo tempo, já pudemos crescer com nossas conversas sobre a vida, dificuldades e angústias.

Agradeço também a todos os funcionários e professores que tive a oportunidade de conhecer e conviver. Lembro aqui da querida Iolanda que com todo seu bom humor dá conta de alegrar nossos dias no departamento, sempre nos preparando bons cafés e chás, ou quando nos fazia a surpresa de preparar pipoca ou bolinho de chuva.

Não posso esquecer-me do MUR (Ministério Universidades Renovadas) e de cada um que por ele passou. Com muito carinho e gratidão lembro-me da Carol, Marcela, André e Julia que, sempre preocupados, lembravam de mim na minha ausência e buscavam me entender nas minhas dificuldades. Que continuemos sempre nessa busca pela Civilização do Amor para os quatro cantos do mundo.

*Por fim, mas de forma alguma menos importante, dedico esse parágrafo em agradecimento àquelas que nesses dois anos me ensinaram a ser uma pesquisadora, a almejar o êxito, que o sucesso nasce da persistência e da determinação. Ramona e Renata, com vocês a equipe está formada, o sucesso é certo! À Ramona que, com todo seu domínio na língua portuguesa, facilitou nossa comunicação (seria um excelente, mas árduo desafio levar esses dois anos falando em italiano), também me mostrou que sou capaz de usar o meu inglês para apresentar trabalhos em congressos, escrever artigo e conversar com professores visitantes, mas que é preciso dedicar-se para caminhar sempre em frente. E à Renata que, desde os tempos de Physical, me mostrou e contagiou com a paixão que tem pela pesquisa e pelo ensino, mostrando sempre que toda nova experiência, seja ela fácil ou difícil, terá algo bom e interessante que irá agregar muitos valores e conhecimentos.*

*Agradeço também à CAPES pelo apoio financeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia pelo auxílio dado durante esses dois anos.*

*Aos que não foram devidamente nomeados, saibam que também estou imensamente grata, pois cada um que passou pela minha trajetória nesses dois anos, tendo permanecido ou não, fizeram e fazem parte da minha história, e que com certeza pude aprender algo com cada um.*

*Aquilo que um dia pareceu inalcançável, agora se tornou realidade, mais uma etapa foi vencida! Muito obrigada a todos!*



*Por vezes sentimos que aquilo que fazemos  
não é senão uma gota de água no mar,  
mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.*  
*(Santa Teresa de Calcutá)*

## RESUMO

O envelhecimento é um processo complexo, dinâmico e progressivo, caracterizado por alterações morfológicas, funcionais, bioquímicas, psicológicas e sociais. Tais alterações ocorrem de maneira progressiva e levam o indivíduo à diminuição gradual de sua capacidade de adaptação e desempenho, tornando-o mais vulnerável às agressões intrínsecas e extrínsecas. O treinamento resistido é recomendado para os indivíduos idosos como uma promissora intervenção para prevenir ou reverter, pelo menos parcialmente, as perdas causadas por este processo. No entanto, ainda são limitados os estudos que investigaram o comportamento das variáveis cardiovasculares no período de recuperação pós-esforço em exercício resistido (ER) em idosos, apesar das informações potencialmente úteis que poderiam advir de tal investigação. Neste contexto, a presente proposta terá como objetivo analisar a resposta da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) no período de recuperação pós-exercício resistido em indivíduos idosos e jovens. Foram realizadas 3 visitas para realização dos seguintes testes: 1. teste ergométrico do tipo rampa em cicloergômetro (para avaliação clínica); 2. teste de uma repetição máxima (RM) e 3. teste em 70% e 90% do RM no equipamento *Leg Press 45°*. Os registros dos sinais de frequência cardíaca (FC) foram realizados durante o repouso e no período de recuperação (6 minutos) dos testes de 70% e 90% de 1RM. A hipótese deste estudo é a de que os ajustes cardiovasculares avaliados pela análise da VFC estarão atenuados nos indivíduos idosos quando comparados aos indivíduos jovens. Foi utilizada para análise dos dados ANOVA de medidas repetidas de duas vias. Foram encontradas diferenças significativas entre idosos e jovens durante a fase de recuperação nas seguintes variáveis: média RR, BF u.n., DFA1 e DFA2. Podemos concluir que os idosos apresentam uma modulação simpática com valores mais altos durante a recuperação do que os jovens, podendo ser indicativo de uma resposta atenuada ao exercício nessa população.

**Palavras-chave:** envelhecimento; exercício resistido; recuperação; modulação autonômica cardíaca.

## ABSTRACT

### **Recovery phase assessment after resistive exercise in elderly and young men: analysis of cardiac autonomic modulation**

Aging is a complex, dynamic and progressive process characterized by morphological, functional, biochemical, psychological and social age-related changes. These changes occur progressively and lead the individual to gradual reduction of their adaptability and performance skills, making them more vulnerable to intrinsic and extrinsic factors. Resistance training is recommended for elderly people as a promising intervention to prevent or reverse, at least partially, the effects caused by this process. However, the number of studies that address cardiovascular variables behavioral patterns during the recovery period after resistance exercise in the elderly is still limited, despite the potentially useful information that might arise from this observation. In this context, the aim of the present proposal is to analyze the response of the response of heart rate variability (HRV) to resistance exercise during the recovery period (6 minutes) in elderly and young subjects. Volunteers will undergo three visits: 1. ramp type exercise test on a cycle ergometer (clinic evaluation); 2. one maximum repetition (MR) test and 3. A test at an intensity of 70% and 90% of 1RM, on the *Leg Press 45°* device. The records of the heart frequency (HR) was collected throughout the tests. Our hypothesis is that cardiovascular adjustments, investigated through HRV analysis, will be attenuated in the elderly when compared to young subjects. The results were compared using two-way repeated-measures ANOVA. A significant difference was found between elderly and young during the recovery phase for Mean RR, LF n.u., DFA1 and DFA2. Our findings show that the elderly present higher sympathetic modulation during RE recovery when compared to young subjects, which might be indicative of an attenuated response to exercise in this population.

**Key words:** aging; resistance training; cardiorespiratory coupling; cardiac autonomic modulation; recovery.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ilustração esquemática dos procedimentos experimentais.....	26
<b>Figura 2.</b> Figura ilustrativa do procedimento experimental no Leg Press 45° .....	28
<b>Figura 3.</b> Ilustração esquemática dos trechos de análise do sinal RR.....	29
<b>Figura 4.</b> Parâmetros da VFC no domínio do tempo, da frequência e não-lineares em idosos e jovens durante o período de recuperação após exercício resistido nas cargas de 70% e 90% de 1RM.....	34

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características demográficas e antropométricas; parâmetros clínicos de base e parâmetros de exercício .....	31
<b>Tabela 2.</b> Parâmetros no domínio do tempo, da frequência e não-lineares em condições de repouso antes do exercício nas cargas de 70% de 1RM e 90% de 1RM para os dois grupos.....	32
<b>Tabela 3.</b> Parâmetros no domínio do tempo, frequência e não-lineares durante o período de recuperação após exercício resistido nas cargas de 70% e 90% de 1RM para os dois grupos.....	33

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>AF (u.n.)</b>	banda alta frequência em unidades normalizadas
<b>BF (u.n.)</b>	banda de baixa frequência em unidades normalizadas
<b>bpm</b>	batimentos por minuto
<b>CV</b>	cardiovascular
<b>SDRR</b>	desvio padrão de todos os iR-R normais
<b>DFA</b>	detrended fluctuation analysis
<b>ECG</b>	eletrocardiograma
<b>ER</b>	exercício resistido
<b>FC</b>	frequência cardíaca
<b>IMC</b>	índice de massa corporal
<b>iR-R</b>	intervalo R-R
<b>LACAP</b>	Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar
<b>TINN</b>	largura da distribuição do triângulo iRR
<b>MBF</b>	muito baixa frequência
<b>RR tri</b>	número total de todos os iRR dividido pela altura do histograma de todos os iRR
<b>PA</b>	pressão arterial
<b>PAD</b>	pressão arterial diastólica
<b>PAS</b>	pressão arterial sistólica
<b>RMSSD</b>	raiz quadrada das diferenças sucessivas entre intervalos RR normais adjacentes ao quadrado
<b>BF/AF</b>	razão entre as bandas de baixa frequência e alta frequência
<b>RM</b>	repetição máxima
<b>TECP</b>	teste de exercício cardiopulmonar
<b>FFT</b>	Transformada Rápida de Fourier
<b>UFSCar</b>	Universidade Federal de São Carlos
<b>VFC</b>	variabilidade da frequência cardíaca
<b>VS</b>	volume sistólico

## SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	15
REFERÊNCIAS.....	18
ESTUDO.....	23
2. INTRODUÇÃO.....	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1. População do estudo.....	25
3.2. Protocolo do estudo.....	26
3.2.1. Primeira visita: avaliação inicial.....	26
3.2.2. Segunda visita: teste de uma repetição máxima (1RM).....	26
3.2.3. Terceira visita: teste de 70% e 90% de 1RM.....	27
3.3. Aquisição do sinal de VFC.....	27
3.4. Análise de dados.....	28
3.4.1. Parâmetros no domínio do tempo.....	29
3.4.2. Parâmetros no domínio da frequência.....	29
3.4.3. Parâmetros não lineares.....	29
3.5. Análise estatística.....	30
4. RESULTADOS.....	30
5. DISCUSSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	38
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	48
APÊNDICE B – Ficha de Avaliação.....	51
APÊNDICE C – Protocolo no Cicloergômetro.....	59
APÊNDICE D – Ficha de Avaliação (1RM).....	60
APÊNDICE E – Ficha de Avaliação (cargas 70% e 90%).....	61
APÊNDICE F – Artigo em inglês.....	62
ANEXO 1 – Parecer Consubstanciado do CEP.....	78

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A população mundial com mais de 60 anos é de atualmente 841 milhões com previsão de que até 2050 esse número possa atingir 2 bilhões<sup>1</sup>. No Brasil, o número de idosos é cerca de 14 milhões, ou pouco menos de 8% do total de 195 milhões, porém há previsão que a população idosa brasileira chegue a 49 milhões no ano de 2050, sendo esse um aumento de 300%<sup>2</sup>.

O envelhecimento é um processo complexo multifatorial caracterizado por alterações morfológicas, funcionais, bioquímicas, psicológicas e sociais, embora o estado saudável do idoso possa variar consideravelmente de acordo com vários fatores, incluindo o estilo de vida<sup>3,4</sup>. Tais alterações ocorrem de maneira progressiva no organismo e levam o indivíduo à redução gradual de sua capacidade de adaptação e desempenho, tornando-o mais vulnerável às agressões intrínsecas e extrínsecas<sup>5,6</sup>.

Como consequência dessas alterações, a relação força-velocidade da musculatura do idoso encontra-se prejudicada. Esse comprometimento muscular, aliado à redução da massa muscular, da força e da potência muscular, resulta em impacto negativo na realização das atividades da vida diária, grau de eficiência funcional e independência<sup>5,7</sup>. Dessa forma, intervenções que possam prevenir ou atenuar este comprometimento funcional são benéficas, sendo, portanto, de grande importância a compreensão ampliada de todos os aspectos que envolvem tais intervenções além da identificação das mais eficazes<sup>8</sup>.

Evidências apontam que o exercício resistido (ER) é uma destas intervenções favoráveis e que esta deva ser enfaticamente incentivada a pessoas idosas<sup>6,7</sup>. A esta população, recomenda-se a intensidade de trabalho entre 60-80% de uma repetição máxima (1RM)<sup>11</sup>, sendo que, a sua implementação resulta, entre outros benefícios, em melhora de variáveis musculares de força e potência, resultados estes desejáveis para a manutenção de boa saúde e capacidade funcional, além de melhor estado psicológico e independência nas atividades de vida diária<sup>3,12-14</sup>.

Adicionalmente, a prática do exercício do tipo resistido em idosos pode, além de aumentar a síntese e a manutenção de proteínas contráteis, tornar mais lenta a perda que ocorre normalmente na massa muscular e na força, sendo que os efeitos do envelhecimento podem ser tão significativos, como a própria vida sedentária<sup>11,15,16</sup>. Além desses benefícios, estudos mostram que o ER pode resultar também em melhor



composição corporal, incluindo redução da gordura corporal e aumento de massa muscular para a população idosa<sup>17,18</sup>.

Beneficamente, o aumento da força muscular dinâmica proporcionada pelo ER tem sido também associado ao aumento do desempenho no pico do exercício, melhora da resistência submáxima, redução nos níveis de esforço dos membros inferiores<sup>15</sup>, redução da pressão arterial de repouso, bem como ao efeito positivo sobre as alterações psicológicas provocadas pela invalidez<sup>19</sup>. Assim, os exercícios físicos resistidos, surgem como parte do tratamento não medicamentoso para diversas alterações que acometem o idoso.

Importante considerar que durante a realização dos exercícios físicos, bem como durante o período de sua recuperação, uma série de mecanismos e ajustes fisiológicos são acionados e necessários para a preservação da homeostase e suprimento da nova demanda metabólica<sup>20</sup>. Porém, há necessidade de que os profissionais de saúde possuam embasamento teórico com relação ao comportamento destes ajustes em indivíduos idosos que sabidamente apresentam alterações das funções cardíacas e vasculares para a prescrição mais enfática e adequada deste tipo de treinamento.

É importante destacar também que, além do comprometimento já citado, os idosos apresentam alterações cardiovasculares, como a redução da frequência cardíaca (FC) máxima e do volume sistólico (VS)<sup>21</sup> e ainda prejuízo da atividade do sistema nervoso autonômico cardíaco constatado principalmente pela avaliação da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). A VFC pode ser considerada um marcador biológico do envelhecimento<sup>10</sup> e sua análise representa uma ferramenta de investigação não invasiva utilizada tanto em condições de repouso quanto durante o exercício físico<sup>22,23</sup>.

Com o avançar da idade sabe-se que a VFC de repouso diminui e observa-se a prevalência da atuação do sistema nervoso simpático em relação ao parassimpático<sup>24,25</sup>. A modulação simpática também sofre reduções com o processo de envelhecimento; porém, estas são mais lentas comparadas ao declínio vagal<sup>10</sup>. Embora seja conhecida a evidência que a população idosa é mais sujeita aos prejuízos e desequilíbrio da modulação autonômica cardíaca bem como a eventos cardíacos, mais estudos ainda são necessários.

Importante destacar também que os diferentes delineamentos metodológicos e o sucesso do treinamento baseado no ER baseiam-se na manipulação de variáveis, incluindo o tipo de contração muscular, a carga (ou resistência), o volume de trabalho realizado, a duração dos períodos de repouso, a velocidade da execução do movimento, a ordem e o tipo do exercício e o período de recuperação pós-exercício<sup>22,26-28</sup>. Assim, neste

cenário metodológico, a fase de recuperação pós-exercício é uma fase importante que não pode ser negligenciada e que deve ser atentamente planejada para proporcionar a regeneração orgânica do indivíduo além de poder fornecer dados importantes relacionados ao estado de saúde do indivíduo.

Na transição do ER para o período de recuperação há uma perda do controle central e ativação do barorreflexo arterial, resultando em diminuição da FC em direção a seu nível basal<sup>29</sup>, isto é, há uma ativação vagal (30 segundos a 1 minuto após o exercício) e em seguida uma retirada do sistema nervoso simpático<sup>30</sup>. A restauração autonômica cardíaca é essencial para a saúde cardiovascular, uma vez que o atraso na reativação vagal e a ativação simpática persistente são capazes de aumentar a atividade ectópica cardíaca durante o período de recuperação, aumentando assim os riscos dos eventos cardiovasculares<sup>30</sup>.

Foi recentemente demonstrado em homens adultos que um atraso na recuperação da FC durante o 1º ou 2º minuto após exercício submáximo em cicloergômetro<sup>31</sup>, dependente principalmente da reativação parassimpática, é considerado um preditor independente de mortalidade geral. Reforçando estes achados outros estudos apontam que as alterações agudas no tônus autonômico após o exercício contribuem para o aumento deste risco<sup>32, 33</sup>. A hiperatividade simpática e o tônus vagal cardíaco reduzido após o exercício podem estar subjacentes a esse risco elevado<sup>34,35</sup>, enquanto o aumento da atividade parassimpática durante esse período de tempo crítico pode ser protetor<sup>36</sup>.

Podemos dizer que o campo científico tem voltado à atenção também as pesquisas envolvendo o período de recuperação após a prática de exercícios físicos. Porém os ajustes cardiorrespiratórios de idosos na fase de recuperação de exercícios resistidos, ainda merecem ser investigados. Diante do exposto houve a motivação para o desenvolvimento do estudo “*A recuperação autonômica cardíaca após o exercício resistido é influenciada pela idade?*”. Este estudo foi idealizado visando ampliar o conhecimento sobre a modulação autonômica cardíaca após uma modalidade de exercício fortemente recomendada a esta população, representada pelo exercício resistido.

## REFERÊNCIAS

1. WHO (2015). **Ageing and health**. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs404/en/> Acesso em: 21/06/2016.
2. WHO (2015). **The health-care challenges posed by population ageing**. Disponível em: <http://www.who.int/bulletin/volumes/90/2/12-020212/en/> Acesso em: 02/07/2015.
3. Queiroz ACC, Kanegusuku H, Forjaz CLM. **Effects of Resistance Training on Blood Pressure in the Elderly**. Arq. Bras. Cardiol. 2010; V.95, n.1, p.135-140.
4. Condello G, Capranica L, Stager J, Forte R, Falbo S, Di Baldassarre A, et al. (2016) **Physical Activity and Health Perception in Aging: Do Body Mass and Satisfaction Matter? A Three-Path Mediated Link**. PLoS ONE 11(9): e0160805. doi:10.1371/journal.pone.0160805
5. Silva NL, Oliveira RB, Fleck SJ, Leon ACMP, Farinatti P. **Influence of strength training variables on strength gains in adults over 55 years-old: A meta-analysis of dose-response relationships**. Journal of Science and Medicine in Sport. 2014; 17, p.337-344.
6. Gautschy B, Weidmann P, Gnädinger MP. **Autonomic function tests as related to age and gender in normal man**. Klin Wochenschr. 1986; 64(11):499-505.
7. Raj RM, Bird SR, Shield AJ. **Aging and the force-velocity relationship of muscles**. Experimental Gerontology 45 (2010) 81–90.
8. Aoyagi, Y. & Shephard, R.J. **Aging and muscle function**. Sports Medicine (1992) 14: 376. doi:10.2165/00007256-199214060-00005
9. Catai AM, Chacon-Mikahil MP, Martinelli FS, Forti VA, Silva E, Golfetti R, et al. **Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men**. Braz J Med Biol Res. 2002; 35(6):741-52.

10. De Meersman RE. **Heart Rate Variability and Aerobic Fitness.** Am Heart 1993; 125:726-731.
11. **AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE.** American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. Med Sci Sports Exerc. 2009 Mar;41(3):687-708.
12. Cardoso Jr CG, Gomides RS, Queiroz ACC, Pinto LG, Lobo FS, T Tinucci, et al. **Acute and chronic effects of aerobic and resistance exercise on ambulatory blood pressure.** Clinics. 2010; 65(3):317-25.
13. Kietrys D, Galantino ML. **Can Progressive Resistive Exercise Improve Weight, Limb Girth, and Strength of Individuals With HIV Disease?** Physical Therapy. 2014; v.94, n.3.
14. Son J, Ryu J, Ahn S, Kim EJ, Lee JA, Kim Y. **Effects of 4-Week Intensive Active-Resistive Training with an EMG-Based Exoskeleton Robot on Muscle Strength in Older People: A Pilot Study.** BioMed Research International. Volume 2016, Article ID 1256958, 5 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1256958>
15. McCartney N. **Acute responses to resistance training and safety.** Med Sci Sports Exerc. 1999; Jan;31(1):31-7.
16. Stratton JR, Levy WC, Cerqueira MD, Schwartz RS, Abrass IB. **Cardiovascular responses to exercise. Effects of aging and exercise training in healthy men.** Circulation. 1994; 89(4):1648-55.
17. Binder EF, Yarasheski KE, Steger-May K, Sinacore DR, Brown M, Schechtman KB, Holloszy JO. **Effects of Progressive Resistance Training on Body Composition in Frail Older Adults: Results of a Randomized. Controlled Trial.** Journal of Gerontology: MEDICAL SCIENCES. 2005, Vol. 60A, No. 11, 1425–1431

18. Fatouros IG, Kambas A, Katrabasas I, Nikolaidis K, Chatzinikolaou A, Leontsini D, Taxildaris K. **Strength training and detraining effects on muscular strength, anaerobic power, and mobility of inactive older men are intensity dependent.** Br J Sports Med 2005;39:776–780. doi: 10.1136/bjism.2005.019117
19. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. **American College of Sports Medicine position stand.** Progression models in resistance training for healthy adults. Med Sci Sports Exerc. 2002; 34(2):364-80.
20. Brum PC, Forjaz CLM, Tinucci T, Negrão CE. **Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular.** Rev Paul Educ Fís. 2004; 18:21-31.
21. Fleg JL, Lakatta EG. **Role of muscle loss in the age associated reduction in VO<sub>2</sub>max.** J Appl Physiol. 1988; 65(3):1147-1151.
22. Anunciação PG, Poton R, Szytko A, Polito MD. **Comportamento Cardiovascular após o exercício resistido realizado de diferentes formas e volumes de trabalho.** Rev. Bras. Med. Esporte. 2012; Vol. 18, No 2, Mar/Abr.
23. Camm A, Malik M, Bigger J. **Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use.** Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Circulation. 1996; 93:1043-1065.
24. Gautschy B, Weidmann P, Gnädinger MP. **Autonomic function tests as related to age and gender in normal man.** Klin Wochenschr. 1986; 64(11):499-505.
25. Catai AM, Chacon-Mikahil MP, Martinelli FS, Forti VA, Silva E, Golfetti R, et al. **Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men.** Braz J Med Biol Res. 2002; 35(6):741-52.

26. **AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE.** Position Stand: progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2002; 34: 364-380.
27. Arazi H, Asadi A, Alipour V. **Blood pressure responses to resistive exercise in trained female athletes: Influence of velocity of movement.** *Interventional Medicine & Applied Science.* 2014; Vol. 6 (4), pp. 170–174.
28. Kingsley JD, Figueroa A. **Acute and training effects of resistance exercise on heart rate variability.** *Clin Physiol Funct Imaging* (2016) 36, pp179–187.
29. Martinmäki K, Rusko H. **Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise.** *Eur J Appl Physiol* (2008) 102:353–360.
30. Peçanha. T; Vianna JM; Souza ED; Penza PS; Lima JRP; Reis VM. **Influence of the muscle group in heart rate recovery after resistance exercise.** *Rev Bras Med Esporte – Vol. 19. No 4 – Jul/Aug. 2013.*
31. Danieli A, Lusa L, Potocnik N, Meglic B, Grad A, Bajrovic FF. **Resting heart rate variability and heart rate recovery after submaximal exercise.** *Clin Auton Res.* 2014; 24:53–61.
32. Curtis BM, O’Keefe JH Jr. **Autonomic tone as a cardiovascular risk factor: the dangers of chronic fight or flight.** *Mayo Clin Proc* 2002; 77:45–54.
33. Kannankeril PJ, Le FK, Kadish AH, Goldberger JJ. **Parasympathetic effects on heart rate recovery after exercise.** *J Invest Med* 2004; 52:394–401.
34. Bacaner M, Brietenbucher J, LaBree J. **Prevention of ventricular fibrillation, acute myocardial infarction (myocardial necrosis), heart failure, and mortality by bretylium: is ischemic heart disease primarily adrenergic cardiovascular disease?** *Am J Ther.* 2004 Sep-Oct;11(5):366-411.

35. **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* 1996; 17:354–381.

36. Smith LL, Kukielka M, Billman GE. **Heart rate recovery following exercise:** a predictor of ventricular fibrillation susceptibility after myocardial infarction. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2005; 288:H1763–H1769.

## **ESTUDO**

### **A recuperação autonômica cardíaca após o exercício resistido é influenciada pela idade?**

*Is cardiac autonomic recovery after resistance exercise influenced by age?*

**Artigo submetido para a revista Scandinavian Journal of  
Medicine and Science in Sports**

**Fator de impacto: 3,025**

**Autores:** Clara I. Monteiro; Renata G. Mendes; Guilherme P. T. Arêas; Flávia C. R. Caruso; José C. Bonjorno-Junior; Mariana P. Carvalho; Daniela Bassi; Erika Z. Kabbach; Paula Angélica Ricci; Audrey Borghi-Silva; Ramona Cabiddu.



## 2. Introdução

A população mundial acima de 60 anos é atualmente estimada em 841 milhões de idosos e deverá chegar a 2 bilhões em 2050<sup>1</sup>. O envelhecimento é um processo complexo, dinâmico e progressivo caracterizado por alterações morfológicas e funcionais<sup>2</sup>, que levam os indivíduos à redução gradual de sua adaptabilidade e desempenho, tornando-os mais vulneráveis a estressores intrínsecos e extrínsecos<sup>3,4</sup>.

Com o avançar da idade, a diminuição da frequência cardíaca (FC) e a predominância do sistema simpático sobre o parassimpático são observadas<sup>5,6</sup>. A modulação simpática também tende a diminuir com a idade, porém seu declínio é mais lento comparado ao declínio vagal<sup>7</sup>.

Como uma intervenção promissora para prevenir parcialmente ou reverter os efeitos do envelhecimento, recomenda-se a prática de exercício resistido (ER) realizado em intensidade entre 60-80% de uma repetição máxima (1RM) para os idosos<sup>3,8-11</sup>. O ER, entre outros benefícios, melhora a força muscular e a potência, ambas fundamentais para preservar a capacidade funcional dos idosos, bem como para melhorar o estado psicológico<sup>3,12,13</sup>. A fim de preservar a homeostase e atender às demandas metabólicas aumentadas, ajustes fisiológicos ocorrem durante o desempenho do exercício físico, bem como durante o período de recuperação<sup>14</sup>.

Na transição do ER para o período de recuperação, a demanda de controle central relacionada ao exercício diminui e o barorreflexo arterial é ativado, resultando em diminuição da FC em relação ao seu nível pré-exercício<sup>15</sup>. Estudos apontam que, após a cessação de um teste de exercício máximo em cicloergômetro, em 30 segundos a 1 minuto, ocorre a reativação vagal, seguida da retirada simpática<sup>16</sup>. A restauração autonômica cardíaca eficiente é essencial para a saúde cardiovascular (CV), uma vez que o atraso na reativação vagal e a persistência da ativação simpática resultam em aumento da atividade ectópica cardíaca durante o período de recuperação e, portanto, no aumento do risco de eventos CV<sup>16</sup>.

A avaliação da função autonômica cardíaca pela análise no domínio do tempo e espectral da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem sido utilizada para estimar o equilíbrio das influências vagais e simpáticas na atividade cardíaca em várias condições fisiológicas<sup>7,15</sup>. No entanto, o sistema CV apresenta comportamento rítmico e complexo, refletindo os complexos mecanismos reguladores que controlam seu funcionamento<sup>17</sup>. Assim, a implementação de métodos não-lineares de análise para investigar a

complexidade da VFC, pode adicionar informação diferenciada sobre a modulação CV autonômica.

Apesar da informação potencialmente útil que pode surgir da investigação da resposta CV durante a recuperação após ER em idosos, o número de estudos que abordaram esta fase ainda é limitado. Portanto, o objetivo do presente estudo foi analisar a resposta autonômica cardíaca durante o período de recuperação após ER em idosos por meio da análise da VFC. A hipótese deste estudo é a de que os ajustes CV durante a recuperação do ER, refletidos pelos índices lineares e não-lineares da VFC, estarão atenuados nos idosos quando comparados aos jovens.

### **3. Materiais e Métodos**

#### ***3.1. População do Estudo***

A população estudada foi constituída por 33 voluntários saudáveis do sexo masculino: 16 idosos ( $66,3 \pm 4,5$  anos) e 17 jovens ( $25,7 \pm 3,6$  anos). O estudo foi realizado no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar (LACAP) do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Os voluntários interessados em participar do estudo deveriam ser aparentemente saudáveis com idade acima de 60 anos (idosos) e entre 18 e 39 anos (jovens) e não fazer uso de medicação diária. Todos os interessados foram submetidos à triagem inicial (seção 3.2), a fim de verificar se poderiam ser incluídos no estudo.

Foram excluídos do estudo voluntários tabagistas, etilistas e toxicodependentes, que apresentassem anemias em geral, distúrbios hidroeletrólíticos e/ou metabólicos não compensados; presença de marcapasso definitivo ou cardiodesfibrilador implantável ou de próteses valvares, distúrbios respiratórios, sinais de isquemia ou depressão do segmento ST, arritmias complexas, disfunção ventricular esquerda, doenças neurológicas, neuromusculares, músculo-esqueléticas e osteoarticulares incapacitantes ou nível de compreensão que impedissem a realização do protocolo proposto.

O protocolo de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Humana da UFSCar sob o protocolo número 794.638/2014. Todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes da participação no estudo.

### 3.2. Protocolo do Estudo

Os voluntários que manifestaram interesse em participar do estudo foram convidados a comparecer ao laboratório para a triagem inicial, que consistiu de uma avaliação clínica e um Teste de Exercício Cardiopulmonar (TECP) máximo. Após a triagem, com pelo menos 48 horas de intervalo, os voluntários incluídos no estudo foram submetidos a um teste de uma repetição máxima (1RM). Após intervalo de 48 horas foram submetidos aos testes com intensidade de 70% e 90% de 1RM (**Figura 1**).

O local de avaliação e aplicação dos protocolos permaneceu em temperatura ambiente entre 22 ° C e 24 ° C e umidade relativa entre 50% e 60%. As avaliações foram realizadas sempre no mesmo período do dia, entre 13h e 18h, a fim de minimizar as influências das variações circadianas. Antes de iniciar o protocolo, os voluntários foram familiarizados com o ambiente experimental e com a equipe de pesquisa.

Além disso, os voluntários foram instruídos a evitar bebidas alcoólicas, café ou qualquer outra bebida estimulante na noite anterior e no dia da coleta de dados; não realizar atividades que exigissem esforço físico de moderado a pesado no dia anterior à coleta de dados e não falar desnecessariamente durante a avaliação para evitar interferências durante a aquisição do sinal.



**Figura 1.** Ilustração esquemática dos procedimentos experimentais.

#### 3.2.1. Primeira visita: avaliação inicial

Na primeira visita, os voluntários foram submetidos a uma avaliação inicial. Os dados pessoais foram coletados e foi realizada uma avaliação fisioterapêutica, incluindo medida de PA, FC e exame físico. Após a avaliação inicial, os voluntários foram submetidos ao TECP, a fim de detectar qualquer alteração que impedisse a realização do protocolo.

#### 3.2.2. Segunda visita: teste de uma repetição máxima (1RM)

Pelo menos 48 horas após a primeira visita, os voluntários incluídos no estudo foram submetidos ao teste de 1RM. Uma resistência crescente foi aplicada até que o

voluntário pudesse executar adequadamente não mais que uma repetição do exercício no *Leg press* de 45° (*Leg Press Vially Convergent*, Brasil). A primeira carga de 1RM testada, foi estimada multiplicando o peso corporal do voluntário por 4, de acordo com estudo prévio<sup>18</sup>, e foi considerado 80% do valor obtido. Antes do teste, os voluntários foram instruídos a evitar a manobra de Valsalva<sup>19</sup> e aquecimento de 1 minuto foi realizado sem carga para facilitar a aprendizagem motora da técnica do exercício. Durante todo o teste, o voluntário manteve-se na posição sentada com o tronco inclinado a 45° em relação à horizontal e os joelhos e quadris flexionados a 90° no equipamento. Durante o exercício, o voluntário realizou flexão do joelho e do quadril pela contração excêntrica dos músculos do quadríceps e glúteo atingindo um ângulo de 90° entre a coxa e a perna e, em seguida, retornou à posição inicial por contração concêntrica da musculatura. Se a primeira carga estimada fosse menor ou maior que uma RM, esta seria aumentada ou diminuída, aguardando um período de recuperação de 5 minutos antes da próxima tentativa. Foi considerado um máximo de 5 tentativas para determinar 1RM.

### 3.2.3. Terceira visita: teste de 70% e 90% de 1RM

Na terceira visita, os voluntários foram submetidos a um protocolo de exercício com intensidade de 70% e 90% de 1RM, no equipamento *Leg Press* 45° até a fadiga voluntária, sendo que cada repetição foi realizada em 3 segundos (1,5 segundos de fase excêntrica e 1,5 segundos de fase concêntrica), com o ritmo controlado por comando verbal. Antes do início do exercício, os voluntários permaneceram em repouso durante 5 minutos. Após o exercício, os voluntários permaneceram sentados no equipamento durante 15 minutos (período de recuperação do exercício).

### 3.3. Aquisição do sinal de VFC

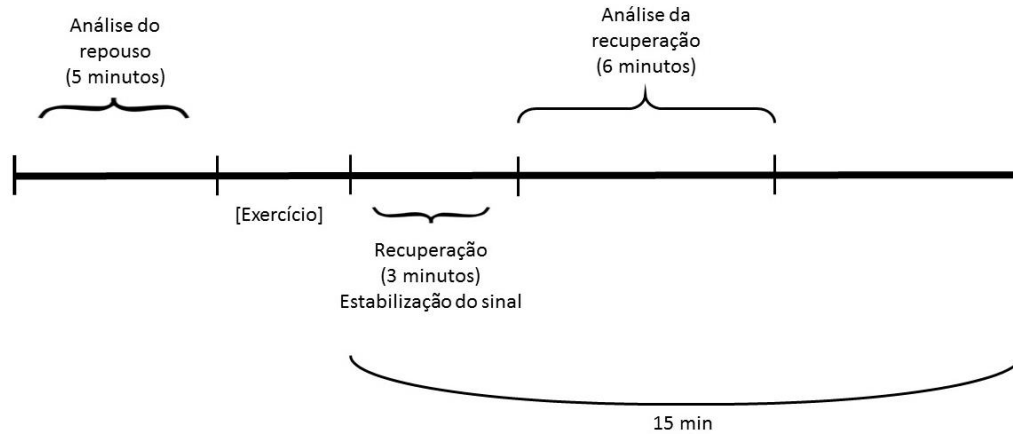
Os intervalos RR foram registrados continuamente durante todo o teste, incluindo repouso, exercício e recuperação. O sinal foi adquirido utilizando um sistema de telemetria portátil Polar® S810i (Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia). Este sistema consiste em um transmissor que foi colocado no tórax do paciente e um monitor de FC (**Figura 2**). O sistema Polar é capaz de detectar a despolarização ventricular (correspondente à onda R do eletrocardiograma (ECG)) em uma taxa de amostragem de 500 Hz. Os sinais coletados foram transmitidos pelo sistema (unidade de interface IrDA USB Polar) para um receptor para análise subsequente realizada por meio do *software* do sistema (Polar Pro Trainer 5).



**Figura 2.** Figura ilustrativa do procedimento experimental no *Leg Press 45°*

### **3.4. Análise de dados**

A análise dos dados foi realizada no *software* Kubios HRV 2.2 (Universidade de Kuopio, Kuopio, Finlândia). O sinal registrado durante o repouso e na fase de recuperação foi analisado para cada voluntário. Na condição de repouso, foram coletados e analisados 5 minutos de sinal. No período de recuperação, como a condição para a análise de VFC é ter um sinal estável, os 3 minutos iniciais foram removidos de cada tacograma, para excluir a fase de transição entre exercício e recuperação. Os 6 minutos subsequentes da recuperação foram estudados a fim de investigar a VFC durante a recuperação do exercício no período entre 3-8 minutos após a cessação do exercício, como ilustra a **figura 3**. Os sinais de VFC foram analisados por modelos matemáticos lineares, nos domínios da frequência e do tempo, e por métodos não-lineares, os quais serão descritos a seguir.



**Figura 3.** Ilustração esquemática dos trechos de análise do sinal RR.

#### 3.4.1. Parâmetros no domínio do tempo

Os parâmetros analisados no domínio do tempo incluíram: média iRR: média de todos os intervalos RR normais, em ms; SDRR: desvio padrão de todos os intervalos RR normais, em ms; RMSSD: raiz quadrada das diferenças sucessivas entre intervalos RR normais adjacentes ao quadrado, em ms, representativo da atividade parassimpática; RRtri: número total de todos os iRR dividido pela altura do histograma de todos os iRR; TINN: interpolação triangular de histograma de iRR<sup>20</sup>.

#### 3.4.2. Parâmetros no domínio da frequência

Os parâmetros no domínio da frequência foram determinados por meio da Transformada Rápida de Fourier (FFT), a qual foi utilizada para decompor o sinal em componentes espectrais individuais de modo a calcular os seguintes índices: baixa frequência (BF) u.n.: potência normalizada na banda BF (0,04Hz – 0,15Hz), obtida pela divisão de cada potência espectral pela diferença entre a potência total e a potência muito baixa (MBF); alta frequência (AF) u.n.: potência normalizada na banda AF (0,15Hz – 0,4Hz), obtida pela divisão de cada potência espectral pela diferença entre a potência total e a potência MBF; BF/AF: razão entre BF u.n. e AF u.n.<sup>21</sup>.

#### 3.4.3. Parâmetros não lineares

Índices da Análise de flutuações destendenciadas (*Detrended Fluctuation Analysis*, DFA) – DFA1 e DFA2. A DFA é uma técnica utilizada para quantificar propriedade de correlação em sinais biológicos estacionários e não estacionários<sup>22</sup>. Este método tem sido amplamente aplicado para investigar as correlações em sinais de VFC e foi descrito para ser capaz de discriminar de forma confiável condições fisiológicas e

patológicas<sup>23</sup>. Dois índices DFA são comumente calculados, DFA1 e DFA2. DFA1 é considerado representativo de flutuações de curto prazo, enquanto DFA2 é representativo do sinal de longo prazo.

### **3.5. Análise estatística**

A análise estatística foi realizada utilizando o programa de análise estatística GPower® (versão 3.1, Universidade de Kiel, Alemanha). Considerando o tamanho da amostra do estudo de 33 voluntários e um erro de 5%, calculou-se que o poder estatístico seria de 91% com tamanho do efeito de 0,30.

A distribuição das variáveis foi caracterizada pelo cálculo dos valores de média e desvio padrão. Também foram calculados a mediana e o intervalo de variação, caso não houvesse normalidade na distribuição das variáveis. As características demográficas e antropométricas, os parâmetros fisiológicos de base e os parâmetros de exercício foram comparados com o teste *t de Student*. Os resultados foram comparados utilizando ANOVA de Medidas Repetidas de Duas Vias, utilizando o teste pós-hoc de *Holm-Sidak*. Para estas análises, os sujeitos foram categorizados de acordo com a idade (idosos *vs* jovens) e carga (baixa *vs* alta). O nível de significância estatística foi fixado em  $p < 0,05$ . A análise foi realizada no *software* SigmaPlot versão 11.0 (Systat Software, Erkrath, Alemanha).

## **4. Resultados**

Trinta e três voluntários, 16 idosos e 17 jovens, completaram o protocolo do estudo e a **tabela 1** mostra as características dos voluntários.

**Tabela 1.** Características demográficas e antropométricas; parâmetros clínicos de base e parâmetros de exercício.

	<b>Idosos (n=16)</b>	<b>Jovens (n=17)</b>
<i>Características demográficas e antropométricas</i>		
<b>Idade, anos</b>	66,75 ± 4,51	25,76 ± 3,68 *
<b>Peso, kg</b>	77,39 ± 13,05	78,84 ± 11,45
<b>Altura, m</b>	1,72 ± 0,10	1,78 ± 0,07
<b>IMC, kg/m<sup>2</sup></b>	26,34 ± 4,48	24,94 ± 2,79
<i>Parâmetros Clínicos</i>		
<b>FC basal, bpm</b>	73,50 ± 11,88	80,00 ± 7,92 *
<b>FC pré-teste, bpm</b>	69,88 ± 10,03	76,71 ± 9,76
<b>PAS, mmHg</b>	130,81 ± 12,82	123,41 ± 12,72
<b>PAD, mmHg</b>	85,00 ± 8,76	79,41 ± 6,9
<i>Parâmetros de Exercício</i>		
<b>Carga 1RM, kg</b>	214,31 ± 69,12	263,65 ± 53,61 *
<b>Carga 70%, kg</b>	164,29 ± 34,72	209,65 ± 45,41 *
<b>Carga 90%, kg</b>	206,63 ± 47,55	262,18 ± 55,06 *
<b>Repetições 70%, n</b>	18,81 ± 7,08	26,44 ± 8,45 *
<b>Repetições 90%, n</b>	9,13 ± 7,28	9,5 ± 5,38
<b>Tempo de exercício 70%, s</b>	59,88 ± 21,2	73,6 ± 27,28
<b>Tempo de exercício 90%, s</b>	32,22 ± 20,02	30,65 ± 14,22

Os dados estão apresentados em média ± desvio padrão. IMC: índice de massa corporal; FC: frequência cardíaca; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; 1RM: uma repetição máxima; n: número. \*p<0.05.

FC basal foi medida na primeira visita; FC pré-teste foi medida em condições de repouso antes do exercício resistido em 70% de 1RM.

Quanto às características demográficas e antropométricas, os dois grupos diferiram significativamente apenas, como esperado, na idade. Entre os parâmetros clínicos, a FC basal mostrou-se significativamente diferente entre os grupos. Para os parâmetros de exercício, foi encontrada diferença significativa entre os dois grupos para 1RM, carga 70%, carga 90% e número de repetições na carga de 70%.

A **tabela 2** mostra os parâmetros da VFC em repouso para os dois grupos, anteriormente a realização de cada intensidade de exercício. Foram encontradas



diferenças significativas no grupo dos jovens entre no repouso anterior às cargas 70% e 90% de 1RM para média iRR, STDRR, RMSSD e TINN.

**Tabela 2.** Parâmetros no domínio do tempo, da frequência e não-lineares em condições de repouso antes do exercício nas cargas de 70% de 1RM e 90% de 1RM para os dois grupos.

<i>Domínio do Tempo</i>	<b>Idosos</b>		<b>Jovens</b>	
	<b>Pré 70% 1RM</b>	<b>Pré 90% 1RM</b>	<b>Pré 70% 1RM</b>	<b>Pré 90% 1RM</b>
<b>Média RR, ms</b>	905,38 ± 107,85	862,17 ± 136,15	845,73 ± 90,59	731,02 ± 92,46 *
<b>SDNN, ms</b>	21,8 ± 5,27	19,6 ± 6,26	57,84 ± 15,89	39,96 ± 17,48 *
<b>RMSSD, ms</b>	18,75 ± 8,24	16,56 ± 9,11	53,92 ± 23,36	32,13 ± 19,46 *
<b>RR tri</b>	5,62 ± 1,37	5 ± 1,26	13,35 ± 3,98	9,92 ± 3,45
<b>TINN, ms</b>	116 ± 33,45	115 ± 65,06	270,33 ± 74,17	229,06 ± 176,52 *
<i>Domínio da Frequência</i>				
<b>BF, u.n.</b>	69,38 ± 17,24	71,14 ± 14,41	61,93 ± 20,17	73,09 ± 14,31
<b>AF, u.n.</b>	30,62 ± 17,24	28,86 ± 14,41	38,07 ± 20,17	26,91 ± 14,31
<b>BF/AF</b>	3,37 ± 2,33	3,59 ± 2,73	3 ± 3,69	5,15 ± 5,53
<i>Análise Não-Linear</i>				
<b>DFA 1</b>	1,32 ± 0,29	1,38 ± 0,19	1,15 ± 0,26	1,34 ± 0,31
<b>DFA 2</b>	1 ± 0,26	0,93 ± 0,16	0,84 ± 0,21	0,87 ± 0,18

Os dados estão apresentados em média ± desvio padrão. RR: média de todos os intervalos RR normais; SDNN: desvio padrão de todos os intervalos RR normais; RMSSD: raiz quadrada das diferenças sucessivas entre intervalos RR normais adjacentes ao quadrado; RRtri: número total de todos os iRR dividido pela altura do histograma de todos os iRR; TINN: interpolação triangular de histograma de iRR; BF u.n.: potência normalizada na banda BF; AF u.n.: potência normalizada na banda AF; DFA1: índice DFA de curto-prazo; DFA2: índice DFA de longo-prazo

\* diferenças significativas entre o repouso antes do exercício resistido (pré-teste) nas cargas 70% de 1RM e 90% de 1RM no mesmo grupo, p <0,05.

A **tabela 3** mostra os valores da VFC analisados no período de recuperação para os dois grupos, após cada intensidade de exercício realizado. Os fatores carga, idade e interação também constam na tabela.

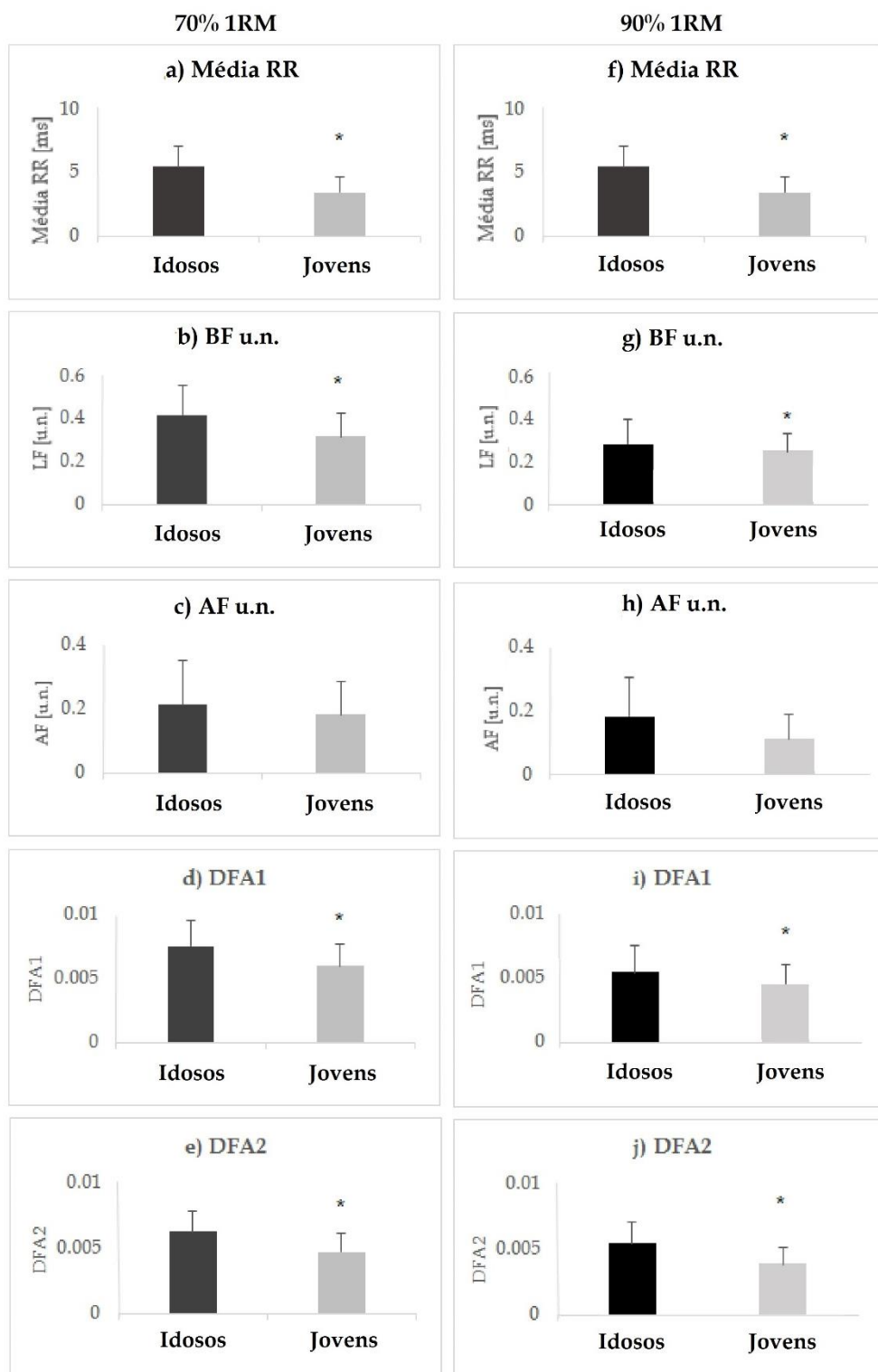
**Tabela 3.** Parâmetros no domínio do tempo, frequência e não-lineares no período de recuperação após exercício resistido nas cargas de 70% e 90% de 1RM para os dois grupos.

	Idosos		Jovens		Carga	Idade	Interação
	Rec. 70%_nor	Rec. 90%_nor	Rec. 70%_nor	Rec. 90%_nor			
<i>Parâmetros no domínio do tempo</i>							
<b>Média RR, ms</b>	5,49 ± 1,66	4,49 ± 1,45	3,46 ± 1,21	2,84 ± 0,89	*	*	NS
<b>SDNN, ms</b>	0,13 ± 0,06	0,09 ± 0,04	0,14 ± 0,1	0,13 ± 0,08	NS	NS	NS
<b>RMSSD, ms</b>	0,12 ± 0,08	0,09 ± 0,06	0,13 ± 0,13	0,11 ± 0,1	NS	NS	NS
<b>RR tri</b>	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,03	0,03 ± 0,02	NS	NS	NS
<b>TINN, ms</b>	0,68 ± 0,42	0,46 ± 0,21	0,71 ± 0,47	0,61 ± 0,37	NS	NS	NS
<i>Parâmetros no domínio da frequência</i>							
<b>BF, u.n</b>	0,42 ± 0,14	0,31 ± 0,12	0,32 ± 0,11	0,28 ± 0,08	*	*	NS
<b>AF, u.n</b>	0,21 ± 0,14	0,2 ± 0,13	0,18 ± 0,1	0,12 ± 0,08	NS	NS	NS
<b>BF/AF</b>	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,02	NS	NS	NS
<i>Parâmetros não-lineares</i>							
<b>DFA1</b>	0,008 ± 0,002	0,006 ± 0,002	0,006 ± 0,002	0,005 ± 0,001	*	*	NS
<b>DFA2</b>	0,006 ± 0,002	0,005 ± 0,002	0,005 ± 0,001	0,004 ± 0,001	*	*	NS

Os dados estão apresentados em média ± desvio padrão. BF u.n.: potência normalizada na banda BF; AF u.n.: potência normalizada na banda AF; DFA1: índice DFA de curto-prazo; DFA2: índice DFA de longo-prazo.

\* diferenças significativas nos fatores carga e idade no período de recuperação após exercício resistido nas cargas 70% de 1RM e 90% de 1RM,  $p < 0,05$ . Todos os valores foram normalizados pela carga utilizada em cada ciclo (70% e 90% de 1 RM).

Foi encontrada diferença significativa entre idosos e jovens para média iRR, BF u.n., DFA1 e DFA2. Foram observados efeitos significativos da carga e idade, porém sem interação entre eles, como mostrados na **Figura 3**.



**Figura 4.** Parâmetros da VFC no domínio do tempo, da frequência e não-lineares em idosos e jovens durante o período de recuperação após exercício resistido nas cargas de 70% e 90% de 1RM. Média RR: média de todos os intervalos RR normais; BF u.n.: potência normalizada na banda BF; AF u.n.: potência normalizada na banda AF; DFA1: índice DFA de curto-prazo; DFA2: índice DFA de longo-prazo.

\* diferenças significativas nos fatores carga e idade no período de recuperação após exercício resistido nas cargas 70% de 1RM e 90% de 1RM,  $p < 0,05$ . Todos os valores foram normalizados pela carga utilizada em cada ciclo (70% e 90% de 1 RM).

## 5. Discussão

O objetivo do presente estudo foi analisar, por meio da análise linear e não-linear, a resposta da VFC no período de recuperação após ER em idosos, a fim de investigar a modulação autonômica do controle CV durante a recuperação do ER e comparar com indivíduos jovens saudáveis. Os principais achados deste estudo podem ser resumidos da seguinte forma: observamos valores mais elevados de BF no grupo de idosos durante a recuperação após ER quando comparado ao grupo de jovens, sugerindo modulação simpática mais elevada; além disso, observamos valores mais elevados de DFA1 e DFA2 durante a recuperação do ER nos idosos em relação aos jovens, sugerindo manutenção da atividade simpática durante o período de recuperação.

Foram observados valores basais médios significativamente menores nos idosos quando comparados aos indivíduos jovens. De acordo com Reland *et al.* (2003)<sup>24</sup>, este resultado pode ser explicado pelo processo fisiológico de envelhecimento em indivíduos saudáveis. Entretanto, este ponto ainda é controverso, pois alguns estudos evidenciam que pessoas idosas saudáveis apresentam valores de FC menores<sup>5</sup> enquanto outros estudos mostram valores maiores de FC em idosos<sup>26</sup>. Outros pesquisadores não observaram diferenças nos valores da média da FC entre idosos e jovens<sup>27,28,29</sup>, o que pode ser explicado pela diminuição da FC<sup>27,30</sup> intrínseca e pela alteração da modulação autonômica que acompanham o processo de envelhecimento<sup>30</sup>.

Embora não tenha sido encontrada diferença significativa entre os valores médios de FC pré-teste em indivíduos idosos e jovens, o valor da FC média pareceu ser menor para os idosos. Destaca-se que as avaliações pré-teste foram realizadas após os indivíduos serem informados sobre a proximidade do início da realização do exercício (após 5 minutos) submetidos. Assim, os valores médios de FC poderiam refletir a resposta antecipatória ao exercício a ser realizado. Diante disso, os menores valores da média da FC observados no grupo de idosos podem refletir uma resposta antecipatória atenuada nesta população. Além disso, quando consideramos os parâmetros da VFC pré-teste, observou-se que a média RR, SDNN, RMSSD e TINN não foram significativamente diferentes entre o repouso anterior às cargas 70% e 90% de 1RM para o grupo de idosos. No entanto, observamos que os mesmos índices foram menores no repouso pré-teste em 90% de 1RM do que pré-teste em 70% de 1RM para os jovens. A ausência de resposta entre o repouso precedente às duas intensidades de ER nos idosos corrobora nossa cautelosa hipótese de que os idosos poderiam apresentar ajuste antecipatório atenuado quando comparados aos jovens.

O ER demonstrou ser capaz de neutralizar ou reduzir as modificações relacionadas à idade, aumentando a força muscular, potência e resistência<sup>31,32</sup>. Além disso, evidências apontam que o exercício pode diminuir o risco de mortalidade e comorbidades associadas ao envelhecimento<sup>33-36</sup>. Assim, a investigação de todos os aspectos envolvidos na prática da ER em idosos, incluindo a fase de recuperação, é de fundamental importância na prática clínica.

O estudo de Heffernan *et al.* (2006)<sup>37</sup> mostrou que a recuperação autonômica cardíaca após o exercício é relevante fisiologicamente e clinicamente. Do ponto de vista clínico, o exercício representa uma condição estressante para o organismo. Evidências mostram que o risco de morte súbita cardíaca aumenta 17 vezes durante o exercício e até 30 minutos após o esforço<sup>38</sup>. Acredita-se que alterações agudas na função autonômica após o exercício contribuam para este risco elevado<sup>39,40</sup>. Assim, ao avaliar a resposta da função autonômica após o exercício, é possível caracterizar o comportamento dos mecanismos de regulação CV neural em condições de estresse fisiológico.

Uma recuperação autonômica cardíaca adequada é essencial para a saúde CV, uma vez que a reativação vagal lenta e a ativação simpática prolongada resultam em aumento da atividade ectópica cardíaca na fase de recuperação e, portanto, no aumento do risco de eventos CV<sup>16</sup>. No entanto, embora seja possível obter informação importante a partir da investigação da resposta CV durante a recuperação de ER nos idosos, o número de estudos que abordam esta fase é ainda escasso.

A análise espectral da VFC tem sido utilizada como método não invasivo para a caracterização da influência do sistema nervoso autônomo na atividade cardíaca<sup>20</sup>. No domínio da frequência podem ser identificados dois componentes espectrais principais: o componente BF e o componente AF. O componente BF é mediado por atividades simpáticas e parassimpáticas. Porém, evidências experimentais sugerem que o componente BF, quando expresso em u.n., é indicativo da modulação simpática<sup>41</sup>. O componente AF é comumente aceito como um marcador de modulação parassimpática cardíaca<sup>20,42</sup>.

No presente estudo, observou-se que, em repouso, os idosos apresentaram valores maiores de BF do que os jovens. Isso sugere maior modulação simpática no idoso, o que é esperado e de acordo com os resultados de Melo *et al* (2005)<sup>43</sup>. Os autores levantaram a hipótese de que a modulação simpática em repouso pode estar acentuada nos idosos como resultado das alterações do sistema CV que acompanham o processo de envelhecimento. Tais alterações incluem possíveis modificações das estruturas cardíacas,

o que pode explicar a diminuição da FC média e atenuação do comportamento cronotrópico. Acreditamos que essas alterações também tenham influenciado os resultados de nosso estudo.

É bem conhecido na literatura que a função do sistema nervoso autônomo declina progressivamente com a idade<sup>44-47</sup>. Apesar de vários estudos demonstrarem que o exercício aeróbio pode influenciar positivamente a modulação autonômica cardíaca, segundo nosso conhecimento, não foram realizados estudos para investigar a resposta autonômica cardíaca durante a recuperação do ER em idosos saudáveis. No presente estudo, observou-se uma maior modulação simpática, como demonstrado pelo índice de BF, nos idosos quando comparados aos jovens.

Evidências mostraram que, além da ativação simpática, também as mudanças na atividade vagal podem refletir na potência absoluta da BF. Entretanto, no presente estudo, analisou-se o componente de BF normalizado, o qual foi previamente mostrado ser capaz de refletir a modulação simpática sem ser influenciado pela atividade vagal. Isto justifica nossa interpretação dos maiores valores de BF u.n. durante a recuperação como atividade simpática acentuada, de acordo com os resultados de Javorka *et al* (2002)<sup>48</sup>, os quais também encontraram maiores valores de BF durante a recuperação e propuseram que estes resultados foram diretamente influenciados pelas variações na função autonômica.

Sabe-se que a maior atividade simpática em condições gerais está relacionada a maior susceptibilidade à arritmia fatal e ao desenvolvimento de doença cardíaca<sup>49,50</sup>. Portanto, no presente estudo, pode-se supor que o componente reduzido de BF observado durante a recuperação nos jovens poderia minimizar o risco de desenvolvimento de doença cardíaca e arritmia.

No presente estudo foram utilizadas metodologias não-lineares para quantificar aspectos do controle CV relacionados à dinâmica não-linear do sistema. Sabendo que o sistema CV é regulado por mecanismos de controle complexos e não-lineares<sup>51</sup>, é possível analisar a complexidade da VFC e inferir informações sobre o comportamento do controle adaptativo subjacente<sup>52</sup> e o risco de eventos CV fatais<sup>53-55</sup>. Neste estudo, foram calculados índices de VFC não-lineares, que incluíram DFA1 e DFA2. A análise de DFA é capaz de quantificar as correlações de curto e longo prazo dos sinais biológicos.

Nossos resultados mostraram valores significativamente maiores de DFA1 e DFA2 nos idosos quando comparados aos jovens durante a recuperação do ER. O índice de correlação de longo prazo DFA2 mostrou estar relacionado com o componente BF, enquanto o índice de correlação de curto prazo DFA1 demonstrou estar relacionado com

a relação BF/AF nas condições basais, durante o teste de mudança postural (*tilt test*) e exercício<sup>50, 56</sup>. Além disso, Willson *et al.* (2002)<sup>57</sup> descreveram DFA1 e DFA2 como dependentes matematicamente das potências espectrais e confirmaram a relação entre a razão BF/AF e DFA1 e a relação entre a potência BF e DFA2. Assim, podemos concluir que os valores mais elevados de DFA2 que observamos para a população idosa durante a fase de recuperação estão de acordo com os maiores valores de BF u.n., que observamos na mesma condição.

Entretanto, a interpretação dos índices de DFA permanece obscura, pois seus valores parecem ser altamente influenciados pela atividade que o sujeito está realizando. Como exemplo, observaram-se resultados opostos para DFA1 e DFA2 em sujeitos que se encontravam deitados, acordados e assistindo um filme quando comparados aos resultados obtidos em outras condições<sup>50,58</sup>. Portanto, os resultados obtidos em condições específicas não podem necessariamente ser extrapolados para diferentes condições.

O presente estudo apresenta algumas limitações que precisam ser reconhecidas. Os testes de ER a 70% 1RM e 90% 1RM foram sempre realizados no mesmo dia e na mesma ordem, o que torna impossível afirmar que não houve influência do tempo e da ordem de execução sobre a resposta de recuperação. Além disso, os critérios de inclusão específicos do estudo, incluindo gênero e estado de saúde, não permitem a extrapolação de nossos resultados para mulheres ou indivíduos com diagnóstico de alguma doença.

Conclui-se que os idosos apresentam maior modulação simpática durante a recuperação do ER quando comparados aos jovens, o que pode ser indicativo de uma resposta atenuada do sistema nervoso autonômico cardíaco ao exercício nesta população.

O presente estudo foi o primeiro a investigar os efeitos do envelhecimento na resposta da VFC durante a recuperação do ER. O ER é considerado primordial na prática clínica para a população idosa. Apesar da grande importância que a fase de recuperação após ER tem para a adequada restauração CV, o número de estudos que investigaram esta fase em idosos ainda é limitado. No entanto, estudar esse período frequentemente negligenciado é imprescindível, especificamente no idoso, para melhor compreender a resposta do organismo ao exercício e após a cessação deste, com o objetivo de desenvolver e introduzir novas estratégias de exercícios capazes de melhorar a sua condição de saúde. Assim, acreditamos que nossos achados são relevantes, pois fornecem uma visão interessante para uma compreensão mais profunda da dinâmica CV nos idosos durante a recuperação do exercício.

## REFERÊNCIAS

1. WHO (2015). **Ageing and health.** Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs404/en/> Acesso em: 21/06/2016.
2. WHO (2015). **The health-care challenges posed by population ageing.** Disponível em: <http://www.who.int/bulletin/volumes/90/2/12-020212/en/> Acesso em: 02/07/2015.
3. Queiroz ACC, Kanegusuku H, Forjaz CLM. **Effects of Resistance Training on Blood Pressure in the Elderly.** Arq. Bras. Cardiol. 2010; V.95, n.1, p.135-140.
4. Silva NL, Oliveira RB, Fleck SJ, Leon ACMP, Farinatti P. **Influence of strength training variables on strength gains in adults over 55 years-old: A meta-analysis of dose-response relationships.** Journal of Science and Medicine in Sport. 2014; 17, p.337-344.
5. Gautschy B, Weidmann P, Gnädinger MP. **Autonomic function tests as related to age and gender in normal man.** Klin Wochenschr. 1986; 64(11):499-505.
6. Catai AM, Chacon-Mikahil MP, Martinelli FS, Forti VA, Silva E, Golfetti R, et al. **Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men.** Braz J Med Biol Res. 2002; 35(6):741-52.
7. De Meersman RE. **Heart Rate Variability and Aerobic Fitness.** Am Heart 1993; 125:726-731.
8. Liu CK, Fielding RA. **Exercise as an Intervention for Frailty.** Clin Geriatr Med. 2011 Feb; 27(1): 101–110.
9. **AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE.** American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. Med Sci Sports Exerc. 2009 Mar;41(3):687-708.



10. **AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE.** Position Stand: progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2002; 34: 364-380.
11. McCartney N. **Acute responses to resistance training and safety.** *Med Sci Sports Exerc.* 1999; Jan;31(1):31-7.
12. Cardoso Jr CG, Gomides RS, Queiroz ACC, Pinto LG, Lobo FS, Tinucci T, et al. **Acute and chronic effects of aerobic and resistance exercise on ambulatory blood pressure.** *Clinics.* 2010; 65(3):317-25.
13. Kietrys D, Galantino ML. **Can Progressive Resistive Exercise Improve Weight, Limb Girth, and Strength of Individuals With HIV Disease?** *Physical Therapy.* 2014; v.94, n.3
14. Horton ES, Beisel WR. **The Metabolic Responses to Stress and Physical Activity. Food Components to Enhance Performance: An Evaluation of Potential Performance-Enhancing Food Components for Operational Rations.** Institute of Medicine (US) Committee on Military Nutrition Research; Marriott BM, editor. Washington (DC): National Academies Press (US); 1994.
15. Martinmäki K, Rusko H. **Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise.** *Eur J Appl Physiol* (2008) 102:353–360.
16. de Oliveira TP, de Alvarenga Mattos R, da Silva RB, Rezende RA, de Lima JR. **Absence of parasympathetic reactivation after maximal exercise.** *Clin Physiol Funct Imaging.* 2013 Mar;33(2):143-9. doi: 10.1111/cpf.12009. Epub 2012 Dec 2.
17. Gastaldelli A, Mammoliti R, Muscelli E, Camastra S, Landini L, Ferrannini E, et al. **Linear and nonlinear properties of heart rate variability: Influence of obesity.** *Ann N Y Acad Sci.* 1999; 879: 249–254. PMID: 10415835

18. Simões RP, Mendes RG, Castello V, Machado HG, Almeida LB, Baldissera V, et al. **Heart-rate variability and blood-lactate threshold interaction during progressive resistance exercise in healthy older men.** J Strength Cond Res. 2010 May;24 (5):1313-20.
19. Balady GJ, Chaitman B, Driscoll D, Foster C, Froelicher E, Gordon N. **Recommendations for cardiovascular screening, staffing, and emergency policies at health/fitness facilities.** AHA/ACSM Scientific Statement Circulation. 1998; 97: 2283-2293.
20. **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 1996; 17:354–381.
21. Castiglioni P, Parati G, Civijian A, Quintin L, Di Rienzo M. **Local scale exponents of blood pressure and heart rate variability by detrended fluctuation analysis: effects of posture, exercise, and aging.** IEEE transactions on biomedical engineering, vol. 56, no. 3, march 2009
22. Perakakis P, Taylor M, Martinez-Nieto E, Revithi I, Vila J. **Breathing frequency bias in fractal analysis of heart rate variability.** Biol Psychol. 2009; 82: 82–88. doi: 10.1016/j.biopsycho.2009.06.004 PMID: 19559748
23. Schumann AY, Bartsch RP, Penzel T, Ivanov PC, Kantelhardt JW. **Aging effects on cardiac and respiratory dynamics in healthy subjects across sleep stages.** Sleep. 2010; 33: 943. PMID: 20614854
24. Reland S, Ville NS, Wong S, Gauvrit H, Gaëlle K, Carré F. **Exercise Heart Rate Variability of Older Women in Relation to Level of Physical Activity.** Journal of Gerontology: BIOLOGICAL SCIENCES. 2003, Vol. 58A, No. 7, 585–591

25. Fleg JL, O'Connor F, Gerstenblith G, et al. **Impact of age on the cardiovascular response to dynamic upright exercise in healthy men and women.** *J Appl Physiol.* 1995;78:890–900.
26. Tasaki H, Serita T, Irita A, et al. **A 15-year longitudinal follow up-study of heart rate and heart rate variability in healthy elderly persons.** *J Gerontol Med Sci.* 2000;55A:M744–M749.
27. Levy WC, Cerqueira MD, Harp GD, Johannessen K, Abrass IB, Schwartz RS & Stratton JR (1998). **Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young older men.** *American Journal of Cardiology*, 82: 1236-1241.
28. Lakatta EG & Levy D (2003). **Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprises.** Part II: the aging heart in health: links to heart disease. *Circulation*, 107: 346-354.
29. Jensen-Urstad K, Storck N, Bouvier F, Ericson M, Lindblad LE & Jensen-Urstad M. **Heart rate variability in healthy subjects is related to age and gender.** *Acta Physiologica Scandinavica*, 1997, 160: 235-241.
30. Semrád B, Fiser B & Honzíkova N (1998). **Ageing and cardiac autonomic status.** In: Malik M (Editor), *Clinical Guide to Cardiac Autonomic Tests.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 285-300.
31. Ades PA, Savage PD, Cress ME, Brochu M, Lee NM, Poehlman ET. **Resistance training on physical performance in disabled older female cardiac patients.** *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35(8): 1265-70.  
<http://dx.doi.org/10.1249/01.MSS.0000079044.21828.0E>
32. Deschenes MR, Kraemer WJ. **Performance and physiologic adaptations to resistance training.** *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;81(11 Suppl):S3-16.  
<http://dx.doi.org/10.1097/00002060-200211001-00003>

33. Forte R, De Vito G, Figura F. **Effects of dynamic resistance training on heart rate variability in healthy older women.** Eur J Appl Physiol. 2003;89(1):85-9. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-002-0775-1>
34. Banz WJ, Maher MA, Thompson WG, Bassett DR, Moore W, Ashraf M, et al. **Effects of resistance versus aerobic training on coronary artery disease risk factors.** Exp Biol Med (Maywood). 2003;228(4):434-40. PMID:12671188.
35. Hu M, Finni T, Zou L, Perhonen M, Sedliak M, Alen M, et al. **Effects of strength training on work capacity and parasympathetic heart rate modulation during exercise in physically inactive men.** Int J Sports Med. 2009;30(10):719-24. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0029-1225329>
36. Braith RW, Beck DT. **Resistance exercise: training adaptations and developing a safe exercise prescription.** Heart Fail Rev. 2008;13(1):69-79. <http://dx.doi.org/10.1007/s10741-007-9055-9>
37. Heffernan KS, Kelly EE, Collier SR, Fernhall B. **Cardiac autonomic modulation during recovery from acute endurance versus resistance exercise.** European Journal of Preventive Cardiology February 2006 vol. 13 no. 1 80-86. doi: 10.1097/01.hjr.0000197470.74070.46
38. Albert CM, Mittleman MA, Chae CU, Lee IM, Hennekens CH, Manson JE. **Triggering of sudden death from cardiac causes by vigorous exertion.** N Engl J Med 2000; 343:1355–1361.
39. Curtis BM, O’Keefe JH Jr. **Autonomic tone as a cardiovascular risk factor: the dangers of chronic fight or flight.** Mayo Clin Proc 2002; 77:45–54.
40. Kannankeril PJ, Le FK, Kadish AH, Goldberger JJ. **Parasympathetic effects on heart rate recovery after exercise.** J Invest Med 2004; 52:394–401.
41. Kingsley JD, Mayo X, Tai YL, Fennell C. **Arterial stiffness and autonomic modulation following free-weight resistance exercises in resistance trained**

**individuals.** The Journal of Strength and Conditioning Research, May 2016. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001461

42. Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S, Rimoldi O, Furlan R, Pizzinelli P, Sandrone G, Malfatto G, Dell'Orto S, Piccaluga E. **Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog.** Circ Res (1986); 59: 178–193.

43. Melo RC, Santos MDB, Silva E, Quitério RJ, Moreno MA, Reis MS, et al. **Effects of age and physical activity on the autonomic control of heart rate in healthy men.** Brazilian Journal of Medical and Biological Research (2005) 38: 1331-1338

44. Kuo, Terry B. J., Tsann Lin, Cheryl C. H. Yang, Chia-Lin Li, Chieh-Fu Chen, and Pesus Chou. **Effect of aging on gender differences in neural control of heart rate.** Am. J. Physiol. 277 (Heart Circ. Physiol. 46): H2233–H2239, 1999.

45. Liao D, Barnes RW, Chambless LE, Simpson RJ, Sorlie P, Heiss G. **Age, Race, and Sex Differences in Autonomic Cardiac Function Measured by Spectral Analysis of Heart Rate Variability-The ARIC Study.** Am J Cardiol 1995;76:906-912)

46. Moodithaya S, Avadhany ST. **Gender Differences in Age-Related Changes in Cardiac Autonomic Nervous Function.** Journal of Aging Research, Volume 2012, Article ID 679345, 7 pages. doi:10.1155/2012/679345

47. Umetani K, Singer DH, McCraty R, Atkinson M. **Twenty-Four Hour Time Domain Heart Rate Variability and Heart Rate: Relations to Age and Gender Over Nine Decades.** J Am Coll Cardiol 1998;31:593– 601)

48. Javorka M, Zila I, Balhárek T, Javorka K. **Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity.** Braz J Med Biol Res. 2002;35(8):991–1000

49. Schwartz PJ, La Rovere MT, and Vanoli E. **Autonomic nervous system and sudden cardiac death. Experimental basis and clinical observations for post-myocardial infarction risk stratification.** *Circulation* 85: I77–I91, 1992.
50. Beckers F, Verheyden B, Aubert AE. **Aging and nonlinear heart rate control in a healthy population.** *AJP-Heart Circ Physiol*, vol 290, June 2006.
51. Malliani A, Pagani M, Montano N, Mela GS. **Sympathovagal balance: a reappraisal.** *Circulation* 98 (1998) 2640–2643.  
<http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.98.23.2640.a>.
52. Costa M, Goldberger AL, Peng C. **Multiscale entropy analysis of complex physiologic time series.** *Phys. Rev. Lett.* 89 (2002), 068102,  
<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.89.06810>.
53. Ho KKL, Moody GB, Peng CK, Mietus JE, Larson MG, Levy D, Goldberger AL. **Predicting Survival in Heart Failure Case and Control Subjects by Use of Fully Automated Methods for Deriving Nonlinear and Conventional Indices of Heart Rate Dynamics.** *Circulation*. 1997;96:842-848
54. Huikuri HV, Makikallio TH, Peng CK, Goldberger AL, Hintze U, Møller M for the DIAMOND Study Group. **Fractal correlation properties of R-R interval dynamics and mortality in patients with depressed left ventricular function after an acute myocardial infarction.** *Circulation* 2000;101:47–54.
55. Chiang J-Y, Huang J-W, Lin L-Y, Chang CH, Chu F-Y, Lin Y-H, et al. (2016) **Detrended Fluctuation Analysis of Heart Rate Dynamics Is an Important Prognostic Factor in Patients with EndStage Renal Disease Receiving Peritoneal Dialysis.** *PLoS ONE* 11(2): e0147282. doi: 10.1371/journal.pone.0147282
56. Tulppo MP, Hughson RL, Makikallio TH, Airaksinen KE, Seppanen T, and Huikuri HV. **Effects of exercise and passive head-up tilt on fractal and complexity properties of heart rate dynamics.** *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 280: H1081–H1087, 2001.

57. Willson K, Francis DP, Wensel R, Coats AJ, and Parker KH. **Relationship between detrended fluctuation analysis and spectral analysis of heart-rate variability.** *Physiol Meas* 23: 385–401, 2002.

58. Iyengar N, Peng CK, Morin R, Goldberger AL, and Lipsitz LA. **Age-related alterations in the fractal scaling of cardiac interbeat interval dynamics.** *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 271: R1078–R1084, 1996.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante do exposto, consideramos que o conteúdo desta dissertação de mestrado adiciona conhecimento às áreas envolvidas no cuidado prestado ao idoso. Acreditamos que os profissionais serão beneficiados com este conhecimento gerado, que possibilitará na prática clínica, uma atuação mais sólida e baseada em evidência científica, principalmente no âmbito da intervenção que envolve o exercício físico na população idosa. Destacamos que foi possível observar resposta atenuada do sistema nervoso autonômico cardíaco nos idosos quando comparados aos jovens, no entanto futuros estudos merecem ser desenvolvidos para investigar o valor prognóstico destes resultados na sessão de exercícios bem como para a ocorrência de desfechos adversos futuros.



## APÊNDICE A

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DE PARTICIPAÇÃO NO PROJETO DE PESQUISA: “ESTUDO DOS AJUSTES CARDIORRESPIRATÓRIOS E METABÓLICOS DURANTE O EXERCÍCIO RESISTIDO EM IDOSOS – PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA CARGA CRÍTICA NO LEG PRESS 45”

#### RESPONSÁVEIS PELO PROJETO

Supervisora: Profa. Dra. Audrey Borghi Silva

Pós Doutoranda: Renata Gonçalves Mendes

LOCAL DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO: Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar, Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos.

Eu, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ anos de idade, portador do RG n. \_\_\_\_\_, residente à Rua (Av): \_\_\_\_\_, n. \_\_\_\_\_, Bairro: \_\_\_\_\_, Cidade de: \_\_\_\_\_, Estado: \_\_\_\_\_,

fui convidado(a) a participar do projeto de pesquisa acima mencionado que será realizado no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, e voluntariamente concordo em participar do referido projeto.

A pesquisa tem por finalidade avaliar os efeitos do treinamento resistido (com pesos), e observar as respostas do meu coração e da respiração em atividade em homens jovens e idosos, ambos saudáveis.

Antes do início dos testes em questão, serei submetido a uma avaliação clínica constando de entrevista, exames físicos, eletrocardiograma em repouso, bem como a um teste ergométrico clínico (teste de esforço realizado sentado em uma bicicleta estacionária). O objetivo desta avaliação é detectar como está o funcionamento do meu coração e dos meus pulmões com a finalidade de determinar se estou apto a prosseguir minha participação nesta pesquisa. Caso seja constatada alguma alteração, o médico cardiologista me informará e serão tomadas as devidas providências quanto ao meu tratamento. Para a realização desta avaliação, serão necessários 5 dias de visitas, sendo que cada uma terá duração aproximada de 1 (uma) hora. (Visita 1: avaliação fisioterapêutica, eletrocardiograma, teste cardiopulmonar; Visita 2: Teste de 1 repetição máxima (1RM) em equipamento Leg Press (exercício com pesos para as pernas); Visita 3 : 2 Testes com 70 e 90% do valor obtido no teste de 1 RM em equipamento Leg Press , Visita 4 : 2 Testes com

uma carga calculada com base no teste da visita 3 (regressão linear da carga x 1/tempo de execução dos testes com 70 e 90%) e outra com 80% do valor obtido no teste de 1 RM em equipamento Leg Press, Visita 5: 1 Testes com carga calculada com base no desempenho dos testes da visita 3 e 4 (regressão linear da carga x 1/tempo de execução dos testes).

Antes do início dos testes, serei orientado sobre os sinais e sintomas (como dor no peito, dificuldade na respiração, suor intenso, tontura, "vista embaçada", náuseas, dor, cansaço e fadiga) que devem me alertar a parar a sequência destes. Em repouso não deverá aparecer qualquer tipo de desconforto. Em exercício poderei sentir cansaço muscular e falta de ar, além de todos os sinais e sintomas referidos acima. Nas intensidades de exercício usadas, inclusive no teste de esforço físico máximo, qualquer complicação para a saúde, que possa ocorrer durante a realização dos mesmos, será critério de interrupção do esforço físico.

Durante a realização dos mesmos, serei observado(a) por uma equipe treinada que estará alerta a qualquer alteração que possa sugerir a interrupção do esforço exigido.

Os benefícios que terei com tais procedimentos, incluem a verificação de possíveis alterações eletrocardiográficas associadas com a análise dos exames, observando assim, clinicamente minha situação física. Além disso, a avaliação integrada do funcionamento cardíaco e do pulmão frente à realização de esforços físicos com pesos, são comumente realizados em minhas atividades cotidianas (carregando pesos, empurrando moveis, etc) e poderei saber se posso realizá-los pois os testes aplicados serão monitorizados de forma segura e controlada.

As informações obtidas durante as avaliações e os exames laboratoriais serão mantidas em caráter confidencial, portanto não serei identificado(a). Além disso, essas informações não poderão ser consultadas por pessoas não ligadas ao estudo. As informações assim obtidas, no entanto, poderão ser utilizadas para fins científicos, sempre resguardando minha privacidade.

Tenho a garantia de receber respostas a qualquer pergunta ou esclarecimento a qualquer dúvida a respeito dos procedimentos, riscos e benefícios e de outras situações relacionadas com a pesquisa. Além disso, os pesquisadores responsáveis se comprometem a me fornecer informações atualizadas sobre o estudo, mesmo que isso possa afetar a minha vontade em continuar participando da pesquisa. Estou ciente da importância do protocolo que serei submetido e procurarei seguir com o programa, salvo algum problema que possa surgir que me impossibilite de participar.

Durante qualquer período poderei deixar de participar da pesquisa se assim for meu desejo, sem que isso me traga nenhum tipo de penalidade ou prejuízo em minha relação com os pesquisadores ou com a instituição.

Os pesquisadores me informaram que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, cujo endereço e telefone são apresentados neste termo.

O presente termo será emitido em duas vias, sendo que uma delas ficará em posse dos pesquisadores e receberei a outra cópia deste termo, no qual consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar minhas dúvidas sobre o projeto e minha participação, agora ou a qualquer momento.

Declaro que eu li, entendi e concordo inteiramente com as informações que me foram apresentadas. Dessa maneira, manifesto livremente a minha vontade em participar deste projeto de pesquisa.

São Carlos, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

---

Assinatura do(a) voluntário(a)

---

Audrey Borghi e Silva  
Orientadora/supervisora

---

Renata Gonçalves Mendes  
Pós-doutoranda

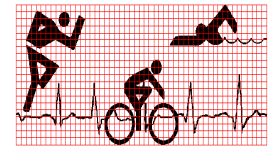
E-MAILS PARA CONTATOS:

Profa. Dra. Audrey Borghi Silva: [audrey@power.ufscar.br](mailto:audrey@power.ufscar.br)

Renata Gonçalves Mendes [mendesrg@hotmail.com](mailto:mendesrg@hotmail.com)

LABORATÓRIO DE FISIOTERAPIA CARDIOPULMONAR DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS: Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil. Telefone (16) 3351-8705.

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS DA UFSCAR (Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos): Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil. Telefone (16) 3351-8110 ou (16) 3351-8109. Endereço eletrônico: [cephumanos@power.ufscar.br](mailto:cephumanos@power.ufscar.br).



## APÊNDICE B

### FICHA DE AVALIAÇÃO – ANEXO 1

Data da avaliação inicial: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ Avaliador: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

#### DADOS PESSOAIS

Nome: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_ Telefone: ( ) \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ Celular: ( ) \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

Data de Nascimento: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_ Raça: \_\_\_\_\_

Profissão: \_\_\_\_\_ Estado civil: \_\_\_\_\_

DIAGNÓSTICO: \_\_\_\_\_ Médico: \_\_\_\_\_

HMA e HP: \_\_\_\_\_

**Fumante:** Sim ( ) Não ( )

*Se sim:* Quanto tempo: \_\_\_\_\_ Quantos cigarro/dia: \_\_\_\_\_

*Se não:* Já fumou: \_\_\_\_\_ Quanto tempo parou \_\_\_\_\_ Período: \_\_\_\_\_ Qtos cig/dia: \_\_\_\_\_

**Ingere bebida alcoólica:** Sim( ) Não ( ) Raramente ( )

*Se sim:* Destilado ( ) Fermentado ( ) Quantidade: Pouca ( ) Média( ) Grande ( )

*Freqüência* \_\_\_\_\_ x/semana

**Faz dieta alimentar:** Sim ( ) Não ( )

*Se sim:* Qual: \_\_\_\_\_ Quanto tempo: \_\_\_\_\_

#### Massa corporal:

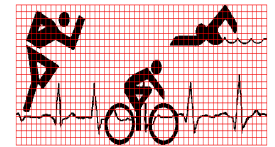
Perdeu peso recentemente? Sim ( ) Não ( )

*Se sim:* Quantos Kg? \_\_\_\_\_ Obs: \_\_\_\_\_

**Pratica atividade física:** Sim ( ) Não ( )

*Se sim:* Qual: \_\_\_\_\_ Tem orientação médica: \_\_\_\_\_

*Freqüência* \_\_\_\_\_ x/semana Quantas horas por dia: \_\_\_\_\_



Nível: Leve ( ) Moderada ( ) Intensa ( ) Há quanto tempo: \_\_\_\_\_

Tem história de obesidade na família? (Grau de parentesco) \_\_\_\_\_

História de diabetes na família? (Grau de parentesco) \_\_\_\_\_

Você sente dor no peito quando realiza esforço físico? ( ) Sim ( ) Não

Você consegue caminhar uns 6 a 8 quarteirões sem ter que parar para descansar? ( ) Sim ( ) Não

Você consegue subir uma ladeira sem dificuldade? ( ) Sim ( ) Não

Alguns médicos alguma vez já lhe disseram que você não pode praticar atividade física? ( ) Sim ( ) Não

Realizou alguma cirurgia? Há quanto tempo? \_\_\_\_\_

Outros sinais e sintomas. Citar em quais situações e qual a duração.

- ( ) tosse \_\_\_\_\_ ( ) fadiga \_\_\_\_\_
- ( ) palpitação \_\_\_\_\_ ( ) anorexia \_\_\_\_\_
- ( ) desmaio \_\_\_\_\_ ( ) nictúria \_\_\_\_\_
- ( ) edema \_\_\_\_\_ ( ) chiado no peito \_\_\_\_\_
- ( ) pulso \_\_\_\_\_ ( ) formigamento \_\_\_\_\_
- ( ) coloração \_\_\_\_\_ ( ) extremidades \_\_\_\_\_
- ( ) hemoptise \_\_\_\_\_ ( ) claudicação intermitente \_\_\_\_\_
- ( ) turvação visual \_\_\_\_\_

**FATORES DE RISCO**

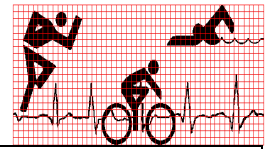
	SIM	NÃO		SIM	NÃO
Nefropata			Anemia		
HAS			História de AVC		
Estresse			História de Infarto		
Tireóide			Apnéia do sono		
Dislipidemias			Insuficiência renal		
Obesidade			Cardiopata		
Diabetes					

**HISTÓRIA FAMILIAR**

	SIM	NÃO
História de AVC		
História de Infarto		

Obs:  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Nome da medicação	Dosagem	Posologia	Tempo de uso	Finalidade da medicação utilizada




**1. EXAME FÍSICO**

Altura: \_\_\_\_\_ m      Peso: \_\_\_\_\_ kg      IMC: \_\_\_\_\_ Kg/m<sup>2</sup>

FC repouso: \_\_\_\_\_ PA repouso: \_\_\_\_\_

Comprimento MID: (espinha ilíaca anterior até maléolo medial): \_\_\_\_\_ cm

**2. Captação da VFC** Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Supino _____ / _____	Sentada _____ / _____
1º.	1º.
2º.	2º.
3º.	3º.
4º.	4º.
5º.	5º.
6º.	6º.
7º.	7º.
8º.	8º.



9º.	9º.
10º.	10º.

## QUESTIONÁRIO DE ATIVIDADE FÍSICA BASAL – ANEXO 2

Baecke, JAH – 1982

### A) OCUPAÇÃO

**P1)** Qual sua principal ocupação (descrever): \_\_\_\_\_

1. Trabalho em escritório, motorista, vendas, lecionando, estudando, em casa, médico/paramédico, outra de nível universitário, segurança.
3. Trabalho fabril, encanador, carpinteiro, serralheiro, mecânica.
5. Construção civil, pedreiro, marceneiro, carregador.

**P2)** No trabalho, o sr(a) senta-se

5 sempre

1 nunca

2 raramente

3 algumas vezes

4 frequentemente

5 sempre

**P3)** No trabalho, o sr(a) fica de pé

**P6)** Depois do trabalho, o sr(a) fica fisicamente cansado

1 nunca

1 nunca

2 raramente

2 raramente

3 algumas vezes

3 algumas vezes

4 frequentemente

4 frequentemente

5 sempre

5 muito frequentemente

**P4)** No trabalho, o sr(a) anda

**P7)** No trabalho, o sr(a) sua:

1 nunca

1 nunca

2 raramente

2 raramente

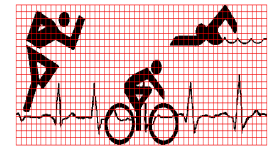
3 algumas vezes

3 algumas vezes

4 frequentemente

4 frequentemente

5 muito frequentemente



**P8)** Em comparação com outras pessoas do seu convívio e com a mesma idade, o sr(a) acha que seu trabalho é fisicamente:

1 muito mais leve

3 algumas vezes

4 frequentemente

5 muito frequentemente

2 mais leve

3 da mesma intensidade

4 mais intenso

5 muito mais intenso

**Índice Ocupacional =  $[P1 + (6-P2) + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8] / 8 =$  \_\_\_\_\_**

## B) ESPORTES

C)

**P9)** O sr(a) pratica algum esporte: ( ) Sim ( ) Não

**P9 a)** Caso sim:

## INTENSIDADE

Qual esporte você pratica mais frequentemente:

0,76 bilhar, boliche, vela, outro esporte sem deslocamento corporal ativo

1,26 ciclismo, dança, natação, tênis, vôlei, caminhada

1,76 basquete, boxe, futebol, canoagem, ginástica, corrida, musculação

## TEMPO

Quantas horas por semana:

0,5 <1

1,5 1-2

2,5 2-3

3,5 3-4

4,5 >4

## PROPORÇÃO

Quantos meses por ano:

0,04 <1

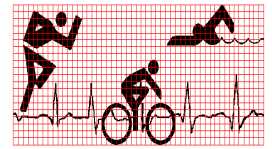
0,17 1-3

0,42 4-6

0,67 7-9

0,92 >9





**P9a = INTENSIDADE X TEMPO X PROPORÇÃO = \_\_\_\_\_**

**P9 b) O sr(a) pratica um segundo esporte: \_\_\_\_\_**

0,76 bilhar, boliche, vela, outro esporte sem deslocamento corporal ativo

1,26 ciclismo, dança, natação, tênis, vôlei, caminhada

1,76 basquete, boxe, futebol, canoagem, ginástica, corrida, musculação

**TEMPO**

Quantas horas por semana:

0,5 <1

1,5 1-2

2,5 2-3

3,5 3-4

4,5 >4

**PROPORÇÃO**

Quantos meses por ano:

0,04 <1

0,17 1-3

0,42 4-6

0,67 7-9

0,92 >9

**P9 b = INTENSIDADE X TEMPO X PROPORÇÃO = \_\_\_\_\_**

**P9 = P9a + P9b = \_\_\_\_\_**

- 1 0
- 2 0,01-<4
- 3 4-<8
- 4 8-<12
- 5 = ou >12

**P10)** Em comparação com outras pessoas de seu convívio e de mesma idade, o sr(a) acha que sua atividade durante seu lazer é:

1 muito menor

2 menor

3 da mesma intensidade

4 maior

5 muito maior

**P11)** Durante seu lazer o sr(a) sua:

1 nunca

2 raramente

3 algumas vezes

4 frequentemente

5 muito frequentemente

**P12)** Durante seu lazer, o sr(a) pratica esportes:

1 nunca

2 raramente

3 algumas vezes

4 frequentemente

5 muito frequentemente

**Índice de atividade esportiva= [P9 + P10 + P11 + P12] / 4 = \_\_\_\_\_**

**D) LAZER**

**P13)** Durante seu lazer, o sr(a) assiste TV:

1 nunca

2 raramente

3 algumas vezes

4 frequentemente

5 muito frequentemente

**P14)** Durante seu lazer, o sr(a) anda a pé:

- 1 nunca
- 2 raramente
- 3 algumas vezes
- 4 frequentemente
- 5 muito frequentemente

**P15)** Durante seu lazer, o sr(a) anda de bicicleta:

- 1 nunca
- 2 raramente
- 3 algumas vezes
- 4 frequentemente
- 5 muito frequentemente

**P16)** Quantos minutos habitualmente o sr(a) anda a pé ou de bicicleta por dia, indo e voltando do trabalho, escola ou compras:

- 1 <5
- 2 5-15
- 3 15-30
- 4 30-45
- 5 >45

**Índice de atividade no lazer= [(6-P13)+ P14 + P15 + P16] / 4 = \_\_\_\_\_**

INDICE	VALOR
a) OCUPACIONAL	
b) ATIVIDADE ESPORTIVA	
c) ATIVIDADE NO LAZER	
TOTAL ABSOLUTO (a+b+c)	
TOTAL MEDIO (a+b+c/ 3)	

## APÊNDICE C

### TECP - PROTOCOLO NO CICLOERGÔMETRO HORIZONTAL – RAMPA

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Avaliador: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

FCmáx: \_\_\_\_\_ FCsubmáx: \_\_\_\_\_ Banco ciclo: \_\_\_\_\_

Repouso equipamento (5min)		Aquecimento (4 min) – carga livre	
T inicial Polar		T inicial Polar	
PA inicial		PA final	
FC inicial		FC final	
Borg inicial (D/P)	/	Borg final (D/P)	/
SpO2 inicial		SpO2 final	
Coleta lactato			

### Protocolo do TECP – rampa (\_\_\_\_ W/min)

T inicial Polar				
tempo	FC	PA	SpO2	Borg (D/P)
3 min				/
6 min				/
9 min				/
12 min				/
15 min				/
Carga atingida (Watts)				
Coleta lactato (pico)				

### Recuperação:

ativa (1 min)	T inicial Polar	
	PA final	
	FC final	
passiva (5 min)	T inicial Polar	T final Polar
	Lactato 2 minutos	Lactato pós (ao final)
	PA final	FC final

Observação: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## APÊNDICE D

### Ficha de Avaliação – 1 Repetição Máxima

Data: \_\_\_\_\_ Equipe: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Carga estimada: \_\_\_\_\_

Equipamentos: *Célula carga/ Leg press / Wincardio / Holter*

<b>REPOUSO (5 min) Polar nº =</b>	<b>AQUECIMENTO ( 1min) Carga =</b>
PA =	PA final =
FC =	FC final =
POLAR i =                      POLAR f =	POLAR i =                      POLAR f =
HOLTER CÓDIGO =	INICIO =                      FINAL =

_____ kg	Polar hora	Polar cron	Holter	PA	FC	BORG
<b>INICIAL</b>						
<b>FINAL</b>						
<b>R5</b>						
_____ kg	Polar hora	Polar cron	Holter	PA	FC	BORG
<b>INICIAL</b>						
<b>FINAL</b>						
<b>R5</b>						
_____ kg	Polar hora	Polar cron	Holter	PA	FC	BORG
<b>INICIAL</b>						
<b>FINAL</b>						
<b>R5</b>						
_____ kg	Polar hora	Polar cron	Holter	PA	FC	BORG
<b>INICIAL</b>						
<b>FINAL</b>						
<b>R5</b>						
_____ kg	Polar hora	Polar cron	Holter	PA	FC	BORG
<b>INICIAL</b>						
<b>FINAL</b>						
<b>R5</b>						

## APÊNDICE E

### Ficha de Avaliação – teste 3/3 – Cargas 70, 90

Data: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_

<b>REPOUSO (5 min) Polar nº =</b>									
PA =									
FC =									
POLAR i =				POLAR f =					
LACTATO =									
HOLTER CÓDIGO =			INICIO =			FINAL =			
<b>70%</b>	<b>kg</b>	<b>POLAR</b>		<b>PA</b>	<b>FC</b>	<b>BORG</b>	<b>LACT</b>	<b>REPETIÇÕES</b>	<b>TEMPO</b>
Inicial							-----		
Final								Obs:	
R5									
R10									
R15									

<b>REPOUSO (5 min) Polar nº =</b>									
PA =									
FC =									
POLAR i =				POLAR f =					
LACTATO =									
HOLTER CÓDIGO =			INICIO =			FINAL =			
<b>90%</b>	<b>kg</b>	<b>POLAR</b>		<b>PA</b>	<b>FC</b>	<b>BORG</b>	<b>LACT</b>	<b>REPETIÇÕES</b>	<b>TEMPO</b>
Inicial							-----		
Final								Obs:	
R5									
R10									
R15									

## **APÊNDICE F**

### **ARTIGO EM INGLÊS (SUBMETIDO)**

**TITLE:** Is cardiac autonomic recovery after resistance exercise influenced by age?

**AUTHORS:** Clara Italiano Monteiro<sup>1</sup>; Renata Gonçalves Mendes<sup>1</sup>; Guilherme Peixoto Tinoco Arêas<sup>1</sup>; Flávia Cristina Rossi Caruso<sup>1</sup>; José Carlos Bonjorno Junior<sup>1</sup>; Mariana Pires Carvalho<sup>1</sup>; Daniela Bassi<sup>2</sup>; Erika Zavaglia Kabbach<sup>1</sup>; Paula Angélica Ricci<sup>1</sup>; Audrey Borghi-Silva<sup>1</sup>; Ramona Cabiddu<sup>1</sup>.

#### **AFFILIATIONS:**

<sup>1</sup>Cardiopulmonary Physiotherapy Laboratory, Federal University of Sao Carlos, Sao Carlos, Sao Paulo, Brazil.

<sup>2</sup>Physiotherapy Laboratory, Tiradentes University Center, Maceio, Alagoas, Brazil.

**CORRESPONDING AUTHOR:** Ramona Cabiddu, Cardiopulmonary Physiotherapy Laboratory, Federal University of Sao Carlos, Rodovia Washington Luís, Km 235, Jardim Guanabara, 13565-905 Sao Carlos, Sao Paulo, Brazil Telephone: (+55) 16 3306-6704. Fax: 3361-2081. Email: [ramona.cabiddu@gmail.com](mailto:ramona.cabiddu@gmail.com)

## ABSTRACT

**Background:** Resistance exercise (RE) is recommended to contrast the effects of aging. Cardiovascular recovery after RE is driven by cardiac autonomic modulation (CAM), which is impaired in the elderly. In spite of the great importance of the recovery phase, the number of studies that address cardiovascular restoration during RE recovery in the elderly is still limited. Thus, the aim of the present study was to investigate the CAM, by means of heart rate variability (HRV) analysis, during RE recovery in elderly subjects. Our hypothesis was that cardiovascular adjustments would be attenuated in the elderly when compared to young individuals.

**Methods:** 16 elderly and 17 young healthy subjects underwent a comprehensive clinical evaluation, a one repetition maximum (1RM) and two RE tests on a Leg Press device at an intensity of 70% and 90% of 1RM, respectively. The RR interval signal was recorded continuously (Polar® S810i) during the whole test, including pre-test rest in sitting position and recovery phases after each RE test. Tachograms recorded during the recovery phases (6 minutes) were analyzed by time domain, frequency domain and non-linear analysis. Two-way repeated-measures ANOVA was performed (SigmaPlot) to assess statistical differences (significance level:  $p < 0.05$ ) between computed parameters.

**Results:** A significant difference was found between elderly and young during the recovery phase for Mean RR (70%:  $5.49 \pm 1.66$  ms vs.  $3.46 \pm 1.21$  ms; 90%:  $4.49 \pm 1.45$  ms vs.  $2.84 \pm 0.89$  ms), LF n.u. (70%:  $0.42 \pm 0.14$  vs.  $0.32 \pm 0.11$ ; 90%:  $0.31 \pm 0.12$  vs.  $0.28 \pm 0.08$ ), DFA1 (70%:  $0.008 \pm 0.002$  vs.  $0.006 \pm 0.002$ ; 90%:  $0.006 \pm 0.002$  vs.  $0.005 \pm 0.001$ ) and DFA2 (70%:  $0.006 \pm 0.002$  vs.  $0.005 \pm 0.001$ ; 90%:  $0.005 \pm 0.002$  vs.  $0.004 \pm 0.001$ , respectively). Significant independent effects of load and age on these indices were observed.

**Conclusion:** Our findings show that the elderly present higher sympathetic modulation during RE recovery when compared to young subjects, which might be indicative of an attenuated response to exercise in this population. To our knowledge, the present study is the first one to investigate the effects of aging on HRV response during RE recovery and our findings provide interesting insight for a deeper understanding of CV dynamics in the elderly during this phase.

**Key words:** aging; resistance exercise; recovery; cardiac autonomic modulation.



## 1. Introduction

The world population over 60 years is currently estimated at 841 million people and is expected to reach 2 billion by 2050<sup>1</sup>. Aging is a complex, dynamic and progressive process characterized by morphological and functional body changes<sup>2</sup>, which progressively lead the individual to the gradual reduction of their adaptability and performance, making them more vulnerable to intrinsic and extrinsic stressors<sup>3,4</sup>.

With advancing age, a heart rate (HR) decrease and a predominance of the sympathetic over the parasympathetic drive have been observed<sup>5,6</sup>. The sympathetic modulation was also shown to decrease with age; however, its decline is slower compared to vagal decline<sup>7</sup>.

As a promising intervention to partially prevent or reverse the effects of aging, resistance exercise (RE), performed at 60%-80% of one-repetition maximum (1RM) is strongly recommended for the elderly<sup>3,8,9,10,11</sup>. RE results in, among other benefits, improved muscle strength and power, both of which are fundamental to preserve functional capacity, as well as in an improvement of psychological state<sup>3,12,13</sup>. In order to preserve homeostasis and meet increased metabolic demands, physiological adjustments occur during the performance of physical exercise, as well as during the recovery period<sup>14</sup>.

In the transition from RE to the recovery period, exercise-related central control requirements decrease, and the arterial baroreflex is activated, resulting in a HR decrease towards its pre-exercise level<sup>15</sup>; evidence shows that, after a maximal exercise test on a cycle ergometer, 30 seconds to 1 minute after exercise cessation, vagal reactivation occurs, followed by sympathetic withdrawal<sup>16</sup>. Efficient cardiac autonomic restoration is essential for cardiovascular (CV) health, since delayed vagal reactivation and persistent sympathetic activation result in increased cardiac ectopic activity during the recovery period and, thus, in increased risk of CV events<sup>16</sup>.

The assessment of cardiac autonomic function by time domain and spectral analysis of heart rate variability (HRV) has been used to estimate the vagal and sympathetic balanced influences on cardiac activity in several physiological conditions<sup>7,15</sup>. However, the CV system exhibits rhythmic and complex behavior, reflecting the complex regulatory mechanisms that control its functioning<sup>17</sup>. Thus, by implementing non-linear methods of analysis to investigate the HRV complexity, better insight can be obtained about the autonomic CV modulation.

Despite the potentially useful information that might arise from observing the CV response during the recovery after RE in the elderly, the number of studies that address this phase is still limited. Therefore, the aim of the present study was to analyze cardiac autonomic response during the recovery period after RE in elderly subjects by means of HRV analysis. The hypothesis of this study was that the CV adjustments during RE recovery, reflected by linear and non-linear HRV indices, would be attenuated in the elderly when compared to young individuals.

## **2. Methods**

### **2.1. Study population**

The study population consisted of 33 healthy male volunteers, 16 elderly and 17 young.

The study was performed at the Cardiopulmonary Physiotherapy Laboratory (LACAP) of the Physical Therapy Department of Federal University of São Carlos (UFSCar), São Carlos, Brazil. Apparently healthy male individuals with age between 18 and 39 years (young subjects) or older than 60 years (elderly subjects) who were interested in participating in the study underwent an initial screening (section 2.2) in order to evaluate their eligibility.

Non-inclusion criteria included current smoking, alcoholism, drug addiction, use of daily medication, presence of anemia, permanent pacemaker, implantable cardioverter-defibrillator or prosthetic valves, cardiorespiratory disorders, signs of ischemia or ST segment depression, complex arrhythmias, left ventricular dysfunction, neurological, neuromuscular, musculoskeletal or osteoarticular diseases and a level of understanding that would prevent the realization of the proposed protocol. The research protocol was approved by the UFSCar Human Research Ethics Committee under protocol number 794.638/2014. All volunteers signed a written informed consent prior to the study.

### **2.2. Study protocol**

All volunteers who manifested their interest in participating in the study were invited to come to our laboratory to undergo initial screening, consisting of a comprehensive clinical evaluation and a cardiopulmonary maximal exercise test (CPX), for inclusion in the study. After screening, at least 48 hours after the first visit, volunteers

performed a 1RM test; afterwards, at least 48 hours after the first visit, volunteers performed two RE tests, one at an intensity of 70% of 1RM and the other at an intensity of 90% of 1RM.

Data collection was carried out in an air-conditioned laboratory with a temperature between 22°C and 24°C and relative humidity between 50% and 60%; in order to minimize the effects of circadian rhythm on the results, tests were always performed during the same period of the day (between 1 p.m. and 6 p.m.). Before starting the protocol, subjects were familiarized with the experimental environment and with the research personnel.

The subjects were instructed to avoid alcoholic beverages, coffee or any other stimulating drink the night before and the day of data collection; not to perform activities requiring moderate-to-heavy physical exertion on the day before and on the day of data collection; and not to speak unnecessarily during the evaluation to avoid interference with signal acquisition.

#### *2.2.1. First visit: initial screening*

During the first visit subjects underwent an initial assessment with screening purposes. Personal data were collected and a clinical evaluation, including blood pressure (BP) and HR measurement and physical examination, was performed. Afterwards, a clinical CPX was realized to detect any alterations that would preclude protocol realization.

#### *2.2.2. Second visit: one-repetition maximum (1RM) test*

At least 48 hours after the first visit, volunteers who were included in the study underwent a 1RM test. An increasing resistance was gradually applied until the volunteer could properly perform no more than one exercise repetition on a Leg Press 45° (Vitality Convergent, Brazil). The 1RM load was estimated as 80% of the volunteer's body weight multiplied by 4, in accordance with a previously applied protocol<sup>18</sup>. Before the test, volunteers were instructed to avoid the Valsalva maneuver by inhaling during knee flexion<sup>19</sup> and a one minute load free warm-up was performed to facilitate motor learning of the exercise technique. During the whole test, volunteers maintained a seated position with their trunk inclined at 45° with respect to the horizontal and their knees and hips flexed at 90° on the equipment. The exercise consisted in performing knee and hip flexion by eccentric contraction of the quadriceps muscles and glutei, reaching a 90° angle

between the thigh and the leg, and then returning to the starting position by concentric contraction of the quadriceps muscles. If the estimated load was lower or higher than the 1RM load, it would be increased or decreased, waiting for a 5 minute recovery period before the next attempt. The 1RM load was expected to be determined in, at most, 5 attempts.

### *2.2.3. Third visit: resistance exercise tests at 70% and 90% of 1RM*

During the third visit, subjects underwent an exercise protocol consisting in two RE: one at an intensity of 70% of 1RM and the other at an intensity of 90% of 1RM, in this order; both were performed on the Leg Press 45° device, until concentric failure; each repetition was performed over 5 seconds (2 seconds of knee and hip extension and 3 seconds of knee and hip flexion) and the execution rhythm was controlled by verbal commands. Before each exercise, subjects were asked to sit on the Leg Press 45° and remain seated for a 5 minutes resting period. After each exercise, volunteers were asked to remain seated on the Leg Press 45° for a 15 minutes post exercise recovery.

### **2.3. HRV measurements**

The interbeat (RR) interval signals (tachograms) were recorded continuously during the whole test, including preparatory rest, exercise and recovery phases. Signals were acquired using a portable telemetry system (Polar® S810i, Polar Electro Oy, Kempele, Finland), consisting of a transmitter placed on the volunteer's chest and a HR monitor controlled by the evaluator. The Polar system is able to detect ventricular depolarization (corresponding to the electrocardiogram R wave) at a sampling rate of 500 Hz. Collected signals were transmitted by the system (IrDA USB Polar interface unit) to a computer for subsequent analysis.

### **2.4. Data Analysis**

Data analysis was performed in Kubios HRV 2.2 (University of Kuopio, Kuopio, Finland). For each volunteer, the RR interval signals recorded during the rest and recovery phases were analyzed. Under resting conditions, five minutes of signal were collected and analyzed. During recovery, as a condition for HRV analysis is to have a stable signal, the initial three minutes of signal were excluded from each tachogram, in order to avoid considering the unstable transition phase between exercise and recovery. The subsequent six minutes of signal were selected and studied in order to investigate the HRV during

exercise recovery 3-8 minutes after exercise cessation. The selected tachogram portions were analyzed by linear mathematical methods, in the time and frequency domains, and by non-linear methods, all of which will be described in the following.

#### *2.4.1. Time domain parameters*

The HRV parameters that were calculated in the time domain include: mean RR interval (RRi): the interbeat intervals average value, in ms; SDRR: the standard deviation of all RRi, in ms, an estimation of total HRV; RMSSD: the square root of the mean squared differences of successive RRi, in ms, representative of the parasympathetic activity; RRtri: total number of all RRi divided by the height of the histogram of all RRi; TINN: the width of the RRi triangle distribution<sup>20</sup>.

#### *2.4.2. Frequency domain parameters*

The frequency domain parameters were determined using the Fast Fourier Transform (FFT), which was used to decompose the signals in individual spectral components in order to compute the following spectral indices: LF n.u.: HRV normalized spectral power in the LF band (0.04 Hz – 0.15 Hz), obtained by dividing the absolute spectral power in the LF band by the difference between total power and the very low frequency (VLF) power; HF n.u.: HRV normalized spectral power in the HF band (0.15 Hz – 0.4 Hz), obtained by dividing the absolute spectral power in the HF band by the difference between total power and the VLF power; LF/HF: ratio between LF n.u. and HF n.u.<sup>21</sup>.

#### *2.4.3. Non-linear parameter*

##### *Detrended Fluctuation Analysis (DFA) indices DFA1 and DFA2:*

The DFA is a technique that allows to quantify correlation properties in biological stationary and non-stationary signals<sup>22</sup>. This method has been widely applied to investigate correlations in HRV signals and was found to be able to reliably discriminate between physiological and pathological conditions<sup>23</sup>. Two DFA indices are commonly computed, namely DFA1 and DFA2. DFA1 is considered to be representative of short-term fluctuations, while DFA2 represents long-term signal behavior<sup>21</sup>.

## 2.5. Statistical Analysis

An a posteriori power analysis was performed using GPower® (version 3.1, Kiel University, Germany). Considering our study sample size of 33 subjects and a 5% error, statistical power was calculated to be 91%, with an effect size of 0.30.

The distribution of variables was characterized by calculating the mean and standard deviation values. Since some parameters were expected to be non-normally distributed, the median and range were also calculated. The demographic and anthropometric characteristics, baseline physiological parameters and exercise parameters of the two groups were compared using the Student's *t*-test. The results were compared using two-way repeated-measures ANOVA, with Holm-Sidak post-hoc, in order to identify statistically significant differences in time domain, frequency domain and non-linear HRV parameters. For these analyses, subjects were categorized according to age (young vs elderly) and load (70% vs 90%). Statistical significance level was set at  $p < 0.05$ . The analyses were performed using SigmaPlot (version 11.0, Systat Software, Erkrath, Germany).

## 3. Results

Thirty-three subjects, 16 elderly and 17 young, completed the study protocol; the participants' characteristics are shown in **table 1**.

**Table 1.** Participants' demographic and anthropometric characteristics, baseline clinical parameters and exercise parameters.

	Elderly (n=16)	Young (n=17)
<i>Demographic and anthropometric characteristics</i>		
Age, years	66.75 ± 4.51	25.76 ± 3.68 *
Weight, kg	77.39 ± 13.05	78.84 ± 11.45
Height, m	1.72 ± 0.10	1.78 ± 0.07
BMI, kg/m <sup>2</sup>	26.34 ± 4.48	24.94 ± 2.79
<i>Clinical parameters</i>		
Baseline HR, bpm	73.5 ± 11.88	80 ± 7.92 *
Pre-test HR, bpm	69.88 ± 10.03	76.71 ± 9.76
SBP, mmHg	130.81 ± 12.82	123.41 ± 12.72
DBP, mmHg	85 ± 8.76	79.41 ± 6.9
<i>Exercise parameters</i>		

<b>1RM load, kg</b>	214.31 ± 69.12	263.65 ± 53.61 *
<b>Load at 70% 1RM, kg</b>	164.29 ± 34.72	209.65 ± 45.41 *
<b>Load at 90% 1RM, kg</b>	206.63 ± 47.55	262.18 ± 55.06 *
<b>Repetitions at 70% 1RM, n</b>	18.81 ± 7.08	26.44 ± 8.45 *
<b>Repetitions at 90% 1RM, n</b>	9.13 ± 7.28	9.5 ± 5.38
<b>Time of exercise at 70% 1RM, s</b>	59.88 ± 21.2	73.6 ± 27.28
<b>Time of exercise at 90% 1RM, s</b>	32.22 ± 20.02	30.65 ± 14.22

Data are presented as mean ± standard deviation. BMI: body mass index; HR: heart rate; SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; 1RM: one-repetition maximum. \*p<0.05. Baseline HR was measured in the first visit; pre-test HR was measured under resting conditions before resistance exercise at 70% 1RM.

As for their demographic and anthropometric characteristics, the two groups significantly differed only, as expected, for age. Among the clinical parameters, baseline HR was found to be significantly different between groups. As for the exercise parameters, significant differences were found between the two groups for 1RM load, load at 70% 1RM and at 90% 1RM and number of repetitions at 70% 1RM.

**Table 2** shows the HRV parameters under resting conditions for the two groups, for each exercise intensity. Significant differences were found in the young group between RE at 70% 1RM and RE at 90% 1RM for Mean RR, STD HR, RMSSD and TINN.

**Table 2.** Time domain, frequency domain and non-linear HRV parameters under resting conditions before resistance exercise at 70% 1RM and at 90% 1RM for the two groups.

<i>Time domain parameters</i>	<b>Elderly</b>		<b>Young</b>	
	<b>Pre 70% 1RM</b>	<b>Pre 90% 1RM</b>	<b>Pre 70% 1RM</b>	<b>Pre 90% 1RM</b>
<b>Mean RR, ms</b>	905.38 ± 107.85	862.17 ± 136.15	845.73 ± 90.59	731.02 ± 92.46 *
<b>STD HR, ms</b>	21.8 ± 5.27	19.6 ± 6.26	57.84 ± 15.89	39.96 ± 17.48 *
<b>RMSSD, ms</b>	18.75 ± 8.24	16.56 ± 9.11	53.92 ± 23.36	32.13 ± 19.46 *
<b>RR tri</b>	5.62 ± 1.37	5 ± 1.26	13.35 ± 3.98	9.92 ± 3.45
<b>TINN, ms</b>	116 ± 33.45	115 ± 65.06	270.33 ± 74.17	229.06 ± 176.52 *
<i>Frequency domain parameters</i>				
<b>LF, n.u.</b>	69.38 ± 17.24	71.14 ± 14.41	61.93 ± 20.17	73.09 ± 14.31
<b>HF, n.u.</b>	30.62 ± 17.24	28.86 ± 14.41	38.07 ± 20.17	26.91 ± 14.31
<b>LF/HF ratio</b>	3.37 ± 2.33	3.59 ± 2.73	3 ± 3.69	5.15 ± 5.53
<i>Non-linear parameters</i>				
<b>DFA1</b>	1.32 ± 0.29	1.38 ± 0.19	1.15 ± 0.26	1.34 ± 0.31
<b>DFA2</b>	1 ± 0.26	0.93 ± 0.16	0.84 ± 0.21	0.87 ± 0.18

Data are presented as mean ± standard deviation. RR: inter-beat intervals; STD HR: standard deviation of RR intervals; RMSSD: the square root of the mean squared differences of successive RR<sub>i</sub>, in ms, representative of the parasympathetic activity; RR<sub>tri</sub>: triangular index; TINN: the width of the RR<sub>i</sub> triangle distribution; LF n.u.: normalized HRV spectral power in the low frequency band; HF n.u.: normalized HRV spectral power in the high frequency band. DFA1: short-term DFA index; DFA2: long-term DFA index. \* significant difference between rest before resistance exercise (pre-test) at 70% 1RM and rest before resistance exercise (pre-test) at 90% 1RM within the same group, p<0.05. All values were normalized by the load applied in each exercise condition (70% and 90% of 1RM).

**Table 3** shows the HRV parameters during the recovery phase for the two groups, for each exercise intensity. Load and age effects and interaction between factors are also reported.

**Table 3.** Time domain, frequency domain and non-linear HRV parameters during recovery after resistance exercise at 70% 1RM and at 90% 1RM for the two groups.

	<b>Elderly</b>		<b>Young</b>		<b>Load</b>	<b>Age</b>	<b>Interaction</b>
	<b>Recovery 70%_nor</b>	<b>Recovery 90%_nor</b>	<b>Recovery 70%_nor</b>	<b>Recovery 90%_nor</b>			
<i>Time domain parameters</i>							
<b>Mean RR, ms</b>	5.49 ± 1.66	4.49 ± 1.45	3.46 ± 1.21	2.84 ± 0.89	*	*	NS
<b>STD HR, ms</b>	0.13 ± 0.06	0.09 ± 0.04	0.14 ± 0.1	0.13 ± 0.08	NS	NS	NS
<b>RMSSD, ms</b>	0.12 ± 0.08	0.09 ± 0.06	0.13 ± 0.13	0.11 ± 0.1	NS	NS	NS
<b>RR tri</b>	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.03	0.03 ± 0.02	NS	NS	NS
<b>TINN, ms</b>	0.68 ± 0.42	0.46 ± 0.21	0.71 ± 0.47	0.61 ± 0.37	NS	NS	NS
<i>Frequency domain</i>							

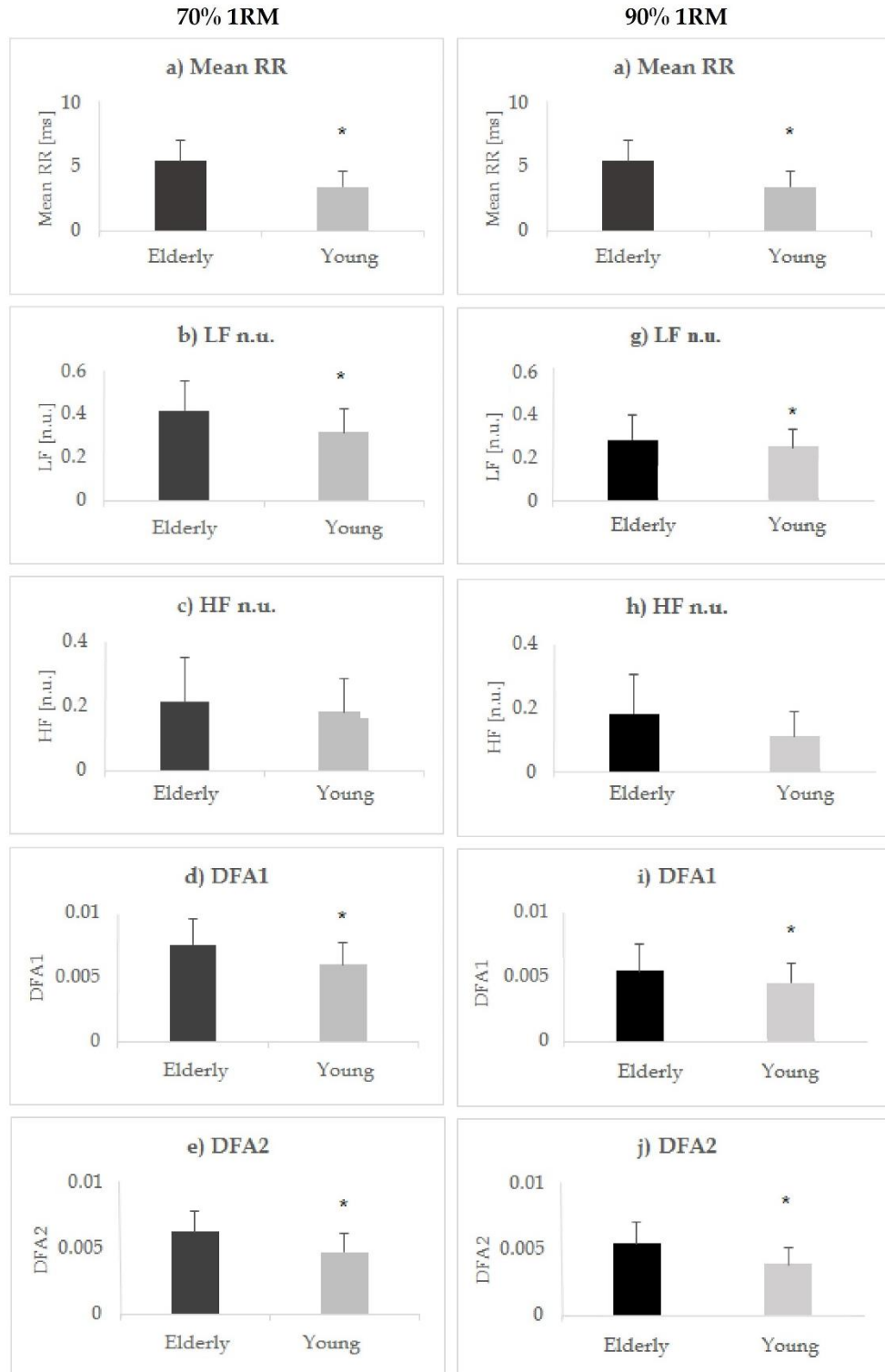


<b>LF, n.u.</b>	0.42 ± 0.14	0.31 ± 0.12	0.32 ± 0.11	0.28 ± 0.08	*	*	NS
<b>HF, n.u.</b>	0.21 ± 0.14	0.2 ± 0.13	0.18 ± 0.1	0.12 ± 0.08	NS	NS	NS
<b>LF/HF ratio</b>	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	NS	NS	NS
<i>Non-linear parameters</i>							
<b>DFA1</b>	0.008 ± 0.002	0.006 ± 0.002	0.006 ± 0.002	0.005 ± 0.001	*	*	NS
<b>DFA2</b>	0.006 ± 0.002	0.005 ± 0.002	0.005 ± 0.001	0.004 ± 0.001	*	*	NS

Data are presented as mean ± standard deviation. RR: inter-beat intervals; STD HR: standard deviation of RR intervals; RMSSD: the square root of the mean squared differences of successive RRi, in ms, representative of the parasympathetic activity; RRtri: triangular index; TINN: the width of the RRi triangle distribution; LF n.u.: normalized HRV spectral power in the low frequency band; HF n.u.: normalized HRV spectral power in the high frequency band. DFA1: short-term DFA index; DFA2: long-term DFA index.

\* significant difference between recovery after resistance exercise (post-exercise) at 70% 1RM and after resistance exercise (post-exercise) at 90% 1RM within the same group, p<0.05. All values were normalized by the load applied in each exercise condition (70% and 90% of 1RM).

A significant difference was found between elderly and young for Mean RR, LF n.u., DFA1 and DFA2. Significant independent effects of load and age on these indices were observed and are shown in **Figure 1**.



**Fig 1.** Time domain, frequency domain and non-linear HRV parameters in elderly and young volunteers during the recovery phase after resistance exercise test at 70% and 90% of 1RM. Data are presented as mean  $\pm$  standard deviation. RR: inter-beat intervals; STD HR: standard deviation of RR intervals; RMSSD: the square root of the mean squared differences of successive RRi, in ms, representative of the parasympathetic activity; RRtri: triangular index; TINN: the width of the RRi triangle distribution; LF n.u.: normalized HRV spectral power in the low frequency band; HF n.u.: normalized HRV spectral power in the high frequency band. DFA1: short-term DFA index; DFA2: long-term DFA index.

\* significant difference between elderly and young subjects during recovery after resistance exercise at 70% 1RM and resistance exercise at 90% 1RM,  $p < 0.05$  (two-way repeated-measures ANOVA). All values were normalized by the load applied in each exercise condition (70% and 90% of 1RM).

#### 4. Discussion

The objective of the present study was to analyze, by means of linear and non-linear analysis, the response of HRV during the recovery period after RE in elderly healthy subjects, in order to investigate the autonomic CV control behavior during RE recovery and to compare it with that of young healthy subjects. The main findings of this study can be summarized as follows: we observed higher LF values in the elderly group during RE recovery when compared to the young group, suggestive of a higher sympathetic modulation; moreover, we observed higher DFA1 and DFA2 values during RE recovery in the elderly subjects with respect to the young subjects, suggestive of maintenance of sympathetic activity during the recovery period. Significantly lower baseline mean HR values could be observed in the elderly when compared to the young subjects. According to Reland *et al.* (2003)<sup>24</sup> this result could be explained by the physiological aging process in healthy individuals; however, this is still controversial, with some evidence showing that elderly healthy people present lower HR values<sup>25</sup> and other studies reporting higher HR values in elderly people<sup>26</sup>. Other investigators observed no differences in HR values between elderly and young individuals<sup>27,28,29</sup>, which could be explained by the decrease in intrinsic HR<sup>27,30</sup> and the autonomic modulation alteration which accompany the aging process<sup>30</sup>.

Even though no significant difference was found between elderly and young subjects pre-test mean HR values, mean HR value appeared to be lower for the elderly. Pre-test evaluations were performed once the subjects had been informed about the procedures they would be submitted to. Thus, mean HR values could reflect their anticipatory response. Considering this, lower mean HR values observed in the elderly group might reflect an attenuated anticipatory response in this population. Moreover, when we considered pre-test HRV parameters, we observed that mean RR, STD NN, RMSSD and TINN were not significantly different between pre-test before RE at 70% and pre-test before RE at 90% for the elderly group. However, we observed that the same indices were lower during pre-test before RE at 90% than during pre-test before RE at 70% for the young group. The absence of a response between the two RE intensities in the elderly corroborates our cautious hypothesis that the elderly subjects might present an attenuated anticipatory adjustment when compared to the young subjects.

RE was shown to be able to counteract or reduce age-related modifications by increasing muscle strength, local muscle power and endurance<sup>31,32</sup>. Moreover, evidence

shows that exercise can decrease the risk of mortality and comorbidities associated with aging<sup>33,34,35,36</sup>. Thus, investigating all aspects involved in RE practice in the elderly, including the recovery phase, is of fundamental importance in clinical practice.

A study by Heffernan *et al.* (2006)<sup>37</sup> showed that cardiac autonomic recovery after exercise has relevant physiological and clinical significance. From a clinical point of view, exercise represents a stressing condition for the organism; evidence shows that the risk of sudden cardiac death increases by 17 times during and up to 30 minutes after vigorous effort, such as exercise<sup>38</sup>. It is believed that acute alterations in autonomic function after exercise contribute to this raised risk<sup>39,40</sup>. Thus, by assessing the autonomic function response after exercise it is possible to characterize the behavior of neural CV regulation mechanisms in physiological stress conditions.

An adequate cardiac autonomic recovery is substantial for CV health, since delayed vagal reactivation and prolonged sympathetic activation result in an increase of heart ectopic activity in the recovery phase and, therefore, in increased risk of CV events<sup>16</sup>. However, even though greatly useful information might be derived from investigating the CV response during RE recovery in the elderly, the number of studies that address this phase is still scarce.

HRV spectral analysis has been used as a noninvasive method for the characterization of the autonomic nervous system influence on cardiac activity<sup>20</sup>. In the frequency domain two main spectral components can be identified: the LF component and the HF component. The LF component is mediated by sympathetic and parasympathetic activities; however, experimental evidence suggests that the LF component, when expressed in n.u., is indicative of sympathetic modulation<sup>41</sup>. The HF component is commonly accepted as a marker of cardiac parasympathetic modulation<sup>20,42</sup>.

In the present study, we observed that, at rest, the elderly subjects presented higher LF values than the young subjects. This suggests a higher sympathetic modulation in the elderly, which is expected and in accordance with results by Melo *et al* (2005)<sup>43</sup>. The authors hypothesized that rest sympathetic activity might be accentuated in the elderly as a result of the CV system alterations that accompany the aging process; such alterations include possible modifications of the cardiac structures, which might explain the decrease in mean HR and chronotropic behavior. We believe that changes of this kind may have also influenced the results of our study.

It is well-known in literature that the autonomic nervous system function progressively declines with age<sup>44,45,46,47</sup>. Although a number of studies demonstrated how aerobic exercise affects cardiac autonomic modulation, to the best of our knowledge, no studies were conducted to investigate cardiac autonomic response during RE recovery in healthy elderly subjects. In the present study, we observed an increase in sympathetic modulation, as demonstrated by the normalized LF index, in the elderly when compared to the young subjects.

Evidence showed that, beside sympathetic activation, also changes in vagal activity can be reflected in the absolute LF power. However, in the present study, the normalized LF power was analyzed, which was previously shown to reflect sympathetic modulation without being influenced by vagal activity. This justifies our interpretation of higher LF n.u. values as accentuated sympathetic modulation during recovery, in accordance with results by Javorka *et al* (2002)<sup>48</sup>, who found high LF values during recovery and proposed that is directly influenced by variations in autonomic function.

Higher sympathetic activity in general conditions is known to be related to a higher susceptibility to fatal arrhythmia and to the development of cardiac disease<sup>49,50</sup>. Therefore, it could be hypothesized that the reduced LF power observed during recovery in the young subjects in the present study could protect them against the development of cardiac disease and arrhythmia.

In the present study, non-linear methodologies were used in order to quantify aspects of the CV control related to the system non-linear dynamics. Knowing that the CV system is regulated by complex and non-linear control mechanisms<sup>51</sup>, it is possible to analyze HRV complexity and infer information about the behavior of the underlying adaptive control<sup>52</sup> and the risk of fatal CV events<sup>53,54,55</sup>. To this aim, a set of non-linear HRV indices, which included DFA1 and DFA2, were calculated. DFA analysis is able to quantify short-term and long-term correlations of biological signals.

Our results showed significantly higher DFA1 and DFA2 values in the elderly subjects when compared to the young ones during RE recovery. The long-term correlation index DFA2 was shown to be related to the LF power, while the short-term correlation index DFA1 was demonstrated to be related to the LF/HF ratio in baseline conditions and during head-up tilt and exercise<sup>50, 56</sup>. Moreover, Willson *et al.* (2002)<sup>57</sup> described DFA1 and DFA2 as mathematically dependent on spectral powers and confirmed the link between the LF/HF ratio and DFA1 and the link between LF power and DFA2. Thus, we might conclude that the higher DFA2 values we observed for the elderly population

during the recovery phase are in agreement with the higher LF n.u. values we observed in the same condition.

However, DFA interpretation remains unclear, as its values appear to be highly influenced by the activity the subject is performing. As an example, opposite results were observed for DFA1 and DFA2 while subjects were lying, awake and watching a movie when compared to results obtained in different conditions<sup>50,58</sup>. Therefore, results obtained in specific conditions cannot necessarily be extrapolated to different conditions.

The present study presents some limitations that need to be acknowledged. RE tests at 70% 1RM and 90% 1RM were always performed on the same day and in the same order, which makes it impossible to affirm that there was not any influence of the time and order of execution on recovery response. Moreover, the study specific inclusion criteria, including gender and health status, do not allow for extrapolation of our results to women or pathological subjects.

In conclusion, our findings show that the elderly present higher sympathetic modulation during RE recovery when compared to young subjects, which might be indicative of an attenuated response to exercise in this population.

To the best of our knowledge, the hereby presented study was the first one to investigate the effects of aging on HRV response during RE recovery. RE is considered to be paramount in clinical practice for the elderly population. In spite of the great importance that the recovery phase after RE has for correct CV restoration, the number of studies investigating this phase in the elderly is still limited. However, studying this often neglected period is imperative, specifically in the elderly, in order to better understand the organism response to exercise and after exercise cessation, with the objective to develop and introduce novel exercise strategies, able to improve their health condition. Thus, we believe our findings are extremely relevant, as they provide interesting insight for a deeper understanding of CV dynamics in the elderly during exercise recovery.