



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
MESTRADO ACADÊMICO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

**EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA DE BAIXA INTENSIDADE COM
RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO SOBRE RESPOSTAS AUTONÔMICAS
E CARDIOVASCULARES EM IDOSAS HIPERTENSAS**

LEANDRO MORAES PINTO

São Luís
2018

LEANDRO MORAES PINTO

**EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA DE BAIXA INTENSIDADE COM
RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO SOBRE RESPOSTAS AUTONÔMICAS
E CARDIOVASCULARES EM IDOSAS HIPERTENSAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Maranhão como requisito para a obtenção do grau de mestre.

Área de Concentração: Biodinâmica do Movimento Humano.

Linha de Pesquisa: Atividade Física aplicada às doenças crônicas não transmissíveis.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Teixeira Mostarda.

São Luís
2018

MORAES-PINTO, LEANDRO.
EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA DE BAIXA INTENSIDADE
COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO SOBRE RESPOSTAS
AUTÔNOMICAS E CARDIOVASCULARES EM IDOSAS HIPERTENSAS /
LEANDRO MORAES-PINTO. - 2018.
107 p.

Coorientador(a): Christiano Bertoldo Urtado.
Orientador(a): Cristiano Teixeira Mostarda.
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Educação Física, Universidade Federal do Maranhão, São
Luís, 2018.

1. Idosas. 2. Restrição de Fluxo Sanguíneo. 3.
Sistema Cardiovascular. 4. Sistema Nervoso Autônomo. 5.
Treinamento de Força. I. Bertoldo Urtado, Christiano.
II. Mostarda, Cristiano Teixeira. III. Título.

LEANDRO MORAES PINTO

**EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA DE BAIXA INTENSIDADE COM
RESTRICÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO SOBRE RESPOSTAS AUTONÔMICAS
E CARDIOVASCULARES EM IDOSAS HIPERTENSAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal do Maranhão como requisito para a obtenção do grau de mestre.

A Banca Examinadora da qualificação da Dissertação de Mestrado apresentada em sessão pública, considerou o candidato aprovado em: ____ / ____ / 2018.

Prof. Dr. Cristiano Teixeira Mostarda (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Christiano Bertoldo Urtado (Examinador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Christian Emmanuel Torres Cabido (Examinador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Robson Chacon Castoldi (Examinador)
Universidade do Oeste Paulista (Unoeste)

São Luís
2018

Dedico este trabalho à Deus, por me ter concedido a sabedoria para elaborá-lo e aos meus pais por tanto me motivarem.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente a Deus por ter me dado força para caminhar nesta árdua e prazerosa trajetória e por me conceder a oportunidade e alegria de concluir mais esta etapa da minha vida.

Ao meu indescritível professor, orientador e amigo Cristiano Teixeira Mostarda que compartilhou toda sua sabedoria e que de maneira simples e humilde, me conduziu com paciência e incentivo para a conclusão desta jornada.

Aos meus pais, Ana e Miguel pelo dom da vida e ao meu irmão Daniel que juntos, são a base da minha vida e que sempre em mim depositaram toda a confiança, amor e carinho.

A minha namorada, companheira e amiga Lorena, por ser uma parceira de luta em busca dos nossos sonhos, por se dedicar, cuidar e apoiar todas as minhas decisões e por ter paciência nos momentos de ausência e dificuldades.

Aos meus eternos avós que tanto amo, Raimunda, Antônio Pinto, Benedito e Delzuita (em memória), que sempre estiveram ao meu lado.

A minha eterna madrinha Rosângela (em memória) que sempre me incentivou a estudar e me mostrou a verdadeira forma de lutar.

Aos meus amigos do LACORE, professora Janaína, Carlos Dias, Antônio Maciel, Carlos Alberto, Antônio Carlos, Andressa Ferreira, Sara, Nivaldo, Adeílson Vieira e demais, pelo total apoio, convívio diário e pela grande contribuição e ajuda nas coletas e análises desta pesquisa.

A grande médica e amiga Roberta Campos, que participou diretamente nas coletas dos dados e que contribuiu grandiosamente com o seu tempo e com a sua força de vontade em ajudar para o desenvolvimento desta pesquisa.

A minha ilustre e pioneira turma de mestrado, Pollyane, Paulo Victor, Fernanda, Raphael, Franck, André, Levy, Hamilton e Laissa, pelo convívio diário e pelo incentivo e apoio para a conclusão desta caminhada. E a todos que contribuíram mesmo que indiretamente para motivação, desenvolvimento e conclusão deste estudo.

*“É preciso amar as pessoas como se
não houvesse o amanhã”.*

(Renato Russo)

RESUMO

Objetivo: Avaliar os efeitos do treinamento de força de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo sobre as respostas autonômicas e cardiovasculares em idosas hipertensas. **Materiais e Métodos:** Trata-se de um estudo experimental, randomizado e controlado, com 37 idosas ($63,86 \pm 4,65$ anos) que realizaram treinamento de força de baixa intensidade (20% de 1 RM), divididas em 3 grupos experimentais: restrição de fluxo sanguíneo (RFS) a 60% (RF60: n= 12) da pressão total de oclusão (PTO), restrição de fluxo sanguíneo a 80% (RF80: n=13) da PTO e o grupo controle placebo (GCP: n=12) que treinou com restrição do fluxo sanguíneo com ausência de pressão. Todas as participantes realizaram 3 séries de 15 repetições com intervalo de 60 segundos entre as séries. Foi utilizada a metodologia alternada por segmento nos exercícios de extensão de cotovelo, extensão de joelhos, flexão de cotovelo e leg press, com frequência de duas vezes na semana, durante oito semanas. Foi avaliado o sistema nervoso autônomo pelo método da variabilidade da frequência cardíaca. As respostas hemodinâmicas pela monitorização ambulatorial da pressão arterial (MAPA) e a função endotelial pela dilatação mediada pelo fluxo (DILA) no início e término do estudo. **Resultados:** Os principais resultados encontrados no grupo RF60 foi a diminuição da atividade simpática e aumento da atividade parassimpática cardíaca, com melhora da sensibilidade barorreflexa, do balanço simpátovagal cardíaco, redução da resistência vascular periférica devido a melhora na função endotelial, com maior dilatação arterial e conseqüente redução da pressão arterial sistólica como produto final. Neste mesmo grupo, houve também uma redução tanto no duplo produto quanto na pressão de pulso, indicando que houve uma adaptação positiva com redução no esforço cardíaco e melhora na rigidez arterial. Enquanto que os grupos GCP e o que treinou a 80% da RFS não obtiveram as mesmas repostas nas variáveis analisadas. **Discussão:** Estudos têm mostrado efeitos hipotensores agudos em sessões de treinamento de força de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo em idosas saudáveis e aquelas acometidas pela hipertensão arterial sistêmica (HAS), sendo mais eficiente na redução da pressão arterial em hipertensas comparado com o treinamento de força com moderadas e altas intensidades, por prevenir a manobra da Valsalva e por proporcionar menor percepção de esforço, além disso, diversos autores sugerirem que este tipo de treinamento parece ser seguro no âmbito cardiovascular. **Conclusão:** O treinamento de força de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, quando realizado em intensidade moderada de restrição (60% da PTO), foi capaz de proporcionar benefícios no sistema autonômico e cardiovascular em idosas, sendo, portanto, a intensidade de RFS mais recomendada para se obter tais benefícios para a população em questão.

Palavras chaves: Treinamento de Força. Restrição de Fluxo Sanguíneo. Sistema Nervoso Autônomo. Sistema Cardiovascular. Idosas. Hipertensão.

ABSTRACT

Purpose: To evaluate the effects of low-intensity strength training with restriction of blood flow on autonomic and cardiovascular responses in hypertensive elderly women. **Materials and Methods:** This was an experimental, randomized, controlled study with 37 elderly women (63.86 ± 4.65 years) who underwent low intensity strength training (20% of 1 RM), divided into 3 experimental groups: 60% blood flow restriction (RFS) (RF60: $n = 12$) of the total occlusion pressure (PTO), 80% blood flow restriction (RF80: $n = 13$) of the PTO and the placebo control group : $n = 12$ who trained with restriction of blood flow with no pressure. All participants performed 3 sets of 15 repetitions with a 60-second interval between sets. Alternate segment methodology was used in elbow extension, knee extension, elbow flexion and leg press exercises, with frequency of twice a week for eight weeks. The autonomic nervous system was evaluated by the heart rate variability method. Hemodynamic responses by ambulatory blood pressure monitoring (ABPM) and endothelial function by flow-mediated dilatation (DILA) at the beginning and end of the study. **Results:** The main results found in the RF60 group were the reduction of sympathetic activity and increased cardiac parasympathetic activity, with improvement of baroreflex sensitivity, cardiac sympathovagal balance, reduction of peripheral vascular resistance due to improved endothelial function, with greater arterial dilation and reduction of systolic blood pressure as the final product. In this same group, there was also a reduction in both the double product and the pulse pressure, indicating that there was a positive adaptation with reduction in cardiac effort and improvement in arterial stiffness. While GCP groups and those who trained 80% of RFS did not obtain the same responses in the analyzed variables. **Discussion:** Studies have shown acute hypotensive effects in low intensity strength training sessions with restriction of blood flow in healthy elderly women and those affected by systemic arterial hypertension (SAH), being more efficient in reducing blood pressure in hypertensive patients compared to training of strength with moderate and high intensities, to prevent the Valsalva maneuver and to provide less perceived exertion, in addition, several authors suggest that this type of training seems to be safe in the cardiovascular sphere. **Conclusion:** Low-intensity strength training with restricted blood flow, when performed at moderate restriction intensity (60% of the PTO), was able to provide benefits in the autonomic and cardiovascular system in the elderly, being, therefore, the intensity of RFS to obtain such benefits for the population in question.

Keywords: Strength Training. Blood Flow Restriction. Autonomic Nervous System. Cardiovascular System. Elderly Women. Hypertension.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Fatores determinantes do processo de envelhecimento e consequente diminuição da capacidade de manutenção do equilíbrio homeostático.....	21
Figura 02	Fibras nervosas autonômicas simpática e parassimpática e seus respectivos receptores.....	26
Figura 03	Principais alterações no processo de envelhecimento e o papel do exercício físico neste processo.....	35
Figura 04	Efeito do exercício na função endotelial e no controle dinâmico da biodisponibilidade do óxido nítrico.....	40
Figura 05	Diagrama do fluxo de seleção e avaliação dos sujeitos.....	51
Figura 06	Desenho do estudo.....	52
Figura 07	Equipamentos utilizados na avaliação antropométrica e composição corporal.....	54
Figura 08	Eletrocardiograma de 12 derivações e o Software de análise Wincardio.....	55
Figura 09	Imagem demonstrativa de um intervalo RR.....	55
Figura 10	Ilustração da análise no domínio do tempo.....	56
Figura 11	Ilustração da análise no domínio da frequência.....	57
Figura 12	Aparelho de ultrassom – Ecocolor Doppler vascular.....	58
Figura 13	Posição do avaliado durante o exame da função endotelial e da pressão total de oclusão.....	59
Figura 14	Imagem da tela do ultrassom antes e após a oclusão total.....	60
Figura 15	Componente do fluxo sanguíneo normal, representado por uma onda trifásica.....	60
Figura 16	Aparelho de Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial – MAPA.....	61
Figura 17	Aparelhos de Musculação para o teste de força e treinamento	62
Figura 18	Manguitos utilizados durante o programa de treinamento para a restrição de fluxo sanguíneo.....	63

Figura 19	Treinamento das participantes da pesquisa nos exercícios de extensão de cotovelo e leg press.....	64
Figura 20	Comparação da função endotelial obtida através da dilatação mediada pelo fluxo (DILA) das participantes entre os grupos.....	74
Figura 21	Comparação da função endotelial pela dilatação mediada pelo fluxo (DILA) das participantes dentro do mesmo grupo nos momentos pré e pós.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Classificação da pressão arterial de acordo com a medição casual ou no consultório a partir de 18 anos.....	31
Tabela 02	Características antropométricas, hemodinâmicas e medicamentos utilizados pelas participantes.....	64
Tabela 03	Comparação dos métodos lineares da variabilidade da frequência cardíaca das participantes.....	66
Tabela 04	Comparação dos métodos não lineares e simbólica da variabilidade da frequência cardíaca das participantes.....	68
Tabela 05	Comparação das variáveis hemodinâmicas das participantes.....	69

LISTA DE SIGLAS

ATP	- Adenosina Trifosfato
AVD	- Atividades da Vida Diária
CP	- Creatina Fosfato
CT	- Colesterol Total
DAC	- Doença Arterial Coronariana
DC	- Densidade Corporal
DCNT's	- Doenças Crônicas Não Transmissíveis
DCV	- Doença Cardiovascular
DM	- Diabetes Melito
DMF	- Dilatação Mediada pelo Fluxo
DP	- Duplo Produto
ECA	- Enzima Conversora de Angiotensina
ECG	- Eletrocardiograma
FC	- Frequência Cardíaca
FFT	- Transformada Rápida de Fourier
FR	- Fatores de Risco
GH	- Hormônio do Crescimento
GMP	- Guanosina Monofosfato Cíclico
HAS	- Hipertensão Arterial Sistêmica
HDL	- Lipoproteína de Alta Densidade
HF	- Bandas de Alta Frequência
HPE	- Hipotensão Pós Exercício
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGF-1	- Fator de Crescimento semelhante a insulina tipo 1
IMC	- Índice de Massa Corporal
IRCQ	- Índice Relação Cintura-Quadril
LDL	- Lipoproteína de Baixa Densidade
LF	- Bandas de Baixa Frequência
MAPA	- Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial
NTS	- Núcleo do Trato Solitário
NO	- Óxido Nítrico

PA	- Pressão Arterial
PAD	- Pressão Arterial Diastólica
PAM	- Pressão Arterial Média
PAS	- Pressão Arterial Sistólica
PO2	- Pressão Parcial de Oxigênio
PCO2	- Pressão Parcial de Gás Carbônico
pNN50	- Porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms
PTO	- Pressão Total de Oclusão
RFS	- Restrição de Fluxo Sanguíneo
RM	- Repetição Máxima
RMSSD	- Raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos RR adjacente
RR	- Ritmo Cardíaco ou Intervalo R-R
RVP	- Resistência Vascular Periférica
SBH	- Sociedade Brasileira de Hipertensão
SDNN	- Desvio padrão de todos os intervalos RR normais
SDRR	- Média dos intervalos RR
SNA	- Sistema Nervoso Autônomo
SNC	- Sistema Nervoso Central
SNP	- Sistema Nervoso Parassimpático
SNS	- Sistema Nervoso Simpático
SOD	- Superóxido Dismutase
SRAA	- Sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona
TCLE	- Termo de Consentimento Livre Esclarecido
TF	- Treinamento de Força
TMB	- Taxa de Metabolismo Basal
TSH	- Hormônio Tireoestimulante
T4	- Hormônio Tiroxina
VFC	- Variabilidade da Frequência Cardíaca
VLF	- Banda de Muito Baixa Frequência

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	JUSTIFICATIVA.....	19
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	20
3.1	O PROCESSO DE ENVELHECIMENTO E ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS.....	20
3.2	ALTERAÇÕES DO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO COM O ENVELHECIMENTO.....	25
3.3	HIPERTENSÃO ARTERIAL SISTÊMICA E ENVELHECIMENTO: DEFINIÇÕES, DADOS EPIDEMIOLÓGICOS E CONTROLE AUTÔNOMICO.....	31
3.4	PAPEL DO EXERCÍCIO FÍSICO NO ENVELHECIMENTO.....	34
3.5	ADAPTAÇÕES CARDIOVASCULARES DO EXERCÍCIO NO PROCESSO DE ENVELHECIMENTO.....	37
3.6	TREINAMENTO DE FORÇA COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO, ENVELHECIMENTO E HIPERTENSÃO ARTERIAL.....	42
4	OBJETIVOS.....	47
4.1	GERAL.....	47
4.2	ESPECÍFICOS.....	47
5	HIPÓTESES.....	48
6	MATERIAIS E MÉTODOS.....	49
6.1	ASPECTOS ÉTICOS.....	49
6.2	TIPO DE ESTUDO E AMOSTRA.....	49
6.3	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO.....	50
6.4	CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO.....	50
6.5	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	53
6.5.1	Avaliação antropométrica e composição corporal.....	53
6.5.2	Variabilidade da frequência cardíaca.....	54
6.5.3	Função edotelial e determinação da pressão total de oclusão.....	58
6.5.4	Monitorização ambulatorial da pressão arterial (MAPA).....	60
6.5.5	Teste de força máxima (1RM)	61

6.5.6	Restrição do fluxo sanguíneo.....	62
6.5.7	Programa do treinamento de força.....	63
7	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	65
8	RESULTADOS.....	66
9	DISCUSSÃO.....	76
10	CONCLUSÃO.....	83
	REFERÊNCIAS.....	84

1 INTRODUÇÃO

A velhice, com suas peculiaridades, pode ser compreendida a partir da relação que se estabelece entre os diferentes aspectos cronológicos, biológicos, psicológicos e sociais (SCHNEIDER; IRIGARAY, 2008). No Brasil, é definida como idosa, indivíduos com idade igual ou superior a 60 anos, e estima-se que haja atualmente, mais de 23 milhões de pessoas idosas no país (BRASIL, 2010; VIEIRA; APRILE; PAULINO, 2014).

Sabe-se que com o passar da idade, diversas alterações fisiológicas acontecem no organismo humano, tais como, o declínio hormonal (CAIROLI, 2004), alterações na composição corporal, com aumento no armazenamento da gordura e redução da massa muscular e óssea, e conseqüentemente, perda da força e potência muscular (BRASIL et al., 2001). Além disso, redução da função neural, deterioração da capacidade pulmonar e cardiovascular, com aumento da atividade simpática nervosa e mudanças na estrutura dos vasos, como espessamento das paredes, redução dos compostos que induzem a vasodilatação, como o óxido nítrico, levando a um quadro de disfunção endotelial (TODA; AYAJIKI; OKAMURA, 2009).

Tais alterações fisiológicas do processo de envelhecimento, possuem uma direta relação entre o avanço da idade e o surgimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT's) e uma das conseqüências desse envelhecimento populacional é o aumento das prevalências dessas doenças (PASSOS et al., 2006; SILVA et al., 2015).

Um estudo mostra um crescente aumento da população idosa no Brasil e conseqüentemente, das DCNT's, como a hipertensão arterial sistêmica (HAS) que atinge 32,5% (36 milhões) de indivíduos adultos, mais de 60% dos idosos, contribuindo direta ou indiretamente para 50% das mortes por doença cardiovascular (SBH, 2016). Desta forma, existe a preocupação de se buscar estratégias para oferecer a esta população com uma velhice saudável e com qualidade de vida. Com isso, programas de exercícios físicos vêm sendo conduzidos com o intuito de atenuar os efeitos deletérios do envelhecimento e propiciar tantos benefícios agudos quanto crônicos, e têm sido conhecidos por melhorar diversos mecanismos que estão alterados na hipertensão arterial como o

volume máximo de oxigênio (VO_{2max}), função autonômica e função endotelial (FOUNTOULAKIS et al., 2003; RAVAGNANI; COELHO; BURINI, 2005).

Neste contexto, o treinamento de força tem sido amplamente utilizado como estratégia em diversas populações com diferentes faixas etárias e níveis de treinamento, com o objetivo tanto estético, quanto para a prevenção e tratamento de diversas patologias (TERRA et al., 2008). Ao longo dos últimos anos, o treinamento de força tem sido recomendado como importante componente em programas de exercícios físicos para indivíduos idosos. Além de ser considerado também um elemento integrante de um programa de aptidão física relacionada com a saúde (DUTRA et al., 2013; NETO et al., 2015).

Os objetivos do treinamento de força para os adultos de meia idade e idosos concentram-se em manter e se possível, aumentar a massa muscular e óssea, assim como a força a fim de aprimorar a saúde global e o perfil de aptidão física, bastante evidenciados na literatura (TERRA et al., 2008; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016).

Adicionalmente, a pressão arterial em repouso também parece ser influenciada pelo treinamento de força, apresentando leve redução tanto para a pressão arterial sistólica - PAS quanto para a pressão arterial diastólica - PAD (BRUM et al., 2004; TERRA et al., 2008; DUTRA et al., 2013).

A mensuração dos níveis pressóricos após uma única sessão de exercício de força demonstra ocorrência da hipotensão pós-exercício tanto em indivíduos normais quanto em hipertensos. Contudo, há controvérsias quanto a intensidade de esforço necessária para a indução desse efeito (UMPIERRE; STEIN, 2007).

Sabe-se ainda que para ganhos de força e aumento da massa muscular, a recomendação do Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM, 2009) é que cargas mais intensas precisam ser utilizadas (70 – 85%) da força máxima (1 RM) para gerar adaptações metabólicas e hormonais que facilitem o aumento da síntese de proteínas musculares. Porém, algumas populações, como os idosos, por exemplo, possuem restrições e contraindicações para a realização do treinamento de força de alta intensidade e são limitadas ao treinamento de força de baixa intensidade (LOENNEKE et al., 2012). O que para esta população não seria tão indicado para modificar ou retardar as alterações provenientes do processo de envelhecimento, como o declínio da força muscular, a sarcopenia e a osteoporose, muito presentes neste processo (TEIXEIRA; HESPANHOL; MARQUEZ, 2012).

Estudos atuais sugerem que o treinamento de força em baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo, também conhecido como Kaatsu Training, pode ser usado por populações incapazes de realizar altos níveis de esforço durante o treinamento de força (TEIXEIRA; HESPANHOL; MARQUEZ, 2012; ANDERSON; LECLERE, 2017). Este método consiste em realizar treinamento de força com baixa intensidade enquanto um manguito pressurizado relativamente leve e flexível é colocado na parte proximal dos membros inferiores ou superiores, causando a restrição do fluxo sanguíneo durante o exercício (SATO, 2005; POPE; WILLARDSON; SCHOENFELD, 2013; POTON; POLITO, 2014a).

A pesquisa clínica aplicada realizada nos últimos 10 anos demonstrou que Kaatsu Training não só melhora a massa muscular e força em voluntários saudáveis, mas também beneficia pacientes com doenças cardiovasculares e ortopédicas, além de proporcionar a melhora na resposta hormonal, repostas hemodinâmicas, dentre outras (SATO, 2005; VILAÇA-ALVES et al., 2016; OZAKI; LOENNEKE; ABE, 2015). Embora, existam evidências que o treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo (*Kaatsu Training*) seja eficiente em promover modificações morfológicas/fisiológicas na força e hipertrofia semelhantes aos exercícios com intensidades mais elevadas sem a restrição de fluxo sanguíneo, ainda existem lacunas que necessitam de atenção e investigação no intuito de reduzir os riscos de morte causados por essas doenças.

2 JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa justifica-se na medida de se buscar através do exercício físico, métodos e estratégias de intervenção como conduta não farmacológica na prevenção e tratamento de doenças crônicas não transmissíveis instaladas na população idosa, visto que, não há estudos que avaliaram cronicamente o comportamento da pressão arterial, da variabilidade da frequência cardíaca e da função endotelial nesta população utilizando o treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo.

Além disso, contribuir com a redução do risco de morte causado pelas doenças cardiovasculares, pois sabe-se que o número de pessoas acima de 60 anos está crescendo mais rapidamente do que o de qualquer outra faixa etária em todo o mundo (SCHNEIDER; IRIGARAY, 2008). Com esse aumento, os agravos decorrentes das doenças crônicas não transmissíveis têm sido as principais causas de óbito na população idosa, seguindo uma tendência mundial (BRASIL, 2010).

Assim, destaca-se a relevância científica e social de se investigar as condições que interferem no bem-estar, na senescência e os fatores associados à qualidade de vida de idosos, no intuito de criar alternativas de intervenção e propor ações e políticas na área da saúde, buscando atender às demandas da população que envelhece.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O PROCESSO DE ENVELHECIMENTO E ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS

O envelhecimento pode ser compreendido como um processo natural, a partir da relação que se estabelece entre os diferentes aspectos cronológicos, biológicos e sociais com diminuição progressiva da reserva funcional dos indivíduos – senescência - o que, em condições normais, não costuma provocar qualquer problema. No entanto, em condições de sobrecarga como, por exemplo, doenças, acidentes e estresse emocional, pode ocasionar uma condição patológica que requeira assistência - senilidade. Cabe ressaltar que certas alterações decorrentes do processo de senescência podem ter seus efeitos minimizados pela assimilação de um estilo de vida mais ativo (BRASIL, 2007; SCHNEIDER; IRIGARAY, 2008; FECHINE; TROMPIERE, 2012; GOZZI; BERTOLINI; LUCENA, 2016).

A população idosa vem aumentando nas últimas décadas em decorrência do aumento da expectativa média de vida, associada a diminuição da taxa de fecundidade. No Brasil, é definida como idosa, a pessoa que tem idade superior a 60 anos, no qual dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, aproximadamente 20,6 milhões de pessoas tinham idade acima de 60 anos, correspondendo a 10,8% da população brasileira.

Percebe-se claramente uma rápida mudança na representatividade dos grupos etários, sendo observado o alargamento do topo da pirâmide etária pelo crescimento da participação relativa da população com 65 anos ou mais, que era de 4,8% em 1991, passando a 5,9% em 2000 e chegando a 7,4% em 2010 (14.081.480 habitantes) (BRASIL, 2010; NEGRÃO; BARRETTO, 2010; VIEIRA; APRILE; PAULINO, 2014).

As mudanças provocadas pelo envelhecimento são, em grande parte, conhecidas, mas não se pode afirmar se são dependentes do envelhecimento primário, presente em todas as pessoas e geneticamente determinado, ou se são resultantes do envelhecimento secundário, caracterizado pelo somatório de fatores externos, como alimentação, fumo, sedentarismo, ingestão de álcool, tipo de personalidade e aspectos socioeconômicos, que juntos se intensificam ou atenuam

as mudanças causadas pelo envelhecimento primário (FECHINE; TROMPIERI, 2012).

Por outro lado, a eliminação ou a modificação de tais fatores pode propiciar o chamado envelhecimento saudável ou bem-sucedido, caracterizado por baixo risco de doença e de incapacidade funcional relacionada a elas, um ótimo funcionamento mental e físico, e envolvimento ativo com a vida (NEGRÃO; BARRETTO, 2010).

Os principais fatores que determinam o processo de envelhecimento perpassam pelos fatores psicossociais somados aos fatores ambientais, a base genética e o estilo de vida que o indivíduo leva, além de uma série de alterações fisiológicas que ocasionam a uma diminuição do equilíbrio homeostático e o surgimento das doenças neste processo (**Figura 01**).

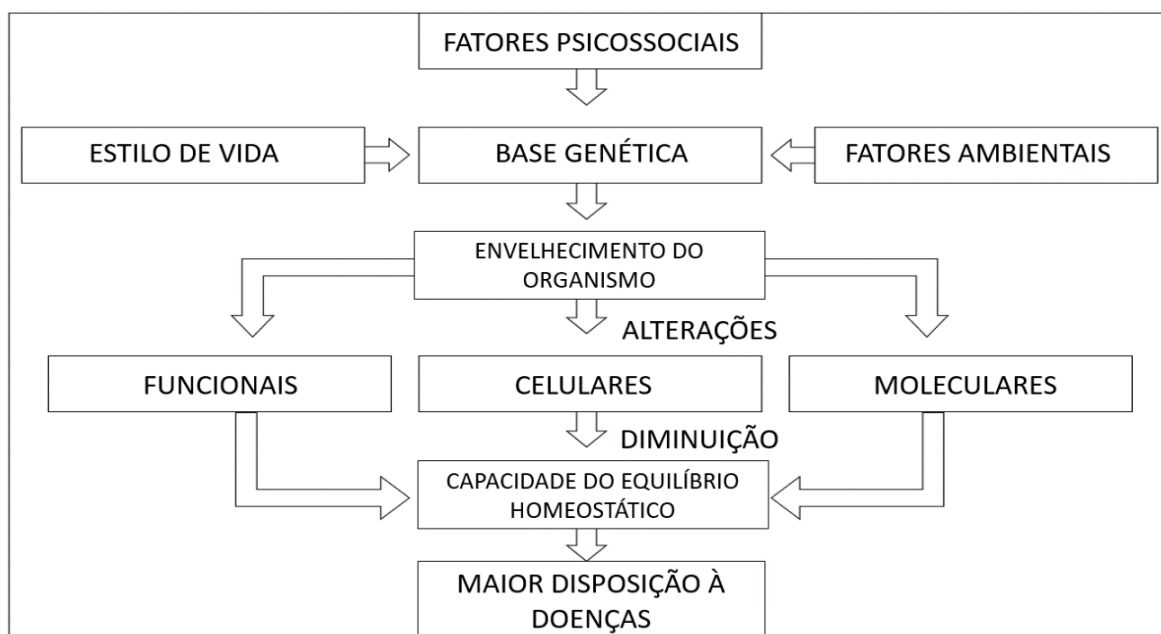


Figura 01. Fatores determinantes do processo de envelhecimento e consequente diminuição da capacidade de manutenção do equilíbrio homeostático. Fonte: Papáleo Netto, 2007.

Em parâmetros fisiológicos, diversos sistemas são afetados pelo envelhecimento e o músculo esquelético é um dos que sofre alterações críticas com o passar da idade, pois a remodelagem das unidades motoras representa um processo contínuo e normal e é responsável pelo reparo e reconstrução da placa motora terminal. Porém, este processo deteriora-se gradualmente na idade avançada (MATSUDO; MATSUDO; BARROS NETO, 2000).

A massa muscular geralmente começa a declinar após 25-30 anos de idade, de tal forma que em média 40% da massa muscular é perdida até os 80 anos. Por sua vez, uma perda quantitativa na área de secção transversal muscular é um dos principais contribuintes a diminuição da força muscular observada com o avançar da idade, ou seja, após 60-70 anos de idade (GARATACHEA et al., 2015).

Isto é resultado de um processo denominado atrofia muscular por denervação, uma degeneração irreversível das fibras musculares, em especial as do tipo II e associa-se com um processo de inflamação crônica, com aumento de citocinas pró-inflamatórias, diminuição das células satélites, baixa síntese protéica muscular, com redução dos hormônios anabólicos, como hormônio do crescimento (GH) circulante e do fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1), redução no número e na capacidade das mitocôndrias, nos núcleos celulares e nas estruturas da placa terminal (COOPER et al., 2012; PETERSON; JOHANNSEN; RAVUSSIN, 2012).

Estas alterações em conjunto elevam a perda da massa, da função e qualidade muscular, num processo denominado de sarcopenia. O termo "sarcopenia" foi originalmente criado para se referir à perda de massa muscular relacionada à idade com a consequente perda de força (COOPER et al., 2012; PETERSON; JOHANNSEN; RAVUSSIN, 2012; GARATACHEA et al., 2015).

Por ser considerado a maior reserva de proteína no corpo, e durante períodos de estresse, subnutrição ou fome, o músculo esquelético proporciona um contínuo fornecimento de aminoácidos para manter a síntese de proteína em outros tecidos (COOPER et al., 2012). Além disso, ele é o principal local de consumo da glicose, e a diminuição da massa muscular pode prejudicar o metabolismo da glicose em pacientes com resistência a insulina e diabetes melito tipo 2 (MATSUDO; MATSUDO; BARROS NETO, 2000; COOPER et al., 2012; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016).

O sistema endócrino também sofre alterações importantes com o passar da idade, onde cerca de 40% dos indivíduos com idade entre 65 e 75 anos e 50% daqueles com mais de 80 anos apresentam tolerância a glicose deteriorada, resultando no aparecimento de diabetes do tipo 2 nestas populações. Outra alteração importante que acontece no sistema endócrino, é a redução na liberação hipofisária do hormônio tireoestimulante (TSH), incluindo produção reduzida de tiroxina (T4), tendo impacto direto sobre a função metabólica, com resultante

redução da taxa metabólica basal (TMB), do metabolismo da glicose e da síntese das proteínas (MATSUDO; MATSUDO; BARROS NETO, 2000; KATCH; KATCH, 2016).

Redução das funções do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal também é influenciado pelo envelhecimento, no qual, nas mulheres, a alteração na interação dos hormônios estimulantes do hipotálamo e adeno-hipófise com as gônadas reduz a produção de estradiol pelos ovários desencadeando a parada permanente do ciclo menstrual, num processo denominado menopausa e que coincide com o aumento das doenças cardiovasculares (PEDROSA et al., 2009).

Pois neste caso, o estrogênio possui uma função cardioprotetora e age aumentando a síntese de lipoproteína de alta densidade (HDL) e degradação de lipoproteína de baixa densidade (LDL), justificando um balanço benéfico no metabolismo dessas lipoproteínas, ou seja, após a menopausa, as mulheres desenvolvem um perfil lipídico mais aterogênico (elevação do LDL e redução do HDL), tornando um possível fator de risco cardiovascular (PEDROSA et al., 2009).

O estrogênio tem ainda a capacidade de diminuir a concentração e/ou efeito dos radicais livre, como o ânion superóxido, que promove a oxidação do LDL e a consequente formação de placas de ateroma em células endoteliais, gerando processos inflamatórios e lesão vascular, ou ainda, ocasiona uma modificação na biodisponibilidade do óxido nítrico, levando a formação de um inibidor da síntese de prostaciclina, o peroxinitrito, que por sua vez, é capaz de induzir vasoconstrição arterial, tornando-se um dos fatores de destaque na disfunção endotelial (DYACHENKO; RUECKSCHLOSS; ISENBERG, 2009).

Além disso, o estrogênio é capaz de agir diretamente sobre os miócitos cardíacos, exercendo um efeito modulatório negativo sobre a expressão gênica da proteína de canais de cálcio tipo L, controlando a atividade desses canais na membrana plasmática, reduzindo assim as anormalidades na excitabilidade cardíaca, bem como no risco de arritmias e outras doenças cardiovasculares (VIEIRA; APRILE; PAULINO, 2014; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016).

Evidências indicam que as alterações no tamanho e na força dos músculos, na composição corporal e na massa óssea, assim como a progressão da aterosclerose, relacionam-se diretamente com as alterações hormonais observadas com o envelhecimento. A função neural, por sua vez também sofre grande alteração no processo de envelhecimento, apresentando um declínio de

quase 40% no número de axônios e 10% na velocidade de condução nervosa. (RUWER; ROSSI; SIMON, 2005; VIEIRA; APRILE; PAULINO, 2014; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016).

O sistema respiratório também é deteriorado no processo envelhecimento e a função pulmonar tanto estática quanto dinâmica sofrem sérias modificações. As alterações provocadas pela idade levam a um comprometimento no transporte de oxigênio e na capacidade funcional dos idosos. Além disso, reduções na complacência da caixa torácica, no recuo elástico dos pulmões e na força dos músculos respiratórios são os principais responsáveis pelos prejuízos funcionais observados em idosos, além do mais, a calcificação das cartilagens e articulações da caixa torácica, associada a diminuição no volume dos discos intervertebrais, leva ao enrijecimento do tórax (NEGRÃO; BARRETO, 2010).

É importante ressaltar que essas modificações estruturais não alteram somente a complacência da caixa torácica, mas, também, a curvatura do diafragma e sua capacidade de manter tensão. Adicionalmente, à desvantagem mecânica, a força dos músculos respiratórios encontra-se reduzida com o envelhecimento, levando a uma diminuição da capacidade pulmonar total e dos principais volumes pulmonares, o que provavelmente ocorre pelas alterações musculares próprias da idade (NEGRÃO; BARRETO, 2010; COOPER et al., 2012; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016).

Outras alterações decorrentes do processo de envelhecimento e/ou de condições patológicas, como a hipertensão arterial, acontecem nas paredes dos vasos, mais precisamente no endotélio, onde os compostos que induzem a vasodilatação, como o óxido nítrico, são reduzidos e por sua vez, os compostos que induzem a vasoconstrição, aumentados, havendo um desequilíbrio desses componentes ocasionando uma disfunção endotelial nesses indivíduos (BATLOUNI, 2001); ALLEY et al., 2014; STORCH et al., 2017).

Com o passar dos anos, essas alterações do organismo humano no processo natural de envelhecimento, geram modificações funcionais e estruturais (RUWER; ROSSI; SIMON, 2005; VIEIRA; APRILE; PAULINO, 2014) existindo direta relação entre avanço da idade e as doenças crônicas não transmissíveis (SILVA et al., 2015) e uma das consequências desse envelhecimento populacional é o aumento das prevalências dessas doenças crônicas (PASSOS et al., 2006), destacando-se principalmente as cardiovasculares que estão associadas as

alterações autonômicas que incluem usualmente diminuição da ativação parassimpática e/ou aumento da modulação simpática (VICTOR; MARK, 1995), levando ao aumento da resistência vascular periférica e conseqüentemente, ao aumento da pressão arterial, acometendo tanto homens quanto mulheres no período pós-menopausa (JILL et al., 2014).

As DCNT's podem afetar a funcionalidade das pessoas idosas e que a dependência para o desempenho das atividades de vida diária (AVD) tende a aumentar cerca de 5% na faixa etária de 60 anos para cerca de 50% entre os com 90 ou mais anos. Desta forma, os estudos tentam buscar estratégias de prevenção de doenças e promoção da saúde com o objetivo de alcançar um processo de envelhecimento mais saudável e ativo, melhorando a qualidade de vida, em especial da população idosa (BRASIL, 2007; CARVALHO, 2014).

Assim, a prática regular de exercício garante benefícios a nível físico, fisiológico, social e psicológico, que se resumem num objetivo principal que é a melhoria da saúde, bem-estar e da qualidade de vida da pessoa idosa (CARVALHO, 2014) e alguns eixos precisam ser levados em consideração para garantir resultados positivos à população que envelhece como uma alimentação saudável para pessoas idosas, prática corporal e atividade física além de trabalhos em grupo com pessoas de mesma faixa etária (BRASIL, 2007; CARVALHO, 2014).

3.2 ALTERAÇÕES DO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO COM O ENVELHECIMENTO

O sistema nervoso autônomo (SNA) é considerado componente do sistema nervoso periférico e é responsável por regular as funções neurovegetativas cujo o controle é involuntário, principalmente nos sistemas respiratório, cardiovascular, renal, digestório e endócrino. É ainda composto por um sistema que inerva diversos órgãos, glândulas, vasos sanguíneos, músculo liso e cardíaco, tendo um papel importante em manter a homeostase corporal. O SNA é dividido em duas formações distribuídas em dois setores diferentes da medula espinhal: o sistema simpático localizado principalmente na região toracolombar e o sistema parassimpático localizado na região craniossacral (SERRATRICE; VERSCHUEREN; SERRATRICE, 2013).

As fibras nervosas do sistema autonômico, são compostas e divididas a partir da posição dos gânglios nervosos (**Figura 02**), onde acontecem a comunicação entre eles, a neurotransmissão.

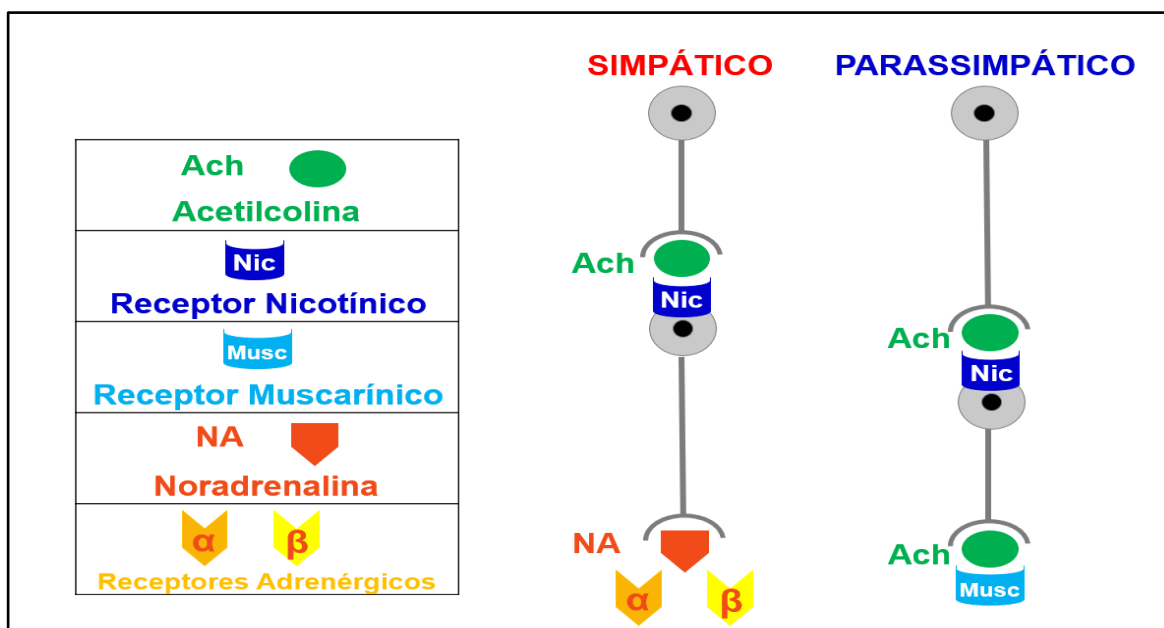


Figura 02. Fibras nervosas autonômicas simpática e parassimpática e seus respectivos receptores. Fonte: Lente, 2010; Purves, 2010 (Adaptado).

A acetilcolina é o neurotransmissor de todas as fibras pré-ganglionares (simpática e parassimpática) e das fibras pós-ganglionares parassimpáticas e a sua síntese ocorre no corpo celular ou nas terminações nervosas. A acetilcolina é então armazenada em vesículas e é liberada em repouso por despolarizações fracas, porém, no momento do influxo nervoso, é liberada em maior grau. Os receptores colinérgicos, ou seja, da acetilcolina, são divididos em nicotínicos e muscarínicos, sendo o primeiro encontrado em todos os gânglios autonômicos (sinapses ganglionares simpática e parassimpática), todas as junções neuromusculares e diversas vias do sistema nervoso central (SNC), e o segundo, os muscarínicos, localizados nos nodos sinusal e atrioventricular, exercido sobre as fibras pós-ganglionares parassimpáticas no qual, a ligação da acetilcolina ao seu receptor muscarínico ativa a fosfolipase C, clivando o fosfatidinositol em inositol trifosfato e diacilglicerol, que agem como segundos mensageiros, aumentando a concentração intracelular de cálcio e provocam efeitos parassimpáticos no coração, músculo liso e glândulas e são subdivididos em (PURVES et al, 2010; LENT, 2010; NEGRÃO; BARRETTO, 2010; SERRATRICE; VERSCHUEREN; SERRATRICE, 2013):

- M1 – localizado no sistema nervoso central, nos gânglios autonômicos e nos neurônios enteréticos;
- M2 – localizados no músculo cardíaco e liso;
- M3 – localizados também no músculo liso, nas glândulas endócrinas e no sistema nervoso central (em menor proporção);
- M4 e M5 – localizados no sistema nervoso central.

Já os receptores adrenérgicos, localizam-se nas fibras pós-ganglionares do sistema nervoso simpático e são alvo dos neurotransmissores adrenalina e noradrenalina. São divididos em alfa-receptores (α) que estão presentes principalmente nos vasos, no sistema nervoso central e em diferentes órgãos como o coração e o rim, e sua estimulação provoca vasoconstrição e o seu bloqueio, vasodilatação, e ainda os beta-receptores (β) que estão presentes em numerosos vasos no sistema nervoso central e em diferentes órgãos como o coração, brônquios e intestino. Sua estimulação pós-sinápticas apresentam efeitos variáveis, especialmente de estimulação cardíaca. Os subgrupos dos receptores alfa e beta adrenérgicos são descritos a seguir a partir das suas ações nos sistemas (PURVES et al, 2010; LENT, 2010; SERRATRICE; VERSCHUEREN; SERRATRICE, 2013):

- $\alpha 1$ – causa vasoconstrição, como consequência aumenta a resistência vascular periférica e da pressão arterial;
- $\alpha 2$ – responsável pela inibição da secreção de noradrenalina e na secreção de insulina.
- $\beta 1$ – como respostas, aumento da frequência cardíaca (taquicardia) e da contratilidade do miocárdio, além do aumento da lipólise;
- $\beta 2$ – responsável pela broncodilatação, aumento da gliconeogênese muscular e hepática, aumento da liberação de glucagon e relaxamento do músculo interino;
- $\beta 3$ – termogênese no tecido adiposo marrom.

No sistema cardiovascular, o SNA exerce uma influência tônica e reflexamente, uma vez que, tanto a noradrenalina como a acetilcolina liberada no coração, modificam o débito cardíaco por alterar a força de contração das fibras miocárdicas e a frequência cardíaca. Nos vasos, a liberação de noradrenalina modifica o estado contrátil do músculo liso vascular e, assim, a resistência vascular

periférica, contribuindo para a estabilização e manutenção da pressão arterial sistêmica durante diferentes situações fisiológicas. Além disso, o sistema nervoso simpático pode exercer efeito trófico sobre as células musculares lisas e miocárdicas. (DE ANGELIS; SANTOS; IRIGOYEN, 2006).

Embora os efeitos do sistema nervoso autônomo sobre o sistema cardiovascular se devam, em grande parte, à ação dos neurotransmissores noradrenalina e acetilcolina, a liberação de outros neurotransmissores nas terminações pós-ganglionares simpáticas e parassimpáticas pode potencializar e/ou minimizar a ação da noradrenalina e da acetilcolina, ampliando as oportunidades de controle cardiovascular por aumentar ou diminuir a sensibilidade do músculo cardíaco e do músculo liso vascular à estimulação simpática e parassimpática (VICTOR; MARK, 1995; FRANCHINI, 1998).

Nesse contexto, sabe-se que pelos menos três dos maiores arcos reflexos estão envolvidos na modulação da atividade parassimpática para o coração e simpática para coração e vasos, ligados aos barorreceptores arteriais (alta pressão), aos receptores cardiopulmonares (baixa pressão) e aos quimiorreceptores arteriais, no qual serão descritos a seguir e, que estes se projetam ao Núcleo do Trato Solitário (NTS) no bulbo dorsal e, deste, às áreas de controle autônomo, regulando reflexamente a atividade simpática e vagal à periferia, a chamada alça primária ou bulbar, de controle reflexo do sistema cardiovascular (DE ANGELIS; SANTOS; IRIGOYEN, 2006; NEGRÃO; BARRETO, 2010).

- **Receptores cardiopulmonares** - São ativados por mudanças na pressão das câmaras cardíacas, induzindo respostas reflexas autonômicas que modulam principalmente a frequência cardíaca, a dilatação dos vasos na musculatura esquelética, a resistência renal e o débito urinário (MICHELINI, 1999; IRIGOYEN; CONSOLIM-COLOMBO; KRIEGER, 2001; IRIGOYEN et al, 2003).

- **Quimiorreceptores arteriais** - Respondem a aumentos ou quedas de pressão parcial de oxigênio (PO₂), pressão parcial de gás carbônico (PCO₂) e/ou na concentração de íons hidrogênio (pH) desencadeando respostas homeostáticas do sistema cardiorrespiratório para corrigir essas variações (MICHELINI, 1999; IRIGOYEN et al, 2003). As trocas gasosas nos pulmões e a excreção de ácidos e base pelos rins são responsáveis pela manutenção em níveis adequados dos valores de PO₂ (pressão parcial de oxigênio) e PCO₂ (pressão parcial de gás

carbônico) e pH (concentração de íons hidrogênio). São os quimiorreceptores localizados estrategicamente no circuito arterial (corpúsculos aórticos e carotídeos) que detectam os aumentos ou as quedas de PO₂, PCO₂ e/ou pH e desencadeiam respostas homeostáticas para corrigir essas variações. Além disso, quedas da PO₂ e do pH e/ou elevações de PCO₂, por exemplo, alteram a frequência dos potenciais das aferências quimiossensíveis que se projetam no núcleo do trato solitário (NTS), no sistema nervoso central (SNC), determinando alterações na PA. Também a estimulação dos quimiorreceptores aumenta a frequência e a amplitude da respiração provocando aumento da ventilação que restaura os gases sanguíneos e traz o pH aos valores normais (IRIGOYEN; CONSOLIM-COLOMBO; KRIEGER, 2001).

- **Barorreceptores arteriais** – São mecanorreceptores sensíveis às deformações da parede vascular e, devido ao seu alto ganho, constituem-se na forma mais importante de controle da pressão arterial em curto prazo, ou seja, momento a momento. Além do controle reflexo da atividade autonômica, os barorreceptores também exercem controle tônico sobre a atividade simpática (inibição) e parassimpática (estimulação). Assim, o comprometimento da função dos barorreceptores pode atuar como elemento permissivo ao estabelecimento de alterações primárias de outros mecanismos de controle da função cardiovascular, por não modular a atividade simpática e parassimpática de modo adequado (IRIGOYEN et al, 1991; IRIGOYEN et al 1995; IRIGOYEN; CONSOLIM-COLOMBO; KRIEGER, 2001).

Além das rápidas respostas neurais (segundos), os barorreceptores controlam também a liberação de vários hormônios que participam na manutenção dos valores basais da pressão arterial. Durante quedas sustentadas da pressão arterial, por exemplo, ocorre maior liberação de epinefrina e norepinefrina pela medula adrenal, maior liberação de vasopressina pela neuro-hipófise e aumento dos níveis plasmáticos de renina. Esses sistemas hormonais prolongam por minutos ou até mesmo horas as respostas cardiovasculares comandadas pelos barorreceptores. Entre eles, um dos sistemas mais amplamente estudado é o sistema renina- angiotensina-aldosterona (SRAA) que por sua vez, aumenta a pressão arterial por meio da angiotensina II, gerada na circulação em uma cascata enzimática iniciada pela renina, que é secretada pelas células justaglomerulares do rim. A renina cliva o angiotensinogênio produzido no fígado, gerando o

decapeptídeo inativo angiotensina I, que dá origem à angiotensina II pela ação da enzima conversora de angiotensina (ECA) (IRIGOYEN; CONSOLIM-COLOMBO; KRIEGER, 2001).

O papel do SRAA na fisiopatologia da hipertensão está bem estabelecido e a angiotensina II vem sendo estudada como um dos fatores determinantes não só no estabelecimento como na manutenção de diferentes tipos de hipertensão. Além de sua ação direta sobre o músculo liso vascular (funcional e estrutural) e sobre a regulação do volume por meio da aldosterona, suas ações central e periférica no controle da atividade simpática contribuem decisivamente para o processo hipertensivo (IRIGOYEN; CONSOLIM-COLOMBO; KRIEGER, 2001).

As alterações estruturais dos vasos levam a redução da sensibilidade dos barorreceptores às variações pressóricas, contribuindo para o declínio da função barorreflexa com o avançar da idade. O aumento crônico da atividade nervosa simpática em idosos para o coração e musculatura esquelética e o aumento das concentrações plasmáticas de adrenalina e noradrenalina na circulação sistêmica, são fatores importantes que interferem na manutenção da homeostase do organismo e aumenta o risco de desenvolvimento de doenças metabólicas e cardiovasculares (NEGRÃO, BARRETO, 2010). Com relação a atividade vagal, o envelhecimento causa redução da sua influência sobre o coração, principalmente em condições de repouso. Essa alteração pode também limitar o grau de retirada vagal durante exercícios dinâmicos de intensidade moderada, ou seja, naqueles onde o aumento da frequência cardíaca é mais dependente da inibição vagal do que da estimulação simpática, fazendo com que os idosos apresentem menor elevação da frequência cardíaca durante a realização desses exercícios. (NEGRÃO; BARRETTO, 2010).

É importante ressaltar que a modulação autonômica no idoso reflete em baixos níveis de variabilidade da frequência cardíaca o que está associado a maior risco cardiovascular nessa população que, por conseguinte apresenta uma elevação no risco de morte (NEGRÃO; BARRETTO, 2010; LA ROVERE; PINNA, 2014). Assim, a diminuição da VFC constitui importante fator prognóstico para eventos cardíacos como arritmias ventriculares e morte súbita, conseqüentemente, pode ser utilizada como fator de estratificação de risco autonômico cardiovascular (AHA; ESC, 1996; BILCHICK et al., 2002).

3.3 HIPERTENSÃO ARTERIAL SISTÊMICA E ENVELHECIMENTO: DEFINIÇÕES, DADOS EPIDEMIOLÓGICOS E CONTROLE AUTONÔMICO

As doenças cardiovasculares estão associadas a alterações autonômicas que incluem usualmente diminuição da ativação parassimpática e/ou aumento da modulação simpática. Nesse sentido, o envelhecimento é processo natural muito importante por alterar mecanismos neuro-humorais que controlam o sistema cardiovascular. Estudos têm demonstrado redução na atividade parassimpática para o nodo sinoatrial e aumento na atividade simpática para o coração e para o sistema vascular com o envelhecimento. Essas alterações observadas com o avanço da idade estão provavelmente associadas ao aumento dos níveis de pressão arterial (PA) (MOSTARDA et al., 2009).

Assim, a pressão arterial é determinada pelo produto entre o débito cardíaco (DC) e a resistência vascular periférica (RVP), sendo a hipertensão arterial sistêmica (HAS) uma condição clínica assintomática, multicausal e multifatorial caracterizada por elevação sustentada dos níveis pressóricos ≥ 140 e/ou 90 mmHg (**Tabela 01**) (SBH, 2016). É considerada ainda um fator de risco que se não for detectada precocemente e tratada adequadamente, pode levar o indivíduo a sofrer um infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral, insuficiência renal e morte. Frequentemente se associa a distúrbios metabólicos, hormonais, alterações funcionais e/ou estruturais de órgãos-alvo, sendo agravada pela presença de outros fatores de risco (FR), como dislipidemia, obesidade abdominal, intolerância à glicose e diabetes melito (DM) (NEGRÃO; BARRETO, 2010; JAMES et al., 2014; SBH, 2016; LANCHETA JR; LANCHETA, 2016).

Tabela 01. Classificação da pressão arterial de acordo com a medição casual ou no consultório a partir de 18 anos de idade.

Classificação	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)
Normal	≤ 120	≤ 80
Pré-Hipertensão	121-139	81-89
Hipertensão estágio 1	140-159	90-99
Hipertensão estágio 2	160-179	100-109
Hipertensão estágio 3	≥ 180	≥ 110
Hipertensão Sistólica Isolada	≥ 140	< 90

Fonte: Sociedade Brasileira de Hipertensão, 2016.

O envelhecimento do sistema cardiovascular é caracterizado por alterações centrais (no coração) e sistêmicas (nas artérias). Em relação à estrutura cardíaca, o envelhecimento é acompanhado de redução do número de células autoexcitáveis do nodo sinusal e acúmulo de tecido fibroso em diversas partes do sistema de condução. Além disso, graus diversos de fibrose e calcificação das estruturas cardíacas, como o anel mitral, as cúspides aórticas e o septo intraventricular, são observados no coração de idosos. No sistema arterial, o envelhecimento vascular é o aspecto principal relacionado à elevação da PAS nos idosos, caracterizado por alterações da parede dos vasos, com enrijecimento arterial, que por sua vez, refletem em uma redução da complacência arterial, com perda progressiva de tecido elástico, levando a um aumento da espessura da parede dos vasos, devido ao acúmulo de tecido conjuntivo e depósito de cálcio, com consequente redução de sua luz. Essas alterações podem estar relacionadas ao prejuízo nos mecanismos autonômicos de controle do sistema cardiovascular, tais como o desequilíbrio da função barorreflexa, com redução da modulação vagal e hiperatividade simpática decorrente do envelhecimento, causando elevação da pressão arterial sistólica, aumento da impedância aórtica e, conseqüentemente, hipertrofia do ventrículo esquerdo (MOSTARDA et al, 2009; NEGRÃO; BARRETTO, 2010, SBH, 2016; HARTOG et al., 2018).

Durante elevações da PA, há grande deformação da parede e ativação dos barorreceptores que geram os potenciais de ação. Os sinais são conduzidos ao sistema nervoso central (SNC), especificamente ao núcleo do trato solitário (NTS) via nervo glossofaríngeo (fibras carotídeas) e vago (fibras aórticas). Neurônios

secundários do NTS excitam neurônios pré-ganglionares do parassimpático localizados no núcleo dorsal motor do vago e no núcleo ambíguo, que por sua vez se projetam (eferentes vagais) aos neurônios pós-ganglionares intramurais situados no coração, determinando aumento da atividade vagal e queda da frequência cardíaca (FC). O tônus simpático para o coração e vasos, por outro lado, é reduzido, uma vez que outros neurônios do NTS, quando estimulados por aumento da PA, excitam o bulbo ventrolateral caudal que inibe os neurônios pré-motores simpáticos do bulbo ventrolateral rostral. Ocorre, assim, redução da contratilidade cardíaca e bradicardia e, também, queda da resistência vascular periférica que levam à redução da PA. (IRIGOYEN; CONSOLIM-COLOMBO; KRIEGER, 2001).

Dessa forma, estudos sugerem que o aumento da variabilidade da pressão arterial, do balanço simpátovagal cardíaco e a redução da variabilidade da frequência cardíaca e da sensibilidade barorreflexa parecem estar associados à diminuição da complacência e à distensibilidade do sistema arterial, contribuindo para o desenvolvimento e a manutenção da hipertensão no idoso. Por outro lado, o treinamento físico parece ter efeito benéfico sobre tais disfunções, colaborando para a redução da pressão arterial em indivíduos idosos (MOSTARDA et al., 2009).

Os fatores de risco para o desenvolvimento da HAS são diversos e variados, e podem ser apresentados em duas categorias: não-modificáveis (idade, sexo, etnia, genética) e os modificáveis (excesso de peso e obesidade, ingestão excessiva de sal e álcool, tabagismo, sedentarismo, fatores socioeconômicos) (SBH, 2016).

O aumento da prevalência da HAS apresenta uma forte correlação positiva com avanço da idade, principalmente a sistólica, enquanto que a diastólica parece declinar após a sexta década de vida, sendo, portanto, a doença crônica não transmissível mais predominantemente entre os idosos. No Brasil, HAS atinge 32,5% (36 milhões) de indivíduos adultos, mais de 60% dos idosos, contribuindo direta ou indiretamente para 50% das mortes por doença cardiovascular (DCV) (SBH, 2016).

Outros fatores de risco muito importantes a serem mencionados, decorrem pelo estilo de vida e pelos hábitos alimentares que as pessoas estão levando. Uma combinação do alto consumo de alimentos industrializados, com alto teor de sódio, ingestão excessiva de álcool, tabagismo e o sedentarismo, elevam o peso corporal

e conseqüentemente, gera um aumento no número de pessoas que estão acima do peso e obesas, e assim, eleva o risco para o desenvolvimento da HAS. No Brasil, um estudo realizado entre os meses de fevereiro e dezembro de 2016, via entrevista por telefone, ouviu 53.210 pessoas com mais de 18 anos nas capitais do país. Tal estudo, demonstrou um aumento no número de pessoas com excesso de peso ($IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$) em um período de 10 anos, passando de 42,6% em 2006 para 53,8% em 2016, com prevalência nos homens comparado as mulheres. Enquanto que a obesidade aumentou de 11,8% para 18,9% em um mesmo período, e a frequência é semelhante entre os sexos. Tais condutas, elevaram 14,2% o número de pessoas diagnosticadas com HAS, onde as mulheres apresentam maior diagnóstico (BRASIL, 2016).

Nos dias atuais, são descritas diferentes condutas que devem ser adotadas para a redução destes agravos e o exercício físico tem sido incorporado como uma das principais formas terapêuticas para o paciente hipertenso, associada ao tratamento medicamentoso e as modificações de hábitos alimentares com baixa ingestão de sódio, hábitos comportamentais, reduzindo a pressão arterial (PA) e os fatores de risco cardiovasculares, diminuindo a morbimortalidade (LEVITAN; WOLK; MITTLEMAN, 2009; NOGUEIRA et al., 2010; MOILANEN et al., 2012; SBH, 2016).

3.4 PAPEL DO EXERCÍCIO FÍSICO NO ENVELHECIMENTO

Como já visto anteriormente, com o passar do tempo o organismo e o corpo sofrem modificações e perdas de massa muscular, flexibilidade, força, equilíbrio, massa óssea, aumento da gordura corporal, entre outras. Adquirindo como hábito o exercício físico, o idoso encontra um forte aliado na prevenção e controle de diversas patologias, além de ser imprescindível para um envelhecimento saudável, sendo, portanto, considerado um fator de promoção da saúde (FERNANDES, 2014; GOZZI; BERTOLINI; LUCENA, 2016).

De maneira geral, os principais benefícios do exercício físico no processo de envelhecimento estão descritos na **Figura 03**. Neste sentido, programas de exercícios físicos vêm sendo conduzidos com o intuito de atenuar os efeitos deletérios do envelhecimento e pode propiciar tanto benefício agudo, quanto crônico. São eles: melhora no condicionamento físico; diminuição da perda de

massa óssea e muscular; aumento da força, coordenação e equilíbrio; redução da incapacidade funcional, da intensidade dos pensamentos negativos e das doenças físicas; e promoção da melhoria do bem-estar e do humor (NOGUEIRA et al., 2010).








	IDADE		EXERCÍCIO FÍSICO
	FUNÇÃO CEREBRAL	 ↓ ↓ ↓ ↑	NEUROGÊNESE NEURODEGENERAÇÃO ALTERAÇÕES COGNITIVAS ↑ ↓ ↓
	CARDIOVASCULAR	 ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	DÉBITO CARDÍACO PRESSÃO ARTERIAL FUNÇÃO ENDOTELIAL FUNÇÃO AUTONÔMICA PRÉ CONDICIONAMENTO CARDÍACO ↑ ↓ ↓ ↑ ↓ ↓
	PULMONAR	 ↓ ↓	VENTILAÇÃO TROCA GASOSA ↑ ↑
	MUSCULAR	 ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	FORÇA/POTÊNCIA MUSCULAR RESISTÊNCIA MUSCULAR EQUILÍBRIO E MOBILIDADE FLEXIBILIDADE E AMPLITUDE ARTICULAR DIFERENÇA ARTÉRIO-VENOSA DE O ₂ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑
	COMPOSIÇÃO CORPORAL	 ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	PESO MASSA DE GORDURA MASSA MUSCULAR DENSIDADE ÓSSEA ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓
	METABOLISMO	 ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	TAXA METABÓLICA DE REPOUSO SÍNTESE PROTEICA MUSCULAR OXIDAÇÃO DE GORDURA ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑

Figura 03. Principais alterações no processo de envelhecimento e o papel do exercício físico neste processo. Fonte: Garatachea et al., 2015 (Adaptado).

Pois sabe-se que baixos níveis de condicionamento físico estão associados com a alta prevalência de risco cardiovasculares (LAVIE, et al., 2015) e os exercícios físicos são considerados estratégias eficientes de combate a HAS, e muitas doenças crônicas como diabetes, dislipidemia, doença arterial coronariana (DAC) e obesidade (PESCATELLO et al., 2004; HUTTON et al., 2013; FLETCHER et al., 2013; BRITO; QUEIROZ; FORJAZ, 2014; DASKALOPOULOU et al., 2015).

Além disso, o exercício físico pode proporcionar benefícios cardiovasculares, metabólicos e autonômicos tanto de forma aguda, quanto a uma adaptação crônica e isto têm levado muitos investigadores a sugerir o treinamento físico como conduta não farmacológica importante no tratamento de diferentes patologias (MOSTARDA et al., 2009). O efeito protetor do exercício físico vai além da redução da PA, estando associado à redução dos fatores de risco cardiovasculares e à menor morbimortalidade, quando comparadas pessoas ativas com indivíduos de menor aptidão física, o que explica a recomendação deste na prevenção primária e no

tratamento da hipertensão (SCHER; NOBRE; LIMA, 2008; NEGRÃO BARRETTO, 2010).

Existem, classicamente, dois tipos mais utilizados de exercícios físico, os de características aeróbicas, representados por exercícios cíclicos, como caminhar, correr, nadar, etc., e o treinamento de força, ou resistido. Este primeiro, apresentam uma maior exigência do sistema cardiopulmonar com maior utilização do oxigênio para a produção de energia para o corpo. E o segundo caracterizado por maior exigência neuromuscular, nos quais ocorrem contrações voluntárias da musculatura esquelética contra alguma resistência externa, ou seja, contra uma força que se opõe ao movimento, tendo como maior representante, a musculação (WEINECK, 2005; KRAEMER; FLECK; DESCHENES, 2012).

O Colégio Americano de Medicina do Esporte recomenda que para esta população, sejam desenvolvidos programas de exercícios físicos considerados multicomponentes que visem desenvolver diversas capacidades físicas, como a melhora da força, da capacidade cardiorrespiratória, flexibilidade e do equilíbrio, para manter a aptidão física em idosos e assim diminuir o risco de quedas, muito frequentes, além de melhorar a capacidade muscular e cardiorrespiratória, reduzindo os riscos de morbimortalidade associadas às doenças crônicas (GARATACHEA et al., 2015).

Para se obter resultados na capacidade aeróbia, é de primordial importância a prescrição correta da intensidade do exercício, uma vez que exercícios leves podem não ser suficientes para promover adaptações cardiovasculares e modificações nos fatores de risco. Diferentes estudos têm demonstrado que programas de exercícios físicos que englobem o treino aeróbio com intensidade superior a 60% do VO₂max, com duração entre 20 a 60 minutos, frequência semanal de pelo menos 3 dias durante 16 ou mais semanas, podem aumentar significativamente (média de 3,8 ml/kg/min) o VO₂max em adultos de meia-idade e idosos (NEGRÃO; BARRETTO, 2010; CARVALHO, 2014).

Por outro lado, diferentes estudos têm referido que a sarcopenia associada ao envelhecimento, traduzida na perda da quantidade e qualidade muscular, predispõe os idosos a uma limitação funcional sendo este um aspecto determinante na morbidade e mortalidade destes grupos etários mais velhos (COOPER et al., 2012). Neste contexto, o treinamento de força vem sendo considerado uma intervenção promissora para impedir ou reverter, pelo menos em parte, as perdas

decorrentes do envelhecimento. A musculação tem sido fortemente recomendada para terceira idade, resultando na melhora das habilidades funcionais, do estado de saúde, da qualidade de vida, da independência dos idosos e na prevenção de doenças crônicas (BOSSI; STOEBERL; LIBERALI, 2008; SPERETTA e cols., 2009; OLIVEIRA; BERTOLINI; JOAQUIM., 2014). Assim, as recomendações de um programa de força adequado, quer seja de forma isolada ou combinada, pode constituir como um meio importante para a vida diária do idoso (CARVALHO, 2014).

Os benefícios do exercício regular em humanos, são considerados uma dose-resposta. Níveis mais altos de exercício moderado a vigoroso (> 450 min / semana, claramente acima das recomendações internacionais mínimas de 150 min / semana) estão associados a maior expectativa de vida (MOORE et al., 2012). O exercício certamente não pode reverter o processo de envelhecimento, mas atenua muitos de seus efeitos deletérios sistêmicos e celulares. As condições crônicas mais comuns associadas à idade são as doenças da fisiologia e, portanto, as intervenções fisiológicas, das quais o exercício físico é sem dúvida o melhor exemplo, são em grande parte a resposta (JOYNER, 2011).

3.5 ADAPTAÇÕES CARDIOVASCULARES DO EXERCÍCIO FÍSICO NO PROCESSO DE ENVELHECIMENTO

Com o envelhecimento são observadas alterações, quer a nível central, quer a nível periférico no sistema cardiovascular. Estas alterações, em conjunto, reduzem a tolerância ao esforço durante a realização de tarefas de intensidade máxima e submáxima, diminuindo a capacidade funcional global dos idosos (CARVALHO, 2014).

O exercício físico, de maneira geral, melhora a sensibilidade barorreflexa, diminui o tônus simpático e aumenta o tônus vagal, contribuindo para a redução de cardiopatias relacionadas ao envelhecimento (MOSTARDA et al., 2009). Esses benefícios podem ser interpretados por meio das possíveis alterações que geralmente ocorrem em fatores cardiovasculares de forma direta ou indireta, sobretudo: a pressão arterial (PA), a frequência cardíaca (FC) e o duplo produto (DP).

Durante o exercício físico, para suprir a demanda metabólica e manter a homeostasia tecidual, adaptações autonômicas, cardiopulmonares e metabólicas são necessárias. Contudo, a magnitude dessas alterações se mostra dependente do tipo de exercício, da intensidade, da duração da atividade, do estado clínico, da faixa etária, etnia, sexo e estado de treinamento (BRUM et al., 2004; CASONATTO; POLITO, 2009; DUTRA et al., 2013).

No início do exercício, um dos efeitos precoces sobre o sistema cardiovascular é o aumento da frequência cardíaca e ocorre de forma linear e proporcional ao aumento da intensidade do exercício devido a diminuição no tônus vagal sobre o coração e a ativação do componente simpático. Inversamente, a longo prazo, um dos efeitos mais marcantes do exercício realizado cronicamente sobre o sistema cardiovascular, é a bradicardia de repouso e tem sido explicada pelo aumento do tônus vagal e diminuição do tônus simpático no coração (BRUM et al., 2004; MOSTARDA et al., 2009).

Outro parâmetro cardiovascular bastante influenciado pelo exercício físico, que juntamente com a frequência cardíaca garantirá o débito cardíaco adequado, é o volume sistólico, determinado pelo maior retorno venoso no início do exercício, o que provoca o aumento da pressão de enchimento ventricular e do volume diastólico final e que assim como a frequência cardíaca, durante o exercício físico dinâmico, o seu aumento é proporcional à intensidade do exercício, porém, esse aumento ocorre apenas até 50% do consumo máximo de oxigênio do indivíduo, em seguida, tem sido relatado que o volume sistólico tende a manter um platô, podendo variar entre indivíduos sedentários e atletas (BRUM et al., 2004; NEGRÃO; BARRETTO, 2010).

Os ajustes e o controle cardiovascular decorrentes da prática de exercício físico depende da interação de três mecanismos que são, o neural periférico que, através da ação reflexa de fibras aferentes musculares (mecano, metabo e quimiorreceptores) proporcionam estímulos específicos de acordo com a intensidade do esforço, que atuam por mecanismo de *feedback*, informando as alterações periféricas ao centro cardiovascular no bulbo cerebral (TAKARADA; SATO; ISHII, 2002; NEGRÃO; BARRETTO, 2010), o neural central que representa a atividade dos centros encefálicos (sistema autonômico cardíaco) que, concomitantemente, estabelecem mudanças na atividade eferente simpática e parassimpática (SATO, 2005; NEGRÃO; BARRETO, 2010) e o mecanismo da ação

barorreflexa arterial como regulador do comportamento da pressão arterial através de uma ação bradicárdica e vasodilatadora periférica (LAURENTINO, 2010; NEGRÃO; BARRETTO, 2010).

Estudos têm relatado efeitos hipotensores pós sessões agudas e também como adaptações crônicas ao exercício, tanto aeróbico quanto o treinamento de força, sendo recomendado para reduzir o risco de acometimentos cardiovasculares tanto em indivíduos normotensos quanto hipertensos (CASONATTO; POLITO, 2009; DUTRA et al., 2013).

A hipotensão pós exercício (HPE) tem sido alvo de diversas investigações, e é definida como o decréscimo da pressão arterial abaixo dos valores de repouso após uma sessão de exercício dinâmico e tem sido sugerida como forma de prevenção, controle e tratamento não farmacológico da hipertensão arterial (DUTRA et al., 2013).

Os mecanismos fisiológicos responsáveis pelo efeito hipotensor, perpassam por um conjunto de fatores que exercem influência em dois componentes fisiológicos, a resistência vascular periférica e a diminuição do débito cardíaco, sendo este último, mediado por decréscimo no volume sistólico (DUTRA et al., 2013).

Durante o exercício, há uma elevação do estresse de cisalhamento endotelial (**Figura 04**), assim como diferentes estímulos humorais, influencia a fosforilação da enzima óxido nítrico sintase (eNOS) e, conseqüentemente, a liberação de NO. Por outro lado, a tensão de cisalhamento, também é capaz de aumentar a liberação de espécies reativas de oxigênio (EROs), como o ânion superóxido (O_2^-) que por sua vez, participa da modulação da biodisponibilidade vascular de NO limitando a sua ação excessiva. Em contrapartida, a produção aumentada de EROs também pode agir de maneira positiva na manutenção do NO disponível. O peróxido de hidrogênio (H_2O_2), espécie reativa formada a partir do O_2^- em uma reação catalisada pela enzima superóxido dismutase (SOD), pode agudamente sustentar a formação de NO por uma cascata de sinalização dependente de H_2O_2 que resulta na ativação da eNOS. Outro composto que pode ter sido estimulado com o aumento da tensão de cisalhamento, foi a nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NAD(P)H) oxidase, que por sua vez, age aumentando a produção vascular de O_2^- e H_2O_2 , porém em menor magnitude e

sem ocasionar estresse oxidativo (ZAGO; ZANESCO, 2006; NEGRÃO; BARRETTO, 2010).

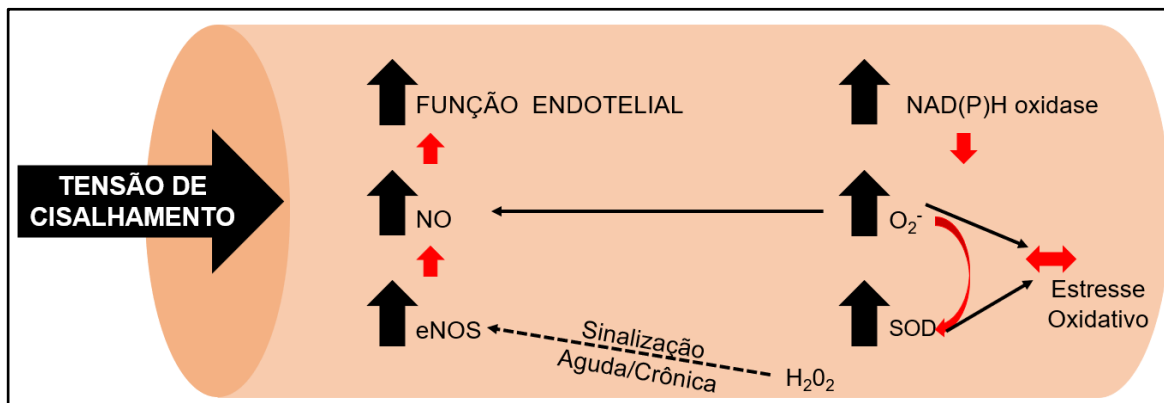


Figura 04. Efeito do exercício na função endotelial e no controle dinâmico da biodisponibilidade do óxido nítrico (NO). Fonte: NEGRÃO; BARRETTO, 2010.

Vários estudos identificaram também que a atividade nervosa simpática é inibida durante a hipotensão pós exercício em humanos e em modelos animais, favorecendo a redução da resistência vascular periférica, conseqüentemente, os valores pressóricos. Além disso, outros possíveis mecanismos que podem relacionar-se com o aumento da inibição simpática pós exercício, são os barorreceptores cardiopulmonares, pois exercem grande influência na inibição simpática, uma vez que aparentemente são agentes que contribuem para a manutenção da homeostase do sistema cardiovascular. Cabe destacar ainda, que as catecolaminas apresentam direta relação com a resistência periférica, de modo que, durante o exercício, a medula adrenal é estimulada pelo sistema nervoso simpático, causando liberação de adrenalina e noradrenalina em proporção à intensidade do exercício (CASONATTO; POLITO, 2009).

Com relação ao treinamento de força, atualmente, os estudos demonstram que quando executado em intensidades mais altas, eleva a pressão arterial sistólica e diastólica, quer seja pelo aumento do débito cardíaco, conseqüentemente, elevação da frequência cardíaca, quer seja pelo aumento da resistência vascular periférica (DUTRA et al., 2013; LAVIE et al., 2015).

As adaptações cardiovasculares são estimuladas pelo aumento da atividade simpática e pela redução da atividade parassimpática, que ocorrem principalmente por causa da ativação do comando central e de mecanorreceptores musculares e articulares. Além disso, durante o treinamento de força ocorre vasodilatação na musculatura ativa provocada, principalmente, pela liberação de fatores locais, como

metabólitos e óxido nítrico, o que promove queda da resistência vascular periférica, principalmente pela ação do óxido nítrico por ser considerado um importante sinalizador intra e extracelular sintetizado pelas células endoteliais, que converte guanil ciclase em guanosina monofosfato cíclico (GMP), culminando com o relaxamento do músculo liso. Dessa forma, as adaptações inerentes do treinamento de força são caracterizadas por promover uma sobrecarga volumétrica no sistema cardiovascular, ou seja, promove, sobretudo, um aumento do fluxo sanguíneo (CASONATTO; POLITO, 2009; QUEIROZ; KANEGUSUKU; FORJAZ, 2010).

Durante a elevação da PA, nervos aferentes que compõem o sistema barorreflexo são estimulados projetando-se no núcleo trato solitário (NTS), desencadeando bradicardia reflexa e vasodilatação periférica. De maneira inversa, durante a queda da PA, a estimulação dessas aferências junto ao NTS diminui, provocando taquicardia reflexa e vasoconstrição periférica para tentar normalizar a PA (CASONATTO; POLITO, 2009).

Os estudos existentes sobre as respostas cardiovasculares aos exercícios de força, verificaram que à medida que as repetições se sucedem ao longo de uma série de exercício, a frequência cardíaca e as pressões arteriais sistólica e diastólica aumentam progressivamente, atingindo valores mais altos nas últimas repetições. Outro fator que pode influenciar a resposta cardiovascular é a massa muscular envolvida no exercício. Com a mesma intensidade e o mesmo número de repetições, o exercício com maior massa muscular produz aumento significativo da pressão arterial e da frequência cardíaca (NEGRÃO; BARRETTO, 2010).

Como adaptação crônica, os estudos sugerem que o treinamento de força reduz as pressões arteriais sistólica e diastólica, que possivelmente, o controle crônico da PA em repouso está relacionado aos efeitos agudos de uma única sessão de exercício, tanto em indivíduos normotensos, pré-hipertensos e hipertensos (MORAES et al., 2012; DUTRA et al., 2013; LANCH JR; LANCH, 2016).

Assim, o exercício físico tem sido amplamente recomendado para retardar os efeitos deletérios do processo de envelhecimento, bem como a prevenção e o tratamento das doenças crônicas não transmissíveis, como a hipertensão arterial sistêmica, como já visto, muito frequente na população idosa.

3.6 TREINAMENTO DE FORÇA COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO, ENVELHECIMENTO E HIPERTENSÃO

O treinamento de força tradicional tem por finalidade promover melhorias no sistema musculoesquelético, aumentando a força, a potência e a resistência muscular, além de aumentar a densidade óssea, porém, este tipo de treinamento representa estímulos diferentes ao organismo e dependem diretamente de fatores como a intensidade, volume, densidade, dentre outros, e, portanto, resultam em adaptações musculares e cardiovasculares distintas (BRUM et al., 2004; DUTRA et al., 2013; FERNANDES, 2014; GARATACHEA et al., 2015).

Sabe-se que para ganhos de força e para o aumento da massa muscular, intensidade mais altas precisam ser empregadas. Embora os benefícios do treinamento de força sobre a força e a massa muscular estejam bem estabelecidos, o seu efeito na morfologia cardíaca permanece ambíguo. Alguns estudos têm demonstrado, que este tipo de treinamento quando realizado em intensidades mais altas, estimula o aumento da musculatura cardíaca, promovendo a chamada hipertrofia cardíaca concêntrica, resultando em grande sobrecarga de pressão sobre o sistema cardiovascular, de modo que a longo prazo, observa-se um aumento da massa cardíaca, da contratilidade cardíaca e não há um aumento expressivo da câmara interna do coração (BARAUNA et al., 2007; NEGRÃO; BARRETTO, 2010).

Entretanto, estudo tem relatado que o treinamento de força tanto de curta duração (<5 anos) quanto de longa duração (>18 anos) não altera a morfologia cardíaca, principalmente do ventrículo esquerdo, argumentando que a hipertrofia cardíaca concêntrica não é uma adaptação obrigatória secundária a esta forma de esforço e que essa alteração pode ser causada pelos mecanismos cardiopulmonares agudos que minimizam o aumento da pressão transmural (pressão ventricular menos a pressão intratorácica), o estresse da parede do ventrículo esquerdo durante o exercício, uso subjacente de esteroides anabolizantes ou o tipo específico de treinamento de força realizado (HAYKOWSKY et al., 2002).

Nesse contexto, diversos métodos de treinamento têm sido desenvolvidos, investigados e aplicados, com o intuito de garantir os benefícios do treinamento de

força, sem, contudo, afetar a saúde da população idosa. Assim, o método de restrição de fluxo sanguíneo, denominado *Kaatsu Training*, tem sido utilizado no treinamento de força para proporcionar os benefícios semelhantes aqueles trabalhados em alta intensidade. Tem se notado, uma grande quantidade de estudos voltados a investigar os benefícios agudos e crônicos do treinamento de força de baixa intensidade com a utilização do método *Kaatsu Training* sobre os parâmetros hipertróficos e o aumento da força muscular em diferentes públicos e condições de saúde, bem como proporcionar benefícios de saúde aos idosos, indivíduos que se recuperam de lesões articulares e a pacientes submetidos à reabilitação cardíaca (MANINI; CLARK, 2009; LOENNEKE; WILSON; WILSON, 2010; TEIXEIRA; HESPANHOL; MARQUEZ, 2015; LOENNEKE et al., 2015; GIL et al., 2015; SLYSZ; STULTZ; BURR, 2016; SPRANGER et al., 2015).

Os possíveis mecanismos pelos quais o treinamento de força de baixa intensidade (<50% de 1-RM) combinado com a restrição do fluxo sanguíneo estimula os aumentos de força e hipertrofia muscular seria a indução da hipóxia local, ou seja, baixa disponibilidade de oxigênio, levando a um acúmulo de metabólitos como o lactato sanguíneo induzido pela redução do pH e pelo aumento nas concentrações dos íons de hidrogênio promovido pelo desequilíbrio ácido-base, aumento também da concentração gás carbônico (CO₂) provenientes da respiração (LOENNEKE; WILSON; WILSON, 2010; LOENNEKE et al., 2012; MANIMMANAKORN et al., 2013; DANKEL et al., 2015).

Tal desequilíbrio na homeotase fisiológica, estimula o aumento da hormônio do crescimento (GH) devido a ativação do nervo simpático através do reflexo quimiorreceptor mediado pelos metaborreceptores (TAKARADA et al., 2000; ABE; KEARNS; SATO, 2006; LOENNEKE; WILSON; WILSON, 2009; LOENNEKE et al., 2010; MANIMMANAKORN et al., 2013; OZAKI; LOENNEKE; ABE, 2015), hiperativação de unidades motoras e fibras do tipo II, as quais são mais reponsivas ao TF e conseqüentemente, um aumento da síntese proteica através da via de proteína alvo da rapamicina em mamíferos (mTOR) ativado através da fosforilação da S6K1 e inibição da miostatina, um potente inibidor de proliferação das células satélites (TAKARADA et al, 2000; TAKANO et al, 2005; MANINI; CLARK, 2009; LOENNEKE; WILSON; WILSON, 2009; LOENNEKE et al., 2010; LAURENTINO, 2010; TEIXEIRA; HESPANHOL; MARQUEZ, 2012).

Embora alguns estudos agudos e crônicos tenham sido feitos com o intuito de investigar os possíveis benefícios do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo sob o sistema cardiovascular, ainda não há um consenso na literatura sobre a pressão de restrição ideal a ser aplicada, qual o tempo necessário para que haja uma adaptação cardiovascular e hemodinâmica, qual o tamanho e largura ideal do manguito para restringir a passagem sanguínea ou então quais populações estão mais suscetíveis a um evento cardiovascular ao receber este tipo de treinamento. Questionamentos desta natureza, reforçam a importância de se buscar estudos que respondam ou minimizem as dúvidas ou os riscos de se utilizar o *Kaatsu training* em todos os indivíduos, principalmente naqueles acometidos por algum tipo de doença crônica, como a hipertensão arterial.

Em idosos, estudos que investigaram o treinamento de força com a restrição do fluxo sanguíneo mostraram efeitos benéficos no combate à sarcopenia (FRY et al., 2010) e que pode ser utilizado na reabilitação em idosos acometidos por osteoartrite (FERRAZ, 2014; BUFORD et al., 2015), além de proporcionar aumento significativo no tamanho muscular, com melhora na área transversal, bem como na força muscular e na capacidade funcional (ABE et al., 2010; KARABULUT et al., 2010; TEIXEIRA; HESPANHOL; MARQUEZ, 2012; TEIXEIRA et al., 2012; YASUDA et al., 2015).

Atualmente, diversas investigações vêm sendo conduzidas no intuito de verificar as respostas agudas sobre os mecanismos cardiovasculares e hemodinâmicos em diferentes populações, faixas etárias e sexo, tanto a nível periférico, vascular, quanto a nível central. Para responder a estas indagações, buscou-se levantar os estudos que avaliaram as respostas cardiovasculares e hemodinâmicas para se obter um melhor entendimento em relação aos efeitos do treinamento de força combinado com restrição do fluxo sanguíneo sobre estas variáveis em diferentes situações e populações.

Para populações especiais, como hipertensos, estudo mostra que teoricamente, o treinamento de força combinado com restrição do fluxo sanguíneo não seria recomendado, pois elevaria ainda mais a pressão arterial, a frequência cardíaca, a estimulação simpática autonômica no coração e nos vasos, devido a baixa oferta de oxigênio (O₂), aumento na concentração de gás carbônico (CO₂), íons de hidrogênio, conseqüentemente uma mudança no pH, aumentando a acidose e levando estimulação dos reflexos nervosos (SPRANGER et al., 2015).

Dentre eles, o mecanorreflexo que são constituídos por terminações nervosas livres que se situam na adventícia de grandes vasos (aorta e carótida) e que são estimulados por deformações das paredes desses vasos, o quimiorreflexo que detectam os aumentos ou as quedas da pressão parcial de oxigênio (PO₂), da pressão parcial de gás carbônico (PCO₂) e da concentração de íons de hidrogênio e os metaborreflexos que são estimulados quimicamente pelo acúmulo de lactato, CO₂, íons de hidrogênio, etc., e são mediados via ativação de receptores mecanicamente e quimicamente sensíveis que por sua vez, ativam as fibras nervosas dos grupos III e IV predominantemente associadas aos metaborreflexos, além disso, estímulos mecânicos como o estiramento muscular, ativam principalmente os neurônios associados ao mecanorreflexo, que chegam ao comando central e como resposta os ajustes autonômicos desencadeiam as alterações no sistema cardiovascular, aumentando a atividade simpática e reduzindo simultaneamente a atividade parassimpática (IRIGOYEN; CONSOLIM-COLOMBO; KRIEGER, 2001).

Sabe-se que em indivíduos hipertensos, a atividade simpática nervosa em repouso é aumentada comparada a indivíduos normotensos, assim, de acordo com alguns estudos, esta população estaria mais suscetível a riscos cardiovasculares durante o exercício (SPRANGER et al., 2015). Porém, muitos estudos têm sido feitos com esta população utilizando o treinamento de força de baixa intensidade combinado com a restrição do fluxo sanguíneo e o que tem se observado é que ajustes de caráter neural, autonômico e cardiovascular acontecem para manter a homeostasia e como resposta, geram adaptações hemodinâmicas e efeitos hipotensores tanto em estudos agudos quanto crônicos (POTON; POLITO, 2014b; MORIGGI et al., 2015; NETO et al., 2015; BUNEVICIUS et al., 2016; NETO et al., 2017).

Diversos estudos têm mostrado efeitos hipotensores na utilização da restrição de fluxo sanguíneo combinado ao treinamento de força de baixa intensidade, até mesmo, similares aos treinamentos de alta intensidade (ARAÚJO et al., 2014; CEZAR et al., 2016; PINTO et al., 2016).

Em um estudo de revisão, que objetivou sistematizar as evidências científicas disponíveis sobre as mudanças agudas ou crônicas promovidas pelo treinamento de força de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo nas variáveis hemodinâmicas, mostrou que essas alterações promovidas por este

modelo de treinamento não parece diferir entre indivíduos com idades distintas, porém, a largura do manguito parece interferir em tais resultados (NETO et al., 2017).

Os autores consideram que estes parâmetros estão dentro do intervalo normal e, assim, concluem que o método de restrição do fluxo sanguíneo quando associado ao treino de força de baixa intensidade, pode ser considerado seguro e viável para populações especiais, como os idosos e cardiopatas, pois promove maiores ganhos de força e hipertrofia, sem alterar negativamente as medidas hemodinâmicas (ARAÚJO et al., 2014; CEZAR et al., 2016; PINTO et al., 2016; NETO et al., 2017).

4 OBJETIVOS

4.1 GERAL

Avaliar os efeitos do treinamento de força de baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo sobre as respostas autonômicas e cardiovasculares em idosas hipertensas.

4.2 ESPECÍFICOS

- I. Averiguar as adaptações crônicas da variabilidade da frequência cardíaca;
- II. Analisar o comportamento agudo e crônico da pressão arterial sistólica, diastólica e média, da frequência cardíaca, duplo produto e pressão de pulso;
- III. Comparar a função endotelial através da dilatação mediada pelo fluxo nos momentos pré e pós intervenção do treinamento.

5 HIPÓTESES

H0 – O treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo não gerará alterações hemodinâmicas, como a redução da pressão arterial, melhora do sistema nervoso autonômico cardiovascular e redução da resistência vascular periférica nos grupos que utilizarão o método em comparação com o grupo controle placebo.

H1 – O treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo proporcionará às idosas participantes da pesquisa que utilizarão o método, uma melhora no sistema autonômico cardiovascular, com diminuição da atividade simpática e aumento vagal, aumento da complacência e da distensibilidade arterial, redução da resistência vascular periférica, conseqüentemente, redução da pressão arterial.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 ASPECTOS ÉTICOS

Esta pesquisa foi submetida à avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Maranhão (CEP/UFMA) e foi aprovada no dia 16/05/2017 sob o parecer de número 2.076.159, atendendo as determinações contidas na resolução CNS nº 466 de 12 de dezembro de 2012 e na resolução CNS nº 441, de 12 de maio de 2011.

6.2 TIPO DE ESTUDO E AMOSTRA

Trata-se de um estudo do tipo experimental, randomizado e controlado, realizado entre o período de agosto de 2017 a fevereiro de 2018.

As participantes deste estudo foram selecionadas a partir de um banco de dados pertencente ao departamento de Educação Física da Universidade Federal do Maranhão por terem participado anteriormente em outros projetos de pesquisa.

Todas foram informadas sobre os objetivos, o protocolo e os procedimentos a serem realizados, bem como os riscos e benefícios do estudo, onde todas assinaram o termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) contendo todas estas informações.

Participaram deste estudo 37 idosas com características dispostas na **Tabela 01**, onde foram divididas em 3 grupos experimentais descritos a seguir:

- **GRUPO CONTROLE PLACEBO (GCP; n = 12; 64,00 ± 4,82 anos)** - Este grupo participou das sessões de treinamento numa intensidade de 20% de 1 RM com o uso do método de restrição de fluxo sanguíneo de efeito placebo, com ausência de pressão dos manguitos sobre os membros durante a execução dos exercícios para evitar possíveis alterações nos resultados.
- **GRUPO TREINAMENTO DE FORÇA COM 60% DE RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO (RF60; n = 12; 63,91 ± 5,12 anos)** - Este grupo participou das sessões de treinamento numa intensidade de 20% de 1 RM

com o uso do método de restrição de fluxo sanguíneo a uma pressão equivalente a 60% da pressão total de oclusão.

- **GRUPO DE TREINAMENTO DE FORÇA COM 80% DE RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO (RF80; n = 13; 63,69 ± 4,40 anos)** - Este grupo participou das sessões de treinamento numa intensidade de 20% de 1 RM com o uso do método de restrição de fluxo sanguíneo a uma pressão equivalente a 80% da pressão total de oclusão.

6.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

A participação na pesquisa atendeu aos seguintes critérios: mulheres com idade igual ou superior a 60 anos, com hipertensão arterial controlada e com o uso de medicação anti-hipertensiva, ausência de outras doenças cardíacas, com o índice de massa corporal inferior a 30 kg/m²; não fumante; sem treinamento de força nos últimos seis meses, apresentar o lipidograma dentro dos valores normais de referência.

6.4 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Mulheres com idade inferior a 60 anos, que sejam acometidas de Hipertensão Arterial Sistêmica não controlada ou outras doenças cardíacas, lipidograma alterado, problemas osteomioarticulares que pudessem interferir na realização dos exercícios, participação regular em programas de treinamento de força. Recusa em participar das avaliações e do programa de treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo, ausência de duas sessões consecutivas de treinamento ou desistência das participantes no decorrer do estudo.

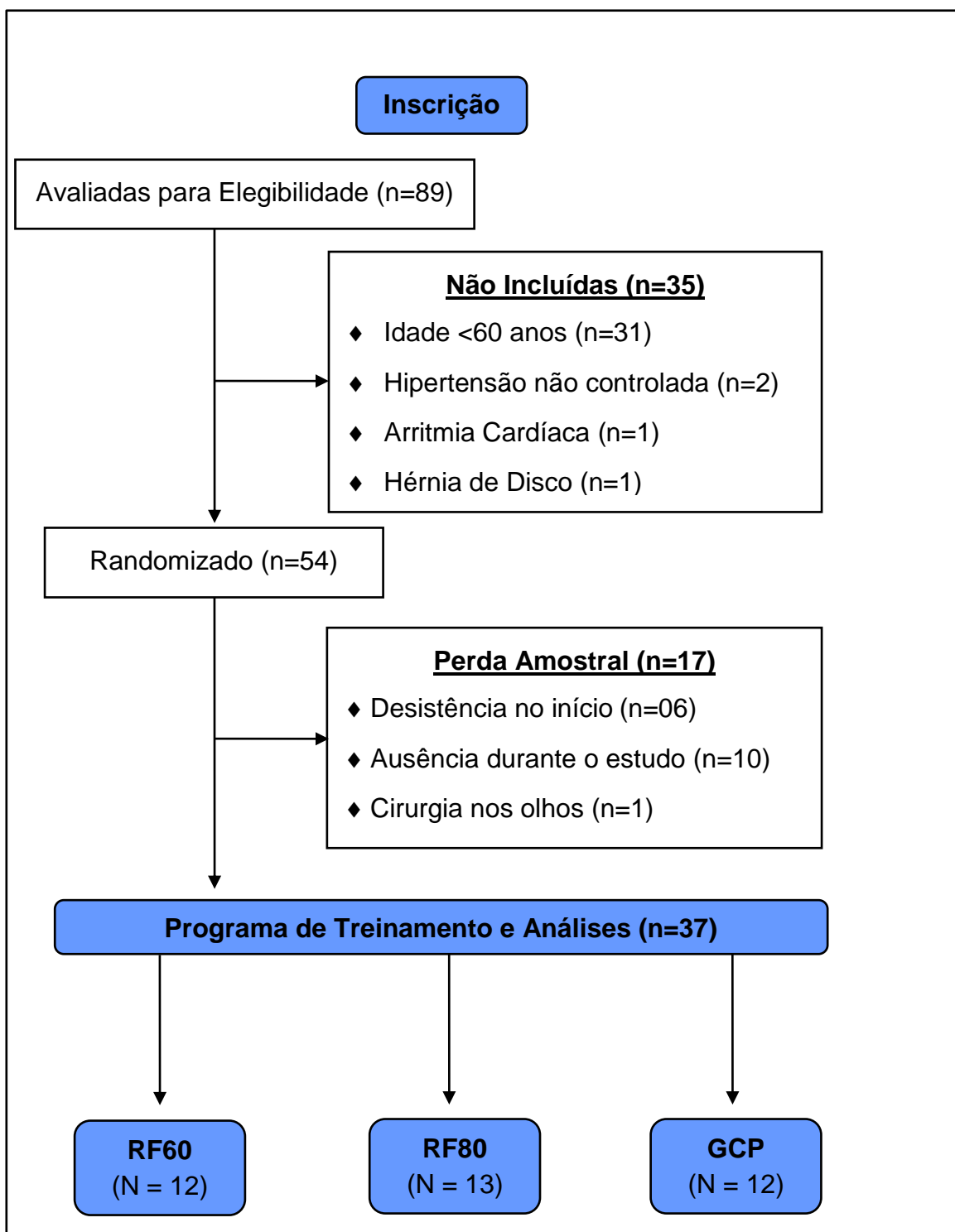


Figura 05. Diagrama do Fluxo de Seleção e Avaliação dos Sujeitos

A principal causa da desistência (n=06) e da ausência durante o estudo (n=10) relatadas pelas idosas, foi o desconforto do método de treinamento durante a execução dos exercícios, principalmente a sensação de dormência (parestesia).

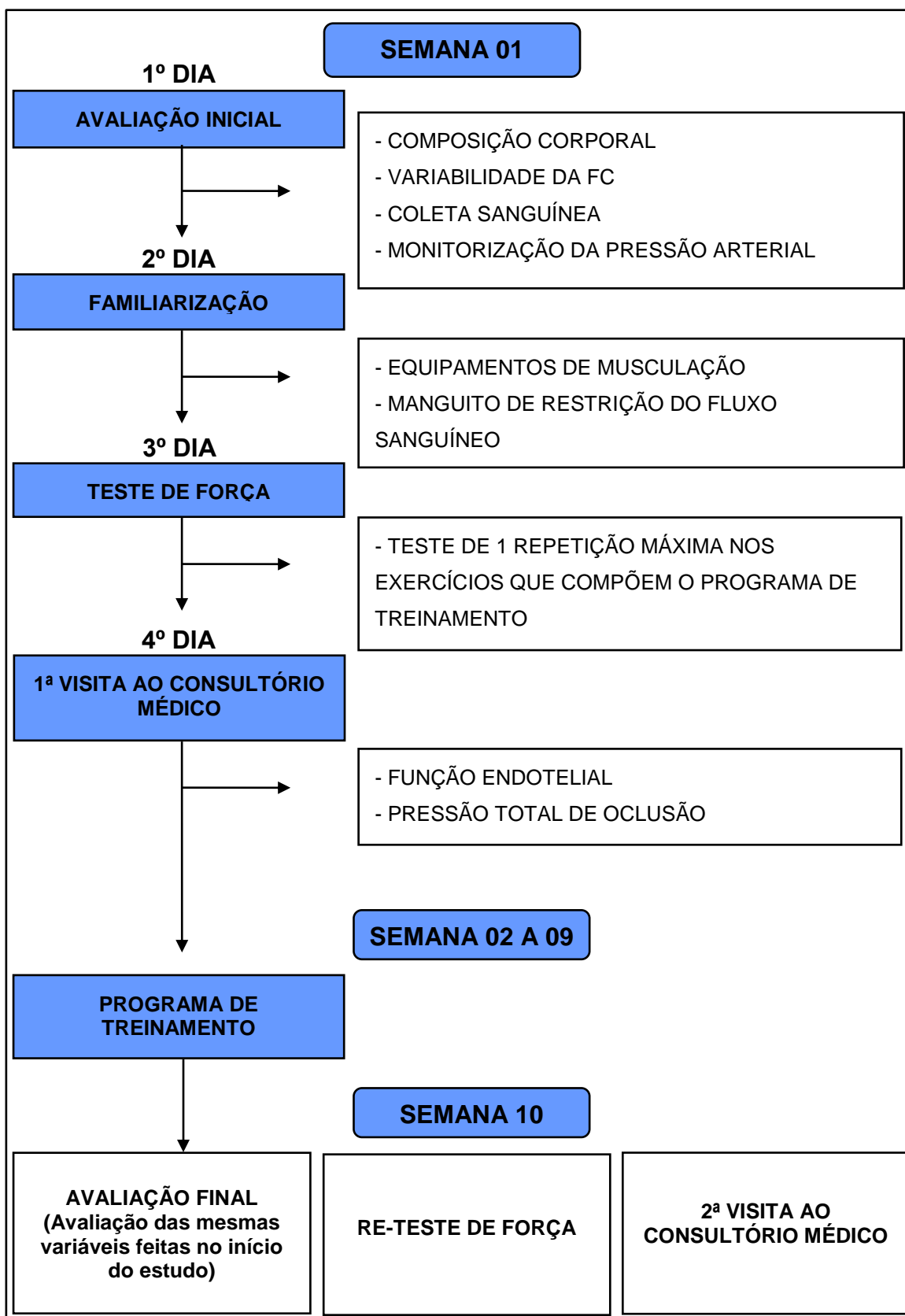


Figura 06. Desenho do Estudo

6.5 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

6.5.1 Avaliação Antropométrica e Composição Corporal

As medições antropométricas foram realizadas segundo as diretrizes da Sociedade Internacional para o avanço da Cineantropometria (STEWART et al., 2011). Foram determinadas as seguintes variáveis antropométricas: peso corporal, estatura, dez dobras cutâneas (peitoral, axilar medial, suprailíaca, supraespinhal, abdominal, subescapular, tricipital, bicipital, coxa medial e panturrilha medial) e oito perímetros corporais (ombro, tórax, cintura, abdominal, braço relaxado, antebraço relaxado, coxa medial e panturrilha). Todas as medidas foram realizadas no período pré e pós pelo mesmo avaliador. O avaliado permaneceu em posição ortostática, com roupa apropriada para a avaliação, enquanto o avaliador realizava as medidas de circunferência e de dobras cutâneas.

Para a identificação do Índice de Massa Corporal (IMC), realizou-se a medida de peso corporal por meio de uma balança digital da marca Balmak®, com capacidade de 150 quilogramas e precisão de 100 gramas; a estatura, por meio de um estadiômetro vertical, compacto, tipo trena EST 23, na escala milimétrica da marca Sanny®, assim como a medida de circunferência, utilizou-se uma fita métrica com precisão de 1 milímetro da mesma marca.

A medida das dobras cutâneas foi aferida do lado direito do indivíduo, utilizando um compasso científico da marca Sanny® com precisão de 1 milímetro.

O IMC foi calculado considerando-se a razão entre o peso corporal (em Kg) e a estatura (em metros) ao quadrado (Kg/m^2) (ABESO, 2016) e classificado segundo as referências da Organização Mundial da Saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004). Para a determinação do Índice Relação Cintura-Quadril, foram utilizados os perímetros da cintura dividido pelo perímetro do quadril (LOHMAN, 1988).

Para a determinação da composição corporal, foi aplicada a equação de predição de Densidade Corporal (DC) proposta por Petroski (1995) com a utilização de quatro dobras cutâneas para o gênero feminino, descrita a seguir: $(DC = 1,02902361 - 0,00067159 * (Dobra\ cutânea\ subescapular + Dobra\ cutânea\ tricipital + Dobra\ cutânea\ suprailíaca + Dobra\ cutânea\ da\ panturrilha) + 0,00000242 x$

$(\text{Dobra cutânea subescapular} + \text{Dobra cutânea tricipital} + \text{Dobra cutânea suprailíaca} + \text{Dobra cutânea da panturrilha})^2 - 0,0002073 * (\text{Idade}) - 0,00056009 * (\text{Massa corporal}) + 0,00054649 * (\text{Estatura})$). Posteriormente, para conversão da DC em percentual de gordura corporal (%G), foi utilizada a equação de Siri (1961): $(\%G = [(4,95 / DC) - 4,50] \times 100)$ (PETROSKI; PIRES-NETO; NETO, 1995).

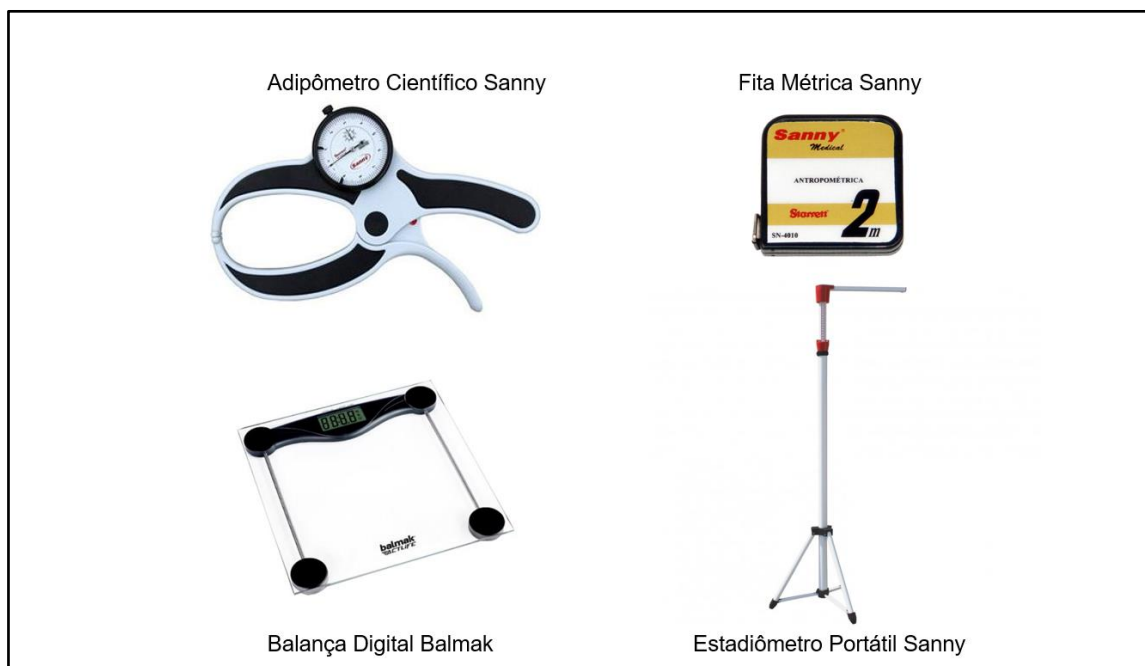


Figura 07. Equipamentos utilizados na Avaliação Antropométrica e Composição Corporal.

6.5.2 Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

Para a avaliação da Variabilidade da Frequência Cardíaca foi utilizado um eletrocardiograma (ECG) de 12 derivações, com utilização de apenas 6 derivações, com uma frequência amostral do sinal ECG de 600 Hz (Micromed Biotecnologia® Ltda) para obtenção momento a momento dos intervalos R-R em milissegundos. Os indivíduos permaneceram deitados em repouso por pelo menos 20 minutos e o eletrocardiograma monitorado por 10 minutos. No final do exame a série de intervalos R-R foi extraída em formato *.txt* através do próprio software de análise (Wincardio® 6.1.1), possibilitando a análise da variabilidade do intervalo R-R no domínio do tempo e da frequência.



Figura 08. Eletrocardiograma de 12 derivações e o Software de análise Wincardio.

Após o registro, os dados foram analisados utilizando o software Kubios HRV 2.0 (Biosignal Analysis e Medical Imaging Group, Kuopio, Finlândia), que processou o sinal de ECG para obter, através dos métodos lineares, as variáveis relacionadas à VFC no domínio do tempo e da frequência.

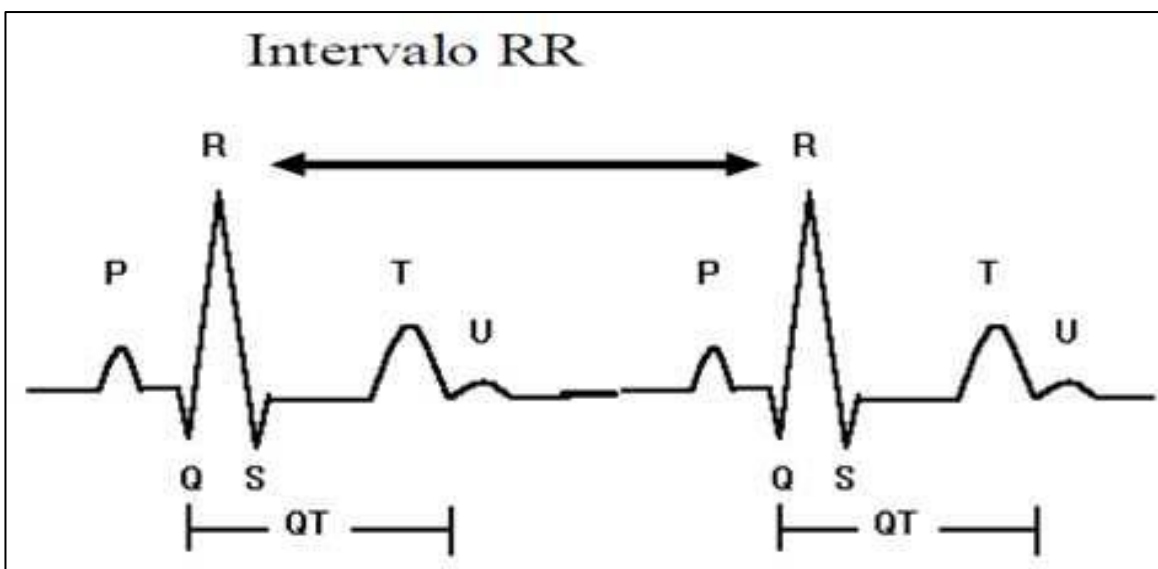


Figura 09 - Imagem demonstrativa de um intervalo RR. **Fonte:** Disponível em: httpswww.researchgate.netfigureFigura-1-Exemplo-de-intervalo-RR-e-a-respectiva-serie-temporal-utilizada-para-analise-da_fig1_269673343.

No domínio do tempo, foram selecionadas as variáveis iRR (Intervalo das ondas RR), SDNN (Desvio padrão de todos os intervalos RR normais gravados em um intervalo de tempo, expresso em ms), RMSSD (Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em ms) e PNN50 (Porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50 ms).

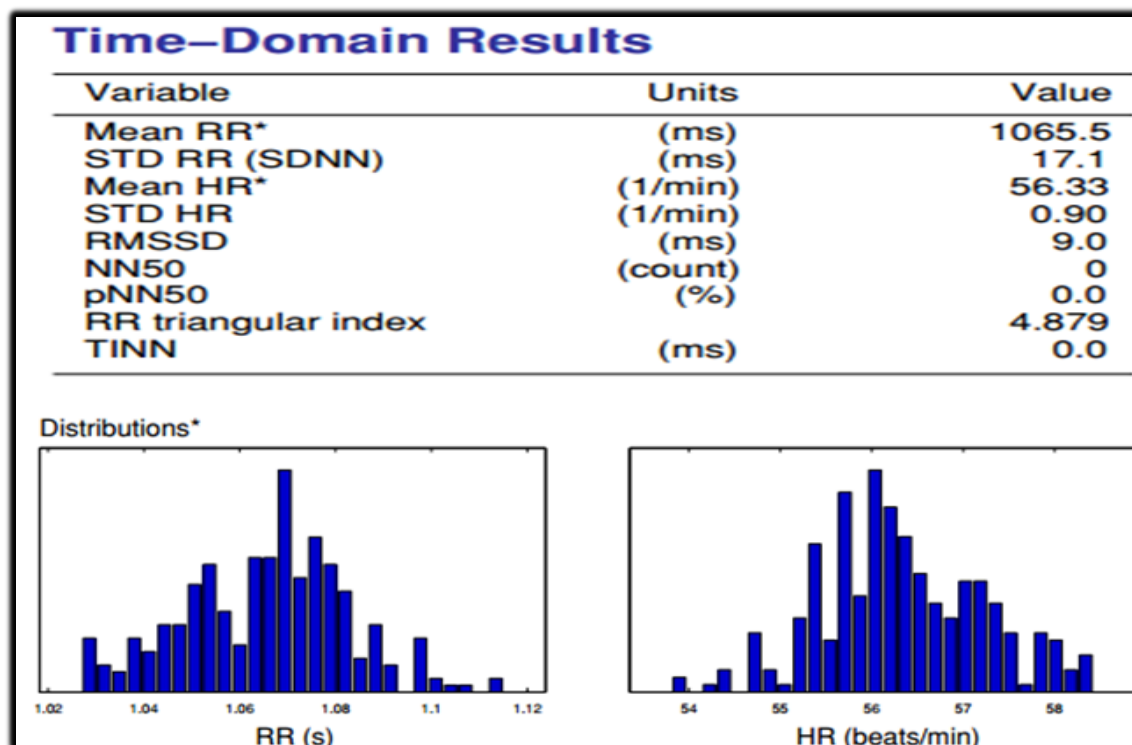


Figura 10 - Ilustração da análise no domínio do tempo.

No domínio da frequência, foi utilizado a Transformação Rápida de Fourier (FFT) em intervalos de 5 minutos com interpolação de 4 Hertz (Hz) e *overlap* de 50%. Foram avaliados os componentes de baixa frequência (LF: 0,04 a 0,15 Hz) e de alta frequência (HF: 0,15 a 0,4 Hz) relacionados predominantemente a modulação simpática e parassimpática, respectivamente, além do balanço simpatovagal (LF/HF), que foi calculado com base em LF e HF normalizados. As unidades normalizadas (nu) foram obtidas dividindo a potência de um determinado componente pela potência total (a partir do qual o VLF foi subtraído) e multiplicado por 100.

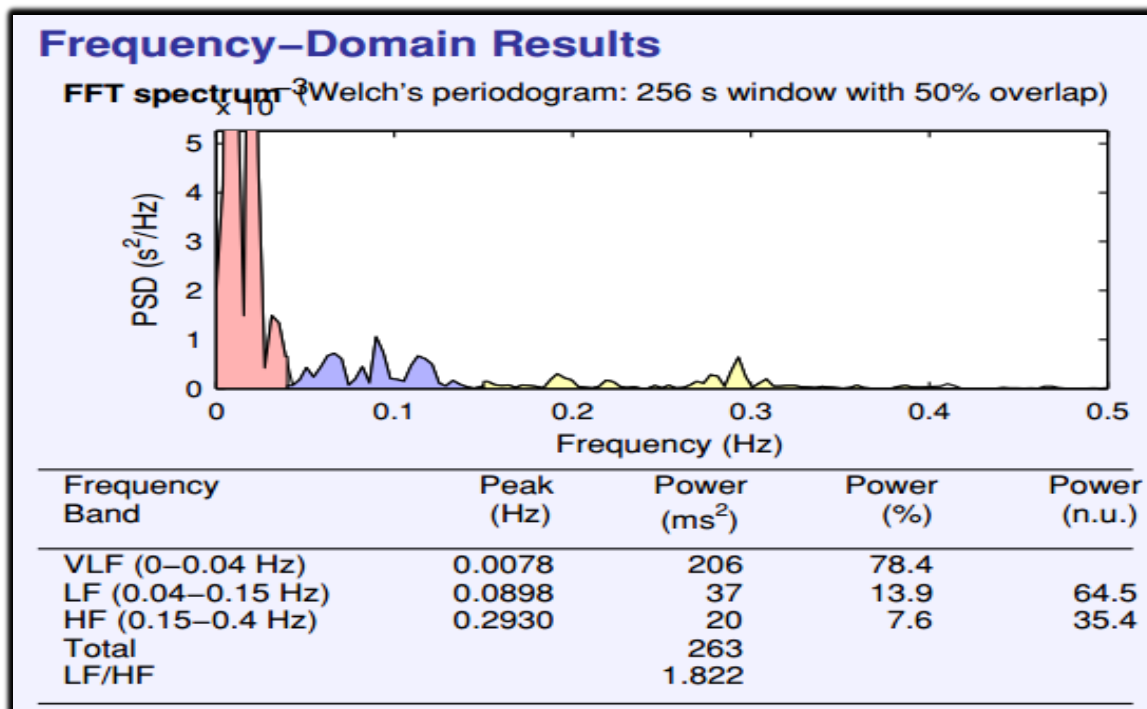


Figura 11 - Ilustração da análise no domínio da frequência.

A análise simbólica e a entropia de Shannon foram calculadas para fornecer uma quantificação da complexidade (caos) da distribuição do padrão. As sequências são distribuídas em seis níveis e todos os padrões possíveis são divididos em quatro grupos, consistindo em padrões (1) sem variações (0V, três símbolos iguais, associados à modulação simpática), (2) uma variação (1V, dois símbolos iguais e um símbolo diferente associado à modulação simpática e parassimpática), (3) duas variações semelhantes (2LV e associadas à modulação parassimpática) e (4) duas variações diferentes (2UV e associadas à modulação parassimpática) (BARROSO et al., 2016).

O plot de Poincaré é uma apresentação visual de sinais de séries temporais para reconhecer os padrões subjacentes dentro das variações do batimento cardíaco. É também uma técnica quantitativa no sentido de que possui vários parâmetros (ex: variabilidade de curto prazo (SD1) e variabilidade de longo prazo (SD2)) para quantificar a dispersão dos pontos na plotagem. A técnica utilizada para quantificar o gráfico de Poincaré e medir a dispersão ao longo dos eixos y e x da elipse. O gráfico de Poincaré do sinal da VFC é construído pela plotagem de pontos consecutivos de séries temporais do intervalo RR (ou seja, gráfico lag-1) e é uma

representação do sinal da VFC no espaço de fase ou no plano cartesiano, que é comumente utilizado para avaliar a dinâmica da VFC (ABAD et al., 2014).

6.5.3 Função Endotelial e Determinação da Pressão Total de Oclusão.

Para a avaliação da função endotelial, utilizou-se a técnica da Dilatação Mediada pelo Fluxo (DMF) que é considerada como um importante indicador de disfunção endotelial sistêmica e seguiu-se as recomendações já descritas em estudos anteriores (KIZHAKEKUTTU et al., 2010), com a avaliação realizadas em momentos idênticos no ciclo cardíaco, a diástole final. Utilizou-se um aparelho de Ecocolor Doppler vascular (HD11 XE Revision 2.0.8, Philips Ultrasound, Andover, MA, USA) e um transdutor de matriz linear de 5-12 MHz para otimizar a resolução na profundidade da artéria braquial, realizado por uma médica angiologista experiente neste tipo de procedimento, reduzindo os possíveis erros e garantindo fidedignidade e confiança ao estudo.



Figura 12. Aparelho de ultrassom – Ecocolor Doppler vascular.

As orientações para a realização do exame foram descritas em outros estudos, onde os sujeitos foram orientados a não praticar nenhum tipo de esforço físico por pelo menos 8 horas que antecede o exame, bem como evitar a cafeína ou a nicotina

por pelo menos 4 horas, realizado em uma sala silenciosa e o exame foi repetido nos dois momentos do estudo (pré e pós) na mesma hora do dia (ALLEY et al., 2014; STORCH et al., 2017)

Os sujeitos foram colocados em decúbito dorsal e com o auxílio de um manguito pneumático (7 cm de largura x 80 cm de comprimento), o mesmo utilizado durante os treinamentos, com o intuito de minimizar os erros, foi colocado no braço direito a uma distância de cinco centímetros acima da fossa cubital, foi inflado, causando a oclusão total da artéria braquial por um período de cinco minutos. A partir da oclusão, houve um aumento do estresse de cisalhamento do sangue na parede do vaso, induzindo a um aumento na liberação de Óxido Nítrico. Em seguida, foi liberado a pressão de oclusão do manguito pneumático, resultando numa hiperemia reativa, consequência de dilatação local. O diâmetro da artéria braquial foi medido em dois momentos, ao longo do ciclo cardíaco em repouso (basal) e durante a hiperemia reativa (5 minutos de oclusão arterial), sendo utilizado a diferença destas medidas (Δ) para classificar a saúde do endotélio (THIJSEN et al., 2009; KIZHAKEKUTTU et al., 2010; STORCH et al., 2017).

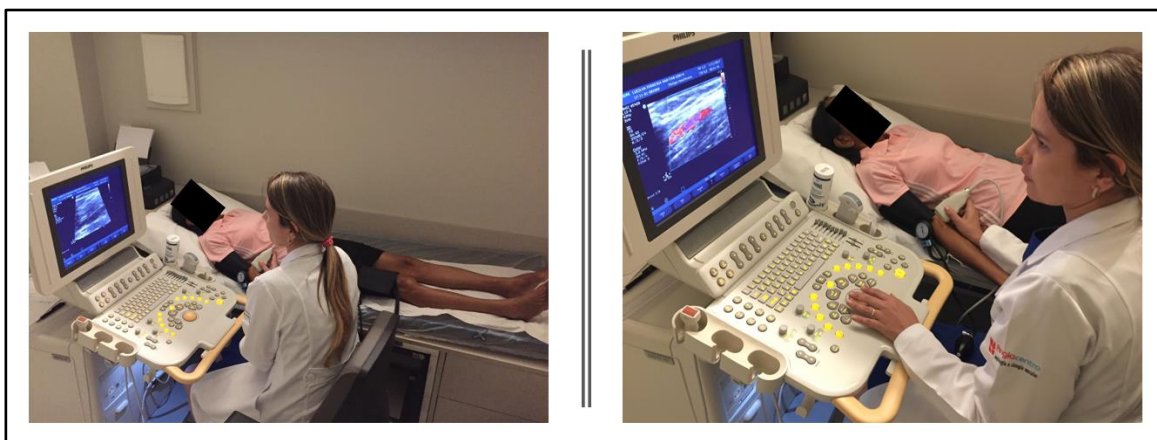


Figura 13. Posição do avaliado durante o exame da função endotelial e da pressão total de oclusão.

A determinação da pressão de oclusão vascular (mmHg) foi feita com a mesma técnica anteriormente descrita, utilizando para o treinamento de membros superiores, a mesma pressão de oclusão realizada no braço direito. Para o treinamento de membros inferiores, o manguito pneumático foi colocado na região inguinal da coxa direita, inflado até o ponto em o pulso auscultatório da artéria poplítea, fosse interrompido e a onda de pulso gerada pela imagem de ultrassom desaparecesse, garantindo a pressão total de oclusão.

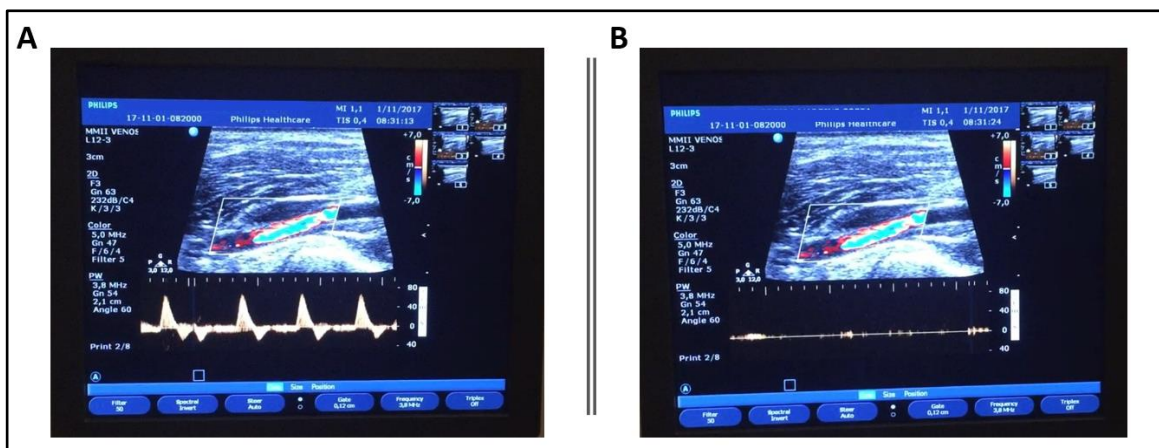


Figura 14. Imagem da tela do ultrassom antes (A) e após (B) a oclusão total.

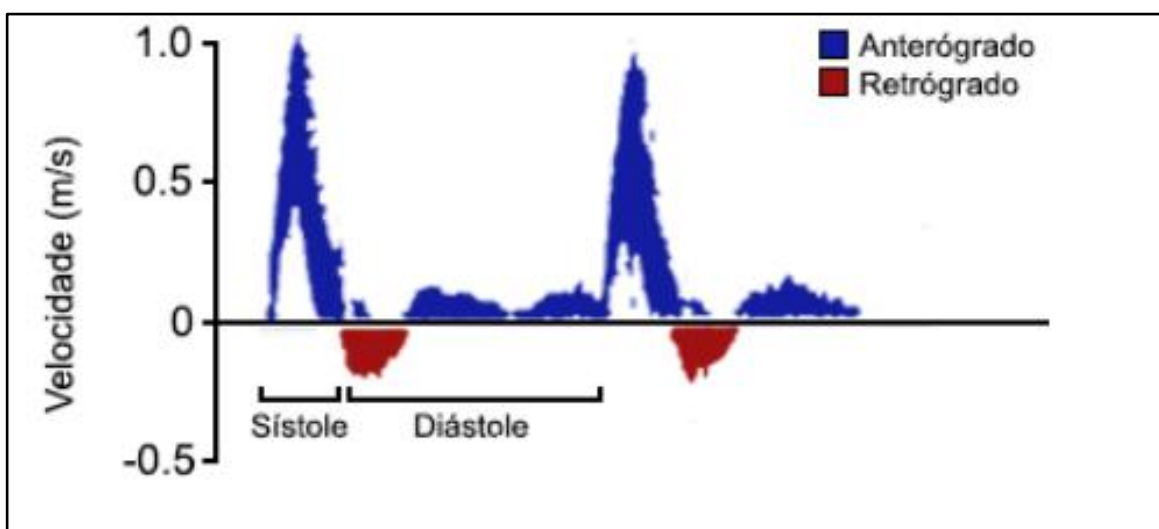


Figura 15 – Componente do fluxo sanguíneo normal, representado por uma onda trifásica. Fonte: Paiva (2015) - Adaptado de Donnelly et al. (2000).

6.5.4 Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial (MAPA)

Para a avaliação da MAPA, seguiu-se o protocolo e as recomendações contidas na V Diretrizes Brasileiras de Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial (ABC, 2011). Os aparelhos foram programados de 10/10 minutos no período de vigília, noite de 20/20 minutos e instalados de segunda a quinta-feira, no mesmo período circadiano em todos os indivíduos, por um profissional treinado e experiente neste tipo de exame, e, retirados 24h após. As participantes eram orientadas a fazer um relatório diário referente aos horários e atividades diárias desde o momento de despertar até o momento de dormir. O braço escolhido para

a instalação do manguito era sempre o não dominante. As medidas avaliadas durante o exame:

- PAS e PAD média de vigília, sono e 24horas.
- Pressão de pulso média de vigília, sono e 24 horas: definida como a diferença entre a pressão sistólica média e a pressão diastólica média, da vigília, do sono e em 24horas respectivamente.
- Descenso noturno sistólico e diastólico: definido como a porcentagem de queda das pressões sistólica e diastólica durante o sono, em relação as médias das pressões sistólica e diastólica diurnas.



Figura 16. Aparelho de Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial - MAPA

6.5.5 Teste de Força Máxima (1 Repetição Máxima)

Para avaliar a força das idosas participantes da pesquisa e para a prescrição da intensidade do treinamento, foi usado o teste de 1 repetição máxima. O objetivo deste teste é determinar a quantidade máxima de peso que o examinado pode levantar apenas uma vez (TRITSCHLER, 2003) e foi aplicado nos grupamentos musculares principais que foram exigidos durante os treinamentos e reaplicado após o período de intervenção.

Anteriormente à realização do teste de 1RM, houve demonstração da execução correta do exercício aos participantes, com a finalidade de evitar erros de

execução durante o teste. Os indivíduos realizaram um aquecimento específico (<50 % da carga máxima estimada) para os exercícios de Flexão e Extensão de Cotovelo (Rosca Bíceps na Barra e Tríceps Pulley) para membros superiores e Flexão e Extensão do Joelho (Cadeira Flexora e Extensora) para os membros inferiores (VILAÇA-ALVES et al., 2016). Para a determinação da carga máxima, os indivíduos realizaram de três a cinco tentativas, com intervalos entre 3-5 min. para propiciar a restauração dos estoques musculares de ATP (adenosina trifosfato) e CP (fosfato de creatina). O peso foi aumentado de dois a cinco quilos e então se fez nova tentativa, sendo registrado o resultado atingido do peso levantado imediatamente anterior à tentativa que não obteve sucesso (TRITSCHLER, 2003).



Figura 17. Aparelhos de Musculação para o teste de força e treinamento.

6.5.6 Restrição do Fluxo Sanguíneo (RFS)

Para a restrição do fluxo sanguíneo foi utilizado, em todas as sessões de treinamento, manômetros pneumáticos da marca WCS® (Cardiomed), com dimensões 7x80 cm posicionados na porção mais proximal dos membros superiores e inferiores, mais precisamente na inserção do deltoide e na linha inguinal, respectivamente, na mesma posição em que foi realizado o doppler para avaliar a pressão total de oclusão.

A restrição do fluxo sanguíneo foi aplicada durante toda a sessão de treinamento, sendo liberada no intervalo entre os exercícios. Para as sessões de treinamento, foi adotado uma pressão a 60% e 80% da pressão de oclusão total.



Figura 18. Manguitos utilizados durante o programa de treinamento para a restrição de fluxo sanguíneo.

6.5.7. Programa do Treinamento de Força

O programa teve duração total de oito semanas, com frequência de duas sessões semanais, separadas por um período de 48 horas entre as sessões (TEIXEIRA; HESPANHOL; MARQUEZ, 2012; CEZAR et al., 2016). Os indivíduos executaram o exercício de Leg Press, Extensão de Cotovelo na Polia, Extensão de Joelhos na máquina (Matrix Fitness Systems®, Johnson Health Tech Brasil, Indaiatuba, SP, Brasil) e Flexão de Cotovelo com halteres com intensidade correspondente a 20% de 1RM em todos os grupos. Todas as participantes fizeram o protocolo de treinamento composto por 3 séries de 15 repetições, com intervalo de 60 segundos entre cada série. (TEIXEIRA; HESPANHOL; MARQUEZ, 2012; ARAÚJO et al., 2014; POTON; POLITO, 2014; MORIGGI et al., 2015).

Em todos os grupos, um manômetro vascular foi colocado na inserção do deltoide em ambos os braços para a oclusão nos membros superiores e na linha inguinal em ambas as pernas para a oclusão nos membros inferiores (NETO et al., 2015; MORIGGI et al., 2015; STAUNTON et al., 2015; NETO et al., 2016; CURTY et al., 2017; MAY; BRANDNER; WARMINGTON, 2017). Para os grupos RF60 e RF80, o manômetro foi inflado a uma pressão correspondente a 60% e 80% da pressão de oclusão total do fluxo sanguíneo, respectivamente, e mantida durante toda a sessão de exercício, inclusive nos intervalos entre as séries, liberada apenas

durante a mudança de exercício. No GCP, o mesmo procedimento foi adotado, porém não houve pressão de oclusão nos membros.

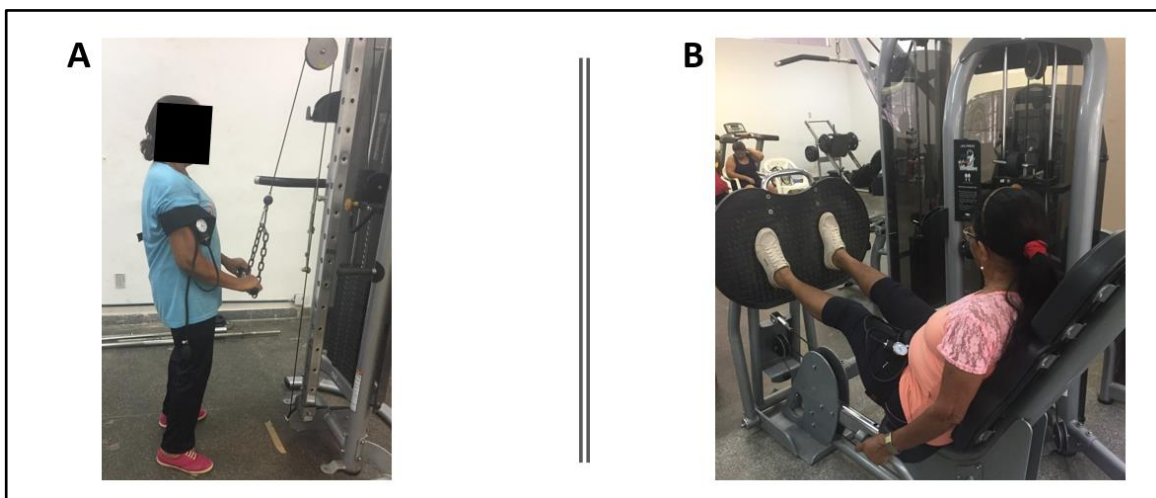


Figura 19. Treinamento das participantes da pesquisa.

7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados usando o pacote estatístico GraphPad Prism 6.01 (GraphPad, San Diego, Califórnia, EUA). Os resultados do estudo são apresentados de acordo com a estatística descritiva (média e desvio padrão). Após a verificação da normalidade dos dados com a utilização do teste de Shapiro – Wilk, foi utilizado o teste de análise de variância de duas vias (ANOVA two way) para tempo e grupo. Sempre que um valor significativo de F foi obtido, um teste *post hoc* com ajustamento de Tukey foi aplicado para comparações múltiplas. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. O *Effect Size (ES)* foi calculado usando a fórmula de Morris (2008). Para verificar a distribuição dos medicamentos utilizados pelas participantes, foi utilizado o teste qui-quadrado.

8 RESULTADOS

Ao término do estudo, trinta e sete idosas ($63,62 \pm 4,88$ anos) concluíram todos os procedimentos experimentais e todas eram pós-menopausadas.

Inicialmente serão apresentados os dados das características antropométricas e força muscular máxima das participantes (**Tabela 02**). Em seguida, os valores do lipidograma completo e os medicamentos utilizados pelas idosas (**Tabela 03**). Seguidos ainda pelos resultados das variáveis hemodinâmicas, antes e após a intervenção do treinamento (**Tabela 04**), autonômicas e cardiovasculares nos diferentes grupos de intervenção, separadas pelo tipo de análise da variabilidade da frequência cardíaca, sendo, portanto, distribuídas pelos índices de domínio do tempo e domínio da frequência (**Tabela 05**), e, pelas análises não-linear e simbólica (**Tabela 06**).

Em um segundo momento, apresentaremos os resultados nas variáveis E por fim, os resultados obtidos na função endotelial das participantes da pesquisa, através da avaliação pelo método de dilatação mediada pelo fluxo comparando os resultados obtidos entre os grupos (**Figura 20**) e a comparação feita dentro do mesmo grupo nos dois momentos, pré e pós (**Figura 21**).

Na **tabela 02**, os dados descrevem as características antropométricas e de força muscular máxima das idosas no momento pré intervenção, demonstrando que todas tinham idade superior a 60 anos, o índice de massa corporal considerava todas com sobrepeso, pré-hipertensas de acordo com a Sociedade Brasileira de Hipertensão (2016). Enquanto que na **tabela 03** são apresentados os valores do lipidograma completo além da relação de medicamentos anti-hipertensivos utilizados pelas participantes. Todos os valores no momento basal não foram diferentes entre os grupos ($p > 0,05$).

Tabela 02. Características antropométricas e de força muscular máxima (1 RM) das participantes.

Variáveis	GRUPOS		
	GCP (n = 12)	RF 60 (n = 12)	RF 80 (n = 13)
Idade (anos)	64,00 ± 4,82	63,91 ± 5,12	63,69 ± 4,40
Peso (kg)	69,01 ± 10,74	69,79 ± 13,31	63,48 ± 8,66
Estatura (cm)	151,96 ± 5,74	154,14 ± 6,09	150,75 ± 5,10
IMC (kg/m ²)	29,95 ± 4,99	29,30 ± 4,83	28,04 ± 3,69
% Gord.	48,29 ± 10,80	49,87 ± 9,39	46,30 ± 10,26
IRCQ	0,82 ± 0,06	0,83 ± 0,05	0,82 ± 0,06
FC (kg)	16,16 ± 2,32	16,33 ± 4,29	15,84 ± 4,20
EC (kg)	28,93 ± 6,29	27,70 ± 7,42	27,67 ± 7,89
EJ (kg)	43,87 ± 12,51	41,55 ± 13,53	42,65 ± 16,82
LP (kg)	67,95 ± 16,13	67,50 ± 20,25	70,07 ± 22,41

RF60 = Restrição de Fluxo 60%; RF80 = Restrição de Fluxo 80%; GCP = Grupo Controle Placebo; IMC = Índice de Massa Corporal; IRCQ = Índice Relação Cintura-Quadril; FC = Flexão de Cotovelo; EC = Extensão de Cotovelo; EJ = Extensão de Joelhos; LP = Leg Press. Foi utilizado a análise de variância de duas vias (ANOVA Two-way).

Tabela 03. Valores do lipidograma completo e medicamentos utilizados pelas participantes.

GRUPOS			
Variáveis	GCP (n = 12)	RF 60 (n = 12)	RF 80 (n = 13)
Lipidograma Completo			
CT (mg/dL)	184,76 ± 30,87	191,33 ± 35,89	193,02 ± 33,14
Triglic. (mg/dL)	155,72 ± 53,35	157,80 ± 50,12	152,08 ± 52,48
LDL (mg/dL)	110,27 ± 17,43	113,00 ± 24,16	117,00 ± 22,85
HDL (mg/dL)	43,35 ± 7,33	46,77 ± 6,60	45,61 ± 8,16
Medicamentos anti-hipertensivos			χ^2
ARA II	4	5	5
DIU	3	3	3
β Bs	2	1	2
iECA	1	1	1
BCCs	1	1	0
BCCs + ARA II	0	1	1
BCCs + β Bs	1	0	0
iECA + DIU	0	0	1

CT= Colesterol Total; LDL= Lipoproteína de Baixa Densidade; HDL= Lipoproteína de Alta Densidade; ARA II = Antagonistas do Receptor de Angiotensina II; DIU = Diuréticos; β Bs = Betabloqueadores; iECA = Inibidor da Enzima Conversora de Angiotensina; BCCs = Bloqueadores do Canal de Cálcio; χ^2 = Teste Qui-Quadrado; [Valor Qui-Quadrado]. Valores apresentados por média \pm desvio padrão. ($p < 0,05$). Foi utilizado a análise de variância de duas vias (ANOVA Two-way) e o teste Qui-Quadrado.

Na **tabela 04**, estão descritas o comportamento das variáveis hemodinâmicas das participantes da pesquisa. Pode-se perceber uma diminuição da pressão arterial sistólica em todos os grupos de intervenção, porém com resultados significativos ($p < 0,05$) e com grande tamanho de efeito ($ES = 1,69$) apenas no grupo RF60 nos momentos pré e pós intervenção, porém sem alterações significativas comparado aos outros grupos. Nas outras variáveis, como a pressão arterial diastólica, pressão arterial média e frequência cardíaca, não apresentaram mudanças significativas. No duplo produto, que é considerado uma variável que estima o esforço cardíaco, pode-se perceber uma redução significativa entre o

momento pré e pós do grupo RF60. Assim como a pressão de pulso, que está relacionada a maior rigidez das grandes artérias, foi diminuída significativamente e com grande magnitude de efeito ($ES = 2,63$) também nos momentos pré e pós no grupo que treinou com 60% de restrição de fluxo sanguíneo.

Tabela 04. Comparação das variáveis hemodinâmicas das participantes.

Variáveis	GRUPOS								
	GCP (n = 12)			RF 60 (n = 12)			RF 80 (n = 13)		
	Pré	Pós	ES (Pré-Pós)	Pré	Pós	ES (Pré-Pós)	Pré	Pós	ES (Pré-Pós)
HEMODINÂMICA									
PAS(mmHg)	127,33 ±10,19	126,25 ±14,03	0,10	128,90 ±8,79	116,50 ±5,10*	1,69	125,14 ±7,08	123,07 ±13,18	0,46
PAD(mmHg)	71,72 ±8,18	70,25 ±5,98	0,25	70,10 ±3,90	69,16 ±6,79	0,14	69,90 ±6,98	70,92 ±8,02	-0,32
PAM(mmHg)	90,25 ±9,24	88,91 ±8,17	0,18	89,07 ±5,11	84,94 ±6,09	0,70	88,31 ±7,63	88,30 ±9,11	0,00
FC(bpm)	72,00 ±8,19	73,08 ±8,77	-0,24	74,83 ±5,94	71,08 ±7,12	0,86	73,58 ±8,98	71,16 ±7,46	0,69
DP(bpm/mmHg)	9168 ±1861	9227 ±1638	-0,07	9646 ±1280	8281 ±944*	1,51	9208 ±1017	8758 ±1081	0,84
PP(mmHg)	55,61 ±8,11	56,00 ±10,12	-0,06	58,80 ±8,17	47,34 ±6,68*	2,63	55,24 ±7,95	52,15 ±8,92	0,91
DILA(cm)	0,0291 ±0,0196	0,0208 ±0,0194	0,31	0,0291 ±0,0247	0,0632*#\$ ±0,0287	-1,37	0,0300 ±0,0255	0,0325 ±0,0224	-0,06

PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca; PAM 24h = pressão arterial média monitorada por 24 horas; DP = duplo produto; PP = pressão de pulso. ES = Tamanho de efeito. * $p < 0,05$ vs PRÉ; # $p < 0,05$ vs PRÉ GC; \$ $p < 0,05$ vs PÓS GC. Foi utilizado a análise de variância de duas vias (ANOVA Two-way).

Na **tabela 05**, os resultados obtidos no domínio do tempo, demonstram diminuição na média dos intervalos RR no GCP nos momentos pré e pós intervenção, enquanto que nos grupos RF60 e RF80, houve um aumento desse intervalo, com resultados significativos ($p < 0,05$) e com maiores magnitudes de efeitos ($ES = 0,71$) para o grupo RF60 tanto nos momentos pré e pós intervenção dentro do mesmo grupo e quando comparado o pós intervenção ao momento pré e pós do GCP e ao momento pré do grupo RF80.

Isso demonstra que houve um aumento da bradicardia após a intervenção do treinamento de força de baixa intensidade com a restrição do fluxo sanguíneo. Além disso, vale destacar que o índice RMSSD, que representa a modulação vagal, também apresentou resultado significativo e grande tamanho de efeito ($ES = 1,58$) entre o grupo RF60 nos momentos pré e pós dentro do mesmo grupo e ao momento pré e pós do grupo GCP e do grupo RF80. Confirmando assim, as respostas obtidas no intervalo RR acima descritas, sendo então justificadas pelo aumento da modulação vagal no coração, tendo como resposta a bradicardia significativa no grupo que treinou com 60% de restrição do fluxo sanguíneo comparado aos grupos GCP e ao grupo que treinou com 80% da restrição do fluxo sanguíneo.

Com relação aos índices no domínio da frequência, o LF e o HF normalizados (n.u.), demonstraram resultados semelhantes aos obtidos no domínio do tempo. Enquanto que o LF n.u., que corresponde a atividade simpática, aumentou no GCP, houve uma diminuição simpática nos grupos de intervenção, porém com resultados significativos ($p < 0,05$) e com grande tamanho de efeito no grupo RF 60 nos momentos pré e pós dentro do mesmo grupo, e quando comparado ao momento pré e pós do GCP e ao momento basal do grupo RF 80. Já o HF n.u., equivalente a atividade parassimpática, demonstrou resultados inversos ao LF n.u., onde aumentou significativamente e com grande tamanho de efeito no RF 60 nos momentos pré e pós, no mesmo grupo, e em relação ao momento pré e pós do GCP e ao momento pré do RF 80. O que pode-se concluir que após a intervenção do treinamento, houve uma retirada simpática, no RF 60 e um aumento da atividade vagal, levando a uma redução da contratilidade cardíaca, confirmando os resultados obtidos nos índices de domínio do tempo.

Tabela 05. Comparação dos Métodos Lineares da Variabilidade da Frequência Cardíaca das participantes.

GRUPOS									
Variáveis	GCP (n = 12)			RF 60 (n = 12)			RF 80 (n = 13)		
	Pré	Pós	<i>ES</i> (Pré-Pós)	Pré	Pós	<i>ES</i> (Pré-Pós)	Pré	Pós	<i>ES</i> (Pré-Pós)
DOMÍNIO DO TEMPO									
RR(ms)	801,80 ±90,52	797,62 ±146,85	0,04	864,80 ±110,07	926,53 ±96,88*#\\$	-0,71	809,08 ±71,12	812,52 ±63,77	-0,09
SDNN(ms)	25,27 ±7,71	26,47 ±9,61	-0,18	25,49 ±10,27	23,66 ±10,31	0,19	25,37 ±9,18	24,12 ±6,25	0,15
RMSSD(ms)	15,82 ±10,30	17,15 ±11,99	-0,12	17,06 ±8,86	32,26 ±9,25*#\\$	-1,58	17,00 ±6,93	16,57 ±7,24	0,05
pNN50(%)	2,29 ±3,31	1,95 ±3,42	0,10	2,41 ±3,26	3,94 ±3,88	-0,31	1,40 ±2,19	1,48 ±2,12	-0,02
DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA									
VLF(ms ²)	233,40 ±95,79	211,55 ±184,30	0,15	219,36 ±166,57	185,62 ±92,55	0,34	239,16 ±126,74	269,84 ±174,66	-0,17
LF(ms ²)	108,11 ±74,58	116,37 ±94,85	-0,08	113,11 ±98,77	109,81 ±95,14	0,14	119,87 ±97,18	127,24 ±95,48	-0,06
LF(n.u.)	54,44 ±14,31	56,48 ±11,83	-0,14	58,42 ±11,11	36,20 ±10,27*#\\$	2,48	55,24 ±15,20	42,30 ±18,86	0,97
HF(ms ²)	174,21 ±150,63	148,86 ±143,87	0,21	172,00 ±147,51	173,09 ±107,22	-0,01	167,30 ±141,23	176,76 ±78,23	-0,07
HF(n.u.)	45,55 ±14,31	43,52 ±18,62	0,10	41,58 ±7,43	63,80 ±10,27*#\\$	-2,96	44,66 ±15,65	57,70 ±18,10	-1,32
LF/HF	0,62 ±0,31	0,78 ±0,20	-0,60	0,65 ±0,30	0,64 ±0,30	0,05	0,71 ±0,41	0,72 ±0,25	-0,02
TOTAL(ms ²)	515,72 ±269,73	476,78 ±163,93	0,21	504,47 ±204,17	468,52 ±247,97	0,25	526,33 ±223,22	573,84 ±215,14	-0,17

RR = Intervalo RR; ms= milissegundos; SDNN = Desvio padrão de todos os intervalos RR normais; RMSSD = Raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos RR adjacente; pNN50 = porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms; VLF = Bandas de muito baixa frequência; LF = Bandas de baixa frequência; HF = Bandas de alta frequência; LF/HF = balanço simpato-vagal; *ES* = Tamanho de efeito. *p<0,05 vs PRÉ; #p<0,05 vs PRÉ GCP; \$p<0,05 vs PÓS GCP. Foi utilizado a análise de variância de duas vias (ANOVA Two-way).

Na **tabela 06**, estão descritas as análises não lineares e simbólica. No primeiro tipo de análise, as variáveis não apresentaram mudanças significativas após a intervenção do treinamento. Porém, na análise simbólica, pode-se perceber que o índice 0V%, que corresponde a modulação simpática, foi reduzido significativamente e com grande magnitude de efeito no grupo RF60 no momento pré e pós intervenção, e, houve ainda diferença significativa do momento pós comparado aos momentos pré e pós do grupo RF80. Além disso, os índices 2LV% e 2UV%, equivalentes a atividade vagal, houveram alterações significativas e com grande magnitude de efeito nos momentos pré e pós no grupo RF60. O 2LV% foi significativamente maior ao momento pré no GCP e o 2UV% foi significativamente maior no momento pós do grupo RF80. Isso demonstra que a atividade simpática foi reduzida no grupo que treinou com 60% de restrição de fluxo sanguíneo e nesse mesmo grupo, houve aumento significativo da modulação vagal. Esses dados confirmam as respostas obtidas na análise no domínio do tempo e no domínio da frequência, onde ambos demonstraram redução da atividade simpática sobre o coração, enquanto que a atividade parassimpática foi significativamente aumentada.

Tabela 06. Comparação dos métodos não lineares e simbólica da variabilidade da frequência cardíaca das participantes.

GRUPOS									
Variáveis	GCP (n = 12)			RF 60 (n = 12)			RF 80 (n = 13)		
	Pré	Pós	<i>ES</i> (Pré-Pós)	Pré	Pós	<i>ES</i> (Pré-Pós)	Pré	Pós	<i>ES</i> (Pré-Pós)
NÃO LINEAR									
SD1(ms)	14,64 ±8,43	13,02 ±8,03	0,20	13,62 ±7,53	14,49 ±6,39	-0,10	13,90 ±7,64	12,96 ±4,46	0,14
SD2(ms)	30,40 ±10,44	27,36 ±16,78	0,37	32,81 ±13,37	33,00 ±16,63	-0,01	32,57 ±11,62	31,41 ±9,08	0,10
SD1/SD2	0,48 ±0,25	0,47 ±0,16	0,05	0,42 ±0,18	0,49 ±0,18	-0,31	0,42 ±0,15	0,41 ±0,17	0,05
ApEn	1,12 ±0,05	1,16 ±0,10	-0,40	1,15 ±0,06	1,15 ±0,06	0,00	1,15 ±0,11	1,12 ±0,12	0,15
SampEn	1,68 ±0,43	1,71 ±0,49	-0,07	1,68 ±0,30	1,74 ±0,22	-0,21	1,70 ±0,29	1,59 ±0,26	0,36
SIMBÓLICA									
0V%	18,75 ±6,93	16,18 ±11,18	0,30	22,33 ±9,54	7,73 ±3,81*	1,52	20,67 ±12,51	25,75 ±11,34	-0,62
1V%	41,65 ±7,54	45,44 ±8,49	-0,40	40,63 ±9,99	38,89 ±11,39	0,23	41,12 ±6,65	45,84 ±6,48	-0,78
2LV%	9,39 ±5,25	6,74 ±4,84	0,40	9,97 ±5,37	15,36 ±7,38*#	-0,82	10,91 ±7,90	10,14 ±6,63	0,11
2UV%	30,21 ±12,73	31,64 ±11,38	-0,14	27,07 ±17,55	38,02 ±13,00*	-1,00	27,30 ±12,39	18,27 ±8,92	1,29

SD1 = índice de registro instantâneo da variabilidade batimento a batimento; SD2 = variabilidade da frequência cardíaca em registros de longa duração; SD1/SD2 = razão entre as variações curta e longa dos intervalos RR. *ES* = Tamanho de efeito. * $p < 0,05$ vs PRÉ; # $p < 0,05$ vs PRÉ GC; \$ $p < 0,05$ vs PÓS GC. Foi utilizado a análise de variância de duas vias (ANOVA Two-way).

Os dados apresentados nas **figuras 20** (entre grupos) e **21** (intra grupo) correspondem as respostas do treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo sobre a função endotelial das participantes, avaliadas antes do início da intervenção do treinamento e após as 8 semanas. O que se pode perceber é um aumento significativo e com grande tamanho de efeito ($ES = 1,37$) da dilatação arterial no grupo RF60 comparado aos outros dois grupos, GCP e RF80, tanto no momento pré, quanto no momento pós desses grupos,

demonstrando ter melhores resultados na função endotelial comparado ao grupo que treinou sem a restrição do fluxo sanguíneo e com o grupo que treinou com 80% de restrição. Houve ainda maior dilatação no grupo RF60 ao final do protocolo de treinamento comparado ao seu momento pré.

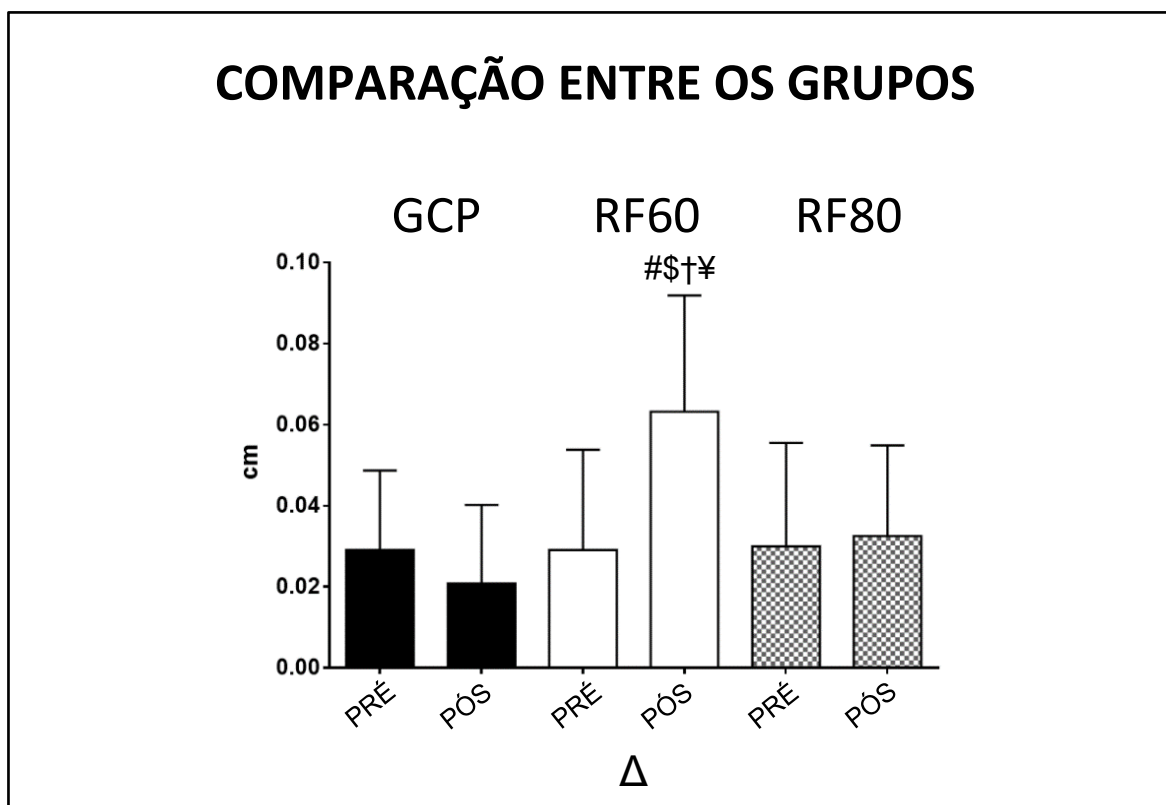


Figura 20 – Comparação da função endotelial pela dilatação mediada pelo fluxo (DILA) das participantes entre os grupos. # $p < 0,05$ vs PRÉ GCP; \$ $p < 0,05$ vs PÓS GCP; † $p < 0,05$ vs PRÉ RF80; ¥ $p < 0,05$ vs PÓS RF80. Foi utilizado a análise de variância de duas vias (ANOVA Two-way).

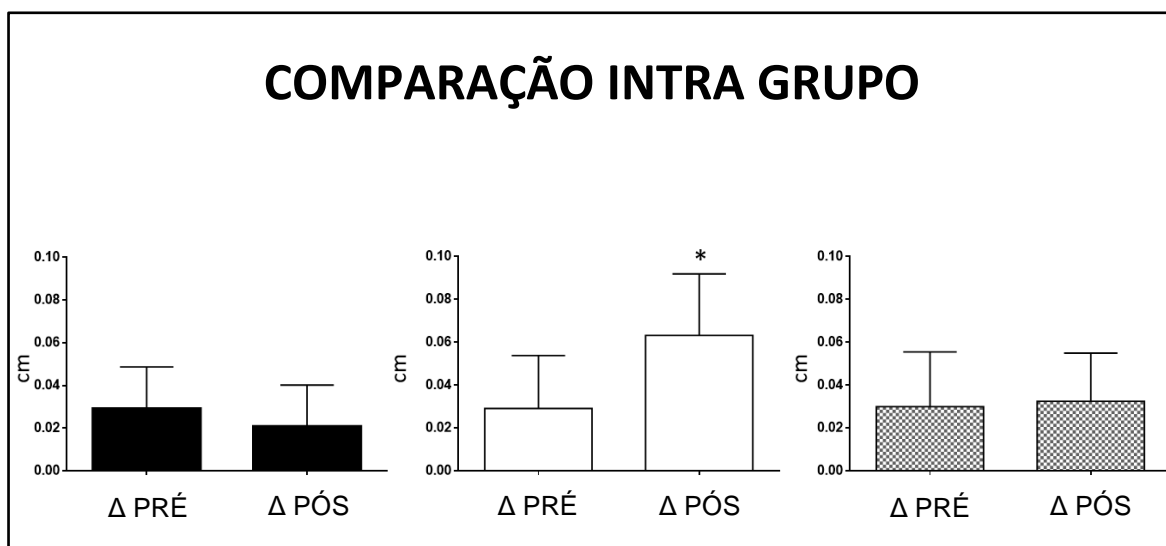


Figura 21 – Comparação da função endotelial pela dilatação mediada pelo fluxo (DILA) das participantes dentro do mesmo grupo nos momentos pré e pós. * $p < 0,05$ vs PRÉ. Foi utilizado a análise de variância de duas vias (ANOVA Two-way).

9 DISCUSSÃO

Este estudo teve como finalidade avaliar os efeitos do treinamento de força de baixa intensidade combinado com a restrição de fluxo sanguíneo sobre as respostas autonômicas e cardiovasculares em idosas hipertensas. Os principais resultados encontrados neste estudo, aconteceram nas idosas que treinaram com 60% de restrição do fluxo sanguíneo, nos quais, obtiveram redução significativa da pressão arterial sistólica, do duplo produto e da pressão de pulso, indicando uma adaptação positiva com redução do esforço cardíaco e melhora na rigidez arterial. Enquanto que os grupos GCP e o que treinou a 80% da RFS não obtiveram as mesmas repostas nas variáveis analisadas.

Os possíveis mecanismos para o efeito hipotensor encontrado, podem ser justificados pela retirada simpática cardíaca e aumento da modulação vagal, com melhora da sensibilidade barorreflexa e do balanço simpátovagal cardíaco. Além disso, houve ainda melhora na função endotelial, levando a uma maior dilatação arterial e conseqüente redução da resistência vascular periférica, porém esses resultados não foram encontrados no grupo de idosas que treinou com 80% de restrição do fluxo sanguíneo.

Ao se fazer uma busca na literatura sobre os riscos de se utilizar o exercício com restrição do fluxo sanguíneo, pôde-se encontrar um estudo que limitaria este tipo de treinamento para populações especiais, como hipertensos, pessoas com insuficiência cardíaca e com doença arterial periférica. Spranger et al. (2015) trazem em seu estudo a preocupação de que a utilização do exercício com restrição do fluxo sanguíneo possa ser usada com segurança para a reabilitação de pacientes com doença cardiovascular, no qual afirmam ainda que as reduções do fluxo sanguíneo exercem efeitos sob o reflexo pressor (metaborreflexo e o mecanorreflexo muscular) do exercício (RPE).

Segundo os autores, os estímulos químicos ativam as fibras nervosas aferentes do grupo IV e estímulos mecânicos ativam principalmente os neurônios sensoriais do grupo III, juntamente com a entrada do comando central e do barorreflexo, contribuiriam significativamente para a resposta autonômica cardiovascular ao exercício, com aumento da atividade nervosa simpática e redução simultânea da atividade parassimpática. Os autores destacam ainda que

complicações cardiovasculares anormais induzidas pela restrição do fluxo sanguíneo e mediadas pelo RPE geradas durante o exercício podem precipitar eventos cardiovasculares ou cerebrovasculares adversos, como arritmia cardíaca, infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral e morte súbita cardíaca. (SPRANGER et al., 2015).

Em contrapartida, é possível encontrar na literatura estudos que mostram efeitos hipotensores agudos e crônicos em sessões de treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo, além de diversos autores sugerirem que este tipo de treinamento parece ser seguro no âmbito cardiovascular, com resultados que complementam nossos achados (POTON; POLITO, 2014b; NETO et al., 2017). Para buscar responder sobre os efeitos do treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo nas variáveis hemodinâmicas, buscou-se identificar os principais mecanismos responsáveis por gerar efeito hipotensor com ajuste cardiovascular e autonômico.

Araújo et al. (2014) em um estudo randomizado e controlado, comparou o efeito agudo de uma sessão de treinamento de força de intensidade moderada (50% de 1 RM) e de baixa intensidade (30% de 1 RM + 80% da pressão total de oclusão) com restrição do fluxo sanguíneo (LIBFR) em 14 mulheres (idade = $45 \pm 9,9$ anos) diagnosticadas com hipertensão estágio 1. Os autores analisaram a pressão arterial sistólica (PAS), a pressão arterial diastólica (PAD) e a frequência cardíaca, antes, durante e após o treinamento no exercício de extensão de joelhos, por um período de 15, 30, 45 e 60 minutos. Os resultados demonstraram redução significativa na PAS no grupo com restrição do fluxo sanguíneo comparado ao moderada intensidade. Assim, os autores descrevem que estes resultados fornecem evidências de que o treinamento de força realizado com restrição de fluxo sanguíneo altera agudamente as variáveis hemodinâmicas e os levaram a concluir que este tipo de treinamento é mais eficiente na redução da pressão arterial em indivíduos hipertensos comparado ao treinamento de intensidade moderada.

Tal achado deste estudo, corrobora com o estudo de Pinto et al. (2016) que objetivou comparar as respostas hemodinâmicas (PAS, PAD, FC, VS e DC), a classificação do esforço percebido pela escala de Borg e do lactato sanguíneo durante o exercício de força com restrição de fluxo sanguíneo (20% de 1 RM), do exercício de força tradicional de alta intensidade (65% de 1 RM) sem restrição do fluxo sanguíneo e do uso da restrição do fluxo sanguíneo sem exercício como grupo

controle em 18 idosas hipertensas. Os resultados demonstraram que o treinamento de força de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo apresentou as mesmas respostas hemodinâmicas e cardiovasculares em idosas hipertensas comparado com o treinamento de força tradicional de alta intensidade. Assim os autores sugerem que o treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo pode ser utilizado por indivíduos hipertensos, uma vez que este, por ser de baixa intensidade, pode prevenir a manobra de Valsalva muitas vezes realizadas naqueles em intensidades mais altas, além de proporcionar menor percepção de esforço e menor concentração de lactato sanguíneo (PINTO et al., 2016).

Podemos perceber ainda que os resultados encontrados neste estudo, foram parecidos com os resultados encontrados em um estudo crônico realizado por Cezar et al. (2016) que objetivou analisar as respostas hemodinâmicas e bioquímicas em 23 mulheres hipertensas com o uso de medicação anti-hipertensivas, após o treinamento de força. As participantes foram alocadas aleatoriamente em três grupos de intervenção: o de alta intensidade (WFE – 80% de 1 RM / n = 8 / idade = $59,0 \pm 13,03$ anos), o de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (WFBFR – 30% de 1 RM + RFS 70% da PAS em repouso / n = 8 / idade = $63,75 \pm 11,58$ anos) e o controle (GC - n = 7 / idade = $57,3 \pm 8,17$ anos) que não participou de programa estruturado de treinamento. Os grupos de intervenção, WFE e WFBFR, foram submetidos a oito semanas de treinamento, com frequência de duas vezes/semana, no exercício de flexão do cotovelo. Os resultados mostraram redução significativa da pressão arterial sistólica, diastólica, pressão arterial média e do duplo produto no grupo que treinou com restrição do fluxo sanguíneo entre os períodos pré e pós a intervenção. Em conclusão, os autores afirmaram que o treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo realizado durante oito semanas foi eficaz na redução da pressão arterial em mulheres hipertensas medicadas (CEZAR et al., 2016).

Ao se investigar as evidências científicas disponíveis sobre as mudanças promovidas pelo treinamento de força de baixa intensidade (LI) combinado com a restrição do fluxo sanguíneo (BFR) sobre as variáveis hemodinâmicas de pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC) e duplo produto (DP), encontrou-se um estudo de revisão sistemática realizado por Neto et al. (2017), onde os autores fizeram buscas em diferentes bases de dados entre janeiro de 1990 e maio de 2015. Segundo os autores, resultados divergentes foram encontrados quando

comparados os protocolos de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo (LI-BFR) com os de alta intensidade (HI) e que podem ser justificados pela pequena quantidade das amostras encontradas nos artigos e por causa da falta de padronização dos treinamentos, considerados fatores limitantes dos estudos. As evidências neste estudo, mostram que os protocolos que utilizam BFR contínuo após uma sessão LI aparentemente elevam a FC, a PA e o DP comparados aos protocolos LI sem BFR, embora aumentos significativos na PA pareçam existir entre os protocolos HI quando comparados aos protocolos LI. As alterações hemodinâmicas (FC, PAS, PAD, PAM, RPP) promovidas pela LI com BFR não parecem diferir entre as idades e os segmentos corporais (superiores ou inferiores), embora aparentemente sejam afetadas pela largura do manguito e sejam maiores com a contínua BFR. No entanto, os autores consideram que essas alterações estão dentro da faixa normal, no qual afirmam que este método é seguro e viável para populações especiais (NETO et al., 2017).

Ao comparar os benefícios do treinamento de força tradicional na redução da pressão arterial sistólica e diastólica com o treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo, é possível destacar o estudo de meta-análise realizado por Sousa et al. (2017) que objetivou avaliar os efeitos do treinamento de força isolado sobre a pressão arterial sistólica e diastólica em indivíduos pré-hipertensos e hipertensos. Na busca por estudos relacionados a pesquisa, os autores identificaram 5 estudos do tipo ensaio clínico randomizado que preencheram os critérios de inclusão e que forneceram dados de 201 indivíduos. Os resultados mostraram reduções significativas da pressão arterial sistólica (-8,2 mmHg: 22,5%) e da pressão arterial diastólica (-4,1 mm Hg: 46,5%) quando comparado ao grupo controle (SOUZA et al., 2017).

Porém, nossos achados mostraram resultados superiores a este estudo, com reduções de 12 mmHg na PAS entre as participantes hipertensas que treinaram com 60% de restrição do fluxo sanguíneo, sendo superior ainda ao exercício aeróbico, que apresentam reduções de 5 a 7 mmHg em indivíduos adultos hipertensos (MACDONALD et al., 2016).

Isto pode demonstrar clinicamente que o treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo pode ser considerado um aliado de conduta não-farmacológica no tratamento da hipertensão arterial.

Um dos mecanismos responsáveis por induzir a diminuição das variáveis hemodinâmicas como adaptação ao exercício, perpassa pela melhora do sistema nervoso autônomo no sistema cardiovascular. Porém, não foi possível encontrar na literatura, estudos que compararam o efeito agudo ou crônico do treinamento de força e a utilização *Kaatsu* sobre as variáveis autonômicas.

Um estudo de Ferreira et al. (2016), buscou investigar as respostas autonômicas e hemodinâmicas a diferentes cargas de exercícios aeróbicos, com e sem restrição do fluxo sanguíneo (RF). Os autores realizaram um estudo cruzado com 21 idosos (8 homens e 13 mulheres) que completaram diferentes sessões de exercícios aeróbicos, o de baixa intensidade sem RF (LL: 40% VO₂ máx.), o de baixa intensidade com RF (LL-BFR: 40% VO₂ máx. + 50% RF) e o de alta intensidade (HL: 70% VO₂ máx.).

Os autores registraram a variabilidade da frequência cardíaca e as respostas hemodinâmicas durante o repouso e ao longo de 10, 20 e 30 minutos de recuperação. Os resultados demonstraram redução no grupo HL dos intervalos RR (iRR), da raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos RR adjacente (RMSSD) e do componente de alta frequência (HF), que representa a modulação parassimpática cardíaca, durante 30 minutos de recuperação em comparação com os grupos LL e LL-BFR.

O equilíbrio simpátovagal aumentou os valores de HL durante o tempo de recuperação em maior magnitude em comparação com LL e LL-BFR. As respostas hemodinâmicas pós-exercício mostrou valores reduzidos de duplo produto aos 30 minutos de recuperação em comparação com o repouso de LL e LL-BFR. Além disso, a pressão arterial sistólica foi reduzida no grupo LL-BFR em comparação ao repouso. Assim, os autores concluíram que as alterações autonômicas e hemodinâmicas cardíacas, através das respostas apresentadas neste estudo, indicam menor estresse após LL-BFR comparado a HL. Portanto, sugerem que este método de restrição de fluxo sanguíneo, além de adaptações funcionais (cardiorrespiratória e na aptidão muscular), pode ser uma escolha potencial para atenuar o estresse cardiovascular após exercício em idosos.

Outro possível mecanismo para se justificar o efeito hipotensor do treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo é a diminuição da resistência vascular periférica, devido a maior vasodilatação,

identificado em nosso estudo, pela melhora da função endotelial, principalmente no grupo que treinou a 60% da pressão total de oclusão.

Sabe-se que o sistema vascular é composto por uma camada íntima constituída por células endoteliais que se interligam para formar os tubos que permitem a manutenção do fluxo sanguíneo e a perfusão dos tecidos e é visto como um importante sistema de regulação e sinalização vascular (PEREIRA, 2013); (ALLEY et al., 2014) (STORCH et al., 2017) e dentre as funções do endotélio, uma das principais é a liberação de compostos que induzem a vasodilatação – fator de relaxamento dependente do endotélio (EDFR) ou óxido nítrico (NO), fator de hiperpolarização derivado do endotélio (EDHF), prostaciclina, prostaglandina e bradicinina; compostos que induzem vasoconstrição – endotelina-1 (ET1), prostaglandina H2 (PGH2), tromboxano A2 (TX A2) e ânions superóxido (O_2^-); e modula, metaboliza ou inativa a ação de substâncias vasoativas circulantes (catecolaminas e serotoninas). As grandes semelhanças dos mecanismos de relaxamento da musculatura lisa vascular causado pelo EDRF e pelos nitratos vasodilatadores, cujo metabólito final é o óxido nítrico (NO), bem como dos mecanismos de inibição (hemoglobina, ânions superóxido) e proteção (superóxido dismutase) de ambas as substâncias, sugeriram que o EDRF fosse o próprio NO ou uma substância do qual o NO fosse imediatamente liberado. O óxido nítrico é sintetizado a partir da oxidação do aminoácido L-arginina, reação mediada pela óxido nítrico sintase (NOS), com formação simultânea de L-citrulina (BATLOUNI, 2001); (ALLEY et al., 2014) (STORCH et al., 2017).

A indução da restrição do fluxo sanguíneo durante o treinamento, pode ter aumentado o estresse de cisalhamento levando à dilatação arterial dependente do endotélio e indicando que mudanças no estresse de cisalhamento na membrana da célula endotelial são um estímulo-chave para a adaptação tanto na função vascular quanto na remodelação e ainda para expressar genes antiaterogênicos (por exemplo, eNOS) e diminuir os genes pró-aterogênicos (por exemplo, endotelina 1). É importante ressaltar que essas alterações na expressão gênica estão associadas à melhora da função endotelial (THIJSSSEN et al., 2009).

Em condições fisiológicas, observa-se equilíbrio desses fatores, porém, com predomínio dos fatores relaxantes. De outra parte, em condições patológicas, como na hipertensão arterial, o equilíbrio é alterado ocorrendo a disfunção endotelial, com atenuação dos efeitos vasodilatadores e predomínio dos vasoconstritores

induzindo aumento da resistência vascular periférica e hipertrofia/hiperplasia da parede vascular (BATLOUNI, 2001); (ALLEY et al., 2014) (STORCH et al., 2017).

Ainda existem lacunas que precisam ser melhor exploradas para que se consiga obter melhores resultados para ganhos de força e massa muscular, em diferentes populações e em diferentes condições de saúde, principalmente ao público que envelhece, bem como fornecer benefícios para o sistema nervoso autônomo e cardiovascular, reduzir os possíveis riscos na utilização do método e este, ser usado como uma ferramenta que possa proporcionar a melhora da qualidade de vida e aumento da longevidade desta população.

Mais estudos precisam ser feitos com o objetivo de padronizar as relações entre a pressão a ser exercida nos membros, o tempo de restrição durante a execução dos exercícios, o tamanho ideal do manguito, métodos mais acessíveis para se identificar a pressão total de oclusão, protocolos de treinamento, intensidade e frequência semanal ideal que garantam melhores resultados e diminuam os possíveis riscos.

Uma limitação do estudo foi que não avaliamos as respostas do treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo sobre o débito cardíaco, visto que a pressão arterial sofre influência tanto pela resistência vascular periférica quanto pelo débito cardíaco. Além disso, a medida da PTO foi realizada com os indivíduos deitados em decúbito dorsal e sabemos que a posição do corpo do avaliado (em pé ou sentado) influencia fortemente para os resultados da PTO de membros inferiores (SIELJACKS et al., 2017).

Como perspectivas futuras, as avaliações das amostras sanguíneas coletadas serão capazes de dizer algo sobre os fatores humorais.

Este estudo apresenta boa relevância clínica por propor intervenções passíveis de reprodutibilidade em ambiente não laboratorial, como a utilização do método *kaatsu training* associado aos exercícios de força, no auxílio do tratamento de uma doença de alta prevalência em idosos, e por apresentar um efeito positivo sobre a redução crônica da pressão arterial.

É importante salientar que a aplicação do método de restrição do fluxo sanguíneo em associação ao treinamento de força deve ser realizada por profissionais treinados, com equipamentos específicos e em ambientes seguros, e a sua inclusão em programas de treinamento sem a devida supervisão pode trazer riscos à saúde do praticante.

10 CONCLUSÃO

As evidências científicas apresentadas no presente estudo sugerem que o treinamento de força de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, quando realizado em intensidade moderada de restrição, foi capaz de proporcionar benefícios no sistema autonômico e cardiovascular em idosas hipertensas, enquanto pressões mais altas não obtiveram os mesmos resultados.

Destacaram-se com melhores resultados do treinamento com o método de restrição de fluxo o grupo que treinou a 60% da pressão total de oclusão, sendo esta, a mais recomendada para os benefícios autonômicos e cardiovasculares para a população em questão. Além disso, é possível destacar que não foram encontrados efeitos adversos durante as sessões de treinamento, o que demonstra a segurança desse tipo de treinamento para a população idosa.

Levando-se em considerações essas evidências e tendo em vista uma abordagem prática, pode-se inferir que os achados do presente estudo podem auxiliar profissionais da área da saúde no tratamento e prevenção da hipertensão arterial em idosas, sendo esse tipo de treinamento útil para garantir a segurança cardiovascular e promover ganhos de força nessa população.

No entanto, um número maior de estudos referentes ao assunto deve ser realizado, de modo que a interação entre o treinamento de força de baixa intensidade e o método de restrição de fluxo sanguíneo possa ser melhor elucidado.

REFERÊNCIAS

ABAD, C. et al. Cardiac Autonomic Control in High Level Brazilian Power and Endurance Track-and-Field Athletes. **International Journal Of Sports Medicine**, v. 35, n. 09, p.772-778, 25 abr. 2014. Georg Thieme Verlag KG. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1363268>.

ABE, T. et al. Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults. **Journal of geriatric physical therapy**, v. 33, n. 1, p. 34–40, 2010.

ABE, T.; KEARNS, C. F.; SATO, Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 5, p. 1460–1466, 2006.

ABESO. **Diretrizes brasileiras de obesidade 2016/ABESO**. 4.ed. - São Paulo, SP, p. 1–188, 2016.

ALLEY, H. et al. Ultrasound Assessment of Endothelial-Dependent Flow-Mediated Vasodilation of the Brachial Artery in Clinical Research. **Journal of Visualized Experiments**, n. 92, p. 1–11, 2014.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM). Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 41, n. 3, p. 687-708, 2009.

AMERICAN HEART ASSOCIATION INC (AHA); EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY (ESC). 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. **European Heart Journal**. v. 17, n. 3, p. 354-381, 1996.

ANDERSON, A.; LECLERE, L. Blood Flow Restriction Therapy: Theories, Science, and Current Clinical Results. **Spring**, v. 1, p. 2–6, 2017.

ARAÚJO, J. P. et al. The acute effect of resistance exercise with blood flow restriction with hemodynamic variables on hypertensive subjects. **Journal of Human Kinetics**, v. 43, n. 1, p. 79–85, 2014.

ARQUIVOS BRASILEIROS DE CARDIOLOGIA (ABC). V Diretrizes de Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial (MAPA). **Revista da Sociedade Brasileira de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v. 97, n. 3, p.1-24, set. 2011.

BARAUNA, V. G. et al. Effects of Resistance Training on Ventricular Function and Hypertrophy in a Rat Model. **Clinical Medicine & Research**, v. 5, n. 2, p.114-120, 1 jun. 2007. Marshfield Clinic Research Foundation. <http://dx.doi.org/10.3121/cmr.2007.707>.

BARROSO, R. et al. Effect of exercise training in heart rate variability, anxiety, depression, and sleep quality in kidney recipients: A preliminary study. **Journal Of**

Health Psychology, p.1-10, 10 nov. 2016. SAGE Publications.
<http://dx.doi.org/10.1177/1359105316676329>.

BATLOUNI, M. Endotélio e hipertensão arterial. **Revista Brasileira de Hipertensão**. v. 8, p. 328-338, 2001.

BILCHICK, K. C. et al. Prognostic value of heart rate variability in chronic congestive heart failure. **American Journal of Cardiology**. v. 90, n. 1, p. 24-28, 2002.

BOSSI, I.; STOEBERL, R.; LIBERALI, R. Motivos de aderência e permanência em programas de musculação. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**. v. 2. n. 12. p. 629-638, Nov/Dez, 2008.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Vigitel**, Brasil, 2016.

BRASIL, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02/06/2016.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Envelhecimento e Saúde da Pessoa Idosa**. Brasília, 2007. 192 p.

BRASIL, R. R. L. O. et al. Efeitos do Treinamento Físico Contra Resistência Sobre a Composição Corporal e a Potência Muscular em Adultos Deficientes de Hormônio do Crescimento. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p.134-140, abr. 2001.

BRITO, L. C.; QUEIROZ, A. C. C.; FORJAZ, C. L. M. Influence of population and exercise protocol characteristics on hemodynamic determinants of post-aerobic exercise hypotension. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 47, n. 8, p. 626-636, Aug. 2014.

BRUM, P.C. et al. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Revista Paulista de Educação Física**. v. 18, n. esp., p. 21-31, 2004.

BUFORD, T. W. et al. Kaatsu training to enhance physical function of older adults with knee osteoarthritis: Design of a randomized controlled trial. **Contemporary Clinical Trials**, v. 43, p. 217–222, 2015.

BUNEVICIUS, K. et al. Cardiovascular response to bouts of exercise with blood flow restriction. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 28, n. 12, p. 3288–3292, 2016.

CAIROLI, C. E. D. Deficiência Androgênica no Envelhecimento Masculino. **Revista Amrigs**, Porto Alegre, v. 4, n. 48, p.291-299, out.-dez., 2004.

CARVALHO, J. Pode o exercício físico ser um bom medicamento para o envelhecimento saudável? **Acta Farmacêutica Portuguesa**, v. 3, n. 2, p. 125–133, 2014.

CASONATTO, J.; POLITO, M. D. Hipotensão pós-exercício aeróbio: Uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 2, p. 151–157, 2009.

CEZAR, M. A. et al. Effects of exercise training with blood flow restriction on blood pressure in medicated hypertensive patients. **Motriz**, v. 22, n. 2, p. 9–17, 2016.

COOPER, C. et al. Frailty and sarcopenia: Definitions and outcome parameters. **Osteoporosis International**, v. 23, n. 7, p. 1839–1848, 2012.

CURTY, V. M. et al. Blood flow restriction attenuates eccentric exercise-induced muscle damage without perceptual and cardiovascular overload. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, p. 1–9, 2017.

CZERESNIA, D. et al. Atenção à saúde do Idoso: Aspectos conceituais – Planos de cuidado. **Organização Pan-Americana da Saúde**, 1 ed. 98 p., 2012.

DANKEL, S. J. et al. The Effects of Blood Flow Restriction on Upper-Body Musculature Located Distal and Proximal to Applied Pressure. **Sports Medicine**, v. 46, n. 1, p.23-33, 7 out. 2015. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-015-0407-7>.

DE ANGELIS, K.; SANTOS, M. DO S. B.; IRIGOYEN, M. C. Sistema nervoso autônomo e doença cardiovascular. **Cardiologia Rome**, v. 33, n. 03, p. 1–7, 2006.

DASKALOPOULOU, S. S. et al. The 2015 Canadian Hypertension Education Program recommendations for blood pressure measurement, diagnosis, assessment of risk, prevention, and treatment of hypertension. **Canadian Journal of Cardiology**, v. 31, n. 5, p. 549-568, 2015.

DONNELLY, R.; HINWOOD, D.; LONDON, N. J. Abc of arterial and venous disease. Non-invasive methods of arterial and venous assessment. **BMJ**, v. 320, n. 7236, p. 698-701, 2000.

DUTRA, M. T. et al. Hipotensão pós-exercício resistido: Uma revisão da literatura. **Revista da Educação Física**, v. 24, n. 1, p. 145–157, 2013.

DYACHENKO, V.; RUECKSCHLOSS, U.; ISENBERG, G.. Modulation of cardiac mechanosensitive ion channels involves superoxide, nitric oxide and peroxynitrite. **Cell Calcium**, v. 45, n. 1, p.55-64, jan. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceca.2008.06.002>.

FECHINE, B. R. A.; TROMPIERE, N. O Processo De Envelhecimento: As Principais Alterações Que Acontecem Com O Idoso Com O Passar Dos Anos. **Inter Science Place**, v. 1, n. 20, p. 106–132, 2012.

FERNANDES, B. L. V. Atividade Física no processo de envelhecimento. **Revista portal de divulgação**, n. 40, p. 43–48, 2014.

FERRAZ, R. B. A. S. **Efeitos do treinamento de força associado à oclusão vascular na dor, força, hipertrofia, funcionalidade e qualidade de vida em pacientes com osteoartrose de joelho.** 2014. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências, Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

FERREIRA, M. L. V. et al. Cardiac autonomic and haemodynamic recovery after a single session of aerobic exercise with and without blood flow restriction in older adults. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 24, p. 2412–2420, 2016.

FLECK, M. P. A. et al. Projeto WHOQOL-OLD: método e resultados de grupos focais no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, n. 6, p. 793-799, 2003.

FLETCHER, G. F. et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**, v. 128, n. 8, p. 873-934, 2013.

FOUNTOULAKIS, K.N. et al. Unipolar late-onset depression: a comprehensive review. **Annals of General Hospital Psychiatry**, v. 2, n. 11, p. 1-14, 2003.

FRANCHINI, K.G. Função e disfunção autonômica na doença cardiovascular. **Revista Socesp**, v. 8, p. 285-297, 1998.

FRY, C. S. et al. Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. **Journal Of Applied Physiology**, v. 108, n. 5, p.1199-1209, maio 2010. American Physiological Society. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.01266.2009>.

GARATACHEA, N. et al. Exercise Attenuates the Major Hallmarks of Aging. **Rejuvenation Research**, v. 18, n. 1, p. 57–89, 2015.

GIL, A. L. S. et al. Effect of strength training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorrheic women. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 37, n. 2, p. 221–228, 2015.

GOZZI, S. D.; BERTOLINI, S. M. M. G.; LUCENA, T. F. R. Impacto das academias da terceira idade: comparação da capacidade motora e cognitiva entre praticantes e não praticantes. **ConScientiae Saúde**, v. 15, n. 1, p. 15–23, 2016.

HARTOG, R. et al. Short-term vascular hemodynamic responses to isometric exercise in young adults and in the elderly. **Clinical Interventions in Aging**, v. Volume 13, p. 509–514, 2018.

HAYKOWSKY, M. J. et al. Resistance Training and Cardiac Hypertrophy: Unravelling the Training Effect. **Sports Medicine**, v. 32, n. 13, p.837-849, nov. 2002. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200232130-00003>.

HORIUCHI, M.; OKITA, K. Blood Flow Restricted Exercise and Vascular Function. **International Journal Of Vascular Medicine**, v. 2012, p.1-17, 2012. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/543218>.

HUTTON, B., J. et al. Comparative effectiveness of monotherapies and combination therapies for patients with hypertension: protocol for a systematic review with network meta-analyses. **Systematic Reviews**, v. 2, n. 44, 2013.

IRIGOYEN, M. C. et al. The relationship between renal sympathetic nerve activity and arterial pressure after selective denervation of baroreceptors and chemoreceptors. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 24, p. 219-222, 1991.

IRIGOYEN, M. C. et al. Changes of renal sympathetic activity in acute and chronic conscious sinoaortic denervated rats. **Hypertension**, v. 6, n. 2, p. 1111-1116, 1995.

IRIGOYEN, M. C. et al. Fisiopatologia da Hipertensão: O que avançamos? **Revista Socesp**, v. 1, p. 20-45, 2003.

IRIGOYEN, M. C.; CONSOLIM-COLOMBO, F. M.; KRIEGER, E. M. Controle cardiovascular: regulação reflexa e papel do sistema nervoso simpático. **Revista Brasileira de Hipertensão**, v. 8, n. 1, p. 55–62, 2001.

JAMES, P. A. et al. 2014 Evidence-Based Guideline for the Management of High Blood Pressure in Adults. **Jama**, v. 311, n. 5, p. 507, 2014.

JILL, N. et al. Aging enhances autonomic support of blood pressure in women. **Hypertension**, v. 63, p. 303-308, 2014.

JOYNER, M. J. Why Physiology Matters in Medicine. **Physiology**, v. 26, n. 2, p. 72–75, 2011.

KARABULUT, M. et al. The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 1, p. 147–155, 2010.

KINETICS, H. Anthropometry Protocol. p. 1–12, 1988.

KIZHAKKUTTU, T. J. et al. Measuring FMD in the brachial artery: how important is QRS gating? **Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 4, p. 959–965, 2010.

KRAEMER, W. J.; FLECK, S. J.; DESCHENES, M. R. **Exercise Physiology: Integrating Theory and Application**. Lippincott Williams & Wilkins, 2012.

LA ROVERE, M. T.; PINNA, G. D. Beneficial effects of physical activity on baroreflex control in the elderly. **Annals of Noninvasive Electrocardiology**, v. 19, n. 4, p. 303-310, 2014.

LANCHA JUNIOR, A. H.; LANCHI, L. O. P. **Avaliação e Prescrição de Exercício Físico: Normas e Diretrizes**. Barueri: SP, Manole, 2016. 287 p.

LAURENTINO, G. C. **Treinamento de Força com Oclusão Vascular: Adaptações Neuromusculares e Moleculares**. 2010. 65 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Educação Física, Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

LAVIE, C. J. et al. Exercise and the cardiovascular system: clinical science and cardiovascular outcomes. **Circulation Research**, v. 117, n. 2, p. 207-219, 2015.

LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios?** Conceitos Fundamentais de Neurociência - 2ª edição. Atheneu, 2010.

LEVITAN, E. B.; WOLK, A.; MITTLEMAN, M. A. NIH Public Access. **Archives of Internal Medicine**, v. 169, n. 9, p. 851–857, 2009.

LOENNEKE, J. P. et al. Effects of cuff width on arterial occlusion: Implications for blood flow restricted exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 8, p. 2903–2912, 2012.

LOENNEKE, J. P. et al. Time under tension decreased with blood flow-restricted exercise. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 32, n. 4, p. 268–273, 2015.

LOENNEKE, J. P.; WILSON, G. J.; WILSON, J. M. 10 - A mechanistic approach to blood flow occlusion. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, p. 1–4, 2010.

LOHMAN, T. G.; ROCHE A. F.; MARTORELL R. Anthropometric standardization reference manual. Champaign: **Human Kinetics Books**; 1988.

MACDONALD, H. V. et al. Dynamic Resistance Training as Stand-Alone Antihypertensive Lifestyle Therapy: A Meta-Analysis. **Journal Of The American Heart Association**, v. 5, n. 10, p.1-35, 28 set. 2016. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1161/jaha.116.003231>.

MANIMMANAKORN, A. et al. Effects of resistance training combined with vascular occlusion or hypoxia on neuromuscular function in athletes. **European Journal Of Applied Physiology**, v. 113, n. 7, p.1767-1774, 15 fev. 2013. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-013-2605-z>.

MANINI, T. M.; CLARK, B. C. Blood Flow Restricted Exercise and Skeletal **Muscle Health**. v. 45701, p. 1–8, 2009.

MATSUDO, S. M.; MATSUDO, V. K. R.; BARROS NETO, T. L. Impacto do envelhecimento nas variáveis antropométricas, neuromotoras e metabólicas da aptidão física. **Revista Brasileira de Ciências e Movimento**, Brasília, v. 8, n. 4, p.21-32, set. 2000.

MAY, A. K.; BRANDNER, C. R.; WARMINGTON, S. A. Hemodynamic responses are reduced with aerobic compared with resistance blood flow restriction exercise.

Physiological Reports, v. 5, n. 3, p. 1–10, 2017.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do Exercício: Nutrição, Energia e Desempenho Humano**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. 1482 p.

MICHELINI, L. **Regulação neuro-humoral da pressão arterial**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

MOILANEN, J. M. et al. Effect of aerobic training on menopausal symptoms—a randomized controlled trial. **Menopause**, v. 19, n. 6, p. 691–696, 2012.

MOORE, S. C. et al. Leisure Time Physical Activity of Moderate to Vigorous Intensity and Mortality: A Large Pooled Cohort Analysis. **PLoS Medicine**, v. 9, n. 11, p. 1–14, 2012.

MORAES, M. R. et al. Effect of 12 weeks of resistance exercise on post-exercise hypotension in stage 1 hypertensive individuals. **Journal of Human Hypertension**, v. 26, n. 9, p. 533–539, 2012.

MORIGGI, R. J. et al. Similar hypotensive responses to resistance exercise with and without blood flow restriction. **Biology of Sport**, v. 32, n. 4, p. 289–294, 2015.

MORRIS, S.B. **Estimando Tamanhos de Efeito de Projetos de Grupo de Controle Pré-teste-Pós-Teste**. Métodos de Pesquisa Organizacional, v. 11, n. 2, p. 364–386, 2008. <http://doi.org/10.1177/1094428106291059>.

MOSTARDA, C. et al. Hipertensão e modulação autonômica no idoso: papel do exercício físico Hypertension and autonomic modulation in olders: role of exercise training. **Revista Brasileira de Hipertensão**, v. 16, n. 1, p. 55–60, 2009.

NEGRÃO, C. E.; BARRETTO, A. C. P. **Cardiologia do Exercício: Do atleta ao cardiopata**. 3. ed. Barueri: SP, Manole, 2010. 725 p.

NETO, G. R. et al. Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 4, p. 1064–70, 2015.

NETO, G. R. et al. Acute Effects of Resistance Exercise With Continuous and Intermittent Blood Flow Restriction on Hemodynamic Measurements and Perceived Exertion. **Perceptual and Motor Skills**, v. 124, n. 1, p. 277–292, 2016.

NETO, G. R. et al. Effects of resistance training with blood flow restriction on haemodynamics: a systematic review. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 37, n. 6, p. 567–574, 2017.

NOGUEIRA, I. C. et al. Effects of exercise on hypertension control in older adults : systematic review Efeitos do exercício físico no controle da hipertensão arterial em idosos : uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 15(3), p. 587–601, 2010.

OLIVEIRA, D.; BERTOLINI, S.; JOAQUIM., J. Qualidade de vida de idosas praticantes de diferentes modalidades de exercício físico. **ConScientiae Saude**, v. 13, n. Qualidade de vida de idosas praticantes de diferentes modalidades de exercício físico, p. 187–195, 2014.

OZAKI, H.; LOENNEKE, J. P.; ABE, T. Blood flow-restricted walking in older women: does the acute hormonal response associate with muscle hypertrophy? **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 37, n. 4, p. 379–383, 2015.

PAIVA, F. M. L. **Efeitos Sub-agudos do exercício com oclusão vascular na função endotelial de homens jovens**. 2015. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Educação Física, Faculdade de Educação Física, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

PAPÁLEO NETTO, M. Ciência do envelhecimento: Abrangência e termos básicos e objetivos. **Tratado de Gerontologia**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2007. p. 29-38.

PASSOS, V. M. A. et al. Hipertensão arterial no Brasil: estimativa de prevalência a partir de estudos de base populacional. **Epidemiologia e serviços da saúde**, v. 15, n. 1, p. 35-45, 2006.

PEDROSA, D. F. et al. Efeitos benéficos do estrogênio no sistema cardiovascular. **Perspectivas Online**, v. 3, n. 12, p.190-196, 2009.

PEREIRA, S. M. P. **Efeito do exercício aeróbio sobre as células progenitoras do endotélio**. 2013. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biocinética, Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2013.

PESCATELLO, L. S. et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 3, p. 533-553, 2004.

PETERSON, C. M.; JOHANNSEN, D. L.; RAVUSSIN, E. Skeletal muscle mitochondria and aging: A review. **Journal of Aging Research**, v. 2012, p. 1-20, 2012.

PETROSKI, E. E. L.; PIRES-NETO, C. S.; NETO, C. P. **Validação de Equações Antropométricas para estimativa da densidade Corporal em Mulheres** *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*, 1995. Disponível em: <<http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBAFS/article/view/470>>

PINTO, R. R. et al. Acute resistance exercise with blood flow restriction in elderly hypertensive women: Haemodynamic, rating of perceived exertion and blood lactate. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, p. 1–8, 2016.

POPE, Z. K.; WILLARDSON, J. M.; SCHOENFELD, B. J. A brief review: Exercise and blood flow restriction. **Journal of Strength and Conditioning Research**, s.n., v. 27, 2013.

POTON, R.; POLITO, M. D. Respostas Cardiovasculares durante Exercício Resistido com Restrição de Fluxo Sanguíneo. **Revista Brasileira de Cardiologia**, v. 27, n. 2, p. 600–606, 2014a.

POTON, R.; POLITO, M. D. Hemodynamic response to resistance exercise with and without blood flow restriction in healthy subjects. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 36, n. 3, p. 231–236, 2014b.

PURVES, D. et al. **Neurociências**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

QUEIROZ, A. C. C.; KANEGUSUKU, H.; FORJAZ, C. L. M. Efeitos do treinamento resistido sobre a Pressão Arterial de idosos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 95, n. 1, p.135-140, 2010.

RAVAGNANI, F.C.P.; COELHO, C.F.; BURINI, R.C. Declínio do consumo máximo de oxigênio em função da idade em indivíduos adultos do sexo masculino submetidos ao teste ergoespirométrico. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, 2005; 13(2):7-15.

RUWER, S.L.; ROSSI, A. G.; SIMON, L. F. Equilíbrio no idoso. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v. 71, n. 3, p. 298-303, 2005.

SATO, Y. The history and future of KAATSU Training. **International Journal of KAATSU Training Research**, n. 26, p. 1–5, 2005.

SBH. 7ª Diretriz Brasileira De Hipertensão Arterial. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 107, n. 3, Supl. 3, setembro 2016.

SCHER, L. M. L.; NOBRE, F.; LIMA, N. K. C. O papel do exercício físico na pressão arterial em idosos. **Revista Brasileira de Hipertensão**, v. 15, n. 4, p. 228-231, 2008.

SCHNEIDER, R. H.; IRIGARAY, T. Q. O envelhecimento na atualidade: aspectos cronológicos, biológicos, psicológicos e sociais. **Estudos de Psicologia (Campinas)**, v. 25, n. 4, p. 585–593, 2008.

SERRATRICE, J.; VERSCHUEREN, A.; SERRATRICE, G. Sistema nervoso autônomo. **EMC - Neurologia**, v. 13, n. 2, p. 1–17, 2013.

SIELJACKS, P. et al. Body position influences arterial occlusion pressure: implications for the standardization of pressure during blood flow restricted exercise. **European Journal Of Applied Physiology**, v. 118, n. 2, p.303-312, 1 dez. 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-017-3770-2>.

SILVA, J. V. F. et al. A relação entre o envelhecimento populacional e as doenças crônicas não transmissíveis: Sério desafio de saúde pública. **Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 2, n. 3, p. 91–100, 2015.

SIRI, W. E. Body composition from fluid space and density: analysis of method in: Brozek J, Henschel A. *Techniques for measuring body composition*. Washington: **National Academy of Sciences**; 1961.

SLYSZ, J.; STULTZ, J.; BURR, J. F. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 19, n. 8, p. 669–675, 2016.

SOUSA, E. C. et al. Resistance training alone reduces systolic and diastolic blood pressure in prehypertensive and hypertensive individuals: meta-analysis. **Hypertension Research**, v. 40, n. 11, p.927-931, 3 ago. 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/hr.2017.69>.

SPERETTA, G. F. F. et al. Efeito do Intervalo Entre as Séries Sobre o Volume de Repetições no Método Piramidal Crescente. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**. v. 3. n. 14. p. 118-123, Mar/Abr. 2009.

SPRANGER, M. D. et al. Blood flow restriction training and the exercise pressor reflex: a call for concern. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, v. 309, n. 9, p. H1440–H1452, 2015.

STAUNTON, C. A. et al. Haemodynamics of aerobic and resistance blood flow restriction exercise in young and older adults. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 11, p. 2293–2302, 2015.

STEWART, A. A. et al. International standards for anthropometric assessment. **Lower Hutt, New Zealand: International Society for the Advancement of Kinanthropometry**, p. 125f, 2011.

STORCH, A. S. et al. Methods of Endothelial Function Assessment: Description and Applications. **International Journal Of Cardiovascular Sciences**, v. 30, n. 3, p.262-273, mar. 2017. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/2359-4802.20170034>.

TAKANO, H. et al. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. **European Journal Of Applied Physiology**, v. 95, n. 1, p.65-73, 15 jun. 2005. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-005-1389-1>.

TAKARADA, J. et al. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 1, p. 61–65, 2000.

TAKARADA, Y.; SATO, Y.; ISHII, N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 86, n. 4, p. 308-314, 2002.

TEIXEIRA, E. L.; HESPANHOL, K. C.; MARQUEZ, T. B.; FILHO, E. M. et al. Efeito do treinamento de força com oclusão vascular na capacidade funcional de idosas. **Ensaio e Ciência**, v. 16, n. 4, p. 77–86, 2012.

TEIXEIRA, E. L.; HESPANHOL, K. C.; MARQUEZ, T. B. Efeito do treinamento resistido com oclusão vascular em idosas. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v. 6, n. 36, p.560-568, nov. 2012.

TERRA, D. F. et al. Redução da Pressão Arterial e do Duplo Produto de Repouso após Treinamento Resistido em Idosas Hipertensas. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 91, n. 5, p.299-305, 2008.

THIJSSSEN, D. H. J. et al. Retrograde Flow and Shear Rate Acutely Impair Endothelial Function in Humans. **Hypertension**, v. 53, n. 6, p. 986–992, 2009.

TODA, N.; AYAJIKI, K.; OKAMURA, T. Control of systemic and pulmonary blood pressure by nitric oxide formed through neuronal nitric oxide synthase. **Journal of Hypertension**, v. 27, n. 10, p.1929-1940, out. 2009. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/hjh.0b013e32832e8ddf>.

TRITSHLER, K. A. **Medidas e Avaliação em Educação Física e esportes de Barow & McGee**. Barueri, SP: Manole, 2003.

UMPIERRE, D.; STEIN, R. Efeitos Hemodinâmicos e Vasculares do Treinamento Resistido: Implicações na Doença Cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 89, n. 4, p. 256–262, 2007.

VIEIRA, A. A. U.; APRILE, M. R.; PAULINO, C. A. Exercício Físico, Envelhecimento e Quedas em Idosos: Revisão Narrativa. **Revista Equilíbrio Corporal Saúde**, v. 6, n. 1, p. 23–31, 2014.

VIEIRA, R. S.; VIEIRA, R. D. S. **Saúde o idoso e saúde da família. 1 ed.**, 2010.

VICTOR, R.G.; MARK, A. L. The sympathetic nervous system in human hypertension. In: Laragh JH, Brenner BM, eds. **Hypertension: Pathophysiology, Diagnosis and Management**, 2 ed. New York: Raven Press Ltd., 1995; pp.755-73

VILAÇA-ALVES, J. et al. Acute effect of resistance exercises performed by the upper and lower limbs with blood flow restriction on hemodynamic responses. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 19, n. 3, p. 100–109, 2016.

WEINECK, J. **Biologia do esporte**. 7 ed. São Paulo: Manole, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a World Health Organization Consultation. Geneva: World Health Organization, 2004. p. 256. **WHO Obesity Technical Report Series**, n. 284.

YASUDA, T. et al. Effects of low-load, elastic band resistance training combined with blood flow restriction on muscle size and arterial stiffness in older adults. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 70, n. 8, p. 950–958, 2015.

ZAGO, A. S.; ZANESCO, A. Óxido Nítrico, Doenças Cardiovasculares e Exercício Físico. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 87, n. 6, p.264-270, 2006.

APÊNDICE A – Modelo do Termo de Consentimento

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Senhor (a): _____

Você está sendo convidada a participar da pesquisa: **“Efeitos do treinamento de força de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo sobre as respostas autonômicas e cardiovasculares em idosas hipertensas”**, que está sob a orientação do Prof. Dr. Cristiano Teixeira Mostarda da Universidade Federal do Maranhão, cujo o objetivo é de investigar como o sistema nervoso autônomo e cardiovascular responde ao treinamento resistido com o uso do método de restrição de fluxo sanguíneo em idosos.

Caso você concorde com a participação, favor assinar ao final deste documento. Sua participação não é obrigatória e você tem a liberdade de retirar o seu consentimento da participação na pesquisa, em qualquer momento, bastando para isso, comunicar aos responsáveis pela investigação, sem prejuízo algum para o seu atendimento.

Você receberá uma cópia deste termo, no qual tem o telefone e o endereço do pesquisador principal e do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Maranhão, podendo tirar quaisquer dúvidas quanto ao projeto a ser realizado e, também, sobre sua participação, antes e durante a pesquisa.

Após o seu consentimento iniciaremos a pesquisa com uma avaliação física composta por: dados de identificação (nome, data de nascimento), antropometria (circunferências do corpo), composição corporal, força máxima, variabilidade da frequência cardíaca no domínio de tempo e frequência em repouso, monitoramento da pressão arterial, a aplicação dos questionários de qualidade do sono, ansiedade e depressão e coleta de sangue feita por um biomédico para a dosagem de Glicemia em jejum (GL), Triglicerídeos (TG), Colesterol Total (CT), Lipoproteína de Baixa Densidade (LDL-C), Lipoproteína de Alta Densidade (HDL-C), proteína C-reativa e hemograma completo.

As avaliações acontecerão da seguinte forma: será agendado com antecedência uma data e horário para que as avaliações aconteçam. A coleta de sangue será feita por um biomédico capacitado e treinado, que utilizará materiais novos e descartáveis que serão abertos somente no momento do exame e depois de utilizados, serão jogados no lixo, reduzindo o risco de infecção.

Antes do início do programa de treinamento, você realizará um teste de esforço, em cada um dos exercícios selecionados, para identificar sua carga de treinamento individualizado, promovendo maior segurança no desenvolvimento do trabalho.

Durante todo o programa você terá um acompanhamento de um professor de Educação Física, formado e com boa qualificação para desenvolver esse tipo de atividade. O programa será composto pelos exercícios de flexão e extensão do cotovelo para membros superiores e flexão e extensão do joelho para membros inferiores em dias alternados pré-definidos e tempo médio de 40 minutos

cada dia. Participará ainda duas sessões de treinamento, em dias alternados, para a familiarização tanto com os exercícios selecionados quanto ao método do *kaatsu training*. A primeira, para a correta execução do movimento e velocidade de dois segundos entre cada fase de movimento e carga mínima em cada máquina. A segunda para a familiarização do manômetro aplicado sobre os membros (superiores e inferiores).

Como principais benefícios que a pesquisa irá proporcionar aos participantes estão: os benefícios cardiovasculares e autonômicos com os efeitos hipotensivos pós-exercício, diminuição dos níveis pressóricos em repouso, benefícios neuroendócrinos como a melhora da secreção dos hormônios endógenos anabólicos, benefícios metabólicos como a redução do perfil lipídico e conseqüentemente, redução do peso corporal, aumento da massa óssea e muscular, reduzindo a osteoporose e sarcopenia aumentada no idoso, aumento da força, melhora no metabolismo da glicose e no aumento nas respostas dos tecidos a insulina, aumento na concentração de HDL e redução do LDL e triglicérides, assim promovendo no idoso, de forma geral, a melhoria da saúde, qualidade de vida e do bem-estar.

Os principais riscos e desconfortos durante a realização do programa de treinamento são: queixa de dor muscular após a sessão de treino, possibilidade de desconfortos articulares em alguns movimentos e também devido ao uso do manômetro, aumento agudo da pressão arterial como resposta tanto do treinamento quanto da utilização do método de restrição de fluxo sanguíneo, porém estes riscos serão minimizados por se tratar de um estudo em que as pressões exercidas pelos manômetros nos membros, estarão dentro de uma zona de segurança cardiovascular já comprovada em pesquisas anteriores e pelo fato da intensidade utilizada no treinamento resistido ser relativamente baixa (20% de 1-RM), respectivamente, além do acompanhamento do professor de Educação Física para a correta execução dos movimentos.

E sempre que você desejar, serão fornecidos esclarecimentos sobre cada uma das etapas do estudo. Os pesquisadores e as instituições envolvidas acordam em assumir a responsabilidade de oferecer assistência integral às complicações e danos decorrentes dos riscos previstos nas diferentes fases da pesquisa, proporcionando assistência imediata e possível indenização diante a eventuais danos diretos decorrentes da sua participação na pesquisa. Se houver a necessidade de indenização os custos serão repassados pelos pesquisadores para você através do custeio de desconfortos decorrentes da pesquisa.

Todas as informações obtidas terão caráter sigiloso e a identidade dos participantes será preservada. Os nomes dos participantes não aparecerão em qualquer momento da pesquisa, pois serão identificados por números.

QUALIFICAÇÃO DO DECLARANTE

Eu, _____, RG _____, li e/ou ouvi e entendi as informações acima e estou ciente para que serve a pesquisa. Tendo lido e recebido explicações e entendido o que está escrito acima, aceito participar voluntariamente da pesquisa.

PESQUISADOR RESPONSÁVEL:

Prof. Dr. Cristiano Teixeira Mostarda

Endereço: Universidade Federal do Maranhão, Avenida dos Portugueses, 1966,
Departamento de Educação Física, São Luís – MA. CEP: 65080-805

Telefone: (98) 98143-5532 / 3272-8170 / 3272-8178

Email: cristiano.mostarda@gmail.com

PESQUISADOR PARTICIPANTE:

Prof. Esp. Leandro Moraes Pinto

Telefone: (98) 98802-1779

Email: leo_moraespinto@hotmail.com

Prof. Dr. Cristiano Teixeira Mostarda

Prof. Esp. Leandro Moraes Pinto

APÊNDICE B – Termo de autorização do local da pesquisa**COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO
EM EDUCAÇÃO FÍSICA - PPGEF****Ao Chefe de Departamento de Educação Física****Prof. Dr. Francisco Navarro**

Eu, Leandro Moraes Pinto, colaborador do projeto de pesquisa intitulado **EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA DE BAIXA INTENSIDADE COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO SOBRE AS RESPOSTAS AUTONÔMICAS E CARDIOVASCULARES EM IDOSAS HIPERTENSAS**, no qual pertence ao PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA da UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO, venho pelo presente, solicitar autorização do Chefe de Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Maranhão, para realizar pesquisa com idosos no laboratório de força, com o objetivo de avaliar os efeitos do treinamento resistido com o uso do método de restrição de fluxo sanguíneo (*kaatsu training*) sobre os parâmetros autonômicos e cardiovasculares em idosos, orientado pelo Professor Dr. Cristiano Teixeira Mostarda.

A coleta de dados deste projeto será iniciada nas datas pré-agendadas, sendo feita apenas com os idosos que aceitarem participar da pesquisa com o seu devido consentimento.

Após o consentimento dos participantes, a coleta de dados será feita em dois momentos (pré e pós intervenção) com uma avaliação física composta por anamnese, antropometria, composição corporal, força máxima, variabilidade da frequência cardíaca no domínio de tempo e frequência em repouso com o uso de um eletrocardiograma, monitoramento da pressão arterial através da MAPA, a

aplicação dos questionários de qualidade do sono, ansiedade e depressão e coleta de sangue feita por um biomédico para a dosagem de Glicemia em jejum (GL), Triglicerídeos (TG), Colesterol Total (CT), Lipoproteína de Baixa Densidade (LDL-C), Lipoproteína de Alta Densidade (HDL-C), proteína C-reativa e hemograma completo.

Antes do início do programa de treinamento, será realizado um teste de esforço em cada um dos exercícios selecionados, para identificar a carga de treinamento individualizado, promovendo maior segurança no desenvolvimento do trabalho e que será trabalhada numa intensidade de 20% de 1RM (uma repetição máxima).

Durante todo o programa, os participantes terão o acompanhamento de um professor de Educação Física, formado e com boa qualificação para desenvolver esse tipo de atividade. O programa será composto pelos exercícios de flexão e extensão do cotovelo para membros superiores e flexão e extensão do joelho para membros inferiores em dias alternados pré-definidos e tempo médio de 40 minutos cada dia. Participará ainda duas sessões de treinamento, em dias alternados, para a familiarização tanto com os exercícios selecionados quanto ao método do *kaatsu training*. A primeira, para a correta execução do movimento e velocidade de dois segundos entre cada fase de movimento e carga mínima em cada máquina. A segunda para a familiarização do manômetro aplicado sobre os membros (superiores e inferiores).

Como principais benefícios que a pesquisa irá proporcionar aos participantes estão: os efeitos hipotensores pós-exercício, diminuição dos níveis pressóricos em repouso, benefícios neuroendócrinos como a melhora da secreção dos hormônios endógenos anabólicos, benefícios metabólicos como a redução do perfil lipídico e conseqüentemente, redução do peso corporal, aumento da massa óssea e muscular, reduzindo a osteoporose e sarcopenia aumentada no idoso, aumento da força, melhora no metabolismo da glicose e no aumento nas respostas dos tecidos a insulina, aumento na concentração de HDL e redução do LDL e triglicérides, assim promovendo no idoso, de forma geral, a melhoria da saúde, qualidade de vida e do bem-estar.

Os principais riscos e desconfortos durante a realização do programa de treinamento são: queixa de dor muscular após a sessão de treino, possibilidade de desconfortos articulares em alguns movimentos e também devido ao uso do

manômetro, aumento agudo da pressão arterial como resposta tanto do treinamento quanto da utilização do método de restrição de fluxo sanguíneo, porém estes riscos serão minimizados por se tratar de um estudo em que as pressões exercidas pelos manômetros nos membros, estarão dentro de uma zona de segurança cardiovascular já comprovada em pesquisas anteriores e pelo fato da intensidade utilizada no treinamento resistido ser relativamente baixa (20% de 1-RM), respectivamente, além do acompanhamento do professor de Educação Física para a correta execução dos movimentos.

Todas as informações obtidas terão caráter sigiloso e a identidade dos participantes será preservada. Os nomes dos participantes não aparecerão em qualquer momento da pesquisa, pois serão identificados por números.

Contando com a autorização desta instituição, estamos à disposição para qualquer esclarecimento.

Orientador, Prof. Dr. Cristiano Teixeira Mostarda, e-mail cristiano.mostarda@gmail.com. Pesquisadores responsáveis, Leandro Moraes Pinto, e-mail leo_moraespinto@hotmail.com, fone (98) 98802-1779 e Carlos José Moraes Dias, e-mail carlosdias.ef@gmail.com, fone (98) 98256-5056.

São Luís, _____ de _____ de _____

APÊNDICE B – Modelo da ficha de avaliação física

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
 PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
 RESPONSÁVEIS PELA PESQUISA: PROF. DR. CRISTIANO
 MOSTARDA E LEANDRO MORAES

**EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA DE BAIXA INTENSIDADE COM
 RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO SOBRE AS RESPOSTAS
 AUTÔNOMICAS E CARDIOVASCULARES EM IDOSAS HIPERTENSAS.**

QUESTIONÁRIO DE ANAMNESE

DADOS PESSOAIS

NOME: _____ DATA NASC. ____/____/____

ENDEREÇO: _____

TELEFONE: _____ CELULAR: _____

IDADE: _____ PROFISSÃO: _____ E-MAIL: _____

EM CASO DE EMERGÊNCIA: _____ CONTATO: _____

OBJETIVO:

ANAMNESE

- EXAMES

Colesterol Total: _____ LDL: _____ HDL: _____

Triglicérides: _____ Glicemia: _____

PCR _____ Taxas Hormonais: _____

Outros: _____

- HISTÓRICO FAMILIAR

Antecedentes Familiares (Diabetes, Cardiopatias, Hipercolesterolemia, Hipo/Hipertensão, Obesidade, AVC, Problemas Circulatórios): _____

- HISTÓRICO PESSOAL

Tratamento médico atual: _____

HIPERTENSAO ARTERIAL () Sim () Não DIABETES () Sim () Não

CARDIOPATIA () Sim () Não

C.A. () Sim () Não

Cirurgia _____

Lesões osteo-mio-articulares: _____

Câimbras: () Sim () Não Local: _____ Varizes: () Sim () Não Local: _____

Dores no Corpo: () Sim () Não Local: _____

Alergias: _____

_____ Faz uso de algum medicamento? () Sim () Não

Qual (is): _____

Fumante: () Sim () Não Ex-fumante: () Sim () Não Tempo: __ Quantos/dia: __

Etílico: () Sim () Não Tempo: _____ Cansaço ao subir escadas: _____

Dieta Alimentar: _____ Hábitos Alimentares Viciosos: _____ Qtes/dia: _____

Ingestão de água por dia: _____ Problemas com desidratação: () Sim () Não

Prática de Atividade Física: () Sim () Não

Qual: _____ Tempo: _____ Frequência: _____

ANSIEDADE (Beck): DEPRESSÃO (Beck): QUALIDADE DO SONO (Pittsburgh):**DADOS ANTROPOMÉTRICOS**

Dados	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação	4ª Avaliação
Peso (Kg)				
Estatura (cm)				
IMC/Classific. (Kg/m ²)				
PA repouso (mmHg)				
FC repouso (bpm)				
FC máxima (bpm)				
FC treino: FC rep + 70% (FC máx – FC rep.				

PERIMETRIA

Dados	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação	4ª Avaliação
-------	--------------	--------------	--------------	--------------

Ombro								
Tórax								
Braços	D	E	D	E	D	E	D	E
Antebraços	D	E	D	E	D	E	D	E
Cintura								
Abdômen								
Quadril								
Coxa	D	E	D	E	D	E	D	E
Panturrilhas	D	E	D	E	D	E	D	E

DOBRAS CUTÂNEAS

Dobras Cutâneas	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação	4ª Avaliação
Peitoral				
Axilar Medial				
Bíceps				
Tríceps				
Subescapular				
Supra-Iliaca				
Abdômen				
Coxa				
Panturrilha				
Supraespinhal				

COMPOSIÇÃO CORPORAL

Dados	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação	4ª Avaliação
Peso Atual				
Peso Ideal				
% G Atual				
% G Ideal				

TESTE DE FORÇA

Dados	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação	4ª Avaliação
Membros Superiores				
Membros Inferiores				

ECG

Domínio da Frequencia	1ª Avaliação	2ª Avaliação	3ª Avaliação	4ª Avaliação
LF				
LF nu				
HF				
HF nu				
LF/HF				
VLF				
TOTAL				
Domínio do Tempo				
SDNN				
RMSSD				
PNN50				
Não Linear				
SD1				
SD2				
ENSH				
0V%				
1V%				
2LV%				
2UV%				

MAPA

Dados	1^a Avaliação	2^a Avaliação	3^a Avaliação	4^a Avaliação
PAS media de vigilia				
PAS sono				
PAS 24h				
PAD media de vigilia				
PAD sono				
PAD 24h				
PRESSAO PULSO media de vigilia				
PRESSAO PULSO de sono				
PRESSAO PULSO 24h				
DESCENCO NOTURNO SISTOLICO				
DESCENCO NOTURNO DIASTOLICO				

ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP

UFMA - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO MARANHÃO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO TREINAMENTO RESISTIDO COM O USO DO MÉTODO DE RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO SOBRE AS RESPOSTAS AUTÔNOMICAS E CARDIOVASCULARES EM IDOSOS.

Pesquisador: Cristiano Teixeira Mostarda

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 66815817.7.0000.5087

Instituição Proponente: Universidade Federal do Maranhão

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.076.159

Apresentação do Projeto:

Existe uma direta relação entre avanço da idade e doenças crônicas não transmissíveis, sendo uma das principais causas de morte. Programas de treinamento vêm sendo utilizados no intuito de atenuar os efeitos deletérios do envelhecimento, assim, o de força é utilizado na prevenção/tratamento dessas doenças, trazendo benefícios cardiovasculares, metabólicos e autonômicos. O método kaatsu, consiste em restringir ou interromper o fluxo de sangue destinado a um grupo muscular por meio de um manguito durante realização de um exercício com intensidades inferiores, que além de melhorar o ganho de massa muscular e força, proporciona benefícios a pacientes acometidos por diversas doenças. O treinamento resistido com o uso do método de restrição de fluxo sanguíneo é eficiente em promover modificações morfofisiológicas parecidos aos treinamentos de alta intensidade, porém existe uma lacuna que necessita de atenção e investigação, sobre as adaptações autonômicas e cardiovasculares poderão ocorrer frente ao treinamento resistido com o uso do método kaatsu nos idosos. Objetivo: Avaliar os efeitos do treinamento resistido com o uso do método do kaatsu sobre os parâmetros autonômicos e cardiovasculares em idosos. Metodologia: Estudo experimental que terá participantes com idade igual ou superior a 60 anos, de ambos os sexos, que não estejam incluídos em algum tipo de treinamento físico regular por pelo menos três meses, onde serão

Endereço: Avenida dos Portugueses, 1966 CEB Velho
Bairro: Bloco C, Sala 7, Comitê de Ética **CEP:** 65.080-040
UF: MA **Município:** SAO LUIS
Telefone: (98)3272-8708 **Fax:** (98)3272-8708 **E-mail:** cepufma@ufma.br