

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

EFEITO DO TREINAMENTO RESISTIDO PROGRESSIVO DE ALTA  
INTENSIDADE SOBRE A PRESSÃO ARTERIAL E SEUS MECANISMOS  
HEMODINÂMICOS E NEURAIS EM IDOSOS

Hélcio Kanegusuku

SÃO PAULO  
2011

EFEITO DO TREINAMENTO RESISTIDO PROGRESSIVO DE ALTA INTENSIDADE  
SOBRE A PRESSÃO ARTERIAL E SEUS MECANISMOS HEMODINÂMICOS E  
NEURAIS EM IDOSOS

HÉLCIO KANEGUSUKU

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências.

ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. CLÁUDIA LÚCIA DE MORAES FORJAZ

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar completando mais essa etapa em minha vida.

Aos meus pais, Dirce e Ilson (*in memorian*) pela dedicação, amor e paciência, e aos meus irmãos, Márcio e Gerson, pelo companheirismo.

A prof<sup>a</sup> Cláudia Forjaz pela oportunidade, pelos ensinamentos, pelo constante incentivo e apoio, além da confiança depositada em min.

A todos do Laboratório de Hemodinâmica da Atividade Motora (Andréia, Riani, Teresa, Fábio, Gabriel, Fernando, Leandro, Allan, Natan, Crivaldo, Rafael, Raphael, Dinoélia, Marcel, Bruno, João, Luiz Gustavo, Victor, Tatiane, Paula, Cláudio e Ricardo).

Aos voluntários que participaram desse estudo.

Aos professores Carlos Ugrinowitsch e Marco Túlio de Mello pelo apoio científico e aos alunos do Laboratório de Adaptação Neuromuscular ao Treinamento de Força por ministrarem o treinamento.

Ao Delboni Auriemo, em especial ao André Yui Aihara e Artur da Rocha Correa Fernandes pela realização da ressonância nuclear magnética.

Aos professores que de alguma forma têm contribuído para a minha formação (Taís Tinucci, Paulo Ramires, Patrícia Chakur Brum, Antônio Prista, Valdo José Dias da Silva e Octávio Barbosa Neto).

Aos amigos: Eduardo, Thiago, Kalil, Caio, Euger e Anderson, e a todos os amigos que conheci durante a graduação, em especial: Paulo Henrique, Marcelo, Wellington, Márcio, João, Miguel, Leandro e Michel.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo fomento desta pesquisa.

Aos funcionários da Escola de Educação Física e Esporte da USP, Ilza, Márcio, Paulo, Shirley, entre outros, pelo suporte e pela paciência.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização dessa dissertação, meus sinceros agradecimentos.



**SUMÁRIO**

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE ANEXOS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO	4
2.1 Geral	4
2.2 Específicos	4
3 REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 Envelhecimento	5
3.2 Treinamento Resistido e Sistema Muscular no Idoso	7
3.3 Treinamento Resistido e Pressão Arterial Clínica no Idoso	9
3.3.1 Treinamento Resistido e Pressão Arterial Ambulatorial no Idoso	12
3.3.2 Treinamento Resistido e Determinantes Hemodinâmicos da Pressão Arterial	13
3.3.3 Treinamento Resistido e Regulação Autonômica Cardiovascular	15
3.4 Sumário da revisão	16
4 METODOLOGIA	18
4.1 Amostra	18
4.2 Exames Preliminares	19
4.2.1 Avaliação Clínica	19
4.2.2 Diagnóstico de Normotensão	19
4.2.3 Avaliação da Saúde Cardiovascular	20
4.2.4 Teste de Força Dinâmica Máxima	20
4.2.5 Avaliação da Área de Secção Transversa do Músculo Quadríceps	21
4.3 Medidas	22
4.3.1 Pressão Arterial Auscultatória	22
4.3.2 Pressão Arterial Oscilométrica	22
4.3.3 Pressão Arterial Fotopletismográfica	22
4.3.4 Frequência Cardíaca	23

4.3.5	Respiração	23
4.3.6	Débito Cardíaco	23
4.3.7	Resistência Vascular Periférica	24
4.3.8	Volume Sistólico	24
4.3.9	Modulação Autonômica do Sistema Cardiovascular	24
4.3.10	Avaliação do Controle Barorreflexo Espontâneo	26
4.4	Procedimento Experimental	27
4.4.1	Protocolo de Treinamento Resistido	27
4.4.2	Sessão Experimental	28
4.5	Análise dos Dados	30
4.6	Análise Estatística	30
5	RESULTADOS	32
5.1	Casuística	32
5.2	Respostas Musculares	33
5.3	Respostas Cardiovasculares	34
5.3.1	Resposta da Pressão Arterial Clínica	34
5.3.2	Resposta dos Determinantes Hemodinâmicos	36
5.3.3	Resposta dos Mecanismos Autonômicos	37
5.3.3.1	Resposta dos Mecanismos Autonômicos na Posição Deitada com a Respiração Livre	38
5.3.3.2	Resposta dos Mecanismos Autonômicos na Posição Deitada com a Respiração Controlada	41
5.3.3.3	Resposta dos Mecanismos Autonômicos na Posição Sentada	46
5.4	Resposta da Pressão Arterial Ambulatorial	49
6	DISCUSSÃO	53
6.1	Implicações Clínica	59
6.2	Limitações do Estudo	60
7	CONCLUSÃO	61
8	REFERÊNCIAS	62
9	ANEXOS	78

**LISTA DE TABELAS**

		Página
TABELA 1	Estudos que analisaram o efeito do treinamento resistido sobre a pressão arterial de indivíduos idosos.	10
TABELA 2	Progressão do treinamento resistido.	27
TABELA 3	Características gerais, antropométricas e hemodinâmicas avaliadas nos grupos Controle e Treinamento Resistido medidas no início do estudo.	32
TABELA 4	Consumo máximo de oxigênio medido nos grupos Controle e Treinamento Resistido no início do estudo.	33
TABELA 5	Pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) medidas no início e no final do estudo com os indivíduos na posição deitada e sentada.	35
TABELA 6	Resistência vascular periférica (RVP), débito cardíaco (DC), volume sistólico (VS) e frequência cardíaca (FC) medidos no início e no final do estudo nos indivíduos dos 2 grupos.	37
TABELA 7	Variabilidade da frequência cardíaca e da pressão arterial medidas na posição deitada e com a respiração livre no início e no final do estudo nos 2 grupos.	39
TABELA 8	Sensibilidade barorreflexa espontânea do Grupo Controle e Treinamento Resistido medida na posição deitada com a respiração livre no início e ao final do estudo nos grupos Controle e Treinamento Resistido.	41
TABELA 9	Variabilidade da frequência cardíaca e da pressão arterial medidas na posição deitada e com a respiração controlada no início e no final do estudo nos indivíduos dos 2 grupos.	43



TABELA 10	Sensibilidade barorreflexa espontânea do Grupo Controle e Treinamento Resistido medida na posição deitada com a respiração controlada no início e ao final do estudo nos grupos Controle e Treinamento Resistido.	45
TABELA 11	Variabilidade da frequência cardíaca e da pressão arterial medida na posição sentada no início e no final do estudo nos grupos Controle e Treinamento Resistido.	47
TABELA 12	Sensibilidade barorreflexa espontânea do Grupo Controle e Treinamento Resistido medida na posição sentada no início e ao final do estudo nos grupos Controle e Treinamento Resistido.	49
TABELA 13	Médias das pressões arteriais sistólica (PAS), diastólica (PAD), média (PAM) e da frequência cardíaca (FC) de 24 horas, vigília e sono obtidas no início e no final do estudo nos grupos Controle e Treinamento Resistido.	52

**LISTA DE FIGURAS**

		Página
FIGURA 1	Protocolo experimental da sessão de avaliação da pressão arterial e seus mecanismos.	29
FIGURA 2	Força dinâmica máxima medida nos membros superiores (“Supino”, painel A e inferiores (“Leg-press”, painel B) nos grupos Controle e Treinamento Resistido no início e no final do estudo. * = diferença significativa do início ( $P < 0,05$ ); # = diferença significativa do grupo controle ( $P < 0,05$ ).	33
FIGURA 3	Área de secção transversa (AST) do músculo quadríceps medida nos grupos Controle e Treinamento Resistido no início e no final do estudo. * = diferença significativa do início ( $P < 0,05$ ); # = diferença significativa do grupo controle ( $P < 0,05$ ).	34
FIGURA 4	Pressão arterial sistólica (PAS, painéis à esquerda) e diastólica (PAD, painéis à direita) medidas no início e no final do estudo com os indivíduos na posição na posição deitada (painéis superiores) e sentada (painéis inferiores) nos grupos Controle e Treinamento Resistido.	35
FIGURA 5	Resistência vascular periférica (RVP), débito cardíaco (DC), volume sistólico (VS) e frequência cardíaca (FC) medidos no início e no final do estudo nos grupos Controle e Treinamento Resistido.	36
FIGURA 6	Variância total ( $VT_{R-R}$ ), razão entre as bandas de baixa e alta frequências (BF/AF), banda de baixa frequência normalizada ( $BF_{R-R}$ ) e banda de alta frequência normalizada ( $AF_{R-R}$ ) da variabilidade da frequência cardíaca, além da banda de baixa frequência da pressão arterial sistólica (BF PAS) e banda de baixa frequência da pressão arterial diastólica (BF PAD) medidas na posição deitada e com a respiração livre no início e no final do estudo nos grupos Controle e Treinamento Resistido.	38

- FIGURA 7      Sensibilidade barorreflexa espontânea medida pelas técnicas índice alfa, função de transferência (FT) e método sequencial (ganho total, ganho positivo e ganho negativo) na posição deitada e com a respiração livre no início e no final do estudo nos grupos Controle e Treinamento Resistido. 40
- FIGURA 8      Variância total ( $VT_{R-R}$ ), razão entre as bandas de baixa e alta frequências (BF/AF), banda de baixa frequência normalizada ( $BF_{R-R}$ ) e banda alta frequência normalizada ( $AF_{R-R}$ ) da variabilidade da frequência cardíaca, além da banda de baixa frequência da pressão arterial sistólica (BF PAS) e banda de baixa frequência da pressão arterial diastólica (BF PAD) medidas na posição deitada e com a respiração controlada no início e no final do estudo nos grupos Controle e Treinamento de Resistido. # = diferença significativa do grupo controle ( $P<0,05$ ). 42
- FIGURA 9      Sensibilidade barorreflexa espontânea medida pelas técnicas índice alfa, função de transferência (FT) e método sequencial (ganho total, ganho positivo e ganho negativo) na posição deitada e com a respiração controlada no início e no final do estudo nos grupos Controle e Treinamento de Resistido. # = diferença significativa do grupo controle ( $P<0,05$ ). 44
- FIGURA 10      Variância total ( $VT_{R-R}$ ), razão entre as bandas de baixa e alta frequências (BF/AF), banda de baixa frequência normalizada ( $BF_{R-R}$ ) e banda de alta frequência ( $AF_{R-R}$ ) da variabilidade da frequência cardíaca, além da banda de baixa frequência da pressão arterial sistólica (BF PAS) e banda de baixa frequência da pressão arterial diastólica (BF PAD) medidas na posição sentada no início e no final do estudo nos grupos Controle e Treinamento de Resistido. # = diferença significativa do grupo controle ( $P<0,05$ ). 46
- FIGURA 11      Sensibilidade barorreflexa espontânea medida pelas técnicas índice alfa, função de transferência (FT) e método sequencial (ganho total, ganho positivo e ganho negativo) na posição sentada no início e no final do estudo nos grupos Controle e Treinamento de Resistido. 48

- FIGURA 12 Pressões arteriais sistólica, diastólica e média e frequência cardíaca 50  
medidas durante 24 horas no início (linha tracejada) e no final (linha  
contínua) do estudo nos grupos Controle (painéis à esquerda) e  
Treinamento Resistido (painéis à direita).
- FIGURA 13 Médias das pressões arteriais sistólica (PAS), diastólica (PAD) e 51  
média (PAM) e da frequência cardíaca (FC) de 24 horas, vigília e sono  
obtidas no início e no final do estudo nos grupos Controle e  
Treinamento Resistido. # = diferença significativa do grupo controle  
( $P < 0,05$ ).

**LISTA DE ANEXOS**

		Página
ANEXO 1	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	78
ANEXO 2	Aprovação do Comitê de Ética da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo	83

## RESUMO

### **EFEITO DO TREINAMENTO RESISTIDO PROGRESSIVO DE ALTA INTENSIDADE SOBRE A PRESSÃO ARTERIAL E SEUS MECANISMOS HEMODINÂMICOS E NEURAIS EM INDIVÍDUOS IDOSOS**

Autor: Hécio Kanegusuku

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Lúcia de Moraes Forjaz

O treinamento resistido progressivo de alta intensidade tem sido empregado para aumentar a massa e força musculares de indivíduos idosos. Entretanto, existe na área clínica alguma preocupação de que esse treinamento possa promover efeitos adversos sobre o sistema cardiovascular envelhecido. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos do treinamento resistido progressivo de alta intensidade sobre a pressão arterial clínica e ambulatorial e seus mecanismos hemodinâmicos e neurais de idosos. Para tanto, 25 indivíduos com idade entre 60 e 80 anos foram divididos aleatoriamente em dois grupos: Grupo Treinamento Resistido (N=12, 7 mulheres, 64±1 anos - 2 sessões/semana, 7 exercícios, 2-4 séries, 10-4 RM) e Grupo Controle (N=13, 11 mulheres, 63±1 anos - nenhum treinamento). Antes e após 4 meses, a força dinâmica máxima, a área de secção transversa do músculo quadríceps, a pressão arterial clínica (posição deitada e sentada) e ambulatorial, os determinantes hemodinâmicos e a modulação autonômica cardiovascular (posição deitada com respiração livre e controlada e posição sentada com respiração livre) foram avaliados nos dois grupos. Comparando-se os valores medidos no início e no final do estudo, a força dinâmica máxima de membros superiores e inferiores e a área de secção transversa do músculo quadríceps aumentaram no Grupo Treinamento Resistido (+32, +46 e +5%, respectivamente, P<0,05) e não se modificaram no Grupo Controle. As pressões arteriais sistólica e diastólica não se alteraram no Grupo Treinamento Resistido (posição deitada, 119±10 vs. 120±10 e 74±6 vs. 74±7 mmHg; posição sentada,

125±8 vs. 121±9 e 78±6 vs. 76±7 mmHg, respectivamente,  $P>0,05$ ) e nem no Grupo Controle (posição deitada, 121±11 vs. 119±10 e 73±5 vs. 72±4 mmHg; posição sentada, 125±11 vs. 124±9 e 75±8 vs. 74±5 mmHg, respectivamente,  $P>0,05$ ). Da mesma forma, a resistência vascular periférica, o débito cardíaco, o volume sistólico e a frequência cardíaca não se alteraram em nenhum dos grupos (Treinamento Resistido = 26±5 vs. 30±5 mmHg/L.min<sup>-1</sup>; 3,8±0,9 vs. 3,2±0,4 L/min; 54±11 vs. 43±10 ml e 70±9 vs. 75±12 bpm; Controle = 29±8 vs. 31±10 mmHg/L.min<sup>-1</sup>; 3,5±1,0 vs. 3,1±0,7 L/min; 54±16 vs. 50±14 ml e 66±11 vs. 65±10 bpm, respectivamente,  $P>0,05$ ). Com relação aos mecanismos neurais, o balanço simpátovagal (BF/AF<sub>R-R</sub>) não se modificou em nenhuma das três situações (posição deitada com respiração livre e controlada e posição sentada com respiração livre) no Grupo Treinamento Resistido (4,1±5,4 vs. 1,9±1,3; 0,7±0,6 vs. 0,9±0,9 e 3,5±5,7 vs. 5,0±8,1, respectivamente,  $P>0,05$ ) nem no Grupo Controle (2,3±2,8 vs. 2,0±1,6; 0,4±0,4 vs. 0,4±0,4 e 3,0±3,7 vs. 2,8±2,8, respectivamente,  $P>0,05$ ). A sensibilidade barorreflexa espontânea e a pressão arterial ambulatorial também não se alteraram em nenhum dos grupos. Em conclusão, o treinamento resistido de alta intensidade foi efetivo em aumentar a força dinâmica máxima e a área de secção transversa muscular de indivíduos idosos saudáveis, sem modificar a pressão arterial clínica e ambulatorial, nem seus determinantes hemodinâmicos e mecanismos de regulação neural.

Palavras-chave: treinamento de força, hemodinâmica, modulação autonômica, pressão arterial ambulatorial, envelhecimento.

**ABSTRACT****PROGRESSIVE HIGH-INTENSITY RESISTANCE TRAINING ON BLOOD PRESSURE AND ITS HEMODYNAMIC AND NEURAL MECHANISMS IN ELDERLY SUBJECTS**

Author: Hécio Kanegusuku

Adviser: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Lúcia de Moraes Forjaz

Progressive high-intensity resistance training has been performed to increase of muscle mass and strength in elderly subjects. However, some clinical concerns exist about the possible adverse cardiovascular effects of this training on cardiovascular function and regulation in elderly. Thus, the aim of this study was to evaluate the effects of progressive high-intensity resistance training on blood pressure and its hemodynamic and neural mechanisms in elderly subjects. To investigate this issue, 25 subjects aged between 60 and 80 years were randomly divided into two groups: Resistance Training Group (N=12, 7 females, 64±1 years – 2 sessions/week, 7 exercises, 2-4 sets, 10-4 RM) and Control Group (N=13, 11 females, 63±1 years – no training). Before and after 4 months, maximal strength, quadriceps cross-sectional area, clinical (supine and sitting position) and ambulatory blood pressure, hemodynamic determinants, and cardiovascular autonomic modulation (supine position with free and controlled breathing and sitting position with free breathing) were measured. Comparing values measured at the beginning and the end of the study, maximal strength of upper and lower limbs, and quadriceps cross-sectional area increased in the Resistance Training Group (+32, +46 e +5%, respectively,  $P<0.05$ ), and did not change in the Control Group. Systolic and diastolic blood pressure did not change in the Resistance Training Group (supine, 119±10 vs. 120±10 and 74±6 vs. 74±7 mmHg; sitting 125±8 vs. 121±9 and 78±6 vs. 76±7 mmHg, respectively,  $P>0.05$ ) nor in the Control Group (supine, 121±11 vs. 119±10 and 73±5 vs. 72±4 mmHg; sitting, 125±11 vs. 124±9 and 75±8 vs. 74±5 mmHg,



respectively,  $P > 0.05$ ). Similarly, peripheral vascular resistance, cardiac output, stroke volume and heart rate also did not change in neither of the groups (Resistance Training =  $26 \pm 5$  vs.  $30 \pm 5$  mmHg/L.min<sup>-1</sup>;  $3.8 \pm 0.9$  vs.  $3.2 \pm 0.4$  L/min;  $54 \pm 11$  vs.  $43 \pm 10$  ml; and  $70 \pm 9$  vs.  $75 \pm 12$  bpm; Control Group =  $29 \pm 8$  vs.  $31 \pm 10$  mmHg/L.min<sup>-1</sup>;  $3.5 \pm 1.0$  vs.  $3.1 \pm 0.7$  L/min;  $54 \pm 16$  vs.  $50 \pm 14$  ml; and  $66 \pm 11$  vs.  $65 \pm 10$  bpm, respectively,  $P > 0.05$ ). In regard to the neural mechanisms, cardiac sympathovagal balance (LF/HF<sub>R-R</sub>) also did not change in any of the situations (supine position with free and controlled breathing, and sitting position with free breathing) in the Resistance Training Group ( $4.1 \pm 5.4$  vs.  $1.9 \pm 1.3$ ;  $0.7 \pm 0.6$  vs.  $0.9 \pm 0.9$ ;  $3.5 \pm 5.7$  vs.  $5.0 \pm 8.1$ , respectively,  $P > 0.05$ ) nor in the Control Group ( $2.3 \pm 2.8$  vs.  $2.0 \pm 1.6$ ;  $0.4 \pm 0.4$  vs.  $0.4 \pm 0.4$ ;  $3.0 \pm 3.7$  vs.  $2.8 \pm 2.8$ , respectively,  $P > 0.05$ ). The spontaneous baroreflex sensitivity and ambulatory blood pressure also did not change in neither of the groups. In conclusion, the progressive high-intensity resistance training was effective in increasing muscle mass and strength in healthy elderly subjects, without changing clinic and ambulatory blood pressure as well as their hemodynamic and neural mechanisms.

**Keywords:** strength training, hemodynamics, autonomic modulation, ambulatory blood pressure, aging.