

Efeito do treinamento com pesos sobre a rigidez arterial

Effect of strength training on arterial stiffness

Luiz Giovane Umpierre Vieira¹; Cássio Gustavo Santana Gonçalves²; Andréia Cristiane Carrenho Queiroz³

¹Especialista em Exercícios Físicos Aplicado à Reabilitação Cardíaca e à Grupos Especiais – Universidade Gama Filho – UGF. Campo Grande, MT – Brasil.

²Mestre em Educação Física, Docente – Centro Universitário do Norte Paulista – Unorp. São José do Rio Preto, SP – Brasil.

³Doutora em Ciências, Pesquisadora Colaboradora da Escola de Educação Física e Esporte – Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, SP – Brasil.

Endereço para correspondência

Andréia Cristiane Carrenho Queiroz
Av. Prof. Mello Moraes, 65
05508-030 – Cidade Universitária – SP [Brasil]
andreaqueiroz@usp.br

Resumo

Objetivo: Analisar os estudos clínicos e randomizados que avaliaram os efeitos do treinamento com pesos sobre a rigidez arterial. **Método:** Realizou-se um levantamento bibliográfico nas bases de dados Medline e SciELO, sem limitação de ano. Analisando-se títulos e resumos foram selecionados os artigos relevantes, sendo escolhidos dez trabalhos. **Resultados:** Oito estudos avaliaram jovens; e dois, indivíduos de meia-idade/idosos. A maior parte das pesquisas apresentou manutenção ou aumento da rigidez arterial após treinamento com pesos, somente uma mostrou redução. Dos seis estudos que empregaram treino de alta intensidade, cinco observaram aumento da rigidez arterial. **Conclusão:** Sugere-se que características individuais e de protocolo de treinamento podem modular a resposta de rigidez arterial. Assim, a alta intensidade do treino parece influenciar no aumento da rigidez arterial, enquanto a intensidade leve/moderada estaria associada à manutenção ou redução dessa rigidez.

Descritores: Exercício; Complacência; Treinamento de resistência.

Abstract

Objective: To analyze clinical studies and trials that evaluated the effects of strength training on arterial stiffness. **Methods:** A review was conducted in Medline and SciELO, with no restriction on the year of publication. Based on the analysis of titles and abstracts, potentially relevant studies were identified, and ten of these were selected. **Results:** Eight studies evaluated young adults, and the other two, middle-aged and elderly subjects. Most of the studies showed maintenance or an increase of arterial stiffness after strength training, and in only one study was a reduction observed. Out of the six studies using high-intensity training, five showed an increase in arterial stiffness. **Conclusion:** It is suggested that the characteristics of individual subjects and of the training protocols may modulate arterial stiffness response to strength training. Thus, high-intensity training seems to have the influence of increasing arterial stiffness, whereas low- or moderate-intensity protocols are associated more with arterial stiffness maintenance or reduction.

Key words: Exercise; Compliance; Strength training.

Introdução

A prática de exercícios físicos tem sido cada vez mais apontada como benéfica para prevenção e tratamento de importantes fatores de risco cardiovasculares. De fato, a prática de exercícios físicos, em especial dos exercícios com característica aeróbia, promove relevantes efeitos cardiovasculares, como a redução da pressão arterial¹. Estas adaptações estão frequentemente relacionadas aos efeitos deste tipo de exercício sobre mecanismos tanto centrais – como a redução na atividade nervosa simpática² – quanto periféricos – como alterações vasculares^{3, 4}. Por esses motivos, este tipo de treinamento é fortemente recomendado para prevenção e reabilitação cardiovascular⁵.

O treinamento com pesos, por sua vez, apresenta benefícios para o sistema muscular, como o aumento da resistência, da potência, da massa e da força dos músculos⁶. Os estudos demonstram que este tipo de treino realizado de forma isolada pode também promover adaptações cardiovasculares cronicamente, como, por exemplo, a diminuição da pressão arterial de repouso em indivíduos normotensos, alcançando magnitude de -3,4 mmHg, para pressão arterial diastólica, assim como em sujeitos pré-hipertensos, com magnitude de -4,3 e -3,8 mmHg, para pressão arterial sistólica e diastólica, respectivamente¹. Embora os determinantes cardiovasculares da resposta da pressão arterial após o treinamento com pesos ainda permaneçam obscuros, alguns estudos relatam alterações cardiovasculares que poderiam estar relacionadas com a regulação da pressão arterial. Neste sentido, pode-se destacar que o treinamento com pesos parece não alterar², ou mesmo aumentar⁷, a atividade nervosa simpática, comportamentos que não explicariam diretamente a redução da pressão arterial. Em alguns estudos, também se têm observado a manutenção do débito cardíaco pós-treinamento^{8, 9}, o que levanta a hipótese de que a redução da pressão arterial poderia estar mais relacionada a determinantes periféricos.

Em relação aos mecanismos periféricos, recentemente, Yoon et al.¹⁰ observaram um au-

mento agudo da rigidez arterial, logo após uma única sessão de exercícios com pesos, em jovens saudáveis. Dessa forma, é plausível supor que cronicamente este tipo de exercício físico também poderia promover alterações sobre a rigidez vascular. Estes efeitos precisam ser conhecidos e discutidos, uma vez que o aumento de rigidez arterial está associado com o aumento da pressão arterial^{11, 12} e, conseqüentemente, da mortalidade cardiovascular¹³. Neste sentido, torna-se necessário analisar os efeitos do treinamento com pesos sobre a rigidez arterial, com base nos estudos publicados na literatura até o atual momento, possibilitando uma análise crítica e ponderada dessa problemática, sendo este o objetivo nesta revisão.

Métodos

Foram pesquisados estudos na base virtuais Medline e SciELO, até fevereiro de 2013, sendo utilizadas nas buscas as seguintes palavras-chave: treinamento resistido, treinamento de força, rigidez arterial, complacência arterial, e suas respectivas traduções para o idioma inglês: *resistance training, strength training, arterial stiffness, arterial compliance*. Inicialmente, foram localizados 21 artigos que apresentavam pelos menos duas palavras-chave inseridas em seu título e/ou resumo e, portanto, foram lidos na íntegra. Destes, foram excluídos: dois estudos, por aplicarem um período de treinamento de força inferior a oito semanas; sete, por não incluírem um grupo controle em seu protocolo experimental e dois, por empregarem um programa de treinamento físico que incluía concomitantemente exercícios aeróbicos e de força. Assim, foram selecionados dez artigos classificados como ensaios clínicos, que incluíram grupo controle e período mínimo de oito semanas de treinamento com pesos e realizado de forma isolada. A qualidade dos estudos incluídos foi analisada por meio da Escala de PEDro¹⁴ que é específica para ensaios clínicos. Os dados de cada critério da escala foram inseridos e quantificados em uma planilha, por pares. Nos

itens que não houve concordância, um terceiro pesquisador fez a análise final. Os resultados da qualidade de cada um dos artigos estão apresentados na Tabela 1.

Resultados

Os dez estudos selecionados que investigaram o efeito do treinamento com pesos sobre a rigidez arterial estão apresentados na Tabela

1. Destes trabalhos, três apresentam uma comparação entre diferentes protocolos de treinamento. A partir da análise dos resultados, foi possível observar algumas contradições, uma vez que, em alguns protocolos¹⁵⁻¹⁹, o treino com pesos promoveu aumento e, em um²⁰, redução, ou ainda, em outros^{17-19, 21-23}, manutenção da rigidez arterial.

O número total de participantes dos estudos utilizando os protocolos de treinamento com pesos foi 177 sujeitos de ambos os gêneros. Em

Tabela 1: Efeito do treinamento com pesos sobre a rigidez arterial e qualidade dos estudos

Estudos	Amostra	Período (Frequência)	Características do treinamento	Met. de medida	Rigidez arterial	Escala de PEDro
Miyachi et al. ¹⁶	14 H, 22±1anos, saudáveis	16 semanas (3x semana)	6 exercícios, 3 séries/8-12 rep./80%1RM	Índice β	↑	5
Cortez-Cooper et al. ¹⁵	23M, 29±1anos, saudáveis	11 semanas (4x semana)	12 exercícios, 3-6 séries/5-10RM	VOP	↑	5
Okamoto et al. ¹⁷	10M, 19±0,3anos saudáveis	8 semanas (3x semana)	1 exercício, fase concêntrica, 5 séries/10 rep./80%1RM	VOP	↑	7
	10M, 18±0anos saudáveis	8 semanas (3x semana)	1 exercício, fase excêntrica, 5 séries/ 10 rep./ 100%1RM		→	
Casey et al. ²⁴	11H e 13M, 21±1anos, saudáveis	12 semanas (3x semana)	7 exercícios, 3 séries/8-12RM	VOP	→	4
Cortez-Cooper et al. ²¹	14H e M, 52±2anos, saudáveis	13 semanas (3x semana)	10 exercícios, 1 série/10 rep./ 50%1RM + 1 série/8-12 rep./70%1RM	VOP	→	7
Okamoto et al. ²⁰	10H, 19±0anos, saudáveis	8 semanas (2x semana)	9 exercícios, 5 séries/10 rep./40%1RM	VOP	↓	6
Okamoto et al. ¹⁸	7H e 3M, 20±0anos, saudáveis	10 semanas (2x semana)	5 exercícios (membros superiores), 5 séries/ 8-10 rep./80%1RM	VOP	↑	6
	7H e 3M, 20±1anos, saudáveis	10 semanas (2x semana)	5 exercícios (membros inferiores), 5 séries/ 8-10 rep./80%1RM		→	
Fjeldstad et al. ²²	21M, 33±2anos, saudáveis	12 semanas (3x semana)	7 exercícios, 2 séries/8 rep./80%1RM	VOP	→	5
Yoshizawa et al. ²³	11M, 47±2anos, saudáveis	12 semanas (2x semana)	6 exercícios, 3 séries/10 rep./60%1RM	VOP	→	6
Okamoto et al. ¹⁹	5H e 5M, 19±1anos saudáveis	10 semanas (2x semana)	10 exercícios, 2 séries máximas/50%1RM + 3 séries máximas/80%1RM	VOP	↑	7
	5H e 5M, 19±1anos Saudáveis	10 semanas (2x semana)	10 exercícios, 3 séries máximas/80%1RM + 2 séries máximas/50%1RM		→	

H = homens; M = mulheres; rep. = repetições; RM = repetição máxima; Met. = método; VOP = velocidade da onda de pulso; → = manutenção; ↑ = aumento; ↓ = redução.

quatro trabalhos, analisaram-se somente mulheres^{15, 17, 22, 23}, outros quatro envolveram homens e mulheres^{18, 19, 21, 24} e dois empregaram apenas homens^{16, 20}. Em todos os estudos os voluntários eram saudáveis e não treinados (não praticantes de atividade física regular por pelo menos seis meses, ou apenas praticantes de atividades físicas recreativas). A maioria dos estudos incluiu jovens^{15-20, 22, 24}, um foi realizado com sujeitos de meia idade²³, e um utilizou indivíduos de meia idade e idosos simultaneamente²¹.

Nos estudos, utilizaram-se protocolos de treinamento com pesos de diferentes características. Em sete, usaram-se exercícios com pesos para membros superiores e inferiores^{15, 16, 19-21, 23, 24}; em dois, exercícios para superiores^{17, 18}; e em outros dois, para inferiores^{18, 22}.

Quanto à intensidade, dos seis estudos, em que se utilizou alta intensidade (maior ou igual a 80% de 1RM ou até 10RM), em cinco deles, observou-se aumento na rigidez arterial¹⁵⁻¹⁹. Entretanto, quando utilizada intensidade moderada (50-70% de 1RM), não se verificou alteração na rigidez arterial^{21, 23, 24}; mas, quando usada a intensidade leve de 40% de 1RM, constatou-se a redução dessa rigidez²⁰.

Em relação ao volume diário de treinamento, considerando os estudos que aumentaram a rigidez arterial¹⁵⁻¹⁹, estes utilizaram maiores volumes diários de treino, variando de três a seis o número de séries (predominância de cinco séries), e de 5 a 12 o número de exercícios. Entretanto, nas investigações em que a rigidez arterial não se alterou^{17-19, 21-23}, o volume de treinamento diário foi menor, variando de um a três o número de séries (predominância de três séries) e de cinco a dez o número de exercícios. Um único estudo²⁰ demonstrou redução da rigidez arterial após um treinamento de volume mais alto (cinco séries, nove exercícios), porém com intensidade leve (40%1RM).

Realizando uma análise conjunta do número de sessões semanais e do período total de treinamento, pode-se observar que o estudo, em que se aplicou um menor volume total de treino (16 sessões de treinamento de força), apresentou

redução da rigidez arterial²⁰. Nos estudos, em que se observou manutenção da rigidez arterial, empregaram-se volumes de treinamento total de 20^{18, 19, 24}, 24^{17, 23}, 36^{22, 24}, 39²¹ sessões. Nos trabalhos que mostraram aumento de rigidez arterial, utilizaram-se volumes totais de 20^{18, 19, 24}, 44¹⁵ e 48¹⁶ sessões.

Além disso, cabe ressaltar que dois estudos avaliaram também o efeito de um período de destreinamento após a intervenção com o treinamento de força^{17, 20}. Um deles mostrou que, após o aumento de rigidez promovido pelo treino resistido, o período de destreinamento promove redução desta rigidez¹⁷. O outro apresentou o inverso, ou seja, que, após a diminuição da rigidez gerada pelo treinamento de força, um período de destreinamento provoca o aumento desta rigidez²⁰.

Em relação aos métodos de medida utilizados para a avaliação dos efeitos do treinamento de força sobre a rigidez arterial, em nove estudos, foram usadas técnicas em que se avaliavam a velocidade de onda de pulso^{15, 17-24} e apenas em um avaliou-se a rigidez arterial por meio do índice beta¹⁶.

Discussão

Um estudo demonstrou diferenças significativas na adaptação arterial entre os indivíduos sedentários e os fisicamente treinados²⁵, verificando-se que estes últimos ao realizarem exercícios com pesos podem apresentar rigidez arterial aumentada em relação a adultos sedentários²⁵. Assim, é plausível supor que o treinamento com pesos poderia promover adaptações arteriais importantes.

Considerando os estudos selecionados para esta revisão foi possível observar que apenas uma das investigações observou-se redução da rigidez arterial após um período de treinamento com pesos²⁰. Contudo, na maioria dos protocolos de intervenção, observou-se a manutenção dos níveis de rigidez arterial^{17-19, 21-23}. Entretanto, cinco protocolos de treinamento¹⁵⁻¹⁹

mostraram aumento da rigidez arterial, o que reforça a hipótese sugerida previamente. Estes resultados se assemelham a uma metanálise sobre o tema publicada recentemente²⁶, que demonstra que o treinamento de força se associa a um aumento de 11% de rigidez arterial.

Somente em dois estudos avaliaram-se idosos e indivíduos de meia idade^{21, 23}, mas em nenhum destes foi observada modificação da rigidez arterial, após o período de treinamento com pesos. Embora isso tenha sido observado em apenas dois estudos, supõe-se que o treinamento com pesos parece não maximizar o aumento de rigidez arterial que acontece com o avanço da idade²⁷. Já o aumento de rigidez arterial, promovido pelo treinamento de força, estaria mais associado aos indivíduos mais jovens.

Em relação às características do programa de treinamento de força, nos estudos em que se utilizaram somente exercícios para membros superiores, foi observado o aumento da rigidez arterial^{17, 18}; e aqueles nos quais usaram-se exercícios para membros inferiores não houve alteração nesse tipo de rigidez^{18, 22}. Estes resultados sugerem que os exercícios de força incluídos no protocolo de treinamento, dependendo dos grupamentos musculares envolvidos, poderiam influenciar na resposta de rigidez arterial.

É interessante destacar que, no único estudo que mostrou redução da rigidez arterial, utilizou-se um protocolo de exercício de baixa intensidade²⁰. Apesar deste resultado ter sido encontrado apenas nesse trabalho, é viável considerar que a intensidade do exercício poderia estar relacionada à resposta de rigidez arterial. Para reforçar esta hipótese, nos cinco estudos que mostraram aumento da rigidez arterial o treinamento com pesos foi realizado com alta intensidade¹⁵⁻¹⁹. Este resultado se assemelha aos resultados de uma metanálise sobre o assunto que também mostra que a realização do treinamento de força com intensidade alta está mais associado com o aumento de rigidez arterial²⁶. Além disso, Okamoto et al.¹⁹ demonstraram que realizar um período de treino com exercícios de intensidade leve (50% de 1RM), após um tempo

de treinamento com exercício de alta intensidade (80% de 1RM), não ocasiona alteração da rigidez arterial. Porém a realização de exercícios de alta intensidade, após os de baixa, proporciona aumento da rigidez arterial. Desta forma, a intensidade do treinamento parece modular a resposta de rigidez arterial.

É importante considerar que o aumento da rigidez arterial está relacionado com o aumento do risco cardiovascular. Desse modo, a prática do treinamento com pesos com alta intensidade poderia não ser interessante, especialmente para indivíduos propensos a um risco cardiovascular aumentado, como, por exemplo, a população idosa.

Com relação ao volume de treinamento, nos estudos que apresentaram aumento da rigidez arterial utilizaram-se maiores volumes diários de treinamento (considerando número de exercícios e de séries realizadas em cada sessão) e também usaram-se maiores volumes totais de treinamento (considerando o número de sessões semanais e de semanas de treinamento).

No entanto, nas pesquisas em que a rigidez arterial se manteve foram empregados menores volumes diários de treinamento, com menores números de séries e de exercícios. Porém, mesmo que aparentemente o maior volume de treinamento pareça estar associado com o aumento de rigidez arterial, é importante considerar que o único estudo que demonstrou redução da rigidez arterial empregou um treinamento de força com volume diário muito alto, no qual os indivíduos realizaram cinco séries em nove exercícios de força²⁰; entretanto, no referido trabalho, o volume total de treino foi inferior a todos os outros estudos (totalizando 16 sessões de treinamento). Assim, os resultados ainda parecem bastante contraditórios no que diz respeito aos efeitos do volume de treinamento sobre a resposta de rigidez arterial, destacando a necessidade de mais trabalhos que investiguem este possível fator de influência.

Dos estudos que investigaram o efeito do destreinamento após o período de intervenção com treinamento com pesos, em um deles¹⁷, foi

possível observar que, posterior ao aumento de rigidez arterial gerado por esse treino, o período de destreino, de duração similar ao de treinamento, foi suficiente para promover a redução desta rigidez. Diante disso, a adaptação provocada pelo treino sobre a rigidez das artérias, nesse estudo, pode ser revertida com o destreino; e a rigidez arterial pode retornar a valores similares aos níveis basais pré-treinamento. Contudo, na pesquisa que mostrou redução da rigidez arterial com o treinamento com pesos²⁰, observou-se que o período de destreino foi igualmente capaz de retornar a rigidez arterial a níveis basais. Assim, o destreino também poderia agir no sentido oposto, aumentando a rigidez arterial e também revertendo as adaptações provocadas pelo treinamento.

Entre os métodos de medida, que foram usados para avaliar a rigidez arterial, a avaliação da velocidade de onda de pulso foi bastante frequente, e apenas em um estudo¹⁶ utilizou-se a análise do índice β para avaliar a complacência arterial. Desta forma, até o momento, não é possível inferir que o método de avaliação da rigidez arterial poderia influenciar nas respostas encontradas após o treinamento de força.

Os mecanismos fisiológicos envolvidos no aumento de rigidez arterial, sobretudo, após o treinamento de força de alta intensidade ainda não estão claros. Uma possível explicação seria que o aumento considerável e frequente da pressão arterial, durante a realização do exercício com pesos, pudesse influenciar no enrijecimento arterial ao longo do tempo. Neste sentido, sabe-se que, ao efetuar-se o exercício com pesos de alta intensidade, o aumento de pressão arterial é mais pronunciado em comparação ao decorrente da execução de exercícios de intensidade menor²⁸. Além disso, o treino de força de alta intensidade pode associar-se com o aumento da atividade nervosa simpática⁷ que, devido a uma maior ação constritora simpática sobre os vasos, poderia promover o aumento de rigidez arterial²⁹.

Com esta revisão, foi possível notar a escassez de estudos bem controlados em que se in-

vestigaram os efeitos do treinamento com pesos sobre a rigidez arterial, especificamente em idosos, mesmo sendo uma problemática relevante, uma vez que este tipo de treino é fortemente recomendado, tanto de forma isolada, para idosos, quanto em complemento ao treinamento aeróbico, para idosos que possuem alguns fatores de risco cardiovasculares específicos^{5,30}. Assim, é de fundamental importância entender não somente se existe um efeito combinado do processo de envelhecimento e do treinamento com pesos sobre a integridade vascular, mas também quais seriam as consequências deste.

É necessário destacar que os estudos apresentados nesta revisão são investigações extremamente recentes, realizadas nos últimos dez anos, o que indica o interesse da comunidade científica por este assunto e sugere a relevância dessa problemática.

Conclusão

Considerando os artigos analisados, a alta intensidade do treinamento de força parece ter influência no aumento da rigidez arterial, uma vez que nos estudos, em que se utilizou intensidade leve a moderada, não se relataram aumento da rigidez arterial. Os achados, nesta pesquisa, ressaltam a necessidade de mais trabalhos nessa área, uma vez que ainda existe uma carência de informação com relação ao assunto, sobretudo, investigando indivíduos de meia idade e idosos, visto que a maioria dos estudos envolveu jovens.

Referências

1. Cornelissen VA, Smart NA. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc.* 2013; in press.
2. Collier SR, Kanaley JA, Carhart R, Jr., Frechette V, Tobin MM, Bennett N, et al. Cardiac autonomic function and baroreflex changes following 4 weeks of resistance versus aerobic training in individuals with pre-hypertension. *Acta Physiol (Oxf)*. 2009;195(3):339-48.

3. Collier SR, Kanaley JA, Carhart R, Jr., Frechette V, Tobin MM, Hall AK, et al. Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood flow and blood pressure in pre- and stage-1 hypertensives. *J Hum Hypertens.* 2008;22(10):678-86.
4. Higashi Y, Sasaki S, Kurisu S, Yoshimizu A, Sasaki N, Matsuura H, et al. Regular aerobic exercise augments endothelium-dependent vascular relaxation in normotensive as well as hypertensive subjects: role of endothelium-derived nitric oxide. *Circulation.* 1999;100(11):1194-202.
5. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 8th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
6. American College of Sports Medicine Position Stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):687-708.
7. Pratley R, Nicklas B, Rubin M, Miller J, Smith A, Smith M, et al. Strength training increases resting metabolic rate and norepinephrine levels in healthy 50- to 65-yr-old men. *J Appl Physiol* (1985). 1994;76(1):133-7.
8. Anton MM, Cortez-Cooper MY, DeVan AE, Neidre DB, Cook JN, Tanaka H. Resistance training increases basal limb blood flow and vascular conductance in aging humans. *J Appl Physiol.* 2006;101(5):1351-5.
9. Cononie CC, Graves JE, Pollock ML, Phillips MI, Summers C, Hagberg JM. Effect of exercise training on blood pressure in 70- to 79-yr-old men and women. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23(4):505-11.
10. Yoon ES, Jung SJ, Cheun SK, Oh YS, Kim SH, Jae SY. Effects of acute resistance exercise on arterial stiffness in young men. *Korean Circ J.* 2010;40(1):16-22.
11. Berry KL, Cameron JD, Dart AM, Dewar EM, Gatzka CD, Jennings GL, et al. Large-artery stiffness contributes to the greater prevalence of systolic hypertension in elderly women. *J Am Geriatr Soc.* 2004;52(3):368-73.
12. Liao D, Arnett DK, Tyroler HA, Riley WA, Chambless LE, Szklo M, et al. Arterial stiffness and the development of hypertension. The ARIC study. *Hypertension.* 1999;34(2):201-6.
13. Laurent S, Boutouyrie P, Asmar R, Gautier I, Laloux B, Guize L, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients. *Hypertension.* 2001;37(5):1236-41.
14. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther.* 2003;83(8):713-21.
15. Cortez-Cooper MY, DeVan AE, Anton MM, Farrar RP, Beckwith KA, Todd JS, et al. Effects of high intensity resistance training on arterial stiffness and wave reflection in women. *Am J Hypertens.* 2005;18(7):930-4.
16. Miyachi M, Kawano H, Sugawara J, Takahashi K, Hayashi K, Yamazaki K, et al. Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance: a randomized intervention study. *Circulation.* 2004;110(18):2858-63.
17. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. Effects of eccentric and concentric resistance training on arterial stiffness. *J Hum Hypertens.* 2006;20(5):348-54.
18. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. pper but not lower limb resistance training increases arterial stiffness in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2009;107(2):127-34.
19. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. Low-intensity resistance training after high-intensity resistance training can prevent the increase of central arterial stiffness. *Int J Sports Med.* 2013;34(5):385-90.
20. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. Effects of low-intensity resistance training with slow lifting and lowering on vascular function. *J Hum Hypertens.* 2008;22(7):509-11.
21. Cortez-Cooper MY, Anton MM, Devan AE, Neidre DB, Cook JN, Tanaka H. The effects of strength training on central arterial compliance in middle-aged and older adults. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2008;15(2):149-55.
22. Fjeldstad AS, Bembem MG, Bembem DA. Resistance training effects on arterial compliance in premenopausal women. *Angiology.* 2009 Dec-2010 Jan;60(6):750-6.
23. Yoshizawa M, Maeda S, Miyaki A, Misono M, Saito Y, Tanabe K, et al. Effect of 12 weeks of moderate-intensity resistance training on arterial stiffness: a randomised controlled trial in women aged 32-59 years. *Br J Sports Med.* 2009;43(8):615-8.
24. Casey DP, Beck DT, Braith RW. Progressive resistance training without volume increases does not alter arterial stiffness and aortic wave reflection. *Exp Biol Med* (Maywood). 2007;232(9):1228-35.

25. Bertovic DA, Waddell TK, Gatzka CD, Cameron JD, Dart AM, Kingwell BA. Muscular strength training is associated with low arterial compliance and high pulse pressure. *Hypertension*. 1999;33(6):1385-91.
26. Miyachi M. Effects of resistance training on arterial stiffness: a meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2013;47(6):393-6.
27. O'Rourke MF, Hashimoto J. Mechanical factors in arterial aging: a clinical perspective. *J Am Coll Cardiol*. 2007;50(1):1-13.
28. de Souza Nery S, Gomides RS, da Silva GV, de Moraes Forjaz CL, Mion D, Jr., Tinucci T. Intra-arterial blood pressure response in hypertensive subjects during low- and high-intensity resistance exercise. *Clinics (Sao Paulo)*. 2010;65(3):271-7.
29. Failla M, Grappiolo A, Emanuelli G, Vitale G, Fraschini N, Bigoni M, et al. Sympathetic tone restrains arterial distensibility of healthy and atherosclerotic subjects. *J Hypertens*. 1999;17(8):1117-23.
30. Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Amsterdam EA, Bittner V, Franklin BA, et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation*. 2007;116(5):572-84.



