



Aptidão cardiorrespiratória e a rigidez arterial - efeito da idade e da atividade física

Dissertação apresentada com vista à obtenção do 2º Ciclo de Estudos conducente ao grau de Mestre em Atividade Física e Saúde, ao abrigo do decreto-lei nº 74/2006 de 24 de março, sob orientação do Professor Doutor Alberto Alves e Professora Doutora Joana Carvalho).

Master Thesis presented for the conclusion of 2nd Cycle Studies in Physical Activity and Health, according to Decree-Law nº 74/2006 of 24 march, under the supervision of Alberto Alves (PhD) and Joana Carvalho (PhD).

André Filipe do Couto Ferreira

2015

Ficha de Catalogação

Ferreira, A. (2015). Associação entre a aptidão cardiorrespiratória e a rigidez arterial: influência da idade e da atividade física, Porto: A. Ferreira. Tese para a obtenção do grau de Mestre em Atividade Física e Saúde, apresentado à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

PALAVRAS-CHAVE: RIGIDEZ ARTERIAL, APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA, ENVELHECIMENTO, ATIVIDADE FÍSICA.

Agradecimentos

Este estudo foi o resultado de um conjunto de esforços e não apenas de um empenho individual onde várias pessoas contribuíram para que tudo tenha sido mais fácil. No final desta etapa importante na minha vida gostaria de manifestar a minha gratidão a todos aqueles que me ajudaram a ultrapassar os meus obstáculos, relativos ao estudo mas também a nível pessoal.

À FADEUP por me ter proporcionado uma experiência enriquecedora.

Ao meu orientador, Prof. Alberto Alves por me ter guiado de forma concisa e de ter demonstrado sempre uma grande disponibilidade para me ajudar ao longo deste processo.

À minha co-orientadora Prof. Joana Carvalho pela ajuda e disponibilidade.

À Adjane por me ter ajudado muito durante este segundo ano do mestrado e por ter criado um bom ambiente de trabalho e se mostrar sempre disponível.

Ao Tiago pela ajuda essencial que deu sempre com a melhor disposição.

À Joana por todo o apoio que me deu ao longo dos últimos meses.

A todos os meus amigos pela paciência que tiveram nestes momentos de maior ausência e em específico ao Pedro pela ajuda na última semana antes da entrega.

Aos meus pais e irmã que foram os que sofreram mais de perto os efeitos da pressão que esta etapa importante teve.

Índice

Índice de Figuras.....	iii
Índice de Quadros.....	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	ix
Lista de Abreviaturas e símbolos.....	xi
2. Objetivos e Hipóteses	5
2.1 Objetivos	5
2.2 Hipóteses.....	5
3. Material e Métodos.....	7
3.1 Desenho do estudo.....	7
3.2 Amostra	8
3.3 Medições.....	9
3.3.1 Medições antropométricas	9
3.3.2 Aptidão Cardiorrespiratória	9
3.3.3 Rigidez Arterial.....	9
3.5 Análise estatística.....	10
4. Resultados.....	11
5. Discussão	15
6. Conclusões.....	19
7. Referências Bibliográficas	20

Índice de Figuras

Figura 1 - Correlação entre os valores de VO_2 pico e de VOP-cf

Índice de Quadros

Quadro 1 - Características dos adultos jovens, idosos inativos, idosos ativos

Quadro 2 - Valores de aptidão cardiorrespiratória e dados hemodinâmicos nos adultos jovens, idosos inativos, idosos ativos

Quadro 3 - Valores de rigidez arterial adultos jovens, idosos inativos, idosos ativos

Resumo

A amostra neste estudo foi composta por um total de 43 pessoas, divididas por três grupos. Quinze pertenceram ao grupo dos adultos jovens adultos ($26,4 \pm 3,6$ anos), 17 ao grupo dos idosos ativos ($69,9 \pm 3,6$ anos) e 11 ao grupo de idosos inativos ($71,5 \pm 5,1$ anos). Os idosos ativos realizavam duas aulas por semana, uma de musculação e uma de treino multi-componente. Houve diferenças significativas na velocidade de onda de pulso carótida-femoral entre o grupo de jovens adultos e os dois grupos de idosos, os inativos e os ativos ($6,03 \pm 1,24$ m/s vs. $9,39 \pm 2,52$ vs. $9,40 \pm 2,01$ m/, $p=0.000$), mas não entre o grupo de idosos inativos e o dos idosos ativos. Também houve diferenças significativas no índice de aumento a 75 batimentos por minuto (IA@75), pressão sistólica central, pressão média central e pressão de pulso central, entre o grupo de jovens adultos e os dois grupos de idosos. Verificamos também diferenças significativas na aptidão cardiorrespiratória entre o grupo dos adultos jovens e os dois grupos de idosos ($44,29 \pm 9,44$ vs. $22,56 \pm 2,68$ vs. $26,32 \pm 5,48$ ml/kg/min, $p=0.000$). Observamos ainda uma correlação inversa entre a aptidão cardiorrespiratória e a rigidez arterial ($-0,697$), $p<0,0001$). No presente estudo, concluímos que a idade é um fator que influencia negativamente a rigidez arterial. Verificamos ainda que o tipo de treino pode ter influência nos efeitos obtidos ao nível da rigidez arterial e que a aptidão cardiorrespiratória está inversamente associada à rigidez arterial.

PALAVRAS-CHAVE: RIGIDEZ ARTERIAL, APTIDÃO
CARDIORRESPIRATÓRIA, ENVELHECIMENTO, ACTIVIDADE FÍSICA.

Abstract

The study's sample was composed by a total of 43 participants divided by three groups; a group of young adults (mean of $26,4 \pm 3,6$ years), a group of inactive elderly ($69,9 \pm 3,6$ years) and a group of active elderly ($71,5 \pm 5,1$ years). The elderly active had two sessions per week, one of weight training and another one of multicomponent training.

We observed significant differences on pulse wave velocity between the group of young adults ($6,03 \pm 1,24$) and both elderly groups, the inactive ($9,40 \pm 2,01$) and the active ($9,39 \pm 2,52$) $p=0.000$, but not between the inactive and active elderly groups. There were also significant differences on the other arterial stiffness variables, augmentation Index to 75 beatgins per minute, central systolic pressure, central mean pressure and pulse central pressure between the group of young adults and both elderly groups. We have also found significant differences on the cardiorespiratory fitness between group of young adults ($44,29 \pm 9,44$) and both elderly groups, the inactive ($22,56 \pm 2,68$) and the active ($26,32 \pm 5,48$) $p=0.000$. We also observed that there is a negative and significant correlation between the cardiorespiratory fitness and the arterial stiffness ($-0,697$), $p<0,0001$

.We concluded that arterial stiffness is negatively affected by aging. We have also observed that the type of training might influence the effects on arterial stiffness and also that the cardiorespiratory fitness is inversely associated with arterial stiffness.

KEY-WORDS: ARTERIAL STIFFNESS, CARDIORESPIRATORY FITNESS, AGING, PHYSICAL ACTIVITY

Lista de Abreviaturas e símbolos

IA – Índice de aumento

IA@75 - índice de aumento a 75 batimentos por minuto

RM – Repetição máxima

PAS – Pressão arterial sistólica

PSC – Pressão sistólica central

PMC – Pressão média central

PPC – Pressão pulso central

VOP – Velocidade de onda de pulso

VOP-cf - Velocidade de onda de pulso carótido-femoral

VO² – Volume de oxigênio

1. Introdução

“O sistema arterial é uma rede de vasos designados para converter o fluxo de sangue intermitente do coração para um fluxo contínuo e estável ao longo da árvore arterial, reduzindo assim a carga posteriormente imposta ao coração. Alterações nesta função de amortecimento, devido ao aumento da rigidez arterial, levam a hipertensão sistólica, hipertrofia do ventrículo esquerdo e perfusão coronária debilitada, provocando um aumento do risco cardiovascular” Boreham *et al.* (2004, p. 1). Um dos factores que influencia a rigidez arterial é o envelhecimento que está associada ao enrijecimento das paredes arteriais que ocorre sobretudo nas artérias centrais e condutoras (Lee & Oh, 2008). As mudanças mais consistentes na parede vascular durante o envelhecimento são o aumento luminal com espessamento da parede vascular e a redução das propriedades elásticas ao nível das grandes artérias elásticas (Lee & Oh, 2008). Do ponto de vista estrutural, estas alterações estão relacionadas com a acumulação de colagénio e da redução de elastina nas túnicas íntima e média (Lee & Oh, 2010; Zieman *et al.*, 2005). A formação de ligações cruzadas entre produtos finais de glicolisação avançada (PGAs) e colagénio ou elastina também podem contribuir para a redução das propriedades elásticas e o aumento da rigidez arterial (Zieman *et al.* 2005). Para além disso, a rigidez arterial é afetada pelo tónus das células musculares lisas vasculares, a ativação de espécies reativas de oxigénio, a diminuição da biodisponibilidade de óxido nítrico e a disfunção endotelial (Zieman *et al.* 2005). Outros fatores como a inflamação e os fatores de risco cardiovascular, tais como a hipertensão e a diabetes mellitus, intensificam ainda mais as alterações vasculares que resultam no aumento da rigidez arterial (Zieman *et al.* 2005).

A rigidez arterial elevada, independentemente das suas causas subjacentes, promove um aumento da VOP sendo considerada uma das principais responsáveis pelo aumento da pressão arterial sistólica e a pressão de pulso na comunidade idosa (O'Rourke *et al.* 2002). O aumento da rigidez arterial, e conseqüentemente da pressão arterial sistólica central e da pressão de pulso, provoca um aumento da pós-carga sobre o ventrículo esquerdo, conduzindo à hipertrofia ventricular esquerda e insuficiência cardíaca

(O'Rourke *et al.* 2002). A rigidez arterial também contribui para o desenvolvimento de doença aterosclerótica dos pequenos vasos, tendo sido demonstrado o seu papel enquanto preditora independente de eventos cardiovasculares, como o enfarte agudo do miocárdio, os acidentes vasculares cerebrais e a insuficiência renal (O'Rourke *et al.* 2002). Por outro lado, a aterosclerose, um processo causado pela disfunção endotelial e inflamação crônica, tem sido associada com o aumento da rigidez arterial que tem sido observada em pacientes com doença das artérias coronárias e que sofreram enfarte do miocárdio (Oliveira *et al.* 2015). Os efeitos negativos da rigidez arterial derivam das mudanças hemodinâmicas, já que os aumentos das pressões sistólica e de pulso estão relacionados com a sobrecarga cardíaca e com a redução da perfusão coronária que pode levar a isquemia miocárdica (Oliveira *et al.* 2015). A velocidade de onda de pulso carótida-femoral (VOP-cf), indicador da rigidez da parede aórtica, tem demonstrado valor preditivo e independente para a mortalidade por todas as causas e mortalidade cardiovascular e biomarcadores inflamatórios e de disfunção endotelial, que são preditores de risco cardiovascular em pacientes com doença das artérias coronárias, também foram associados com a rigidez arterial (Oliveira *et al.* 2015).

O exercício físico regular tem sido apontado como uma importante estratégia terapêutica para a diminuição da rigidez arterial (Fujie, 2015). Os benefícios do treino aeróbico na diminuição da rigidez arterial têm sido comprovados em vários estudos, quer em adultos saudáveis (Rakobowchuk *et al.* 2008), quer em pacientes após enfarte agudo do miocárdio (Oliveira *et al.* 2015), hipertensos (Guimarães *et al.* 2010) e diabéticos (Madden *et al.* 2009; Yokoyama *et al.* 2004). A rigidez arterial induzida pela idade também é atenuada com o treino aeróbico e a elevada produção de óxido nítrico desempenha um papel importante neste processo (Fujie, 2015). A adropina é um regulador da sintetase do óxido nítrico (NOS) e da libertação de óxido nítrico e os seus níveis na circulação diminuem com a idade, tendo sido demonstrado que as alterações promovidas pelo treino aeróbico nos níveis de

adropina em adultos de meia-idade e em adultos mais velhos, estão inervamente correlacionadas com a rigidez arterial (Fujie, 2015). O facto de o exercício aeróbio ter efeitos benéficos no sistema cardiovascular e que leva a uma redução a curto prazo da pressão sanguínea está bem estabelecido. No entanto, o efeito agudo e crónico do exercício resistido na rigidez arterial ainda é controverso. Existem relatos que ocorre um aumento da rigidez arterial após treino intensivo de força e é ainda incerto se o treino resistido pode também afetar a pressão sanguínea periférica e central (Müller *et al.* 2015). Além disso, em indivíduos treinados em resistência há descobertas inconsistentes em relação ao efeito do treino aeróbio intermitente ou constante na rigidez arterial (Müller *et al.* 2015) Apesar do treino resistido ser recomendado para prevenir sarcopenia e a osteoporose, este tipo de treino aumenta a rigidez arterial (Okamoto *et al.*, 2015). O treino resistido após quatro a oito semanas, aumenta significativamente a rigidez arterial em jovens adultos e pré-hipertensos. Após remoção do estímulo do peso, os valores da rigidez arterial voltam ao normal entre quatro a oito semanas (Okamoto *et al.* 2015), tendo este estudo sugerido que o treino resistido periódico, com cessações e reatamentos a curto prazo, atenua o aumento da rigidez arterial. Num estudo de meta-análise que tinha o objetivo de verificar os efeitos do treino aeróbio, resistido e combinado, apenas verificaram diferenças significativas no treino aeróbio e também uma correlação significativa entre a intensidade, mas não do volume do exercício, e o índice de aumentação (Ashor *et al.* 2015). Num outro estudo semelhante, também de meta-análise, onde comparavam os efeitos dos tipos de treino na VOP, foi verificada uma redução em todos os grupos com exercício, mas apenas com diferença significativa no grupo de treino aeróbio (Montero *et al.* 2014). Num estudo realizado em idosos foi analisado o efeito do treino resistido e treino de flexibilidade na rigidez arterial, no entanto quando comparados não foram verificadas diferenças significativas (Williams *et al.* 2013). Um estudo também realizado em idosos, com a diferença do treino resistido ser apenas feito através de exercícios com os membros inferiores, também não encontrou diferenças significativas após a intervenção (Maeda *et al.* 2006). Num estudo feito apenas em mulheres idosas, com um grupo submetido a sessões de

treino com exercícios de resistência e exercícios aeróbios e um grupo de controlo, encontrou resultados significativos e com efeitos positivos na rigidez arterial (Miura H *et al.* 2010).

2. Objetivos e Hipóteses

2.1 Objetivos

O objetivo principal deste estudo é comparar os valores da velocidade de onda de pulso entre jovens adultos, idosos inativos e idosos ativos.

Tendo em consideração este principal objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Analisar o efeito da idade na rigidez arterial;
- Analisar o efeito da atividade física na rigidez arterial em idosos;
- Analisar a associação entre a rigidez arterial e a aptidão cardiorrespiratória.

2.2 Hipóteses

Este estudo visa testar as seguintes principais hipóteses de investigação:

H0 - A rigidez arterial não difere significativamente entre jovens adultos e idosos ativos e inativos;

H1 - A rigidez arterial é significativamente inferior nos jovens adultos comparativamente com os dois grupos de idosos;

H2 - A rigidez arterial é significativamente inferior no grupo de idosos ativos comparativamente com o grupo de idosos inativos;

H3 - A rigidez arterial apresenta uma correlação negativa com a aptidão cardiorrespiratória.

3. Material e Métodos

3.1 Desenho do estudo

Este foi um estudo transversal em que cada participante realizou três avaliações, onde foram registadas as medições antropométricas, a avaliação cardiorrespiratória e a rigidez arterial. Todas as avaliações foram efetuadas na Faculdade de Desporto da Universidade no Porto. Antes de serem efetuadas as avaliações, foi pedido a todos os participantes que preenchessem uma ficha de anamnese, para a recolha de dados relativos à história clínica, fatores de risco e hábitos de vida, e que assinassem um termo de consentimento, tendo todos os procedimentos sido realizados de acordo com a Declaração de Helsínquia. O estado de prontidão para o exercício físico foi confirmado através do preenchimento do questionário PAR-Q & YOU.

O grupo dos jovens foi recrutado através de contacto telefónico, junto da comunidade estudantil da Universidade do Porto, enquanto que o grupo de idosos inativos foram contactados previamente para participarem num programa longitudinal de exercício físico. Os idosos ativos foram recrutados através de um programa de exercício físico para idosos da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. As aulas dos idosos ativos consistem em sessões de treino de musculação e sessões de exercício multicomponente. As características das sessões de treino de musculação e multicomponente deste programa foram descritas em estudos anteriores (Carvalho *et al.* 2008, 2010, 2010b); (Marques *et al.* 2011, 2011, 2013). As sessões de treino multicomponente consistem num período de aquecimento de cerca de dez minutos com exercícios calisténicos e exercícios de mobilidade articular. De seguida, a sessão de treino contém uma segunda parte com atividades aeróbias de intensidade moderada com participação de grandes grupos musculares durante no mínimo dez minutos, uma terceira parte composta por trabalho muscular localizado especificamente direcionado para aumentar a resistência muscular dos músculos extensores e flexores do joelho, tornozelo e anca, da musculatura do tronco, da zona abdominal e dos membros. A

penúltima parte consistia em exercícios de coordenação através de movimentos e a última fase compreende um período de relaxamento e alongamento englobando exercícios respiratórios e de flexibilidade. No total as sessões têm cerca de cinquenta minutos. (Carvalho *et al.* 2008). O treino de força consiste num período inicial de aquecimento de baixa intensidade em bicicleta ergométrica ou remo ergométrico e exercícios de alongamento muscular durante cerca de dez minutos. A fase seguinte é de exercitação em máquinas comerciais de resistência variável por pesos durante vinte a trinta minutos, incluindo músculos extensores (“leg press” e “leg extension”) e flexores do joelho (“seated leg curl”), músculos do tronco e membros superiores (“women’s double chest”, “lateral raise” e “overhead press”) e músculos abdominais (“abdominal machine”). No final cinco a dez minutos de relaxamento com retorno à calma e alongamento dos principais grupos musculares exercitados. Realizaram duas séries em cada exercício de dez a doze repetições a setenta por cento de uma RM (Oliveira, Mota & Magalhães, 2004).

3.2 Amostra

A amostra neste estudo foi composta por um total de quarenta e três pessoas, divididas por três grupos. Quinze pertenceram ao grupo dos adultos jovens (idade média de $26,4 \pm 3,6$ anos), dezassete ao grupo dos idosos ativos ($69,9 \pm 3,6$ anos) e onze ao grupo de idosos inativos ($71,5 \pm 5,1$ anos). Os critérios de inclusão no estudo foram: (i) idade entre os 18 e os 35 anos para o grupo de adultos jovens e idade igual ou superior a 65 anos de idade para os grupos dos idosos. Os critérios de exclusão do estudo incluíram a presença de arritmias cardíacas descontroladas, angina de peito instável, hipertensão descontrolada, doença valvular significativa, diagnóstico de insuficiência cardíaca, doença metabólica descontrolada, presença de comorbidades pulmonares e renais, condições que limitem a realização de exercício físico, respostas hemodinâmicas anormais, isquemia do miocárdio, e/ou arritmias ventriculares severas durante o teste de tolerância ao exercício.

3.3 Medições

3.3.1 Medições antropométricas

Através de um estadiômetro e de uma balança de impedância bioelétrica (Tanita, Tokyo, Japan), avaliámos a altura, peso corporal e a percentagem de massa gorda. Calculámos posteriormente o índice de massa corporal.

3.3.2 Aptidão Cardiorrespiratória

A avaliação cardiorrespiratória foi realizada através de um teste de exercício incremental seguindo o protocolo de Bruce em tapete rolante com avaliação contínua dos gases respiratórios através um instrumento de ergoespirometria (Oxycon-Pro, Jaeger, Wuerzberg, Germany).

3.3.3 Rigidez Arterial

Para esta avaliação recorreremos ao modelo de Colin BP 8880 monitor (Critikron, Inc., Tampa, FL, USA). Procedemos à medição da pressão arterial em repouso na posição de decúbito dorsal, no braço direito e no mínimo três vezes, com um minuto de intervalo, tendo feito a sua média posteriormente. Foi necessário fornecer algumas informações antes do dia da avaliação. Nas vinte e quatro horas anteriores, os participantes não podiam realizar exercício físico, nem consumir cafeína e álcool. Nas três horas que antecediam a avaliação, não podiam também ingerir comida nem ter qualquer tipo de hábito tabágico.

A medição da rigidez arterial foi executada em duas fases, a análise da onda de pulso e a análise da velocidade de onda de pulso carótida-femoral, tendo cada uma delas sido avaliada duas vezes em todos os participantes. Para analisar a onda de pulso, foi utilizada a técnica de tonometria de aplanção (Sphygmocor System, AtCor Medical, Sydney, Australia) da artéria radial do pulso direito, com recurso a um transdutor medidor de tensão de elevada fidelidade (Millar Instruments, Houston, TX, USA). As ondas sequenciais de pressão radial foram registadas de uma forma não invasiva, ao longo de pelo menos doze segundos. Uma onda de pressão central (aórtica) foi criada através de um algoritmo validado (Gallagher *et al.* 2004). Com isto

obtivemos alguns parâmetros, as pressões centrais, o índice de aumento (Alx), o índice de aumento corrigido para a frequência cardíaca de setenta e cinco batimentos por minuto (Alx@75). Para a avaliação da velocidade de onda de pulso carótida-femoral, foi utilizado o mesmo sistema (Wilkinson *et al.* 1998). Para esta avaliação, é necessário realizar também um electrocardiograma para funcionar como referência para o cálculo do tempo de trânsito entre os dois locais de medição (método foot-to-foot). A distância percorrida pela onda de pressão resulta da diferença entre as distâncias à superfície do ponto de medição na artéria femoral à incisura esternal e da incisura esternal ao ponto de medição na artéria radial. A velocidade da onda de pulso é então obtida pela distância percorrida pela onda de pressão (em metros) dividida pelo tempo de trânsito (em segundos). Na análise da onda de pulso asseguramos a qualidade das formas de onda registadas recorrendo a um valor no controlo de qualidade do software do Sphygmocor, onde teria que ser superior a 90%. Na velocidade da onda de pulso, o valor do desvio padrão não poderia ultrapassar os 10% da velocidade média.

3.5 Análise estatística

A normalidade da distribuição foi confirmada através do teste de Shapiro-Wilk.

No início do estudo, as comparações entre os três grupos foram realizadas através da análise de variâncias (One-Way ANOVA), e o teste do qui-quadrado, conforme apropriado. Quando foram detetadas diferenças significativas entre os três grupos, recorreu-se ao teste de Bonferroni para comparações múltiplas entre grupos. As diferenças encontradas nas variáveis da rigidez arterial e aptidão cardiorrespiratória foram posteriormente testadas considerando o potencial efeito moderador de medidas de base, tendo sido introduzidas as variáveis idade, género, peso, altura, percentagem de massa gorda e medicação como covariáveis. Os dados foram descritos em média (desvio padrão), ou em frequência absoluta e relativa (percentagem) de casos, conforme apropriado. A significância estatística foi fixada em $p < 0,05$ para todos

os testes. SPSS 22 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) foi utilizado para todas as análises.

4. Resultados

Quadro 1. Características dos adultos jovens, idosos inativos, idosos ativos

	Adultos jovens (n=15)	Idosos inativos (n=17)	Idosos ativos (n=11)	<i>P</i>
Peso (kg)	69,67 ± 13,97	67,81 ± 21,26	75,14 ± 12,65	0,535
Idade (anos)	26,40 ± 3,58*°	69,88 ± 3,55	71,45 ± 5,11	0,000
Altura (cm)	170,40 ± 10,84*°	157,13 ± 9,89	157,45 ± 8,90	0,001
Índice Massa Corporal (kg/m ²)	24,05 ± 2,90*°	29,53 ± 3,91	30,19 ± 3,18	0,000

*Diferença significativa entre adultos jovens e idosos inativos $p < 0,05$

° Diferença significativa entre adultos jovens e idosos ativos $p < 0,05$

No quadro 1 podemos observar que houve diferenças significativas nas médias de idade, altura e índice de massa corporal entre o grupo dos adultos jovens e dos idosos inativos, assim como entre o grupo dos adultos jovens e dos idosos ativos. Não houve qualquer diferença significativa entre os grupos dos idosos.

Quadro 2. Valores de aptidão cardiorrespiratória e dados hemodinâmicos nos adultos jovens, idosos inativos, idosos ativos

	Adultos jovens (n=15)	Idosos inativos (n=17)	Idosos ativos (n=11)	<i>P</i>
Pressão arterial sistólica em repouso (mmHg)	116,32 ± 11,13°	126,05 ± 15,31	131,91 ± 17,28	0,035
Pressão arterial diastólica em repouso (mmHg)	63,71 ± 7,010°	67,81 ± 7,46	74,09 ± 7,64	0,005
VO ₂ Pico (mL/kg/min)	44,29 ± 9,44*°	22,56 ± 2,68	26,32 ± 5,48	0,000
Frequência cardíaca máxima (bpm)	177,13 ± 17,79*	139,78 ± 21,50	155,10 ± 15,79	0,000

*Diferença significativa entre adultos jovens e idosos inativos $p < 0,05$

° Diferença significativa entre adultos jovens e idosos ativos $p < 0,05$

No quadro 2 observamos que houve diferenças significativas nas médias de pressão arterial sistólica e diastólica em repouso e no VO₂ pico, entre o grupo dos adultos jovens e o grupo dos idosos inativos. Relativamente à aptidão cardiorrespiratória, podemos observar que os valores de VO₂ pico foram significativamente superiores no grupo dos adultos jovens comparativamente com os grupos dos idosos, enquanto os valores médios de frequência cardíaca máxima foram significativamente superiores apenas entre o grupo dos adultos jovens e o grupo dos idosos inativos. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos de idosos.

Quadro 3. Valores de rigidez arterial adultos jovens, idosos inativos, idosos ativos

	Adultos jovens	Idosos inativos	Idosos ativos	<i>P</i>
Velocidade da Onda de Pulso carótido-femoral (m/s)	6,03 ± 1,24*°	9,40 ± 2,01	9,39 ± 2,52	0,000
Índice de aumento @75bpm(%)	8,07 ± 9,27*°	40,06 ± 4,70	33,27 ± 6,94	0,000
Pressão Sistólica Central (mmHg)	97,87 ± 9,05 *°	119,94 ± 17,36	123,45 ± 21,30	0,000
Pressão Média Central (mmHg)	79,40 ± 7,05*°	90,75 ± 11,46	93,73 ± 9,85	0,001
Pressão de Pulso Central (mmHg)	34,27 ± 7,02*°	50,19 ± 12,01	43,55 ± 12,75	0,001

*Diferença significativa entre adultos jovens e idosos inativos $p < 0,05$

° Diferença significativa entre adultos jovens e idosos ativos $p < 0,05$

No quadro 3 observamos que houve diferenças significativas nas médias das cinco variáveis entre o grupo dos adultos jovens e dos idosos inativos e também entre o grupo dos adultos jovens e dos idosos ativos. Os valores médios de VOP-cf foram superiores no grupo dos adultos jovens do que aqueles dos grupos de idosos, enquanto os valores do índice de aumento a 75 batimentos por minuto (IA@75), pressão sistólica central, pressão média central e pressão de pulso central foram significativamente mais baixos no grupo dos adultos jovens. Não foram detetadas diferenças significativas entre os grupos dos idosos.

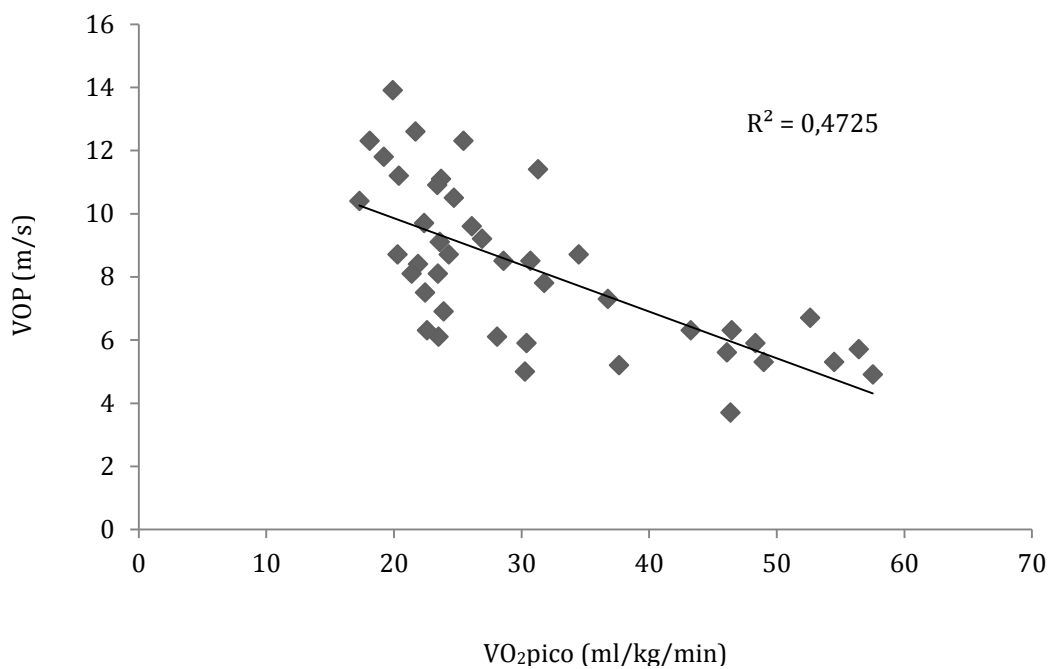


Figura 1. Correlação entre os valores de VO₂pico e de VOP-cf

Os dados apresentados na Figura 1 demonstram uma correlação significativa entre os valores de VO₂ pico e de VOP-cf (-0,697, p<0,0001) para a amostra total.

5. Discussão

O objectivo deste estudo era verificar a existência de diferenças na rigidez arterial entre o grupo dos adultos jovens e os dois grupos de idosos, para observar o efeito da idade na VOP-cf, mas também entre o grupo de idosos inativos e o dos ativos, para ver o efeito da atividade física. Os dados do presente estudo indicam que os valores de VOP são significativamente mais baixos no grupo de adultos jovens do que aqueles dos idosos inativos e também dos idosos ativos. Estes resultados são semelhantes àqueles encontrados por Strazhesko *et al.* (2015), no qual foi encontrada uma associação positiva entre a idade e a velocidade de onda de pulso a idade no qual corroborando a noção que a idade é um fator determinante para a rigidez arterial. Para o método desenvolvido por Bargiotas *et al.* (2015), encontraram a maior correlação, sendo esta significativa, na comparação da idade com a VOP.

Ao contrário da nossa hipótese inicial, não verificamos diferenças significativas entre o grupo de idosos inativos e o dos idosos ativos. Num estudo recente, onde dois grupos constituídos por idosos com excesso de peso e obesos foram submetidos a um treino resistido, três vezes por semana, durante 5 meses, com a diferença que um dos grupos foi adicionalmente submetido a restrição calórica, nenhum dos grupos apresentou diferenças significativas na rigidez arterial após os 5 meses de treino (Jefferson *et al.* 2015). No mesmo ano, Greenwood *et al.* (2015). avaliaram a VOP em adultos que tinham recebido um transplante renal até doze meses antes da avaliação inicial. Neste estudo, os participantes foram divididos em três grupos distintos, tendo um dos grupos recebido apenas o tratamento usual, outro com treino resistido e outro com treino aeróbio. O programa de treino era constituído por três sessões por semana, durante doze semanas, e os pacientes eram avaliados antes e depois do período de intervenção. Os dois grupos com o treino mostraram diferenças significativas na VOP quando comparados ao grupo que não praticou qualquer tipo de treino. Não houve diferenças significativas entre o grupo de treino resistido e o grupo de treino aeróbio.

Apesar do resultado apresentado no estudo anterior, existem estudos que demonstraram que o treino resistido aumenta a rigidez arterial, ainda que se for interrompido, os valores voltem a aproximar-se dos iniciais (Cortez-Cooper *et al.* 2008; Miyachi *et al.* 2004; Okamoto, *et al.* 2006). Li *et al.* (2015) concluíram que o treino aeróbio tende a ter efeitos positivos na rigidez arterial em indivíduos normo e hipertensivos, mas não em indivíduos com hipertensão sistólica isolada. Observaram ainda que o treino resistido de intensidade vigorosa está associado ao aumento da rigidez arterial e que o treino resistido de baixa intensidade parece não ter efeitos negativos. Recentemente, Hamasaki *et al.* (2015) realizaram um estudo em pessoas obesas com diabetes tipo II, as quais foram submetidas a uma intervenção com treino resistido ao longo de 12 semanas, onde no final não foram verificadas alterações significativas na rigidez arterial. Um estudo (Thiebaud *et al.* 2015) efetuado em homens divididos em três grupos, nomeadamente um grupo de jovens, um com pessoas de meia-idade e um composto por idosos, analisou o efeito do treino resistido constituído por vários exercícios efetuados a uma intensidade correspondente a 65% de 1 repetição máxima (RM), com três séries de dez repetições por cada exercício. A pressão arterial sistólica braquial aumentou significativamente em todos os grupos e o índice de aumento aumentou no grupo dos jovens. A pressão sistólica central e a VOP central não sofreram alterações significativas. Noutro estudo realizado em pacientes com doença arterial periférica, submeteram-nos a três sessões, as duas primeiras de treino resistido a 60% de 1RM e a terceira era uma sessão de controlo que consistia em descanso nas máquinas de exercício. Mediram antes e após cada sessão. Observaram aumentos significativos na pressão arterial sistólica e diastólica no final das duas primeiras sessões e foram ainda maiores após a terceira. A VOP braquial-tornozelo aumentou significativamente de maneira semelhante após ambas as sessões (Correia *et al.* 2015). Para além disso, num estudo feito em pessoas com doença renal crónica, criaram dois grupos de intervenção, um deles teve o tratamento habitual, o outro realizou um treino aeróbio que consistia em quatro sessões diárias de dez minutos de bicicleta a noventa por cento da frequência cardíaca máxima durante três meses. Após este tempo

não foram observadas diferenças significativa, possivelmente pela duração curta da intervenção e pela natureza intermitente do treino (Van Craenenbroeck, *et al.* 2015). Com base nisto, uma das razões para o nosso estudo não ter apresentado diferenças significativas entre o grupo dos idosos inativos e o dos ativos pode estar relacionada com o tipo de treino realizado nos idosos ativos, nomeadamente treino multicomponente e exercícios de musculação. Neste sentido, treino de musculação e multicomponente pode não ser eventualmente o melhor tipo de exercício físico para melhorar a rigidez arterial.

Tivemos como objetivo secundário deste estudo, ver a relação entre a aptidão cardiorrespiratória e a rigidez arterial. Observamos que houve uma correlação inversa significativa entre os valores do VO_2 pico e a VOP-cf para a amostra total. Este resultado leva-nos a crer que de facto, uma pessoa com melhor aptidão cardiorrespiratória tende a possuir uma melhor rigidez arterial. Foi realizado um estudo no qual usaram um cicloergómetro submáximo para avaliar a aptidão cardiorrespiratória e ver a sua relação com a rigidez arterial, tendo sido verificado que o VO_2 pico está associado inversamente e significativamente com a VOP braquial (Boreham, *et al.* 2004). Um estudo efetuado para perceber a associação da aptidão cardiorrespiratória com a rigidez arterial em homens com síndrome metabólico teve resultados semelhantes (Sae Young *et al.* 2009). Adicionalmente, foi realizado um estudo em mulheres em que foram divididas em dois grupos, um com mulheres mais novas, antes da menopausa e outro com mulheres mais velhas, após a menopausa, tendo sido nestes grupos incluído um fator de análise adicional, i.e. o fato de serem ou não aptas fisicamente, tendo em conta o seu valor de VO_{2pico} (Gando *et al.* 2009). Os autores observaram que a rigidez arterial central nas mulheres mais velhas aptas fisicamente era mais baixa do que nas mulheres inaptas (Gando, *et al.* 2009). Num outro estudo semelhante realizado em mulheres aptas e não aptas fisicamente, tendo em conta o VO_2 pico, e mulheres antes e após a menopausa, os investigadores também verificaram uma relação significativa entre o VO_2 pico e a VOP aórtica (Tanaka *et al.* 1998). Em conjunto, estes resultados indicam que o aumento da rigidez arterial que

acompanha o envelhecimento está associado com uma diminuição significativa da aptidão cardiorrespiratória.

Este estudo teve duas principais limitações que podem ter influenciado os resultados. A primeira foi o facto da dimensão da amostra ser pequena, e a segunda está relacionada com o grupo dos idosos ativos, nomeadamente com o facto de não ter sido possível controlar a frequência dos idosos ao treino.

Há algumas sugestões que podem ser tidas em conta para o futuro num possível estudo semelhante. Em primeiro lugar, seria importante ter uma amostra com uma dimensão maior. Pensando na relação da idade com a VOP, seria interessante incluir mais um grupo de pessoas na amostra, entre os 35 e os 64 anos. Para uma melhor compreensão sobre os efeitos do treino na VOP, era importante ter controlo na intervenção, no tipo de treino que os idosos iriam realizar, como por exemplo o treino aeróbio que baseando em outros estudos parece ser o mais indicado para a redução da rigidez arterial. Poderia também ser de interesse juntar mais uma sugestão às anteriores, onde o estudo tivesse um desenho longitudinal para avaliar os efeitos do treino resistido na rigidez arterial.

6. Conclusões

Com a realização deste estudo podemos concluir que a idade é um fator influencia negativamente a rigidez arterial. Por outro lado, os resultados do nosso estudo indicam que o tipo de treino pode ter influência nos efeitos obtidos ao nível da rigidez arterial, tendo os idosos envolvidos em programa de treino multi-componente e musculação não apresentado valores significativamente diferentes aos do grupo de idosos sem prática formal de exercício físico. Podemos também concluir que a aptidão cardiorrespiratória está inversamente associada à rigidez arterial.

7. Referências Bibliográficas

Ashor, A. W., Lara, J., Siervo, M., Celis-Morales, C., & Mathers, J. C. (2014). Effects of Exercise Modalities on Arterial Stiffness and Wave Reflection: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *PLoS ONE*, 9(10), e110034. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0110034>

Bargiotas, I., Mousseaux, E., Yu, W.-C., Venkatesh, B. A., Bollache, E., de Cesare, A., ... Kachenoura, N. (2015). Estimation of aortic pulse wave transit time in cardiovascular magnetic resonance using complex wavelet cross-spectrum analysis. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 17(1), 65. <http://doi.org/10.1186/s12968-015-0164-7>

Carvalho, J., Marques E., Soares J.M, & Mota J. (2010). Isokinetic strength benefits after 24 weeks of multicomponent exercise training and combined exercise training in older adults. *Aging Clin Exp Res. Consult.* 6 Out 2015. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19920406>

Carvalho, J., Marques E, Ascensão A, Magalhães J, Marques F, & Mota J. (2010). Multicomponent exercise program improves blood lipid profile and antioxidant capacity in older women. *Arch Gerontol Geriatr. Consult.* 6 Out 2015. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19577313>

Carvalho, Joana, Marques, Elisa, & Mota, Jorge. (2008). Resposta hemodinâmica aguda a uma sessão de exercício físico multicomponente em idosos. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 8(1), 103-113. Recuperado em 06 de outubro de 2015, de http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1645-05232008000100011&lng=pt&tlng=pt .

Colin A. Boreham, Ferreira I., Twisk J.W., Gallagher A.M., Savage M.J., & Murray L.J. (2004) Hypertension. Cardiorespiratory Fitness, Physical Activity, and Arterial Stiffness - The Northern Ireland Young Hearts Project. Consult 20 Set 2015. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15452034>

Correia M.A., Soares A.H.M., Cucato G.G., Lima A.H., Gomes A.P., Prazeres T.M., Rodrigues S.C., Sobral-Filho D., Santos A.C., Brasileiro-Santos M.S. & Ritti-Dias R.M. (2015). Vascular Mechanisms of Post-exercise Blood Pressure Responses in Peripheral Artery Disease. Int J Sports Med. Consult 13 Set 2015. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26252549>

D. Gallagher, A. Adji, M.F. O'Rourke. (2004). Validation of the transfer function technique for generating central from peripheral upper limb pressure waveform, Am. J. Hypertens. 17 (2004) 1059e1067.

Fujie S., Hasegawa N., Sato K., Fujita S., Sanada K., Hamaoka T. & Iemitsu M. (2015). Aerobic exercise training-induced changes in serum adiponectin level are associated with reduced arterial stiffness in middle-aged and older adults. Am J Physiol Heart Circ Physiol. Consult 8 Set 2015 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26371163>

Gando, Y., Kawano, H., Yamamoto, K., Sanada, K., Tanimoto, M., Oh, T., Ohmori, Y., Miyatani, M., Usui, C., Takahashi, E., Tabata, I., Higuchi, M. & Miyachi, M. (2009). Age and cardiorespiratory fitness are associated with arterial stiffening and left ventricular remodeling. Journal of Human Hypertension. Nature Publishing Group. Consult 15 Set 2015 <http://www.diabetesresearchclinicalpractice.com/>

Greenwood S.A., Koufaki P., Mercer T.H., Rush R., O'Connor E., Tuffnell R., Lindup H., Haggis L., Dew T., Abdunassir L., Nugent E., Goldsmith D. & Macdougall I.C. (2015) Aerobic Or Resistance Training And Pulse Wave Velocity In Kidney Transplant Recipients: A 12-Week Pilot Randomized Controlled Trial (The Exercise In Renal Transplant [Exert] Trial) *Am J Kidney Dis. Consult.* 15 Set 2015. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26209542>

Lee H.Y., Oh, B.H., (2008). Aging and Arterial Stiffness. *Circulation Journal. Consul* 11 Set 2015. <http://doi.org/10.1253/circj.CJ-10-0910>

Hamasaki, H., Kawashima, Y., Tamada, Y., Furuta, M., Katsuyama, H., Sako, A., & Yanai, H. (2015). Correction: Associations of Low-Intensity Resistance Training with Body Composition and Lipid Profile in Obese Patients with Type 2 Diabetes. *PLoS ONE*, 10(8), e0137154. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0137154>

Hirofumi Tanaka, Christopher A. DeSouza & Douglas R. Seals. (1998). Absence of Age-Related Increase in Central Arterial Stiffness in Physically Active Women. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology. Consult* 14 Set 2015 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9445266>

Huang C., Wang J., Deng S., She Q. & Wu L. (2015). The effects of aerobic endurance exercise on pulse wave velocity and intima media thickness in adults: A systematic review and meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports. Consult* 14 Set 2015. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26059748>

I.B. Wilkinson, Fuchs SA., Jansen IM., Spratt JC., Murray GD., Cockcroft JR & Webb DJ. (1998), Reproducibility of pulse wave velocity and augmentation index measured by pulse wave analysis, *J. Hypertens.* 16 (1998) 2079e2084.

Jae S.Y., Heffernan K.S., Fernhall B., Oh Y.S., Park W.H., Lee M.K. & Choi Y.H. (2009). Association between cardiorespiratory fitness and arterial stiffness in men with the metabolic syndrome. *Diabetes Research and Clinical Practice*. Consult 13 Set 2015
<http://www.diabetesresearchclinicalpractice.com/>

Jefferson, M.E., Nicklas B.J., Chmelo E.A., Crotts C.I., Shaltout H.A., Diz D.I., Marsh A.P. & Brinkley T.E. (2015) Effects Of Resistance Training With And Without Caloric Restriction On Arterial Stiffness In Overweight And Obese Older Adults. *American Journal of Hypertension*. Consult. 10 Set 2015
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

Laurent, S., Cockcroft, J., Van Bortel, L., Boutouyrie, P., Giannattasio, C., Hayoz, D., Pannier, B., Vlachopoulos, C., Wilkinson, I. & Struijker-Boudier, H.; European Network for Non-invasive Investigation of Large Arteries. (2006). Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur Heart J*. Consult 16 Set 2015
<http://eurheartj.oxfordjournals.org/content/27/21/2588.long>

Li Y., Hanssen H., Cordes M., Rossmeissl A., Endes S. & Schmidt-Trucksäss A. (2014). Aerobic, resistance and combined exercise training on arterial stiffness in normotensive and hypertensive adults: A review. *Eur J Sport Sci*. Consult. 6 Set 2015.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25251989>

Maeda, S., Otsuki, T., Iemitsu, M., Kamioka, M., Sugawara, J., Kuno, S., Ajisaka R. & Tanaka, H. (2006). Effects of leg resistance training on arterial function in older men. *British Journal of Sports Medicine*, 40(10), 867–869.
<http://doi.org/10.1136/bjism.2006.029538>

Marques, E.A., Mota, J., Machado, L., Sousa, F., Coelho, M., Moreira, P. & Carvalho, J. (2011). Multicomponent training program with weight-bearing

exercises elicits favorable bone density, muscle strength, and balance adaptations in older women. *Calcif Tissue Int. Consult.* 6 Out 2015. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21113584>

Marques, E.A., Carvalho, J., Pizarro, A., Wanderlay, F. & Mota J. (2011). The influence of physical activity, body composition, and lower extremity strength on walking ability. *Motor Control. Consult.* 6 Out 2015 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22113093>

Marques, E.A., Mota, J., Viana, J.L., Tuna, D., Figueiredo, P., Guimarães, J.T. & Carvalho, J. (2013). Response of bone mineral density, inflammatory cytokines, and biochemical bone markers to a 32-week combined loading exercise programme in older men and women. *Arch Gerontol Geriatr. Consult.* 6 Out 2015. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23623588>

Michael, F. O'Rourke, AJH 2002. Clinical Applications of Arterial Stiffness; Definitions and Reference Values,; 15:426–444

Milatz, F., Ketelhut S. & Ketelhut R.G. (2015). Vasa. Favorable effect of aerobic exercise on arterial pressure and aortic pulse wave velocity during stress testing. *Consult* 16 Set 2015. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

Miura, H., Takahashi, Y. & Kitabatake, Y. (2010). Influence of group training on pulse wave velocity in elderly women. *Nihon Koshu Eisei Zasshi. Consult.* 1 Out 2015. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20560409>

Montero, D., Vinet, A. & Roberts, C.K. (2015). Effect of combined aerobic and resistance training versus aerobic training on arterial stiffness. *International Journal of Cardiology. Consult* 16 Set 2015. <http://www.internationaljournalofcardiology>

Müller, J, Wilms, M, Oberhoffer, R, (2015). Acute effects of submaximal endurance training on arterial stiffness in healthy middle- and long-distance runners. *Hypertens (Greenwich)*. Consult 13 Set 2015 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25782686>

Oliveira, J., Mota, J. & Magalhães, J. (2004). Força muscular em idosos II: efeito de um programa complementar de treino na força muscular de idosos de ambos os sexos. *Consul.* 5 Out 2015. <http://www.researchgate.net/publication/37656555>

Pereira, T, Costa, C, Maldonado, J. (2015). VASCULAR EFFECTS OF A REGULAR AEROBIC EXERCISE PROGRAM MME IN YOUNG HEALTHY ADULTS. *J Hypertens*. Consult 17 Set 2015. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26102913>

Strazhesko, I., Tkacheva, O., Boytsov, S., Akasheva, D., Dudinskaya, E., Vygodin, V., Skvortsov, D. & Nilsson, P. (2015). Association of Insulin Resistance, Arterial Stiffness and Telomere Length in Adults Free of Cardiovascular Diseases. *PLoS ONE*, 10(8), e0136676. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0136676>

Okamoto, T., Sakamaki, M.S., Min, S.K., Yoshida, S., Watanabe, Y. & Ogasawara, R. (2015). Repeated Cessation and Resumption of Resistance Training Attenuates Increases in Arterial Stiffness, *Int J Sports Med* Consult 16 Set 2015. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25734911>

Thiebaud, R.S., Fahs, C.A., Rossow, L.M., Loenneke, J.P., Kim, D., Mouser, J.G., Beck, T.W., Bemben, D.A., Larson, R.D. & Bemben, M.G. (2015). Effects of age on arterial stiffness and central blood pressure after an acute bout of resistance. *Eur J Appl Physiol*. Consult 18 Set 2015. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26275787>

Williams, A.D., Ahuja, K.D., Almond, J.B., Robertson, I.K. & Ball, M.J. (2013) Progressive resistance training might improve vascular function in older women but not in older men. *J Sci Med Sport. Consult* 1 Out 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2012.05.001>

Zhongjie Sun (2014). Aging, Arterial Stiffness, and Hypertension, , *Hypertension. Consult* 13 Set 2015. <http://hyper.ahajournals.org/cgi/pmidlookup?view=long&pmid=25368028>