

DUPLO-PRODUTO E VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA APÓS ESFORÇO ISOCINÉTICO EM ADULTOS E IDOSOS



ARTIGO ORIGINAL
ORIGINAL ARTICLE
ARTÍCULO ORIGINAL

RATE-PRESSURE PRODUCT AND VARIATION OF HEART RATE AFTER ISOKINETIC EFFORT IN ADULTS AND ELDERLY

DOBLE PRODUCTO Y VARIACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDÍACA DESPUÉS DE ESFUERZO ISOCINÉTICO EN ADULTOS Y ANCIANOS

Tiago Tsunoda Del Antonio¹
(Fisioterapeuta)

Marcos Renato de Assis²
(Médico)

1. Universidade Estadual do Norte do Paraná, Jacarezinho, Paraná, PR, Brasil.

2. Faculdade de Medicina de Marília, Programa de Mestrado em Saúde e Envelhecimento, Marília, SP, Brasil.

Correspondência:

Alameda Padre Magno 841, Nova Jacarezinho, Jacarezinho, Paraná, PR, Brasil. 86400-000.
tiagodantonio@uenp.edu.br

RESUMO

Introdução: O envelhecimento predispõe a alterações multissistêmicas, por exemplo, nos sistemas cardiovascular e musculoesquelético. A prática de exercício físico é um importante recurso terapêutico para retardar perdas de funções orgânicas. No entanto, existe pouco conhecimento sobre as respostas cardiovasculares durante e após o exercício isocinético em idosos. **Objetivo:** O objetivo deste estudo é analisar as respostas de frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em indivíduos de distintas faixas etárias submetidos ao esforço muscular isocinético. **Método:** O estudo foi constituído por 60 voluntários distribuídos em três faixas etárias – G1: 30 a 45 anos, G2: 45 a 60 anos e G3: 60 a 75 anos – submetidos a teste bilateral de flexão-extensão de joelhos em dinamômetro isocinético com velocidade angular de 60°/segundo para verificação das respostas hemodinâmicas. Os dados foram analisados por meio do *Software Bioestat*® 5.3, pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn para as amostras independentes e de Friedman para amostras dependentes, além da comparação das curvas de Kaplan-Meier por meio do teste de log-rank, considerando $P \leq 0,05$. **Resultados:** O grupo de idosos (G3) apresentou maiores valores de pressão arterial sistólica, duplo-produto e tempo para o retorno à frequência cardíaca basal comparado com o grupo mais jovem (G1). **Conclusão:** O grupo de 60 a 75 anos de idade apresentou maior consumo de oxigênio pelo miocárdio durante e após o exercício, assim como maior tempo para retornar à FC basal em comparação com os mais jovens.

Descritores: frequência cardíaca; envelhecimento; esforço físico; sistema cardiovascular.

ABSTRACT

Introduction: Aging predisposes to multisystem changes, for example, in the cardiovascular and musculoskeletal systems. The practice of physical exercise is an important therapeutic resource to delay losses of organic functions. However, there is little knowledge about cardiovascular responses during and after isokinetic exercise in the elderly. **Objective:** The objective of this study is to analyze the responses of heart rate, blood pressure, and rate-pressure product in individuals of different age groups submitted to isokinetic muscular effort. **Method:** The study consisted of 60 volunteers distributed into three age groups – G1: 30–45 years, G2: 45–60 years, and G3: 60–75 years – submitted to bilateral flexion-extension knee test in isokinetic dynamometer with angular velocity of 60°/second to verify hemodynamic responses. Data were analyzed using the *Bioestat*® 5.3 software, by the Kruskal-Wallis test followed by Dunn's test for independent samples and Friedman's test for dependent samples, as well as comparing the Kaplan-Meier curves by means of log-rank test, considering $P \leq 0.05$. **Results:** The elderly group (G3) presented higher values of systolic blood pressure, rate-pressure product, and time to return to baseline heart rate compared to the younger group (G1). **Conclusion:** The 60–75 year old group had higher myocardial oxygen consumption during and after the exercise, as well as longer time to return to baseline HR compared with younger patients.

Keywords: heart rate; aging; physical exertion; cardiovascular system.

RESUMEN

Introducción: El envejecimiento predispone a cambios multissistémicos, por ejemplo en los sistemas cardiovascular y musculoesquelético. La práctica de ejercicio físico es un importante recurso terapéutico para retardar las pérdidas de funciones orgánicas. Sin embargo, existe poco conocimiento sobre las respuestas cardiovasculares durante y después del ejercicio isocinético en ancianos. **Objetivo:** El objetivo de este estudio es analizar las respuestas de frecuencia cardíaca, presión arterial y doble producto en individuos de distintas edades sometidos al esfuerzo muscular isocinético. **Método:** El estudio fue constituido por 60 voluntarios distribuidos en tres grupos de edad – G1: 30 a 45 años, G2: 45 a 60 años y G3: 60 a 75 años – sometidos a prueba bilateral de flexión-extensión de rodillas en dinamómetro isocinético con velocidad angular de 60°/segundo para verificación de las respuestas hemodinámicas. Los datos fueron analizados a través del software *Bioestat*® 5.3, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis seguida por la prueba de Dunn para las muestras independientes y de Friedman para muestras dependientes, además de la comparación de las curvas

de Kaplan-Meier con el test de log-rango, considerando $P \leq 0,05$. Resultados: El grupo de ancianos (G3) presentó mayores valores de presión arterial sistólica, doble producto y tiempo para el retorno a la frecuencia cardíaca basal comparado con el grupo más joven (G1). Conclusión: El grupo de 60 a 75 años de edad presentó mayor consumo de oxígeno por el miocardio durante y después del ejercicio, así como mayor tiempo para regresar a la FC basal en comparación con los más jóvenes.

Descriptor: frecuencia cardíaca; envejecimiento; esfuerzo físico; sistema cardiovascular.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1517-869220172305165363>

Artigo recebido em 15/06/2016 aprovado em 25/04/2017

INTRODUÇÃO

O processo de senescência promove deterioração funcional e estrutural do corpo humano mesmo na ausência de qualquer doença e as alterações na função no sistema cardiovascular são mais intensas quando existem doenças crônico-degenerativas^{1,2}.

Há evidências científicas favoráveis ao uso de vários tipos de exercício físico na redução dos impactos do envelhecimento, preservando independência e autonomia, e reduzindo mortalidade prematura^{1,3}. No entanto há várias lacunas de conhecimento sobre efeitos fisiológicos e parâmetros de prescrição dos exercícios de fortalecimento muscular, especialmente os que utilizam a dinamometria isocinética, um recurso de mensuração da função muscular em crescente utilização para treinamento de força, potência e resistência^{3,4}.

Além da frequência cardíaca (FC) e da pressão arterial (PA) pode ser utilizado o duplo-produto (DP) para monitorar o exercício. O DP é obtido pela multiplicação da pressão arterial sistólica (PAS) pela FC e se relaciona estreitamente com a função ventricular e com o consumo de oxigênio pelo miocárdio^{5,6}. Em testes de esforço elevações fisiológicas do DP podem indicar boa condição de irrigação coronariana e função miocárdica, enquanto que valores baixos de DP se associam a doença cardíaca e maior propensão à mortalidade.

Portanto o conhecimento da variação destes parâmetros durante exercício isocinético em diferentes faixas etárias pode ter implicações práticas nas prescrições de reabilitação e de condicionamento físico, especialmente em idosos.

O objetivo do estudo foi comparar as variações de frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto após a realização de esforço muscular isocinético de flexo-extensão de joelhos em diferentes faixas etárias.

MÉTODO

este é um estudo transversal analítico realizado no Laboratório de Avaliação Física do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) sob orientação da Faculdade de Medicina de Marília (FAMEMA).

O recrutamento dos participantes foi feito por meio de convite a professores e funcionários da UENP, professores de colégios públicos do ensino médio, frequentadores das igrejas católicas e do clube do Serviço Social do Comércio (SESC) no município de Jacarezinho / PR.

Os critérios de inclusão foram idade entre 30 e 75 anos; ausência de atividade física regular (≤ 90 minutos por semana), segundo critérios da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte; normotenso, segundo critérios da VI Diretriz Brasileira de Hipertensão. Os critérios de exclusão foram diagnóstico de alterações cardiovasculares e metabólicas; uso de medicações que alteram PA ou FC; índice de massa corpórea (IMC) igual ou superior a 30 kg/m²; comprometimentos osteoarticulares ou neurológicos que limitam avaliação isocinética; consumo de substâncias ergogênicas ou esteroides anabolizantes.

A amostra foi composta por 30 voluntários do gênero feminino e 30 do masculino totalizando 60 indivíduos, distribuídos igualmente em três

faixas etárias distintas: grupo 1 (G1) entre 30 a 45 anos, grupo 2 (G2) acima de 45 anos até 60 anos, e grupo 3 (G3) acima de 60 anos até 75 anos.

Os participantes do G3 passaram por avaliação médica a fim de autorizar a realização dos exercícios físicos. Todos os participantes foram orientados a não realizar qualquer exercício físico, nem fazer consumo de cafeína ou álcool nas 24 horas precedentes a avaliação física.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da FAMEMA sob número 16202613.6.0000.5413 e todos os voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Os indivíduos foram pesados em balança antropométrica digital da marca Filizola® modelo PL 180, São Paulo, SP, Brasil, e medidos com uso de estadiômetro da marca Welmy® Santa Barbara do Oeste, SP, Brasil. A pressão arterial foi aferida no braço esquerdo pelo método indireto oscilométrico e automático com esfigmomanômetro da marca Omron® modelo HEM-742, Bannockburn, Illinois, Estados Unidos, validado pela *European Society of Hypertension*, conforme os critérios do *VII Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure* (2003)⁷, que recomenda a posição sentada com os pés descruzados e apoiados no chão e o braço apoiado no nível do coração.

A frequência cardíaca foi medida pelo frequencímetro de pulso da marca Polar® modelo FT1, Kempele, Finlândia. Os indivíduos permaneceram sentados por um minuto sob mensuração da FC a cada cinco segundos, obtendo-se a FC basal através da média dos doze valores anotados.

Cada participante permaneceu 15 minutos sentado em uma cadeira com encosto e apoio para os braços, em repouso, antes de iniciar a avaliação física, como o protocolo seguido por Veloso et al.⁸ em 2003. Todos os indivíduos foram submetidos a teste em dinamômetro isocinético Biodex™ modelo Multi Joint System 4 Pro, Shirley, NY, Estados Unidos, realizado no período vespertino, em ambiente climatizado com temperatura de 23° C². Foi utilizado um protocolo de força muscular de 60° por segundo de velocidade angular com cinco repetições concêntricas de quadríceps e depois de ísquio-tibiais bilateralmente. Este protocolo considerado de baixa velocidade e baixa repetição foi escolhido com o objetivo de promover maior incremento da resistência vascular periférica.

Cada voluntário foi posicionado sentado na cadeira do equipamento com 85° de flexão de quadril; eixo de rotação da alavanca alinhado ao centro da articulação do joelho (côndilo lateral); cintos posicionados sobre tronco (cruzados), região pélvica, e em volta do tornozelo ipsilateral e da coxa contralateral para evitar aumento da resistência vascular periférica. Todos passaram por adaptação ao equipamento realizando três repetições em cada membro sem uso da manobra de Valsalva.

Todos os testes foram realizados sob a orientação do examinador e estimulados por comandos verbais de "Força, força, força", a fim de se promover amplitude de movimento correta e força máxima do voluntário. As avaliações foram realizadas nos dois membros inferiores alternadamente, iniciando-se pelo membro dominante. No intervalo entre os testes dos dois membros havia uma pausa de 60 segundos que era necessária ao ajuste do módulo de fixação do membro e reposicionamento do dinamômetro para realização do teste contralateral. Neste

momento foi aplicada a Escala de Percepção de Esforço de Borg, caso resposta do indivíduo fosse maior ou igual a 16, descrita como esforço cansativo, o teste seria interrompido.

Durante o teste um segundo avaliador registrou a FC a cada cinco segundos a partir da FC basal até o momento em que o voluntário retornou a FC aos seus valores de repouso.

Os valores de PA foram registrados ao início da avaliação, ao término do exercício de força do membro dominante, após o teste no membro contralateral, e por fim ao se atingir a FC cardíaca basal, permitindo-se a liberação do voluntário com PA $\leq 140 \times 90$ mmHg.

A análise estatística foi realizada com o *Software Bioestat*® versão 5.3. Na estatística descritiva utilizou-se medianas e intervalos interquartílicos para as variáveis de distribuição não normal pelo teste de *Shapiro Wilk*. Na análise de PAS e PA diastólica, FC e DP, para amostras independentes foi utilizado o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis com *post hoc* de Dunn. Para a comparação de amostras dependentes utilizou-se o teste não-paramétrico de Friedman com *post hoc* de Dunn. Para a análise do tempo de retorno à FC basal foi utilizada curva de Kaplan-Meier e posteriormente para verificar a significância estatística o *log-rank test*. Foram considerados significantes os valores de P igual ou menor que 0,05.

RESULTADOS

Entre 73 indivíduos que manifestaram o interesse em participar da pesquisa 11 foram excluídos por apresentarem elevação da PA e dois por neuropatias periféricas.

Na Tabela 1 são mostrados os parâmetros antropométricos e hemodinâmicos dos três grupos etários. Foi observada diferença significativa apenas da PA sistólica basal do G3 em comparação aos outros grupos (G1 e G2).

Ao longo do esforço isocinético (Tabela 2) foi observado que os três grupos etários apresentaram diferença significativa em PAS, FC e DP entre medidas basais e de intervalo e medidas basais e ao término da avaliação, mas a PAD foi diferente apenas no G2 entre a medida basal e de intervalo.

As medianas de tempo em segundos para o retorno à FC basal após o esforço isocinético bilateralmente foram G1 = 73"; G2 = 115"; e G3 = 123", com diferença significativa (teste de Kruskal-Wallis, P = 0,001) entre G1 e G2 e entre G1 e G3.

A Figura 1 mostra que os três grupos diferiram em relação ao tempo de retorno à FC basal, podendo-se notar que o último indivíduo do G3 gastou 30 segundos a mais que o último indivíduo de cada um dos outros grupos para sua recuperação pós-esforço.

A comparação das variações em parâmetros hemodinâmicos entre medidas basal, de intervalo e final mostrou maiores elevações em PAS para o G3, principalmente em relação a G1, conforme apresentado na Tabela 3.

Na Figura 2 se pode observar a comparação intergrupos das variações do DP. A $\Delta 1$ foi diferente (P < 0,001) entre G1 = 2.168,5 mmHg.bpm

Tabela 1. Descrição do grupo amostral pela mediana, primeiro e terceiro quartil.

	G1	G2	G3	P
(n)	20	20	20	
Idade	34 [32 — 40,2]	53 [50 — 55]	67 [64 — 69,2]	
Peso	73 [65,7 — 86,2]	71,5 [59,7 — 80]	69,5 [63 — 74,2]	0,47
Altura	1,67 [1,59 — 1,75]	1,69 [1,60 — 1,72]	1,60 [1,58 — 1,69]	0,27
IMC	26,7 [23,8 — 28,4]	25,9 [23 — 26,6]	25,8 [24,1 — 27,7]	0,67
PAS basal	123 [118,7 — 125]	122,5 [119 — 128]	130 [126 — 131,2]	0,003*†
PAD basal	80,5 [77,7 — 83]	78 [76 — 83,7]	82 [75,7 — 83,2]	0,79
FC basal	71 [68 — 78,5]	70 [65,7 — 76,2]	72 [63,5 — 77,5]	0,78
DP basal	9457 [8317 — 10342]	8421 [7754 — 9572]	9003 [8270 — 9784]	0,35

Valores expressos em mediana [primeiro — terceiro quartil]; *: diferença estatisticamente significante entre G1 e G3; †: diferença estatisticamente significante entre G2 e G3; P<0,05; IMC: índice de massa corpórea; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; FC: frequência cardíaca; DP: duplo-produto. Comparação intergrupos pelo teste de Kruskal-Wallis.

(mediana) e G3 = 4.910,5 mmHg.bpm, a $\Delta 2$ foi diferente (P < 0,001) entre G1 = 2.075,5 mmHg.bpm e os dois outros grupos, G2 = 4.062 mmHg.bpm e G3 = 5.144,5 mmHg.bpm.

Não houve diferença significativa entre gêneros nas variáveis FC, PA e DP durante e após o esforço isocinético.

Tabela 2. Comparação intragrupo das variáveis hemodinâmicas ao longo do esforço isocinético.

	G1	G2	G3
FC basal	71 [68 — 78,5]	70 [65,7 — 76,2]	72 [63,5 — 77,5]
FC intervalo	97,5 [85,7 — 103,2]	96 [85,7 — 101,5]	92,5 [89 — 100,2]
FC final	102 [89,2 — 104,2]	95 [88,5 — 104,5]	97 [90,5 — 102,2]
Valor de P	0,0001*†	0,0001*†	0,0001*†
PAS basal	123 [118,7 — 125]	122,5 [119 — 128]	130 [126 — 131,2]
PAS intervalo	129,5 [122,5 — 133,7]	131 [125,5 — 135,5]	148 [137,7 — 158]
PAS final	131 [122 — 137]	134 [122,5 — 143]	147,5 [140,7 — 158,5]
Valor de P	0,004*†	0,0002*†	0,0001*†
PAD basal	80,5 [77,7 — 83]	78 [76 — 83,7]	82 [75,7 — 83,2]
PAD intervalo	83 [76,7 — 84,2]	83 [79,7 — 85,5]	82 [80 — 86,2]
PAD final	79 [75 — 83,5]	80,5 [77,5 — 88]	82 [78,7 — 85,5]
Valor de P	0,86	0,01*	0,18
DP basal	9457 [8317 — 10342]	8421 [7754 — 9572]	9003 [8270 — 9784]
DP intervalo	11022 [10172 — 13995]	12394 [11018 — 14002]	14000 [12381 — 14852]
DP final	10899 [9963 — 13681]	12580 [11502 — 14307]	14158 [13306 — 16260]
Valor de P	0,0002*†	0,0001*†	0,0001*†

Valores expressos em mediana [primeiro — terceiro quartil]; *: diferença estatisticamente significante entre os períodos basal e intervalo; †: diferença estatisticamente significante entre os períodos basal ao final; P<0,05; FC: frequência cardíaca; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; DP: duplo-produto. Comparação intragrupo pelo teste de Friedman.

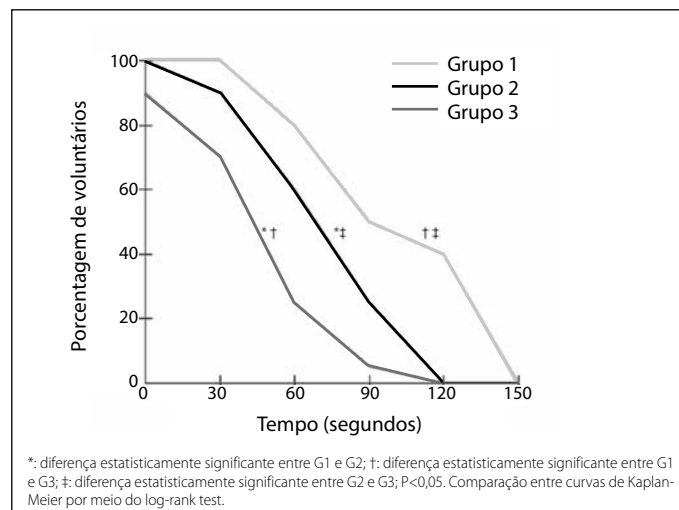


Figura 1. Curva de análise de sobrevivência (Kaplan-Meier) dos três grupos etários demonstrando o tempo em que os voluntários retornam a sua frequência cardíaca basal.

Tabela 3. Comparação das diferenças basal e de intervalo ($\Delta 1$) e basal e final ($\Delta 2$) entre os grupos.

	G1	G2	G3	P
$\Delta 1$ PAS	7,0 [0,7 — 11,2]	8,5 [3,5 — 12,2]	18,5 [10,7 — 25,7]	0,001*†
$\Delta 2$ PAS	7,0 [1,5 — 11,2]	10,5 [7,2 — 21]	17,5 [12,7 — 30]	0,001*
$\Delta 1$ PAD	0,0 [-2,2 — 5]	2,5 [0,7 — 4,2]	3,5 [0,2 — 11]	0,17
$\Delta 2$ PAD	0,0 [-2,2 — 2,2]	2,5 [-3,0 — 4,5]	2,0 [-1,2 — 8,0]	0,39
$\Delta 1$ FC	21,5 [17,2 — 28]	25 [15,7 — 27,5]	22,5 [19 — 30,2]	0,86
$\Delta 2$ FC	23 [17 — 28,7]	24,5 [15 — 31,7]	23 [21 — 31,5]	0,71

Valores expressos em mediana [primeiro — terceiro quartil]; *: diferença estatisticamente significante entre G1 e G3; †: diferença estatisticamente significante entre G2 e G3; P<0,05; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; DP: duplo-produto. Comparação intergrupos pelo teste de Kruskal-Wallis.

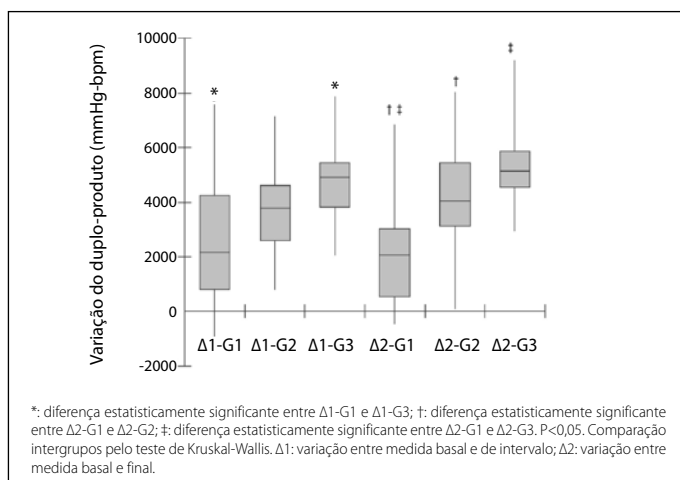


Figura 2. Variação das medidas de duplo-produto entre medidas basal, de intervalo e final conforme grupos estudados.

DISCUSSÃO

Este estudo mostrou as variações de parâmetros hemodinâmicos frente a um exercício isocinético de membros inferiores em indivíduos de diferentes faixas etárias.

Os valores basais de FC, PAD e DP dos grupos estudados não diferiram significativamente, exceto a PAS do grupo entre 60 a 75 anos em relação aos demais, possivelmente devido às alterações estruturais da circulação secundárias ao envelhecimento.

Após o esforço físico houve aumento de FC, PAS e DP em todos os grupos, mas não na PAD. Este padrão de resposta é visto com exercícios aeróbicos, mas não em esforços isométricos que também elevam PAD por aumento da resistência vascular periférica (RVP). Isso sugere que o componente isométrico em nosso protocolo não foi preponderante. As elevações de PA em nosso estudo foram mais modestas do que as elevações de FC, o que está de acordo com Akdur et al.⁹ que verificaram que exercício estático causa maior incremento da PA enquanto exercício dinâmico promove maior aumento da FC.

No entanto o componente isométrico em nosso protocolo ainda é consideravelmente maior que em outros protocolos utilizados na literatura. Lellamo et al.¹⁰ compararam exercício isocinético, isotônico e isométrico e observaram que as elevações de PA e FC foram menores para o exercício isométrico, mas sem diferenças entre o esforço isocinético e isotônico. Naquele protocolo os autores utilizaram 30 repetições com baixa intensidade de resistência (40% do pico de torque) e velocidade angular de 180º/segundo, o que corresponde a um esforço isocinético com maior componente isotônico em comparação ao nosso protocolo de cinco repetições por membro avaliado, com velocidade angular de 60º/segundo e força máxima durante as repetições. Apesar disso, as elevações de PA e FC tiveram maior amplitude no estudo de Lellamo et al porque a quantidade de repetições, e portanto a duração do esforço, foram maiores do que em nosso estudo.

Para equilibrar as comparações dos grupos etários com diferentes valores basais utilizou-se a variação (Δ) entre as medidas basal-intervalo e basal-final, que se mostraram diferentes entre os grupos. Os parâmetros hemodinâmicos, no entanto, não variaram significativamente entre intervalo e final. Embora D'Assunção et al.¹¹ tenham demonstrado que intervalos curtos entre as séries de execução do esforço podem desencadear um efeito somativo e maior estresse cardiovascular, o intervalo de um minuto entre a testagem dos membros inferiores do nosso protocolo pode ter oferecido tempo suficiente para a recuperação dos indivíduos.

Não houve diferença da FC entre as faixas etárias provavelmente porque a pequena massa muscular envolvida, a baixa quantidade de

repetições e a curta duração do esforço não proporcionaram intensidade de exercício alta o suficiente para evidenciar as diferentes reservas funcionais entre indivíduos jovens e idosos.

A PAS se elevou nos três grupos após o exercício em resposta ao esforço máximo, concordante com o estudo de Taylor et al.¹² que mostrou maior elevação da PA com o aumento da força muscular empregada.

A elevação do DP ocorreu fundamentalmente por aumento da FC, como visto no estudo de Miranda et al.⁶. A variação do período basal para final foi diferente entre G1 e G2 e entre G1 e G3 e mesmo a variação de basal para intervalo foi significativa entre G1 e G3. Isso sugere que com o avançar da idade, o gasto de oxigênio pelo miocárdio se eleva durante um exercício de força muscular isocinético em membros inferiores, o que também foi observado no estudo de Kates et al.¹³.

Hui et al.¹⁴ concluíram que os valores do DP estão associados com a aptidão física, pois seu aumento se relacionou a maiores valores de VO_{2max} . Como a amostra selecionada era sedentária, por critério de inclusão, era de se esperar valores baixos de DP.

Os valores de DP durante o exercício resistido sofrem influência da massa muscular ativada, da posição corporal, do tipo de ativação muscular (isotônica, isométrica e isocinética), da duração e da intensidade do exercício, do número de séries e dos intervalos entre elas, o que justifica as diferenças encontradas entre este estudo e outros com protocolos bastante distintos¹⁵.

Gotshall et al.¹⁵ e Santos et al.¹⁶ observaram maiores valores de PA, FC e DP a partir da terceira série de exercício enquanto Miranda et al.¹⁷ observaram valores mais significativos a partir da segunda série de um protocolo de força muscular para extensão de joelho em três séries de 10 repetições. Ambos os estudos utilizaram maior duração e maior número de séries.

O estudo de Farinatti e Assis¹⁷ com exercício isotônico pontua que o DP varia mais em função do número de repetições do exercício do que em relação à carga absoluta mobilizada. Apesar da baixa quantidade de repetições em nosso protocolo a utilização de esforço máximo foi suficiente para causar elevação do DP. Caso nosso protocolo utilizasse maior quantidade de repetições talvez fosse possível obter elevações de DP mais relacionadas a variações pressóricas e eventualmente poderíamos evidenciar maiores diferenças entre os grupos etários relacionadas à elevação de RVP e conseqüentemente de PAD.

O maior intervalo entre estímulo e recuperação em nosso protocolo também pode ter reduzido as variações de resposta hemodinâmica mensuradas ao término da avaliação¹⁸.

No estudo de Smolander et al.¹⁹ foram analisadas as respostas hemodinâmicas em indivíduos jovens com média de idade de 26,3 anos e idosos com média de 57 anos, sendo os ambos grupos submetidos à exercícios isométricos com carga progressiva em extensão de joelho. Os autores concluíam que indivíduos mais velhos apresentavam menores valores de FC e maiores de PA conforme a evolução de carga do esforço isométrico.

Overend et al.²⁰ compararam as respostas hemodinâmicas após esforço isocinético em jovens, com média de idade de 23,2 anos, e idosos, com média de 75,2 anos, e verificaram que as elevações de PA, FC e DP ocorreram independentemente da idade. Nosso estudo apresentou resultados semelhantes para a FC, não encontrou diferença na PAD e encontrou diferença do DP em faixas etárias distintas. O protocolo de Overend et al.²⁰ consta de número superior de repetições e uso de séries de exercícios que aumenta consideravelmente a intensidade do esforço em comparação ao nosso protocolo.

Em nossa pesquisa utilizamos três faixas etárias, ao invés de comparar somente jovens e idosos, no entanto as diferenças em nosso estudo foram mais pronunciadas entre os extremos de idade.

Nosso estudo mostrou que o tempo de retorno à FC basal após o esforço isocinético foi menor em G1 em comparação a G2 e G3, semelhante ao estudo de Góis et al.²¹ que utilizou esforço isotônico concêntrico de extensão de joelho em três séries de uma repetição à 100% da RM. O tempo de retorno à FC basal também foi estudado por Queiroz et al.²², no entanto a amostra era composta por idosos fisicamente ativos, que foram submetidos a 9 exercícios resistidos para membros inferiores, com três séries de oito repetições de moderada a alta intensidade. Com o nível de esforço físico muito maior os indivíduos levaram cerca de 4,5 horas para retornar aos valores basais.

A ausência de diferenças entre gêneros com relação às variáveis de FC, PA e DP pode ter diferentes bases para a explicação. Primeiramente, nossa amostra é pequena e os critérios de seleção incluem indivíduos em bom estado geral de saúde, o que reduz possíveis diferenças em um protocolo de baixa repetição. Para os indivíduos mais idosos poderia ser considerada a justificativa obtida no estudo de Leite et al.²³, onde as diferenças cardiovasculares entre homens e mulheres diminuíram com o passar do anos, sendo mínima ao redor dos 50 anos de idade e inexistente aos 60 anos.

Nossos achados não podem ser extrapolados para exercícios de modalidades diferentes ou com uso de distintos grupos musculares, pois há grande variação das respostas cardiovasculares, particularmente em indivíduos idosos e/ou sedentários. A amostra incluiu indivíduos sem doença cardiovascular, portanto a validade externa do estudo é muito

baixa no contexto de reabilitação, situação em que muitas vezes há doenças associadas. Outra limitação do presente estudo é a ausência da mensuração da PA durante a execução do movimento. Monteiro et al.²⁴ sugeriram que este seria um parâmetro de maior significância, contudo exigiria a mensuração invasiva da PA, o que é impraticável na maior parte dos contextos de prática de exercícios.

CONCLUSÃO

A execução de exercício isocinético com baixa repetição e esforço máximo para quadríceps e ísquio-tibiais bilateralmente promoveu maiores elevações de FC, PAS e DP em indivíduos de 60 a 75 anos de idade em comparação demais grupos estudados.

Indivíduos de maior faixa etária apresentam maior tempo para o retorno à FC basal em comparação com o grupo mais jovem.

Esse protocolo desencadeou elevações de FC, PAS e DP, porém não ocorreram acréscimos significantes da PAD após o exercício, apontando pouca alteração na RVP.

Por fim, não houve alterações significantes em relação à FC, PAS, PAD e DP entre homens e mulheres antes, durante e após a execução do esforço muscular isocinético com baixa carga e repetição.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. TTDA (0000-0003-4473-026X)* e MRA (0000-0002-6567-4570)* foram os principais contribuintes para a redação do artigo. TTDA realizou a coleta dos dados nas amostras estudadas. TTDA e MRA realizaram a análise estatística e pesquisa bibliográfica. MRA realizou a revisão do manuscrito e orientação. *ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

REFERÊNCIAS

1. Ciolac EG. Exercise training as a preventive tool for age-related disorders: a brief review. *Clinics*. 2013;68(5):710-7.
2. Melo RC. Efeitos do envelhecimento e do exercício físico sobre o sistema cardiovascular de indivíduos saudáveis [tese]. São Carlos, SP: Universidade Federal de São Carlos; 2008.
3. Queiroz ACC, Kanegusuku H, Forjaz CLM. Efeitos do treinamento resistido sobre a pressão arterial de idosos. *Arq Bras Cardiol* 2010;95(1):135-40.
4. Aquino CF, Vaz DV, Brício RS, Silva PLP, Ocarino JM, Fonseca ST. A Utilização da dinamometria isocinética nas ciências do esporte e reabilitação. *Rev Bras Ciên Mov*. 2007;15(1):93-100.
5. Brum PC, Forjaz CLM, Tinucci T, Negrão CE. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. *Rev Paul Educ Fís*. 2004;18(1):21-31.
6. Miranda H, Simão R, Lemos A, Dantas BHA, Baptista LA, Novaes J. Análise da frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em diferentes posições corporais nos exercícios resistidos. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11(5):295-8.
7. Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzo JL Jr, et al. Seventh report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. *Hypertension*. 2003;42(6):1206-52.
8. Veloso U, Monteiro W, Farinatti P. Exercícios contínuos e fracionados provocam respostas cardiovasculares similares em idosos praticantes de ginástica? *Rev Bras Med Esporte*. 2003;9(2):78-84.
9. Akdur H, Yigit Z, Arabaci U, Polat MG, Gürses HN, Güzelsoy D. Comparison of cardiovascular responses to isometric (static) and isotonic (dynamic) exercise tests in chronic atrial fibrillation. *Jpn Heart J*. 2002;43(6):621-9.
10. Iellamo F, Legramante JM, Raimondi G, Castrucci F, Damiani C, Foti C, et al. Effects of isokinetic, isotonic and isometric submaximal exercise on heart rate and blood pressure. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997;75(2):89-96.
11. D'Assunção W, Daltro M, Simão R, Polito M, Monteiro W. Respostas cardiovasculares agudas no treinamento de força conduzido em exercícios para grandes e pequenos grupamentos musculares. *Rev Bras Med Esporte*. 2007;13(2):118-22.
12. Taylor AC, McCartney N, Kamath MV, Wiley RL. Isometric training lowers resting blood pressure and modulates autonomic control. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(2):251-6.
13. Kates AM, Herrero P, Dence C, Soto P, Srinivasan M, Delano DG, et al. Impact of aging on substrate metabolism by the human heart. *J Am Coll Cardiol*. 2003;41(2):293-9.
14. Hui SC, Jackson AS, Wier LT. Development of normative values for resting and exercise rate pressure product. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(8):1520-7.
15. Gotshall RW, Gootman J, Byrnes WC, Fleck SJ, Valovich TC. Noninvasive characterization of the blood pressure response to the double-leg press exercise. *JEPonline [Internet]*. 1999;2(4). Disponível em: <https://www.asep.org/asep/asep/Gotshall.html>
16. Santos EMR, Gomes TM, Junior RSF, Novaes JS. Respostas cardiovasculares agudas em diferentes exercícios de força. *Rev SOCERJ*. 2008;21(3):166-72.
17. Farinatti PTV, Assis BFC. Estudo da frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em exercícios contra-resistência e aeróbio contínuo. *Rev Bras Ativ Fis Saúde*. 2000;5(2):5-16.
18. Castinheiras Neto AG, Costa Filho IR, Farinatti PTV. Respuestas cardiovasculares al ejercicio de resistencia son afectadas por la carga e intervalos entre series. *Arq Bras Cardiol*. 2010;95(4):493-501.
19. Smolander J, Aminoff T, Korhonen I, Tervo M, Shen N, Korhonen O, et al. Heart rate and blood pressure responses to isometric exercise in young and older men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1998;77(5):439-44.
20. Overend TJ, Versteegh TH, Thompson E, Birmingham TB, Vandervoort AA. Cardiovascular stress associated with concentric and eccentric isokinetic exercise in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2000;55(4):B177-82.
21. Góis MO, Campoy FA, Alves T, Avila RP, Vanderlei LC, Pastre CM. The influence of resistance exercise with emphasis on specific contractions (concentric vs. eccentric) on muscle strength and post-exercise autonomic modulation: a randomized clinical trial. *Braz J Phys Ther*. 2014;18(1):30-7.
22. Queiroz AC, Kanegusuku H, Chehuen MR, Costa LA, Wallerstein LF, Dias da Silva VJ, et al. Cardiac work remains high after strength exercise in elderly. *Int J Sports Med*. 2013;34(5):391-7.
23. Leite ST, Martinelli FS, Madruga VA, Catai AM, Gallo Junior L, Chacon-Mikahil MPT. Respostas cardiovasculares a mudança postural e capacidade aeróbia em homens e mulheres de meia-idade antes e após treinamento físico aeróbio. *Rev Bras Fisioter*. 2008;12(5):392-400.
24. Monteiro WD, Souza DA, Rodrigues MN, Farinatti PTV. Respostas cardiovasculares agudas ao exercício de força realizado em três diferentes formas de execução. *Rev Bras Med Esporte*. 2008;14(2):94-8.