

UMA SESSÃO DE EXERCÍCIO RESISTIDO DINÂMICO NÃO INDUZ HIPOTENSÃO PÓS-EXERCÍCIO EM RATAS SHR

A DYNAMIC RESISTANCE EXERCISE SESSION DOES NOT INDUCE POST-EXERCISE HYPOTENSION IN FEMALE SHR RATS

UNA SESIÓN DE EJERCICIO RESISTIDO DINÁMICO NO INDUCE HIPOTENSIÓN POST-EJERCICIO EN RATAS SHR HEMBRAS



ARTIGO ORIGINAL
ORIGINAL ARTICLE
ARTÍCULO ORIGINAL

Danielle da Silva Dias¹
(Profissional de Educação Física)
Amanda Aparecida de Araujo¹
(Profissional de Educação Física)
Roberto Jefferson Caldeira Pedroza²
(Profissional de Educação Física)
Nathalia Bernardes¹
(Profissional de Educação Física)
Íris Callado Sanches²
(Profissional de Educação Física)
Kátia De Angelis¹
(Profissional de Educação Física)

1. Universidade Nove de Julho (UNINOVE), Laboratório de Fisiologia Translacional, São Paulo, SP, Brasil.
2. Universidade São Judas Tadeu (USJT), Laboratório do Movimento Humano, São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência:

Kátia De Angelis
Universidade Nove de Julho (UNINOVE), Laboratório de Fisiologia Translacional. Rua Vergueiro, 235/249, Liberdade, São Paulo, SP, Brasil. 01504-001. prof.kangelis@yahoo.com.br

RESUMO

Introdução: O exercício resistido dinâmico tem sido recomendado como complemento do aeróbico em indivíduos hipertensos. No entanto, poucos estudos avaliaram os efeitos do exercício resistido nessa população, principalmente em mulheres. **Objetivo:** Avaliar os efeitos de uma sessão de exercício resistido dinâmico sobre a pressão arterial, a frequência cardíaca e sobre o duplo produto em ratas SHR com hipertensão espontânea. **Métodos:** Foram utilizadas oito ratas SHR em fase não ovulatória do ciclo estral. Dois dias depois da canulação de artéria carótida, a pressão arterial foi diretamente registrada por 20 minutos no período basal e durante 60 minutos (5 min., 15-30 min., 30-45 min. e 45-60min.) após uma sessão de exercício resistido dinâmico em escada (20%-40% da carga máxima). **Resultados:** Não foram observadas mudanças na pressão arterial sistólica (basal $191 \pm 6,1$ vs. recuperação 45-60 min. $191 \pm 7,8$ mmHg), diastólica (basal $157 \pm 2,6$ vs. recuperação 45-60 min. $156 \pm 3,7$ mmHg) e média (basal $174 \pm 2,5$ vs. recuperação 45-60 min. $173 \pm 4,9$ mmHg) durante os 60 minutos pós-exercício. No entanto, houve redução da frequência cardíaca (45-60 min. 330 ± 10 vs. 379 ± 15 bpm) e normalização do duplo produto (64390 ± 3529 mmHg.bpm) no período de recuperação com relação ao período basal. **Conclusão:** Os resultados do presente estudo demonstram que o exercício resistido dinâmico de moderada intensidade induz redução da frequência cardíaca associada à normalização do duplo produto em ratas SHR apesar de não ter sido observada hipotensão pós-exercício. Tais resultados sugerem um bom controle do risco cardiovascular depois uma sessão de exercício resistido dinâmico de moderada intensidade em pacientes hipertensos.

Descritores: exercício; força muscular; hipertensão; ratos; pressão arterial.

ABSTRACT

Introduction: Dynamic resistance exercise has been recommended as an aerobic complement in hypertensive individuals. However, few studies evaluated the effects of resistance exercise in this population, especially in women. **Objective:** To evaluate the effects of a session of dynamic resistance exercise on blood pressure, heart rate and the double product in SHR female rats with spontaneous hypertension. **Methods:** We used 8 female SHR rats in the non-ovulatory phases of estrous cycle. Two days after the carotid artery cannulation, blood pressure was recorded for 20 minutes at baseline and for 60 minutes (5 min.; 15-30 min.; 30-45 min. and 45-60min.) after one session of dynamic resistance exercise in a ladder (20-40% of maximum load). **Results:** There were no changes in systolic blood pressure (baseline: 191 ± 6.1 vs. recovery 45-60min., 191 ± 7.8 mmHg), diastolic (baseline: 157 ± 2.6 vs. recovery 45-60min., 156 ± 3.7 mmHg) and mean blood pressure (baseline: 174 ± 2.5 vs. recovery 45-60min., 173 ± 4.9 mmHg) during the 60 minutes post-exercise. However, there was a reduction in heart rate (45-60min. 330 ± 10 vs. 379 ± 15 bpm) and normalization of the double product (64390 ± 3529 mmHg.bpm) in the recovery period compared to the baseline. **Conclusion:** The results of the present study demonstrated that moderate-intensity dynamic resistance exercise induces reduced heart rate associated with normalization of the double product in female SHR rats, despite the absence of post-exercise hypotension. These results suggest good control of cardiovascular risk after a dynamic resistance exercise of moderate intensity in hypertensive patients.

Keywords: exercise; muscle strength; hypertension; rats; arterial pressure.

RESUMEN

Introducción: El ejercicio resistido dinámico ha sido recomendado como complemento del aeróbico en individuos hipertensos. Sin embargo, pocos estudios han evaluado los efectos del ejercicio resistido en esa población, principalmente en mujeres. **Objetivo:** Evaluar los efectos de una sesión de ejercicio resistido dinámico sobre la presión arterial, la frecuencia cardíaca y sobre el doble producto en ratas SHR hembras con hipertensión espontánea. **Métodos:** Se utilizaron ocho ratas SHR hembras en fase no ovulatoria del ciclo estral. Dos días después de la canulación de la arteria carótida, la presión arterial fue registrada directamente durante 20 minutos en el período basal y durante 60 minutos (5 min., 15-30 min., 30-45 min. y 45-60 min.) después de una sesión de ejercicio resistido dinámico en escalera (20%-40% de la carga máxima). **Resultados:** No se observaron cambios en la presión arterial sistólica (basal $191 \pm 6,1$ vs.

recuperação 45-60 min, $191 \pm 7,8$ mmHg), diastólica (basal $157 \pm 2,6$ vs. recuperação 45-60 min., $156 \pm 3,7$ mmHg) y media (basal $174 \pm 2,5$ vs. recuperação 45-60 min, $173 \pm 4,9$ mmHg) durante los 60 minutos posteriores al ejercicio. Sin embargo, hubo reducción de la frecuencia cardíaca (45-60 min. 330 ± 10 vs. 379 ± 15 bpm) y normalización del doble producto (64390 ± 3529 mmHg.bpm) en el período de recuperación con relación al período basal. Conclusión: Los resultados del presente estudio demuestran que el ejercicio resistido dinámico de intensidad moderada induce reducción de la frecuencia cardíaca asociada a la normalización del doble producto en ratas SHR hembras, a pesar de no haber sido observada hipotensión post-ejercicio. Estos resultados indican un buen control del riesgo cardiovascular después de una sesión de ejercicio resistido dinámico de intensidad moderada en pacientes hipertensos.

Descriptor: ejercicio; fuerza muscular; hipertensión; ratas; presión arterial.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1517-869220172304168766>

Artigo recebido em 02/09/2016 aprovado em 21/02/2017

INTRODUÇÃO

A Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) está amplamente relacionada com as Doenças Cardiovasculares (DCV), estando presente em 48% e 51% dos casos de mortes por doenças isquêmicas do coração e cerebrovasculares, respectivamente¹. Segundo o Ministério da Saúde², a taxa de mortalidade por doenças do aparelho circulatório no Brasil é de 53,8%, representando um importante problema de saúde pública.

Entre os determinantes da HAS estão: as alterações no débito cardíaco (DC), relacionado ao controle autonômico do sistema cardiovascular, regulando a força de contração do miocárdio e a frequência cardíaca (FC) e na resistência vascular periférica (RVP), relacionado à regulação da luz dos vasos por hipertrofia ou remodelamento³. Nesse sentido, a atuação mais expressiva do sistema nervoso simpático (SNS) nos ajustes do DC e da RVP por ação de neurotransmissores ou por respostas reflexas, contribui para a elevação dos níveis de pressão arterial (PA) em repouso⁴.

Dentre as terapêuticas para tratamento e controle da HAS, o treinamento físico têm evidenciado grandes benefícios para indivíduos hipertensos⁵, sendo o exercício aeróbico o tipo de exercício melhor consolidado na literatura. Agudamente, sabe-se que o exercício aeróbico aumenta FC, DC, volume sistólico (VS) e pressão arterial sistólica (PAS), com diminuição ou manutenção da RVP e da pressão arterial diastólica (PAD). Além disso, é possível observar que uma única sessão de exercício pode promover hipotensão pós exercício com relevância clinicamente importante, e de maior magnitude em hipertensos⁶. Já para os benefícios crônicos deste tipo de treinamento, destaca-se a redução dos níveis pressóricos, a melhora da sensibilidade barorreflexa e a redução do estresse oxidativo, tanto em humanos como em modelos de experimentação animal⁷⁻⁹.

Com relação ao exercício físico resistido, Gonçalves et al¹⁰ mostraram que uma sessão de exercício resistido de moderada intensidade foi eficaz em induzir redução da pressão arterial em homens normotensos fisicamente ativos. Já em outro estudo, com mulheres hipertensas em terapia inibitória da enzima conversora de angiotensina (ECA) que foram submetidas a uma sessão de exercício resistido dinâmico, mostrou uma diminuição da PAS, PAD e pressão arterial média (PAM) pós-exercício. Esta hipotensão pós-exercício (HPE) persistiu durante o período de vigília, quando comparado ao grupo que não realizou a sessão de exercícios¹¹.

No entanto, uma recente meta-análise demonstrou a grande variedade de protocolos e amostras, além da má qualidade metodológica e baixa quantidade de estudos publicados sobre exercício físico resistido associado a hipertensão, o que pode confundir os resultados⁵. Considerando que a linhagem de ratos espontaneamente hipertensos é uma das mais utilizadas no mundo para o estudo de abordagens farmacológicas e não farmacológicas para o tratamento da hipertensão arterial, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da pressão arterial de ratas espontaneamente hipertensas (SHR) após uma sessão de exercício dinâmico resistido.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade São Judas Tadeu (COEP-USJT) conforme o parecer 030/2009. Foram utilizadas oito ratas SHR fêmeas, pesando entre 200 e 230g, com 90 dias de vida, provenientes do Biotério da Universidade São Judas Tadeu de São Paulo.

Para identificação da fase do ciclo estral foram coletadas secreções vaginais utilizando-se uma pipeta plástica com 10µL de solução salina (NaCl 0,9%) introduzida superficialmente na vagina da rato. O fluido vaginal foi colocado em uma lâmina de vidro para a observação do material em um microscópio óptico, nos aumentos de 10x e 40x. A caracterização de cada fase do ciclo foi baseada na proporção de três tipos de células na secreção vaginal: epiteliais, corneificadas e leucócitos.

O teste de carga máxima e as avaliações hemodinâmicas somente foram realizadas quando os animais estavam em uma das duas fases do ciclo estral não ovulatórias: metaestro ou diestro.

O teste de carga máxima (TCM) e a sessão de exercício resistido, foi adaptado de Sanches et al¹². Porém, a sobrecarga a ser fixada foi definida de acordo com os resultados do teste de carga máxima (Tabela 1), sendo então a sessão de exercício resistido composta por 22 subidas, com carga progressiva de 0 a 40% do TCM, com intervalo de 60 segundos entre as séries e de três minutos após a terceira subida à 40%.

Tanto o teste de carga máxima como a sessão de exercício resistido foi realizada em uma escada adaptada para ratos, com 54 degraus verticais de 0,5cm. Para determinação da carga máxima, os animais deveriam realizar no máximo seis escaladas com cargas progressivas, iniciando com 75% do seu peso corporal e adicionando 30 gramas a cada escalada completada. O teste foi interrompido no momento em que o animal não conseguiu escalar com o peso da carga¹². Foi realizada coleta sanguínea da extremidade distal da cauda dos animais para determinação da lactacidemia (Accutrend® Plus, Roche Diagnostics GmbH, Germany).

O método de avaliação da máxima fase estável de lactato (MFEL) foi adaptado para ratos, definida como a mais alta intensidade na qual o metabolismo aeróbico ainda prepondera sobre o anaeróbico. É considerado o método padrão ouro para a determinação da intensidade de

Tabela 1. Detalhamento das séries que compunham a sessão de exercício resistido na escada.

Nº de Subidas (séries)	Carga (% do TCM)	Tempo de Descanso
3	0%	60"entre séries
2	20%	60"entre séries
3	30%	60"entre séries
3	40%	60"entre séries
3 min de recuperação		
3	40%	60"entre séries
3	30%	60"entre séries
2	20%	60"entre séries
3	0%	60"entre séries

transição entre esses metabolismos em exercício contínuo^{13,14}. Considerando a ergômetro-dependência das concentrações de lactato sanguíneo na MFEL, sendo em corrida na esteira 4,0 mmol/L¹⁵ e na natação 5,5 mmol/L¹⁶ a determinação da MFEL foi adaptada ao exercício resistido em escada neste protocolo.

Para as avaliações hemodinâmicas, as ratas foram anestesiadas (i.p.) com cloridrato de ketamina (50mg/Kg, Ketalar, Parke-Davis) e cloridrato de xilazina (12mg/Kg, Rompum, Bayer) e colocadas em decúbito dorsal para realizar uma pequena incisão na região do pescoço para implantação de uma cânula na artéria carótida em direção ao ventrículo esquerdo, para registro direto da PA. Após a correta e firme implantação das cânulas na artéria carótida, a extremidade mais calibrosa da cânula foi passada subcutaneamente, exteriorizada no dorso da região cervical e fixada com fio de algodão na pele. As cânulas foram confeccionadas com tubos de Policloreto de Vinila (Abbott) equivalente ao polietileno PE10 e PE50. Estes foram soldados por aquecimento e logo após, as cânulas foram preenchidas com solução fisiológica e mantidas ocluídas com pinos de aço inoxidável^{17,18}.

Quarenta e oito horas após a canulação, os sinais de PA e FC foram registrados continuamente, o período basal pré-exercício por 20 minutos e por 60 minutos após a sessão de exercício resistido (recuperação).

A cânula arterial foi conectada a uma extensão de 20 cm, permitindo livre movimentação do animal para a realização do exercício durante todo o período do experimento. Esta extensão foi conectada a um transdutor eletromagnético (Blood Pressure XDCR, Kent© Scientific, Litchfield, CT, EUA) que, por sua vez, esteve conectado a um pré-amplificador (STEMTECH BPMT-2, Quintron Instrument© Inc, Milwaukee, EUA). Sinais de pressão arterial foram gravados em um microcomputador equipado com um sistema de aquisição de dados (CODAS, 2Kz, DATAQ Instruments, Akron, OH, EUA), permitindo análise dos pulsos de pressão, batimento-a-batimento, com uma frequência de amostragem de 2000 Hz por canal, para estudo dos valores de PAS, PAD, PAM e FC. Os valores de FC foram derivados do sinal pulsátil da pressão arterial^{18,19}.

O duplo produto (DP) foi calculado pela multiplicação da FC pela PAS para cada animal estudado.

Análise de dados

Os resultados são apresentados como média ± erro padrão da média. O teste de análise de variância (ANOVA) de uma via para medidas repetidas, seguido do teste *post hoc* de Student Newman-Keuls, foi devidamente aplicado para análise dos dados. Valores de $p < 0,05$ foram considerados significantes.

O poder da amostra foi calculado com o desfecho da Pressão Arterial Média (PAM). As médias utilizadas foram a da PAM no repouso (174,49 bpm) e até o 5º minuto da recuperação (173,08 bpm), com poder de 0,91. Também foi calculado utilizando a média PAM no repouso e a de 45-60 minutos de recuperação (171,51 bpm) e o poder obtido foi de: 0,99.

RESULTADOS

Na Tabela 2 estão apresentados os valores individuais do teste de carga máxima. A média de carga máxima das ratas hipertensas foi de 268 ± 14 gramas, equivalente a $77 \pm 4\%$ do peso corporal. A máxima fase estável de lactato (MFEL) foi de $4,8 \pm 0,29$ mmol/L.

As cargas médias utilizadas na sessão de exercício resistido foram de $54 \pm 2,9$, $80 \pm 4,3$ e $107 \pm 5,8$ gramas para o grupo de animais estudados, que correspondem a 20%, 30% e 40% de 1RM, respectivamente, conforme Figura 1.

O comportamento da PAS, PAD e PAM das ratas hipertensas foram semelhantes ao comparar os momentos pré (Basal) e pós-exercício (0-60 min) conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3.

Tabela 2. Carga máxima absoluta e em percentual do peso corporal no teste de carga máxima.

nº rata	Peso (g)	Carga Máxima (g)	Carga Máxima em %
			do peso corporal
1	200	210	95,24
2	205	275	74,55
3	200	330	60,61
4	200	210	95,24
5	210	275	76,36
6	200	270	74,07
7	200	300	66,67
8	205	275	74,55
Média ± EPM	202 ± 4	268 ± 14	77 ± 4

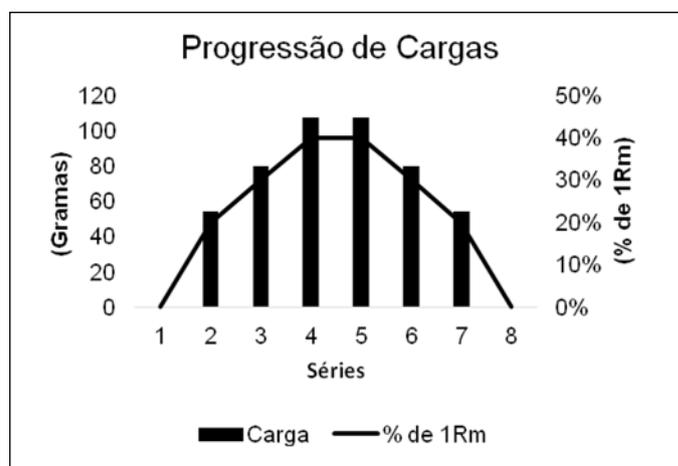


Figura 1. Progressão de cargas durante a realização da sessão de exercício resistido.

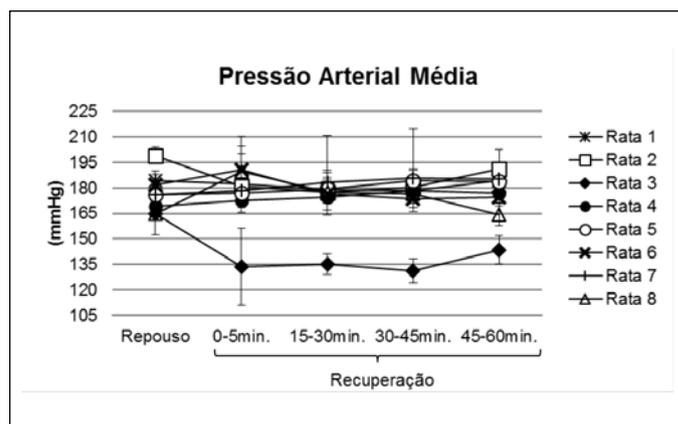


Figura 2. Pressão arterial média no repouso (basal) e após a sessão de exercício resistido dinâmico (0-60 min.) de cada rata hipertensa avaliada.

Ao comparar a FC de repouso dos animais com o período de recuperação pós sessão de exercício resistido dinâmico, verificou-se um aumento nos primeiros cinco minutos desta variável, com queda progressiva nos minutos seguintes, como mostra Figura 4.

O desempenho do miocárdio foi avaliado ao verificar os valores obtidos pelo DP. O maior valor do DP foi observado no 5º minuto da recuperação quando comparado ao período basal e ao período do 45º-60º minuto da recuperação da sessão de exercício dinâmico resistido, como demonstrado na Figura 5.

DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o comportamento da PA em um modelo experimental de HAS. Os principais resultados demonstram que uma sessão de exercício resistido dinâmico de intensidade moderada

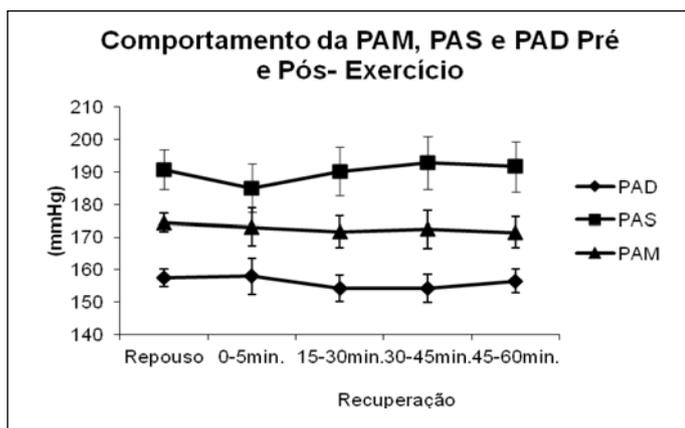


Figura 3. Comportamento da pressão arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD) e média (PAM) do grupo de ratas hipertensas no repouso (Basal) e após (recuperação) a sessão de exercício resistido dinâmico (0-60 min.).

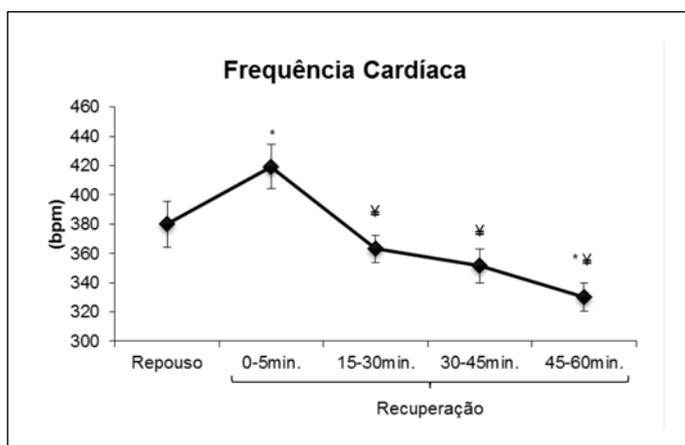


Figura 4. Comportamento da frequência cardíaca (FC) do grupo de ratas hipertensas no repouso e após (recuperação) a sessão de exercício dinâmico resistido (0-60 min.). (* $p < 0,05$ vs. basal e ‡ $p < 0,05$ vs. 0-5 min da recuperação).

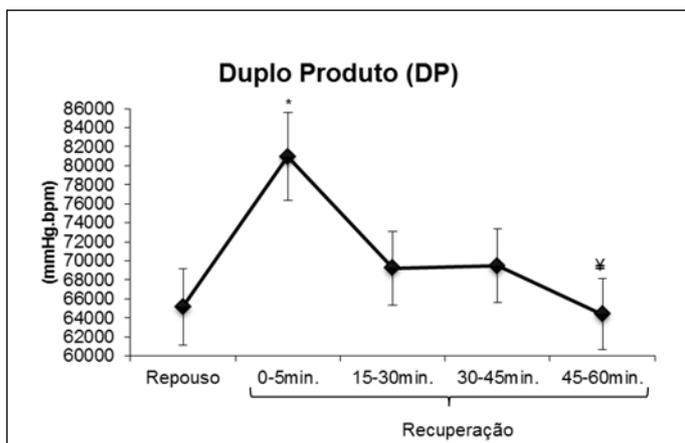


Figura 5. Comportamento do duplo produto do grupo de ratas hipertensas no repouso e após (recuperação) a sessão de exercício resistido dinâmico (0-60 min.). (* $p < 0,05$ vs. basal; ‡ $p < 0,05$ vs. 0-5 min da recuperação).

não induziu aumento na PA e ainda diminui a sobrecarga cardíaca em ratas SHR no período de recuperação.

A relação entre exercício resistido e alterações na PA de hipertensos ainda não são bem elucidadas. Estudos apontam que durante uma sessão de exercício resistido ocorre o aumento da PAS tanto em normotensos como em hipertensos, mas em maior magnitude e importância para estes últimos²⁰. Outros autores não relatam aumento significativo da PA entre as séries e após uma sessão de exercício resistido²¹ e demonstram haver um efeito hipotensor²².

Os resultados de PA do presente estudo não evidenciaram nenhuma modificação significativa da PAS, PAD e PAM após a sessão de exercício resistido dinâmico em ratas SHR. Isto pode ser devido a prescrição de exercícios realizada, pois em sujeitos hipertensos a quantidade de repetição e o tempo de recuperação tem grande influência no reestabelecimento da PA a níveis próximos aos basais²⁰. Sendo assim, o tempo de intervalo de 60 segundos entre as subidas e 180 segundos entre a terceira e a quarta subida na maior carga de treino pode ter contribuído para o resultado encontrado. Além disso, a não redução da PA pode estar relacionada com a baixa intensidade utilizada neste protocolo, pois é uma variável que interfere na resposta da hipotensão²³. Vale ressaltar ainda que são observadas uma maior queda da PA quando os indivíduos apresentam uma PA basal mais elevada^{11,23}.

Nossos resultados diferem do estudo de Melo et al¹¹ que evidenciou redução da pressão arterial em mulheres hipertensas em tratamento com captopril. No entanto, é importante destacar que a média de idade das mulheres foi de 46 anos e não há informação sobre o período fértil destas mulheres. De fato, estas são características que podem contribuir para as diferenças encontradas nas respostas da pressão arterial entre os estudos.

Outro fator importante é que a amostra deste estudo foi constituída apenas de fêmeas adultas, enquanto as demais amostras de estudos publicados, em sua maioria, são mistas ou do sexo masculino^{20,21,23}. Desta forma, apesar de não termos mensurado as variáveis cardiovasculares como volume sistólico, débito cardíaco e resistência vascular periférica, é possível que não tenhamos encontrado diferença nas variáveis pressóricas devido aos mecanismos relacionados com a HPE diferirem entre os gêneros. Sendo assim, as adaptações periféricas responsáveis pela hipotensão no gênero feminino podem não ter sido atingidas com o exercício proposto neste estudo²⁴.

É interessante notar que apesar de não termos observado HPE nas ratas hipertensas no presente estudo, dados do nosso grupo demonstram que fêmeas hipertensas com prejuízo adicional da PA devido a privação de hormônios ovarianos, apresentam redução da PAM após treinamento físico resistido²⁵. É importante ainda destacar que o fato de não haver agudamente aumento da PA no período pós exercício nas ratas hipertensas, sugere que o exercício físico resistido prescrito neste modelo não induziu aumento do risco cardiovascular.

Vale salientar que a FC aumentou nos primeiros cinco minutos da recuperação do exercício resistido, corroborando com Gonçalves et al¹⁰ que avaliaram indivíduos normotensos após uma sessão de exercício resistido. Além disso, o aumento da FC é uma adaptação fisiológica em resposta ao aumento da atividade simpática desencadeada pelo exercício, que pode desencadear ainda alterações reflexas no controle da pressão e modular a resposta na fase de recuperação⁶. Entretanto, um dado importante do presente estudo foi a redução da FC observada a partir do 15º minuto em relação aos primeiros cinco minutos da recuperação. Embora não tenha sido uma variável diretamente medida, a redução da FC observada nas fêmeas SHR pós exercício resistido dinâmico pode estar relacionada com diminuição do tônus simpático e/ou aumento do tônus parassimpático cardíaco²⁵.

Ao analisarmos a resposta do DP, observamos estreita semelhança com o comportamento da FC. Houve um aumento do DP nos primeiros cinco minutos da recuperação juntamente com a taquicardia, seguida de uma queda progressiva e significativa nos 15 minutos finais quando comparados ao seu valor inicial. Um estudo recente também demonstrou aumento do DP logo após uma sessão de exercício resistido, mas a amostra era composta apenas de homens normotensos²⁶. Dados na literatura indicam um valor diminuído do DP durante a execução de exercícios resistidos dinâmicos quando comparados a aeróbicos de moderada intensidade²⁷, que poderia estar associado ao fato do exercício resistido promover uma menor pico de FC em relação ao aeróbico²⁸. Desta forma, as respostas do DP no presente estudo apontam para

uma baixa sobrecarga do sistema cardiovascular além de uma rápida recuperação, o que evidencia um mecanismo eficiente de reestabelecimento cardíaco pós exercício resistido. Tais achados sugerem um risco cardiovascular controlável após sessão de exercício resistido dinâmico em fêmeas espontaneamente hipertensas.

CONCLUSÃO

Os dados deste estudo permitem concluir que uma sessão de exercício resistido dinâmico de moderada intensidade não foi capaz de induzir HPE em ratas adultas espontaneamente hipertensas, porém promoveu redução da FC no período de recuperação associado a normalização

do duplo produto, indicando uma baixa sobrecarga cardíaca e reduzido risco cardiovascular. No entanto, estudos futuros devem aprofundar o entendimento dos mecanismos envolvidos nas alterações hemodinâmicas e autonômicas em resposta ao exercício físico resistido, principalmente no sexo feminino em presença de hipertensão, já que este tipo de exercício tem sido recomendado como complementar ao aeróbico para o tratamento da hipertensão.

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. DSD (0000-0003-4152-0849)* e AA (0000-0003-4955-0356)*, contribuíram com a realização do protocolo experimental, análise dos dados, revisão e redação do manuscrito. RJCP (0000-0002-5678-7151)* contribuiu com a realização do protocolo experimental e análise dos dados. NB (0000-0001-9555-4134)* contribuiu com a realização das cirurgias. ICS (0000-0001-6195-4340)* realizou a análise estatística. KA (000-002-3640-9049)* contribuiu com a redação, revisão, conceito intelectual do manuscrito e confecção de todo o projeto de pesquisa. *ORCID (Open Researcher and Contributor ID).

REFERÊNCIAS

1. World Health Organization. World Health Statistics 2012 [acesso 2015 out 18]. Disponível em: http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/2012/en/.
2. Brasil. Ministério da Saúde. Datasus. Indicadores e Dados Básicos - Brasil - 2012 [acesso em 2015 out 18]. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idx2012/matriz.htm>. Accessed October 18, 2015.
3. Krieger EM, Irigoyen MC, Krieger JE. Fisiopatologia da hipertensão. *Rev Soc Cardiol Estado São Paulo*. 1999;9(1):1-7.
4. De Angelis K, Santos MSB, Irigoyen MC. Sistema nervoso autônomo e doença cardiovascular. *Rev Soc Cardiol Rio Grande do Sul*. 2004;13(3):1-7.
5. Cornelissen VA, Smart NA. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc*. 2013;1;2(1):e004473.
6. Brum PC, Forjaz C de M, Tinucci T, Negrão CE. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. *Rev Paul Educ Fis*. 2004;18:21-31.
7. Zamo FS, Barauna VG, Chiavegatto S, Irigoyen MC, Oliveira EM. The renin-angiotensin system is modulated by swimming training depending on the age of spontaneously hypertensive rats. *Life Sci*. 2011;89(3-4):93-9.
8. Simão AF, Precoma DB, Andrade JP, Correa FH, Saraiva JF, Oliveira GM, et al. I Diretriz Brasileira de Prevenção Cardiovascular. *Arq Bras Cardiol*. 2013;101(6 Suppl):1-63.
9. Bianchi VE, Ribisl PM. Reactive Oxygen Species Response to Exercise Training and Weight Loss in Sedentary Overweight and Obese Female Adults. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2015;35(4):263-7.
10. Gonçalves AC, Vanderlei LC, Monteiro BM, Carvalho TD, Rossi RC, Fernandes RA, et al. Effect of acute resistance exercise in different intensities and body segments on cardiovascular variables. *Int Arch Med*. 2015.
11. Melo CM, Alencar Filho AC, Tinucci T, Mion D Jr, Forjaz CL. Postexercise hypotension induced by low-intensity resistance exercise in hypertensive women receiving captopril. *Blood Press Monit*. 2006;11(4):183-9.
12. Sanches IC, Conti FF, Sartori M, Irigoyen MC, De Angelis K. Standardization of resistance exercise training: effects in diabetic ovariectomized rats. *Int J Sports Med*. 2014;35(4):323-9.
13. Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztein JP, Mercier J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Med*. 2003;33(6):407-26.
14. Manchado FB, Gobatto CA, Contarteze RVL, Papoti M, Mello MAR. The maximal lactate steady state is ergometer-dependent in experimental model using rats. *Rev Bras Med Esporte*. 2006;12(5):259-262.
15. De Manchado FB, Gobatto CA, Contarteze RVL, Papoti M, Rostom de Mello MA. Maximal lactate steady state in running rats. *J Exerc Physiol Online*. October 2005;8(5):29-35. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/68440>.
16. Gobatto CA, de Mello MA, Sibuya CY, de Azevedo JR, dos Santos LA, Kokubun E. Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. 2001;130(1):21-7.
17. De Angelis Lobo d'Avila K, Gadonski G, Fang J, Dall'Aggo P, Albuquerque VL, Peixoto LR, et al. Exercise reverses peripheral insulin resistance in trained L-NAME-hypertensive rats. *Hypertension*. 1999;34(4 Pt 2):768-72.
18. De Angelis KL, Oliveira AR, Dall'Aggo P, Peixoto LR, Gadonski G, Lacchini S, et al. Effects of exercise training on autonomic and myocardial dysfunction in streptozotocin-diabetic rats. *Braz J Med Biol Res*. 2000;33(6):635-41.
19. Maeda CY, Fernandes TG, Timm HB, Irigoyen MC. Autonomic dysfunction in short-term experimental diabetes. *Hypertension*. 1995;26(6 Pt 2):1100-4.
20. 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 (São Paulo)*. 2010;65(3):271-7.
21. Battagin AM, Dal Corso S, Soares CL, Ferreira S, Leticia A, Souza Cd, et al. Pressure response after resistance exercise for different body segments in hypertensive people. *Arq Bras Cardiol*. 2010;95(3):405-11.
22. Queiroz AC, Sousa JC, Cavalli AA, Silva ND Jr, Costa LA, Taldolini E, et al. Post-resistance exercise hemodynamic and autonomic responses: Comparison between normotensive and hypertensive men. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25(4):486-94.
23. Queiroz AC, Gagliardi JF, Forjaz CL, Rezk CC. Clinic and ambulatory blood pressure responses after resistance exercise. *J Strength Cond Res*. 2009;23(2):571-8.
24. Queiroz AC, Rezk CC, Teixeira L, Tinucci T, Mion D, Forjaz CL. Gender influence on post-resistance exercise hypotension and hemodynamics. *Int J Sports Med*. 2013;34(11):939-44.
25. Shimojo GL, Palma RK, Brito JO, Sanches IC, Irigoyen MC, De Angelis K. Dynamic resistance training decreases sympathetic tone in hypertensive ovariectomized rats. *Braz J Med Biol Res*. 2015;48(6):523-7.
26. Neto GR, Sousa MS, Costa e Silva GV, Gil AL, Salles BF, Novaes JS. Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2016;36(1):53-9.
27. Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, Chaitman BL, Fleg JL, Fletcher B, et al. AHA Science Advisory. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription: an advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association; Position paper endorsed by the American College of Sports Medicine. *Circulation*. 2000;22;101(7):828-33.
28. Polito MD, Farinatti PTV. Respostas de frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto ao exercício contra-resistência: uma revisão da literatura. *Rev Port Ciênc Desporto*. 2003;3(1):79-91.