



**AJUSTES E ADAPTAÇÕES DO EXERCÍCIO FÍSICO
RESISTIDO DE BAIXA INTENSIDADE E LONGAS
SÉRIES NAS VARIÁVEIS AUTONÔMICAS,
VENTILATÓRIAS, MUSCULARES E HEMODINÂMICAS
EM IDOSOS COM DOENÇA ARTERIAL CORONARIANA**

ESTUDO I: Respostas hemodinâmicas e metabólicas durante o exercício dinâmico e resistido em diferentes intensidades: Um estudo transversal com implicações da intensidade na segurança e sintomas nos pacientes com doença coronariana.

ESTUDO II: Treinamento resistido melhora a variabilidade da frequência cardíaca e o desempenho muscular: estudo randomizado e controlado em pacientes com doença arterial coronariana.

ESTUDO III: O treinamento resistido modifica benéficamente a função hemodinâmica, autonômica e metabólica durante o exercício resistido e dinâmico em pacientes com doença arterial coronariana? Um estudo randomizado e controlado de oito semanas.

Aluna: Flávia Cristina Rossi Caruso

Orientadora: Prof^a Dr^a Audrey Borghi e Silva

Flávia Cristina Rossi Caruso

**AJUSTES E ADAPTAÇÕES DO EXERCÍCIO FÍSICO
RESISTIDO DE BAIXA INTENSIDADE E LONGAS
SÉRIES NAS VARIÁVEIS AUTONÔMICAS,
VENTILATÓRIAS, MUSCULARES E HEMODINÂMICAS
EM IDOSOS COM DOENÇA ARTERIAL CORONARIANA**

Orientadora: Prof^a Dr^a Audrey Borghi e Silva

Tese apresentada ao programa de Pós Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutora em Fisioterapia, área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

**São Carlos - SP
2015**

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar
Processamento Técnico
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C329a Caruso, Flávia Cristina Rossi
Ajustes e adaptações do exercício físico resistido de baixa intensidade e longas séries nas variáveis autonômicas, ventilatórias, musculares e hemodinâmicas em idosos com doença arterial coronariana / Flávia Cristina Rossi Caruso. -- São Carlos : UFSCar, 2015. 127 p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2015.

1. Reabilitação cardíaca. 2. Exercício resistido. 3. Exercício aeróbico. 4. Doença arterial coronariana. I. Título.



Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Flávia Cristina Rossi Caruso, realizada em 29/06/2015:

Profa. Dra. Audrey Borghi e Silva
UFSCar

Profa. Dra. Vera Lucia dos Santos Alves
FCMSC-SP

Prof. Dr. Rodrigo Polaquini Simões
UFSCar

Profa. Dra. Meliza Goi Roscani
UFSCar

Prof. Dr. André Luis Felix Rodacki
UFPR

Investigação conduzida no
Laboratório de Fisioterapia
Cardiopulmonar/LACAP do
Departamento de Fisioterapia da
Universidade Federal de São
Carlos. Projeto desenvolvido com
apoio FAPESP 2011/20074-3 e
2014/00530-2.

Dedicatória

*À minha avó Jacyra Spaziani Rossi (in memoriam),
Meus caminhos foram iluminados pelos seus ensinamentos e
orientações, através do exemplo de vida que me foi deixado.*

*À minha amada mãe Fátima, tão importante na minha
vida, por todos os momentos de amor, pela dedicação e sacrifício
de sua vida, se dedicando à minha criação, visando minha
formação ética, moral e intelectual, e a realização dos meus
sonhos e da minha felicidade.*

*Ao meu marido pela compreensão, carinho e amor em todos
os momentos.*

Agradecimentos

Meus agradecimentos:

*À minha querida orientadora Prof^a. Dr^a. Audrey Borghi e Silva,
pelos ensinamentos, companheirismo, confiança, incentivo ao
longo de minha trajetória, e pela amizade em todos os momentos.
Um grande exemplo de vigor intelectual e sólida experiência
acadêmica.*

Obrigada!

Agradecimentos

Aos meus irmãos e cunhada, pelo amor e apoio nesta parte importante de minha vida.

Ao meu marido Bonjorno, pelo carinho, amor, paciência, compreensão, pela disponibilidade em me ajudar sempre e por me dar o apoio e incentivos necessário para seguir em frente em busca dos meus sonhos. Agradeço imensamente todos os momentos nesta etapa importante de minha vida.

À Professora Aparecida Maria Catai pela contribuição, e ensinamentos ao longo de todo o período de convivência.

À todos os amigos do Laboratório: Rê Trimer, Camila, Luciana, Livia, Bruno, Dani Bassi, Ramona, Dani Andaku, Dri Mazzuco, Kath, Paulinha, Natália, Mari, Clara, Rodrigo, Vivi, Soraia, Vivian, Torrinha, Juliana, Path, Silvia, Mari e Cristina pela amizade e companheirismo

À professora Renata Mendes pela grande amizade, pelos ensinamentos e fundamental contribuição na realização deste estudo.

*Aos parceiros de pesquisa Dani Bassi, Vivian, Renata Mendes e
Bonjorno, agradeço imensamente pelo auxílio na coleta dos dados
e pela disponibilidade na realização da pesquisa.*

Ao órgão de fomento FAPESP pelo auxílio financeiro.

Muito Obrigada!

“A sabedoria não se transmite, é preciso que nós a descubramos fazendo uma caminhada que ninguém pode fazer em nosso lugar e que ninguém nos pode evitar, porque a sabedoria é uma maneira de ver as coisas.”

Marcel Proust

SUMÁRIO

ABREVIATURAS	i
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. CONTEXTUALIZAÇÃO	1
2. ESTUDO I: ``Respostas hemodinâmicas e metabólicas durante o exercício dinâmico aeróbio e resistido em diferentes intensidades: Um estudo transversal com implicações da intensidade na segurança e sintomas nos pacientes com doença coronariana``	17
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
INTRODUÇÃO.....	20
PARTICIPANTES E MÉTODOS.....	21
RESULTADOS.....	28
DISCUSSÃO.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
3. ESTUDO II: "Treinamento resistido melhora a variabilidade da frequência cardíaca e o desempenho muscular: um estudo randomizado e controlado em pacientes com doença arterial coronariana"	50
RESUMO.....	51
ABSTRACT.....	52

INTRODUÇÃO.....	53
PARTICIPANTES E MÉTODOS.....	54
RESULTADOS.....	62
DISCUSSÃO.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
4. ESTUDO III: O TR modifica benéficamente a função hemodinâmica, autonômica e metabólica durante o exercício resistido e dinâmico em pacientes com doença arterial coronariana? Um estudo randomizado e controlado de oito semanas`	79
RESUMO.....	80
ABSTRACT.....	81
INTRODUÇÃO.....	82
MÉTODOS.....	83
RESULTADOS.....	93
DISCUSSÃO.....	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESDOBRAMENTOS	115
6. APÊNDICE	117
APÊNDICE A: Versão em inglês do estudo II.....	119
7. ANEXOS	121
ANEXO A: Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa.....	122
ANEXO B: Termo de consentimento livre e esclarecido.....	124

ABREVIATURAS

ACC	American College of Cardiology
ACSM	American College of Sports Medicine
AHA	American Heart Association
ApEn	entropia aproximada
BF	baixa frequência
CRM	cirurgia de revascularização do miocárdio
DAC	doença arterial coronariana
DC	débito cardíaco
DP	duplo produto
dp	desvio-padrão
ECG	eletrocardiograma
ECR	ensaio clínico randomizado
EDA	exercícios dinâmicos aeróbios
EDI	exercício dinâmico incremental máximo
EDR	exercício dinâmico resistido
ER	exercício resistido
FC	frequência cardíaca
GC	grupo controle
GT	grupo treinado
IECA	inibidor de enzima conversora da angiotensina
IM	infarto do miocárdio
iR-R	intervalo R-R
LL	limiar de lactato

LACAP	laboratório de fisioterapia cardiopulmonar
NYHA	New York Heart Association
PA	pressão arterial
PAD	pressão arterial diastólica
PAS	pressão arterial sistólica
PM	potência máxima
RCV	reabilitação cardiovascular
RM	repetição máxima
RM-E	repetição máxima estimada
RMSSD	raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os iR-R sucessivos
SD1	desvio padrão dos intervalos RR instantâneos da plotagem de Poincaré
ST	segmento de onda S-T do eletrocardiograma
TD-L	teste descontínuo no leg press 45°
TE-C	teste de exercício no cicloergômetro
TECP	teste de exercício cardiopulmonar
TE-L	teste de exercício no <i>leg press</i> 45°
TR	treinamento resistido
TRBAr	treinamento resistido de baixa intensidade e alta repetição
VCO₂	produção de dióxido de carbono
V_E	ventilação por minuto
VE/VCO₂	equivalente ventilatório de dióxido de carbono
VFC	variabilidade da frequência cardíaca
VO₂	consumo de oxigênio

VS **volume sistólico**
[La] **concentração de lactato**

LISTA DE FIGURAS

ESTUDO I

- FIGURA 1:** Ilustração do teste cardiopulmonar em cicloergômetro..... 24
- FIGURA 2:** Ilustração da coleta de dados das variáveis ventilatórias, hemodinâmicas e metabólicas durante o exercício resistido..... 27
- FIGURA 3:** Fluxograma do estudo..... 29
- FIGURA 4:** VO_2 , consumo de oxigênio; V_E/VCO_2 , produção de dióxido de carbono. Contraste do pico de VO_2 em (a) e V_E/VCO_2 em (b), no TECP, em 30% e 60% de 1-RM no *leg press* 45° 34
- FIGURA 5:** Contraste do pico do DC, débito cardíaco (a), FC, frequência cardíaca (b), PAS, pressão arterial sistólica (c), DP, duplo produto (d) no TECP, em 30% e 60% de 1-RM no *leg press* 45° 35
- FIGURA 6:** Dados apresentados em valores absolutos de um paciente. Ilustração do VO_2 , consumo de oxigênio e DC, débito cardíaco durante o repouso, exercício e recuperação em 30% e 60% de 1-RM no *leg press* 45° 36
- FIGURA 7:** Box plot apresentando os valores de fadiga nas pernas (BORG, 0-10) no TECP, em 30% e 60% de 1-RM. * $p < 0,01$ contrastando TECP, cargas de 30% e 60%..... 37

ESTUDO II

- FIGURA 1:** Comportamento do lactato sanguíneo durante o teste descontínuo no *leg press* 45° de 1 voluntário estudado..... 61

FIGURA 2:	Fluxograma da randomização do estudo.....	64
FIGURA 3:	Comportamento dos índices de VFC pré e pós treinamento resistido. (A), RMSSD= raiz quadrada da média das diferenças sucessivas; (B), SD1= plotagem de Poincaré; (C), ApEn= entropia aproximada; (D), média de FC= média da frequência cardíaca.....	67
FIGURA 4:	Carga (Kg) e resistência (Kg), pré e pós-treinamento resistido para o grupo treinado e grupo controle. (A) pré e pós carga para o grupo treinado; (B) carga pré e pós para o grupo controle; (C) <i>Endurance</i> pré e pós para o grupo de treinado; (D) pré e pós <i>Endurance</i> para o grupo controle.....	68
ESTUDO III		
FIGURA 1:	Ilustração da coleta de lactato sanguíneo durante o exercício resistido.....	88
FIGURA 2:	Fluxograma da randomização do estudo.....	94
FIGURA 3:	Efeitos do treinamento resistido de baixa intensidade e longa duração no controle autonômico da frequência cardíaca durante a maior carga obtida no teste de exercício resistido no <i>Leg Press</i> 45°. RMSSD= raiz quadrada da média das diferenças entre intervalos RR sucessivos; SDNN= desvio padrão de todos os intervalos RR normais; SD1= desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento; BF= índice representativo da variabilidade total BF representa a banda de baixa frequência, em unidades relativas (ms^2).....	99
FIGURA 4:	Efeitos do treinamento resistido de baixa intensidade e longa duração no controle autonômico da frequência cardíaca durante a maior carga obtida no teste de exercício no cicloergômetro. RMSSD= raiz quadrada da média das diferenças entre intervalos RR sucessivos; Média de FC= média de FC; SD1= desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento; SDNN= desvio padrão de todos os intervalos RR normais.....	102

LISTA DE TABELAS

ESTUDO I

TABELA 1: Características antropométricas, fatores de risco, eventos cardíacos e medicações dos pacientes estudados..... 30

TABELA 2: Resposta eletrocardiográfica: número de arritmias cardíacas durante o repouso, exercício e recuperação no exercício resistido..... 33

ESTUDO II

TABELA 1: Características demográficas, clínicas, medicações e fatores de risco entre os voluntários estudados..... 65

ESTUDO III

TABELA 1: Dados antropométricos, eventos cardíacos, fatores de risco e medicações dos grupo controle e grupo treinado..... 95

TABELA 2: Efeito muscular, metabólico e hemodinâmico durante o exercício de carga constante na maior intensidade tolerada pelos voluntários no exercício resistido no *Leg Press* 45°, antes e após 8 semanas de treinamento..... 97

TABELA 3: Efeito muscular, hemodinâmico e ventilatório durante o exercício de carga constante na maior intensidade tolerada pelos voluntários no cicloergômetro, antes e após 8 semanas de treinamento..... 101

RESUMO

A tese constou de três estudos descritos a seguir. O estudo I, intitulado: *“Respostas hemodinâmicas e metabólicas durante o exercício dinâmico aeróbio e resistido em diferentes intensidades: Um estudo transversal com implicações da intensidade na segurança e sintomas nos pacientes com doença coronariana”*, cujo o objetivo foi avaliar as respostas clínicas e fisiológicas durante o exercício resistido nas cargas de 30 e 60% de 1-RM no *leg press* 45° e comparar as respostas durante o exercício aeróbio máximo. A avaliação incluiu teste aeróbio no cicloergômetro e teste resistido no *leg press* 45°. Foram realizadas medidas ventilatórias, hemodinâmicas e clínicas. Os resultados apresentaram que na carga de 60% do exercício resistido e no teste dinâmico aumentaram a resposta nas variáveis estudadas quando comparados a carga de 30% no exercício resistido. Concluímos que altas repetições de exercício resistido resulta em modificações fisiológicas a uma intensidade comparável ao exercício aeróbio máximo. Na sequência, o estudo II, intitulado: *“Treinamento resistido melhora a variabilidade da frequência cardíaca e o desempenho muscular: um estudo randomizado e controlado em pacientes com doença arterial coronariana.”* O objetivo foi investigar os efeitos de um programa de alta repetição/baixa carga de treinamento resistido (TR) (AR/BC-TR) na variabilidade da frequência cardíaca (VFC), na força e resistência muscular em pacientes com doença arterial coronariana (DAC). Foram realizados teste de 1-RM, teste descontínuo no *leg press* 45°; a VFC foi captada na posição supina antes e após oito semanas de TR. O programa AR/BC-TR consistiu de um exercício utilizando *leg press* 45°; (três séries de vinte repetições, duas vezes por semana durante oito semanas). Os resultados mostraram que, após oito semanas de TR, houve aumento significativo dos valores dos índices RMSSD, SD1 e ApEn apenas para o GT ($p < 0,05$). Houve uma diminuição significativa na média de FC após TR para GT ($p < 0,05$). Adicionalmente, houve melhora significativa na força e resistência muscular apenas para o GT ($p < 0,05$). Concluímos que oito semanas de AR/BC-TR foram um estímulo suficiente para alterar a função cardíaca, bem como a força e resistência muscular em pacientes com DAC. Finalmente, o estudo III, intitulado: *“Qual o impacto do treinamento resistido nas variáveis, hemodinâmicas, autonômicas e metabólicas em pacientes com doença arterial coronariana? Um estudo randomizado e controlado de 8 semanas”*, cujo objetivo foi verificar os efeitos hemodinâmicos, metabólicos e da VFC durante a intensidade máxima tolerada em protocolos de cargas constantes de resistência e dinâmico antes e após oito semanas de programa de treinamento resistido de baixa intensidade e altas repetições (TRBAr) em pacientes com DAC. Os resultados mostraram aumento da carga máxima e submáxima ($p < 0,01$) e atenuação da performance hemodinâmica na maior carga atingida ($p < 0,01$) e redução da concentração de lactato para o GT. Durante o exercício em cicloergômetro, houve atenuação da performance hemodinâmica e aumento da ventilação minuto ($p < 0,01$). Finalmente, o TRBAr produziu maior contribuição parassimpática (RMSSD e SD1), após o TR. Concluímos que oito semanas de TRBAr pode atenuar o estresse hemodinâmico, metabólico e autonômico durante o exercício resistido, com efeitos benéficos cardiovasculares e autonômicos também no exercício dinâmico.

Palavras-chave: reabilitação cardíaca, exercício resistido, exercício aeróbio, doença arterial coronariana.

ABSTRACT

The thesis consisted of three studies described below. The study I, entitled "*Hemodynamic and metabolic response during aerobic and resistance dynamic exercise in different intensities: A cross-sectional study on implications of intensity on safety and symptoms in patients with coronary disease*". Where the objective of this study was to evaluate the clinical and physiological responses during resistance exercise in loads of 30 and 60% of 1-RM on the *leg press 45°* and compare the responses with maximum aerobic exercise. The evaluation included aerobic test on cycle ergometer and resistance test in *leg press 45°*. Ventilation, hemodynamic and clinical measurements were performed. The results showed that 60% of resistance exercise and the dynamic test increased variables response studied in compared the load of 30% in resistance exercise. We conclude that high repetition of resistance exercise results in physiological changes at an intensity comparable to maximal aerobic exercise. Further, the study II, entitled "*Resistance training improves heart rate variability and muscular performance: A randomized controlled trial in patients with coronary artery disease study*" The objective was to investigate the effects of a high repetition program/low load resistance training (RT) (HR/LL-RT) in heart rate variability (HRV) in muscular strength and endurance in patients with CAD. Test were carried out in 1-RM test in *leg press 45°*, HRV was captured in the supine position before and after eight weeks of RT. The HR/LL-RT program consisted of an exercise using *leg press 45°*; (three sets, twenty repetitions, twice a week for eight weeks). The results showed that after eight weeks RT there was a significant increase in the values of the RMSSD, ApEn SD1 indices and only the TG ($p<0.05$). There was a significant decrease in Mean HR after RT for TG ($p<0.05$). Additionally, there was significant improvement in muscular strength and endurance only for the TG ($p<0.05$). We conclude that eight weeks of HR/LL-RT is a sufficient stimulus to change heart function, muscle strength and endurance in patients with CAD. Finally, the study III, entitled: "*What the impact of resistance training on hemodynamic, autonomic and metabolic variables in coronary artery disease patients? The randomized controlled trial of eight weeks*". Where the objective was to evaluate the hemodynamic, metabolic, and the HRV effects during maximum intensity tolerated in constant loads protocols during dynamic and resistance exercise before and after eight weeks of resistance training program of low intensity and high reps (RTLHr) in patients with CAD. The results showed increase in maximum and submaximal load ($p<0.01$) and attenuation of the hemodynamic performance in the higher load ($p<0.01$) and reduced lactate concentration compared for TG. During the cycle ergometer exercise, there was attenuation of hemodynamic performance and increased minute ventilation ($p<0.01$). Finally, the TRBAr produced greater parasympathetic contribution (RMSSD and SD1), after RT. We conclude that eight weeks of RTLHr may attenuate the hemodynamic stress, metabolic and autonomic during resistance exercise with cardiovascular and autonomic beneficial effects also in the dynamic exercise.

Keywords: cardiac rehabilitation, resistance exercise, aerobic exercise, coronary artery disease.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

CONTEXTUALIZAÇÃO

A presença da doença arterial coronariana (DAC) é o maior indicador de incapacidade física e causa de morbimortalidade¹. Nos pacientes com DAC é importante considerar o caráter multifatorial envolvido, isto é, a DAC depende de diversos fatores como genética², estilo de vida e as condições ambientais³.

Por outro lado, a prática de exercícios físicos pode modificar favoravelmente os fatores de risco e os efeitos deletérios da DAC⁴. Atualmente, programas de reabilitação cardiovascular (RCV) com ênfase na prática do exercício físico, acompanhado por ações educacionais voltadas para mudanças no estilo de vida⁴, têm o propósito de trazer esses pacientes de volta às suas atividades diárias habituais⁴.

Embora os exercícios aeróbios sejam tradicionalmente enfatizados em programas de RCV, os exercícios resistidos (ER) também podem ser adicionados como forma complementar, proporcionando efeitos favoráveis na manutenção da força, resistência e hipertrofia muscular⁵. Antes de 1990, o ER não era incluído nas recomendações e diretrizes para treinamento físico e reabilitação. Porém, em 2007, o *American College of Sports Medicine (ACSM)* recomenda o ER em programa de atividade física para adultos saudáveis e em todas as idades⁶.

Embora os mecanismos para a melhoria possam ser diferentes, tanto o exercício aeróbio como o resistido parecem ter efeitos semelhantes sobre a densidade mineral óssea, tolerância a glicose e sensibilidade a insulina^{7,8,9,10}. Assim, o exercício resistido é fortemente recomendado na implementação de programas de prevenção da doença cardiovascular primária e secundária¹¹.

A qualidade física envolvida no ER é o ganho de força e a *endurance* muscular, que são, em termos de promoção de saúde, parâmetros importantes nas

atividades de vida diária^{12,13}, sendo, assim, indispensáveis para maior expectativa e melhor qualidade de vida.

O aumento da força muscular proporcionada pelo ER tem sido associado ao aumento do desempenho no pico do exercício, á melhora da resistência submáxima e redução nos níveis de esforço dos membros inferiores⁶, bem como auxilia a manutenção e redução de peso^{14,15}, reduz a pressão arterial sistólica (PAS) de repouso¹⁶, preserva a capacidade funcional^{12,17}, auxilia na prevenção e/ou reabilitação de problemas musculoesqueléticos¹⁸, melhora a coordenação, a velocidade de reação, o equilíbrio, e também atua positivamente sobre as alterações psicológicas¹⁷.

Além disso, durante os ER ocorre redução do retorno venoso, do volume diastólico do ventrículo esquerdo e da tensão da parede, contribuindo assim para a diminuição da resposta isquêmica em pacientes cardíacos¹⁹. Porém, torna-se necessário avaliar todas as variáveis que interferem no ER, bem como a segurança, permitindo assim adaptações fisiológicas desejadas em pacientes com DAC.

Nesse sentido, mais recentemente, há maior preocupação em analisar e esclarecer as respostas provocadas pelo ER no sistema autonômico²⁰. A frequência cardíaca (FC) e a pressão arterial (PA) são as variáveis mais utilizadas e, associadas, fornecem o duplo produto (DP) que permite avaliar de forma indireta o trabalho do miocárdio²¹. Por outro lado, a avaliação do sistema nervoso autônomo, que é considerado de extrema importância para o entendimento da fisiopatologia da doença cardiovascular, tem se mostrado viável durante o exercício físico²². A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é um termo utilizado para indicar as oscilações da FC instantânea, assim como os intervalos entre batimentos cardíacos,

que são determinados pela modulação do sistema nervoso simpático e parassimpático²³.

Atualmente, a VFC tem sido utilizada durante o exercício físico como uma ferramenta para a detecção do equilíbrio autonômico, sendo este um método não-invasivo, validado e reprodutível²⁴. Por outro lado, mais recentemente, a VFC foi investigada durante o ER. Simões *et al.* observaram que a resposta parassimpática torna-se marcadamente reduzida a partir de 30% de um 1-RM²⁵. Tais achados foram corroborados por aumento das concentrações de lactato sanguíneo muscular.

Logo, o que se tem observado é que durante o ER, quanto maior for o tempo de tensão na musculatura ativa, o número de músculos recrutados, o tamanho da massa muscular envolvida e a intensidade de exercício, maiores serão as respostas hemodinâmicas⁵. Além disso, considerando-se que, em maiores intensidades a resposta parassimpática torna-se marcadamente reduzida, fatores protetores de risco cardiovascular, como os índices representativos da modulação parassimpática, sobretudo na população cardíaca, merecem ser investigados durante o exercício resistido. Nesse contexto, considera-se que, durante a realização do ER em pacientes com DAC, as variáveis cardiovasculares, ventilatórias e autonômicas poderiam ser monitoradas e controladas para um melhor entendimento dessas respostas nessa população, auxiliando assim no entendimento e segurança deste tipo de exercício, bem como do risco cardiovascular quando em maiores intensidades²¹.

De acordo com as recomendações e diretrizes de ER para pacientes cardíacos, a intensidade recomendada para iniciar um programa de ER é de 30% a 40% de 1-RM para membros superiores e de 50% a 60% de 1-RM para membros inferiores²⁶. Além disso, tem sido descrito que os ER realizados em intensidades

moderadas, com maior número de repetições (ER de baixa intensidade) são mais seguros²⁷⁻²⁹ até mesmo em pacientes cardíacos mais graves⁵.

Adicionalmente, um estudo realizado por Pollock *et al.*⁵ relatou que o treinamento resistido (TR) pode ser seguro para indivíduos com DAC clinicamente estáveis, participantes de um programa de reabilitação sem apresentar sintomas de angina, infradesnívelamento do segmento S-T, anormalidades hemodinâmicas, arritmias ventriculares ou quaisquer outras complicações cardiovasculares⁵. Assim, apesar dos inúmeros benefícios do ER, sua relação com os fatores de prevenção de risco coronariano vem sendo reconhecida mais recentemente. Portanto, tendo em vista todos os benefícios que esse tipo de exercício promove, é necessário maior conhecimento sobre as adaptações fisiológicas e a integração entre os sistemas cardiovascular, respiratório e muscular, pois ainda é pouco claro o entendimento da interação desses sistemas nessa modalidade específica de exercício físico na população com DAC.

Para a determinação das respostas cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas, propomos, como ensaio original, avaliar duas diferentes intensidades de ER comumente aplicadas na prática clínica. Considerando-se que a intensidade, o volume, e a velocidade de sua execução³⁰⁻³³ são fatores importantes que afetam o ER, tais variáveis merecem ser controladas. Além disso, os períodos de pausas entre as séries são importantes^{34,35} uma vez que, segundo Fleck *et al.*, evitam tensão inadequada, desnecessária³⁴ e, conseqüentemente, maiores repercussões hemodinâmicas.

Nos estudos de Kraemer *et al.*, em 1990 e 1993, foram utilizadas pausas de um a três minutos entre as séries, em protocolos de exercícios para homens saudáveis. No entanto, as concentrações de lactato sanguíneo foram

significativamente maiores para a pausa de um minuto em relação à de três minutos^{35,36}. Outro estudo examinou o efeito das pausas de um, três e cinco minutos sobre a concentração de lactato sanguíneo depois de cada série. Nesse estudo, os sujeitos executaram dez séries, com seis repetições, na intensidade de 70% de 1-RM no exercício supino³⁷. Os resultados indicaram que, após a quarta série, houve aumento significativo na concentração de lactato sanguíneo para a condição com um minuto de pausa comparada com as de três e cinco minutos. Além disso, com a pausa de um minuto, somente quatro dos 10 voluntários completaram as dez séries, indicando que a duração na pausa afetou o volume de treinamento prescrito.

Nesse sentido, tais achados são relevantes, uma vez que as concentrações de lactato são diretamente correlacionadas às mudanças autonômicas, com marcada atenuação da modulação vagal³⁰, sobretudo em cardiopatas. Além disso, já há grande corpo de conhecimento acerca de que as mudanças metabólicas, via fibras III e IV, enviam e modulam as respostas ventilatórias e autonômicas durante o exercício dinâmico³⁷. Por outro lado, merecem ainda maiores investigações acerca dos ajustes integrados no ER na população DAC, sob condições controladas.

Portanto, propomos, nesta tese, investigar o comportamento das variáveis ventilatórias, metabólicas, cardiovasculares, bem como o surgimento de arritmias durante o ER de baixa (30%) e de alta intensidade (60%) de 1-RM, durante séries mais longas, mais especificamente, em vinte e quatro contrações, em pacientes com DAC. Neste contexto, elaboramos o primeiro estudo intitulado: *“Respostas hemodinâmicas e metabólicas durante o exercício dinâmico aeróbio e resistido em diferentes intensidades: Um estudo transversal com implicações da intensidade na segurança e sintomas nos pacientes com doença coronariana.”* onde comparamos

tais respostas em relação ao exercício dinâmico máximo. Desta maneira, a partir dos resultados obtidos com o nosso presente estudo, demonstramos que o ER, em 60% de 1-RM e em altas repetições (vinte e quatro contrações), pode aumentar as respostas fisiológicas, bem como sintomas percebidos a um nível equivalente a respostas no teste de esforço cardiopulmonar. Além disso, em 30% de 1-RM usando o mesmo regime de repetição, provocou respostas fisiológicas menores e, conseqüentemente, menos arritmias.

Com relação à frequência de treinamento, tem-se estabelecido que a realização de exercícios de duas a três vezes por semana com um dia de descanso entre as sessões, favorece a recuperação³⁸, e que o aumento da frequência de treino é consequência da resposta adaptativa de cada indivíduo³⁹. Outro aspecto importante a ser considerado na população com DAC é em relação ao volume de treinamento a ser implementado. O treinamento de resistência deve ser realizado de uma forma rítmica lenta a moderada. O *ACSM* tem recomendado que a carga inicial deve ocorrer de oito a doze repetições em indivíduos saudáveis e sedentários, ou de dez a quinze repetições com cargas iniciais de 40% de 1-RM, naqueles indivíduos mais idosos²⁶. Entretanto, em um recente estudo do nosso grupo, observamos que as respostas parassimpáticas tornam-se marcadamente reduzidas a partir de 30% da 1RM. Neste sentido, treinar indivíduos cardíacos nessas intensidades pode indicar intensidades mais seguras, sob o ponto de vista de proteção cardiovascular da modulação parassimpática. Esses aspectos, para o nosso conhecimento, ainda não foram investigados.

Conforme já descrito anteriormente, os efeitos do treinamento resistido, considerando a relação do tempo entre as séries *versus* a intensidade, têm merecido destaque na literatura atual. Um recente estudo comparou os efeitos do TR em

jovens sedentários quando realizado em tempos de contração e relaxamento de 3s cada e de moderada intensidade (55-60% da 1RM), quando comparado ao treinamento convencional (1s de contração e 1s de relaxamento e 85% da 1RM) durante treze semanas. Os autores observaram que os ganhos de força foram equivalentes, porém o fluxo sanguíneo femoral basal aumentou significativamente somente no grupo de baixa intensidade e tempos de execução mais longos⁴⁰.

Nesse sentido, ainda permanecia escassa a informação do efeito de um treinamento físico resistido de baixa intensidade na função autonômica cardíaca de repouso, na força e desempenho muscular em pacientes com DAC. Portanto, o objetivo do estudo foi investigar os efeitos de um programa de treinamento físico resistido de oito semanas de alta repetição/baixa carga na VFC, na força e desempenho muscular em pacientes com DAC.

Desta forma, elaboramos o segundo estudo intitulado: *“Treinamento resistido melhora a variabilidade da frequência cardíaca e o desempenho muscular: estudo randomizado e controlado em pacientes com doença arterial coronariana.”* A hipótese desse segundo estudo foi que o treinamento físico resistido de alta repetição/baixa carga impactaria positivamente na VFC basal, bem como acarretaria modestos ganhos de força e potenciais ganhos do desempenho muscular.

Com a conclusão do segundo estudo, observamos que, de fato, oito semanas de treinamento físico resistido de alta repetição/baixa carga melhorou significativamente a VFC de repouso, bem como a força e o desempenho muscular nos pacientes com DAC.

Outro aspecto importante e que ainda merecia futuras investigações foi a respeito dos potenciais efeitos de oito semanas de TR nas variáveis ventilatórias, cardiovasculares e metabólicas durante os exercícios físicos dinâmicos e resistidos.

Os efeitos fisiológicos crônicos do exercício dinâmico são bem conhecidos, como o aumento da capacidade funcional⁴¹, aumento do volume sistólico (VS), redução da FC e pressão arterial sistólica (PAS)⁴², bem como no consumo de oxigênio (VO_2), associados aos efeitos benéficos sobre o controle autonômico cardíaco⁴³.

Recentes recomendações consideram que o treinamento físico combinado, ou seja, a adição de exercícios resistidos pode complementar os benefícios conferidos pela intensidade moderada tradicional do treinamento aeróbio em sua forma isolada⁴⁴. O treinamento físico resistido de baixa intensidade e em longas séries, cronicamente, parece influenciar de forma benéfica na melhora da força e da *endurance* muscular, além de produzir efeitos positivos no controle autonômico da frequência cardíaca na condição de repouso²⁰.

Entretanto, conforme o nosso conhecimento, não há estudos prévios avaliando os efeitos crônicos da adição de um programa de treinamento resistido nos parâmetros ventilatórios, hemodinâmicos, metabólicos e autonômicos, tanto durante os exercícios resistidos como durante os exercícios puramente dinâmicos. Assim elaboramos o terceiro artigo intitulado "*O treinamento resistido modifica benéficamente a função hemodinâmica, autonômica e metabólica durante o exercício resistido e dinâmico em pacientes com doença arterial coronariana? Um estudo randomizado e controlado de oito semanas*". A hipótese desse terceiro estudo é que o treinamento resistido de baixa intensidade e alta repetição poderia influenciar benéficamente na performance submáxima ventilatória, hemodinâmica, autonômica e metabólica, tanto durante os exercícios puramente dinâmicos (cicloergômetro) como durante os exercícios resistidos (*Leg Press*).

Com a conclusão do terceiro estudo, observamos que, oito semanas de treinamento resistido de baixa carga e longas séries produziram impacto positivo na modulação autonômica cardíaca durante as séries de exercícios físicos, com melhora do componente parassimpático, tanto durante o protocolo de exercício resistido como também no dinâmico. Além disso, modificaram positivamente as variáveis hemodinâmicas e metabólicas durante estas modalidades de exercício nos pacientes com DAC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS - CONTEXTUALIZAÇÃO

1. Banz WJ, Maher MA, Thompson WG, et al. Effects of Resistance versus Aerobic Training on Coronary Artery Disease Risk Factors. *Exp Biol Med* 2003; v.228, p. 434-440.
2. Gloria-Bottini F, Saccucci P, Banci M, et al. Effect of genetic factors on the association between coronary artery disease and PTPN22 polymorphism. *World J Cardiol* 2014 Jun 26;6(6):376-80.
3. Rozanski A, Blumenthal JA, Davidson KW, et al. The epidemiology, pathophysiology, and management of psychosocial risk factors in cardiac practice: the emerging field of behavioral cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2005 Mar 1;45(5):637-51.
4. I Diretriz de Reabilitação Cardiovascular. *Arq Bras Cardiol* 2005; 84: p 431-440.
5. Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, 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 Feb 22;101(7):828-33.
6. Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc* 2007 Aug;39(8):1435-45.

7. Katznel LI, Bleecker ER, Colman EG, et al. Effects of weight loss vs aerobic exercise training in risk factors for coronary artery disease in healthy, obese, middle-aged and older men. *JAMA* 1995; 274:1915–1921.
8. McAuley KA, Williams SM, Mann JI, et al. Intensive lifestyle changes are necessary to improve insulin sensitivity: a randomized controlled trial. *Diabetes Care* 2002; 25:445–452.
9. Tuomilehto J, Lindstrom J, Eriksson JG, et al. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med* 2001; 344:1343–1350.
10. Fagard RH, Cornelissen VA. Effect of exercise on blood pressure control in hypertensive patients. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2007; 14: 12–17.
11. Pollock ML, Vincent KR. Resistance training for health. The President's Council on Physical Fitness and Sports Research Digest. December 1996; Séries 2, No. 8.
12. Elemen MH. Resistive training safety and assessment guidelines for cardiac and coronary prone patients. *Med Sci Sports Exerc* 1989; 21, 675-7.
13. Morrissey MC, Harman EA, Johnson MJ. Resistance training modes: specificity and effectiveness. *Med Sci Sports Exerc.* 27, 648-60, 1995.
14. Santarém JM. Treinamento de força e potência. 1ªed. Cap4, Atheneu,1999.
15. Melby CL, Scoll C, Edward G, et al. Effect of acute resistance exercise on post exercise energy expenditure and resting metabolic rate. *J.Appl.Physiol* 1993; 75(4):1847-53.
16. McCartney N. Role of resistance training in heart disease. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30(10)Suppl:396-402.

17. Kraemer WJ, Adams KJ, Cafarelli E, et al. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(2):364-80.
18. Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, et al. Exercise standards for testing and training—a statement for healthcare professionals from the American heart association. *Circulation* 2001;104:1694-740.
19. 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; 101(7):828-33.
20. Caruso FC, Arena R, Phillips SA, et al. Resistance exercise training improves heart rate variability and muscle performance: a randomized controlled trial in coronary artery disease patients. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2014 Nov 11.
21. Leite TC, Farinatti PTV. Estudo da frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em exercícios resistidos para diversos grupamentos musculares semelhantes, *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício* 2003; 2:29-49.
22. Montano N, Porta A, Cogliati C, et al. Heart rate explored in frequency domain: A tool to investigate the link between heart and behavior. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 2009; n.33, p. 71–80.
23. Sandercock GR, Brodie DA. The use of heart rate variability measures to assess autonomic control during exercise. *Scand J Med Sci Sports* 2006; 16, p.302–313.

24. Task Force of European Society of Cardiology and North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation* 1996; 93:1043-65.
25. Simões RP, Mendes RG, Castello V, et al. Heart rate variability and blood lactate threshold interaction during progressive resistance exercise in healthy older men. *J Strength Cond Res* 2009.
26. Williams MA, Haskell WL, Ades PA, et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism *Circulation* 2007;116:572-84.
27. Goldberger JJ. Sympathovagal balance: how should we measure it? *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 1999; n.276, p.1273-1280.
28. Marães VRFS, Silva E, Catai AM, et al. Identification of anaerobic threshold using heart rate response during dynamic exercise. *Braz J Med Biol Res* 2005; 38(5):731-5.
29. Melo RC, Santos MDB, Silva E, et al. Effects of age and physical activity on the autonomic control of heart rate in healthy men. *Braz J Med Biol Res* 2005; 38:1331-38.
30. Machado HG, Simões RP, Mendes RG. Cardiac autonomic modulation during progressive upper limb exercise by patients with coronary artery disease. *Braz J Med Biol Res* 2011 Dec;44(12):1276-84.
31. Ciolac EG, Guimarães GV. Exercício físico e síndrome metabólica. *Rev Bras Med Esporte* 2004; 10, n.4, 319-324.

32. Ewing JL, Wolfe DR, Rogers MA, et al. Effect of velocity of isokinetic training on strength, power, and quadriceps muscle fiber characteristics. *Eur J Appl Physiol* 1990; 61:159-62.
33. Pereira MIR, Gomes PSC. Movement velocity in resistance training. *Sports Med* 2003;33:427-38.
34. Fleck SJ, Kraemer WJ. Designing resistance training programs. Champaign: Human Kinetics, 2004.
35. Kraemer WJ, Marchitelli LJ, Gordon SE, et al. Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J Appl Physiol* 1990; 69:1442-50.
36. Kraemer WJ, Fleck SJ, Dziados JE, et al. Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in woman. *J Appl Physiol* 1993;75:594-604.
37. Neder JA, Nery LE. Teste de Exercício Cardiopulmonar. *J Pneumol* 2002; 28: 166-206.
38. Pereira MIR, Gomes PSC. Relationship between 1RM and 8-10RM at two speeds for squat and bench press exercises. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33:S332.
39. Szramka M, Harriss L, Ninnio D, et al. The effect of rapid lipid lowering with atorvastatin on autonomic parameters in patients with coronary artery disease. *Int J Cardiol* 2007; 117(2):287-91.
40. Tanimoto M, Kawano H, Gando Y, et al. Low- intensity resistance training with slow movement and tonic force generation increases basal limb blood flow. *Clin Physiol Funct Imaging* 2009 Apr;29(2):128-35.

41. Pérez IP, Zapata MA, Cervantes CE, et al. Cardiac rehabilitation programs improve metabolic parameters in patients with the metabolic syndrome and coronary heart disease. *J Clin Hypertens (Greenwich)* 2010 May;12(5):374-9.
42. Miller TD, Balady GJ, Fletcher GF. Exercise and its role in the prevention and rehabilitation of cardiovascular disease. *Ann Behav Med* 1997 Summer;19(3):220-9.
43. Munk PS, Butt N, Larsen AI. High-intensity interval exercise training improves heart rate variability in patients following percutaneous coronary intervention for angina pectoris. *Int J Cardiol* 2010 Nov 19;145(2):312-4.
44. Chicco AJ. Exercise training in prevention and rehabilitation: which training mode is best? *Minerva Cardioangiol.* 2008 Oct;56(5):557-70.

2. ESTUDO I

Respostas hemodinâmicas e metabólicas durante o exercício dinâmico incremental e resistido em diferentes intensidades: Um estudo transversal com implicações da intensidade na segurança e sintomas nos pacientes com doença coronariana.

Hemodynamic and metabolic response during aerobic and resistance dynamic exercise in different intensities: A cross-sectional study on implications of intensity on safety and symptoms in patients with coronary disease.

(Este artigo foi submetido para revista Arquivos Brasileiros de Cardiologia. Autores: Caruso FR, Bonjorno-Junior JC, Mendes RG, Sperling M, Arakelian VM, Bassi D, Arena R, Borghi-Silva A).

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo foi avaliar as respostas clínicas e fisiológicas durante o exercício resistido em 30 e 60% de 1-RM no *leg press* 45 ° e comparar as respostas durante exercício aeróbio.

Métodos: Quinze indivíduos do gênero masculino com doença arterial coronariana (DAC) com idade ($60,8 \pm 4,7$ anos) realizaram os seguintes testes: (1) teste de exercício incremental em cicloergômetro; (2) teste de 1-RM no *leg press* 45°; (3) dois testes de exercício resistido no *leg press* 45°, em 30% e 60% de 1-RM com vinte e quatro contrações. O débito cardíaco (DC), frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio (VO_2), produção de dióxido de carbono (VCO_2) e a relação entre a ventilação (V_E , L/min) pelo VCO_2 foram medidos.

Resultados: O exercício resistido em 60% de 1RM e o exercício incremental dinâmico máximo apresentaram respostas ventilatórias e hemodinâmicas semelhantes ($p > 0,05$). No entanto, o exercício resistido em 30% da 1-RM apresentou respostas mais atenuadas de VO_2 , VE/VCO_2 , FC e DC quando comparados com a carga de 60% e durante o exercício dinâmico máximo. Além disso, o número, a percentagem e a gravidade das arritmias foram maiores em 60% de 1-RM quando comparados a 30% ($p < 0,05$).

Conclusão: Nossos resultados sugerem que altas repetições de exercício resistido em 60% de 1-RM resultam em acentuadas alterações hemodinâmicas, ventilatórias e metabólicas equivalentes às observadas durante o exercício dinâmico máximo.

Palavras-chave: exercício físico, frequência cardíaca, reabilitação cardíaca, doença arterial coronariana, débito cardíaco.

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to assess key physiologic and clinical responses during RE at 30 and 60% of 1-RM on a 45° leg press and to compare responses during AE.

Methods: Fifteen male subjects with coronary artery disease (60.8 ± 4.7 years) performed the following tests: (1) incremental AE test on cycle ergometer; (2) 1-RM test on a leg press at 45°; (3) Two RE at 30% and 60% of 1-RM for twenty four repetitions. Peak cardiac output (CO), heart rate (HR), oxygen consumption (VO_2), carbon dioxide production (VCO_2) and the minute ventilation (V_E , L/min)/ VCO_2 ration were measured.

Results: RE at 60% and the dynamic maximum testing elicited similar hemodynamic and ventilatory responses ($p > 0.05$). However, RE at 30% 1-RM showed more attenuated responses of VO_2 , VE/VCO_2 , HR and CO when compared with 60% of aerobic and resistance capacity. Moreover, the number, percentage and the severity of arrhythmias were higher at 60% 1-RM when compared with 30% ($P < 0.05$).

Conclusion: Our results suggest that high repetition sets of RE at 60% 1-RM results in hemodynamic, ventilatory, and metabolic equivalent changes to those observed during AE at a comparable intensity.

Keywords: physical exercise, heart rate, cardiac rehabilitation, coronary artery disease, cardiac output.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o exercício dinâmico resistido (EDR) é um componente central da reabilitação cardíaca multidisciplinar¹. Estudos têm mostrado que EDR promove melhora da força e resistência muscular, da capacidade funcional, da sensibilidade à insulina² e reduz a incapacidade física³⁻⁵. Recente Diretriz¹ de EDR recomenda séries de oito a quinze repetições (três concêntricos, três excêntricos) para oito a dez diferentes tipos de exercícios. Para pacientes com doença arterial coronariana (DAC), tem sido recomendada uma intensidade inicial correspondente de 30% a 40% de 1-repetição máxima (1-RM) para membros superiores, e 50% a 60% de 1-RM para membros inferiores¹.

As respostas fisiológicas, ou seja, o consumo de oxigênio (VO_2), o débito cardíaco (DC), frequência cardíaca (FC) e contrações ventriculares prematuras para o exercício dinâmico incremental (EDI) máximo ou sintoma limitado em cicloergômetro estão bem estabelecidos e rotineiramente utilizados para guiar a prescrição nesta modalidade⁶⁻⁹, porém, este não é o caso para o EDR.

As pesquisas relacionadas ao EDR são limitadas, por exemplo, o VO_2 e a FC são significativamente mais elevados durante EDR em relação às contrações estáticas (puramente isométricas)⁷. Esses resultados são relevantes e podem indicar que o EDR também pode resultar em aumento do desempenho aeróbio, quando é prescrito em alta repetição e baixa intensidade, um benefício potencialmente importante em pacientes com DAC em fase de reabilitação. No entanto, existem lacunas de conhecimento na literatura, considerando as respostas fisiológica e sintomática (por exemplo, a possibilidade de ocorrência de arritmias e isquemias) durante o EDR bem como na condição de recuperação, na qual requer-se investigação clínica antes de ser recomendado. Entretanto, para o nosso

conhecimento, não encontramos estudos prévios que compararam diferentes tipos de EDI e EDR na intensidade do limiar anaeróbio (30%) de 1-RM bem como acima do limiar anaeróbio (60%) de 1-RM em pacientes com DAC, avaliando as respostas hemodinâmicas, metabólicas, cardiovasculares, nos sintomas e na segurança durante o EDR e na recuperação contrastando ao EDI. Portanto, neste estudo transversal, nós hipotetizamos que o aumento das respostas hemodinâmicas, metabólicas bem como os sintomas, na carga de 60% de 1-RM, se assemelham as respostas obtidas durante o EDI.

Nesse sentido, o objetivo principal deste estudo foi comparar as respostas cardiorrespiratórias obtidas durante o EDR em duas intensidades (30 e 60%) com as respostas do teste incremental máximo no cicloergômetro. Secundariamente, objetivamos avaliar as respostas hemodinâmicas, ventilatórias, e cardiovasculares, bem como alterações eletrocardiográficas, durante o exercício no *leg press* 45°, contrastando intensidades de 30% (no limiar anaeróbio) e 60% de 1-RM (acima do limiar anaeróbio) e na condição de recuperação do exercício em pacientes com DAC.

Principais desfechos

O desfecho primário do estudo foram as variáveis hemodinâmicas (DC e FC) durante o EDR. Adicionalmente, o desfecho secundário do estudo foram os sinais eletrocardiográficos apresentados durante o EDR.

Participantes

O presente estudo foi um ensaio transversal, e os pacientes foram recrutados e avaliados no período de abril a dezembro de 2011, no Laboratório de Fisioterapia

Cardiopulmonar - LACAP da Universidade Federal de São Carlos. Os voluntários recrutados para participar do presente estudo participavam previamente de um programa de reabilitação cardiovascular (RCV) por pelo menos um ano, composto basicamente de exercícios dinâmicos aeróbios em cicloergômetro e/ou em esteira. Os métodos para a seleção dos voluntários foram por meio de divulgação no programa RCV, panfletos e divulgação impressa. Apenas os homens com DAC clinicamente estáveis foram incluídos no estudo.

Inicialmente, foram avaliados vinte indivíduos para o presente estudo. No entanto, quinze voluntários completaram o protocolo. Os critérios de inclusão para o estudo foram: 1) diagnóstico de DAC por pelo menos um ano; 2) tratamento médico com medicação otimizada por pelo menos um ano, de acordo com as recomendações do AHA/ACC⁹; e 3) participarem de um programa de reabilitação cardiovascular composto de exercícios dinâmicos em ciclo ou esteira, chamados nesta tese simplesmente exercícios dinâmicos aeróbios (EDA), por pelo menos um ano.

Os critérios de exclusão consistiram de angina documentada, evidências eletrocardiográficas de isquemia por esforço, fibrilação atrial, doença pulmonar, doença vascular periférica, ortopédica, neurológica e distúrbios osteomusculares que pudessem limitar o desempenho durante EDR ou EDI. Todos os sujeitos que concordaram em participar assinaram um termo de consentimento informado, e o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição (número 397/2011). Posteriormente, o estudo foi registrado no ClinicalTrials.gov (RBR-63kf95).

Procedimentos e avaliação clínica

Todos os voluntários foram avaliados no mesmo período do dia, e cada um dos protocolos de exercício incluídos no presente estudo foi realizado em dias diferentes, com intervalo de quarenta e oito horas entre os testes. No primeiro dia, foram realizadas as seguintes avaliações clínicas: 1) história da moléstia atual; 2) medidas antropométricas (peso e altura corporal); e 3) teste cardiopulmonar no cicloergômetro. No segundo dia, foi realizado o teste de 1-RM. No terceiro dia foram realizados dois testes de exercício resistido dinâmico, na seguinte ordem: 1º, 30% de 1-RM e 2º, 60% de 1-RM. Adicionalmente, todos os voluntários foram orientados a manter a terapia farmacológica durante todo o protocolo de estudo.

Protocolo experimental

Teste cardiopulmonar

O protocolo de rampa foi realizado em um cicloergômetro (*Lode Corival*, Holanda) na posição semirreclinada (Figura 1). O teste consistiu em: 1) cinco minutos em repouso na posição sentada; 2) quatro minutos em carga "zero", em sessenta rpm; 3) fase de rampa de quinze W/min, mantendo uma cadência constante de sessenta rpm. A fase de rampa foi encerrada quando a carga de trabalho ou a cadência não podia ser mantida, ou pela exaustão voluntária; 4) Recuperação: Imediatamente após a fase de rampa, os sujeitos foram orientados a manterem pedalando durante um minuto em "carga zero" (recuperação ativa); e 5) monitoramento em repouso na posição sentada no ergômetro por cinco minutos (recuperação passiva). Os procedimentos de teste seguiram as recomendações de Neder *et al.*¹⁰. O teste foi encerrado quando o sujeito pedalava no limite de sua tolerância (esgotamento físico), e foram utilizados os seguintes critérios para

estabelecer um esforço máximo: FC máxima (220 - idade), máxima relação de troca respiratória $R > 1,20$ ou presença de platô na resposta de VO_2 , mesmo com o aumento da carga de trabalho (VO_2 máximo), e incapacidade de manter a velocidade de pedalada em torno de sessenta rpm.



Figura 1: Ilustração do teste cardiopulmonar em cicloergômetro.

Teste de 1 repetição máxima (1-RM)

Para determinar as cargas de protocolo para o EDR, o teste de 1-RM foi aplicado aumentando gradualmente até que o voluntário não conseguisse realizar mais do que uma repetição do exercício no *leg press* 45° (Pró-Fitness, São Paulo, Brasil)⁸. O voluntário manteve-se na posição sentada no equipamento, com os joelhos e quadris flexionados a 90°. Durante a manobra, os joelhos e quadris foram estendidos, e retornando para a posição inicial após a flexão. Antes da realização do teste, os voluntários foram orientados a evitar o componente isométrico e expirar durante a extensão dos joelhos e quadris, evitando assim a manobra de Valsalva¹¹.

A carga de resistência para 1-RM foi estimada (1-RM-E) antes da realização

do teste, multiplicando o peso corporal do voluntário por quatro, com base em estudos anteriores¹²⁻¹⁵.

A carga de resistência inicial aplicada para determinar a 1-RM foi 80% de 1-RM-E, e, se o voluntário fosse capaz de realizar mais do que um movimento completo, a carga seria aumentada em 10%, de acordo com 1RM-E, depois de um intervalo de cinco minutos de descanso entre as tentativas. Quando a primeira tentativa não era bem sucedida devido à superestimação da carga de resistência, a carga era reduzida em 10% da 1RM-E. Quando a pré-1-RM foi determinada, uma segunda tentativa com um adicional de 10% acima da carga foi executada para verificar o valor da carga, e, nos casos em que o indivíduo não fosse bem sucedido na segunda tentativa, a carga anterior era considerada como a sua 1-RM. Se a tentativa era bem sucedida, uma carga adicional era realizada até determinar a 1-RM. Baseado na carga estimada de 1-RM, esperava-se que 1-RM fosse determinada dentro de seis tentativas¹⁵. Caso isso não acontecesse, era marcado um novo dia para realizar novamente o teste de 1RM.

Testes de exercício resistido em 30% e 60% de 1-RM

Os testes de ER foram realizados em 30% de 1-RM e, após 30 minutos de descanso, foi realizado o segundo teste em 60% de 1-RM (segundo teste). Durante o teste, os voluntários foram submetidos a dois minutos de exercício em um ritmo de cadência de doze repetições/min, mantendo cadência respiratória, sendo que cada ciclo completo foi realizado em cinco segundos (dois segundos de extensão e três segundos de flexão do joelho e quadril), com o ritmo controlado por comando verbal conforme ilustra a Figura 2. Os voluntários foram orientados a inspirar e expirar durante a execução de todo o movimento, evitando assim a manobra de Valsalva.

No presente estudo, foram realizados vinte e quatro repetições, a fim de produzir contrações dinâmicas sustentadas no EDR, analisando-se as respostas metabólicas e hemodinâmicas. Além disso, os voluntários foram submetidos a um período de recuperação de trinta minutos no final de dois minutos do exercício.

Os sinais ECG foram monitorizados ao longo do teste. A PA foi registrada durante a manobra de exercício. Dor nos membros inferiores foi avaliada pela escala de Borg (0-10)¹⁶ no final de cada intensidade.

Medidas durante os testes de EDI e EDR

Para ambos os testes, foram avaliadas as seguintes variáveis: 1) VO_2 ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$); 2) produção de dióxido de carbono (VCO_2 , $ml \cdot min^{-1}$); e 3) ventilação minuto (V_E , $L \cdot min^{-1}$). A relação ventilação (V_E) pelo $VCO_2 = V_E/VCO_2$ também foi determinada. Os dados foram coletados por meio de um sistema de análise de gases portátil (Oxycon Móvel; Jaeger, Hoechberg, Alemanha[®]). O DC e a FC foram medidos continuamente pelo método de cardioimpedância, usando-se um monitor não invasivo da *PhysioFlow* (Manatec Biomedical, Paris, França[®]). O duplo produto (DP) foi calculado através da multiplicação da PA sistólica pela FC¹⁷. Durante todo o período de teste, os voluntários foram monitorizados continuamente pelo ECG de doze derivações (Sistema WinCardio, Micromed, Brasília, Brasil). Os batimentos ectópicos foram identificados 5 minutos antes do EDR (posição de repouso), durante o EDR em 30% e 60% de 1-RM e o período de recuperação após cada carga (cinco minutos). O número e a percentagem de arritmias supraventriculares e ventriculares foram computados individualmente, por um examinador experiente, cego às intensidades. Além disso, foram determinadas as características dos eventos ectópicos (por exemplo, unifocal vs. multifocal). A

presença de bloqueios atrioventriculares e/ou intraventriculares ou alterações do segmento ST foram também avaliadas.



Figura 2: Ilustração da coleta de dados das variáveis ventilatórias, hemodinâmicas e metabólicas durante o exercício resistido.

Análise das variáveis ventilatórias, hemodinâmicas, durante os testes de carga constante.

Para a análise dos dados dos sinais hemodinâmicos, foram selecionados de cada voluntário os quinze últimos sinais (batimento-a-batimento) do final do exercício no cicloergômetro (EDI) e do exercício resistido no *Leg Press* 45° nas respectivas cargas, e obtida a média dos valores para análise dos dados.

Com relação às variáveis ventilatórias, foi obtido o maior valor (respiração a respiração) no final do EDI e também do exercício resistido no *Leg Press* 45° nas duas cargas estudadas.

Análise Estatística

A distribuição dos dados foi verificada pelo teste de *Shapiro-Wilk*, e, quando a normalidade foi confirmada, os dados foram expressos como média, e DP. ANOVA

com medidas repetidas foi realizada para comparar as variáveis de interesse obtidas durante EDI e EDR. Os valores da escala de Borg foram comparados pelo teste de *Friedman*. Para as análises do surgimento de extrassístoles, foi utilizado o teste de *Qui-quadrado* usando-se software *Minitab (versão 17 para Windows)*. Todos os outros dados foram analisados utilizando-se *STATISTICA 5.5 software package (Stat SOFT®)*. O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$ para todos os testes estatísticos.

Resultados

Inicialmente, foram recrutados vinte pacientes para participar do presente estudo. Após a primeira visita (EDI), dois foram excluídos, pois desistiram voluntariamente. Posteriormente a segunda avaliação (Teste de 1-RM), três foram excluídos do estudo, um desistiu voluntariamente e dois foram excluídos por apresentarem dor articular.

Neste sentido, quinze voluntários restantes completaram com sucesso o protocolo de exercícios, sem anormalidades que contraindicassem a continuidade no presente estudo. O fluxograma da randomização está ilustrado na Figura 3.

As características antropométricas, fatores de risco, eventos cardíacos e as medicações dos quinze indivíduos que completaram o protocolo estão resumidos na Tabela 1. Dos quinze pacientes, (100%) eram idosos, seis eram obesos de grau I. Todos apresentavam função ventricular normal. Além disso, nove pacientes utilizavam betabloqueador e sete utilizavam inibidores de enzima conversora de angiotensina. Adicionalmente, quatorze pacientes utilizavam sinvastatina e doze ácido acetilsalicílico.

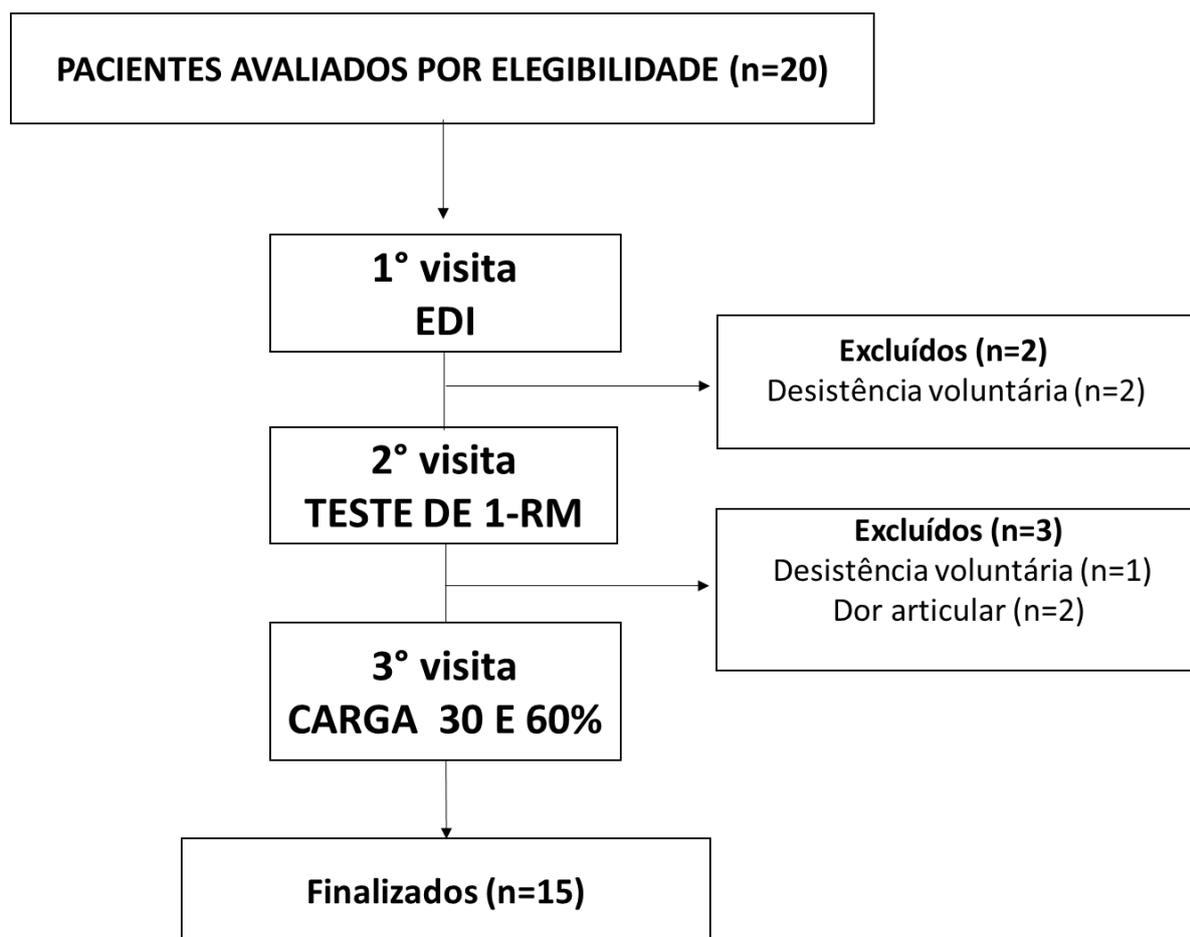


Figura 3. Fluxograma do estudo.

Tabela 1. Características antropométricas, fatores de risco, eventos cardíacos e medicações dos pacientes estudados.

Variáveis	n=15
Idade (anos)	60,8±4,7
Massa corporal (Kg)	77,2±12,6
Estatura (m)	1,6±0,6
Índice de massa corporal (Kg.m ²)	27±3,1
Fração de ejeção (%)	62±3,2
Fatores de risco (n)	
Tabagismo	6
Diabetes Mellitus	5
Hipertensão arterial sistêmica	10
Eventos Cardíacos (n)	
IAM	15
CRM	12
Medicações (n)	
Carvedilol	2
Atenolol	5
Metoprolol	2
Enalapril	3
Captopril	2
Sinvastatina	14
AAS	12

Abreviações: n, número da amostra; IAM, infarto agudo do miocárdio; CRM, cirurgia de revascularização do miocárdio; AAS, ácido acetilsalicílico. Dados apresentados em média ± DP.

Durante o teste de esforço cardiopulmonar (TECP), todos os voluntários cessaram a atividade secundária aos sintomas compatíveis com a exaustão máxima¹⁰. Neste estudo, não foram observados alterações sugestivas do segmento

ST, isquemia ou bloqueio atrioventricular e/ou intraventricular durante EDR. A análise descritiva, representando o tipo e gravidade da arritmia durante o repouso, em 30% e 60% de 1-RM do EDR, e na recuperação, está apresentado na Tabela 2. Extrassístoles isoladas foram observadas durante 30% de 1-RM e na recuperação, e a partir de 60% de 1-RM ($p < 0,05$). Entretanto, extra-sístoles multifocais foram observadas durante 60% de 1-RM do EDR, em contraste com outras situações ($p < 0,05$). A severidade das extrassístoles também foi maior durante 60% de 1-RM do EDR quando comparada com 30% de 1-RM, no repouso e na recuperação ($p < 0,05$). Além disso, as extrassístoles multifocais ($p < 0,01$) foram maiores durante 60% de 1-RM em comparação com outras situações do EDR e na recuperação ($p = 0,05$). Como demonstrado na Figura 4, 60% de 1-RM induziu ao aumento significativo dos valores de VO_2 quando comparado a 30%. Além disso, V_E/VCO_2 diferiu apenas entre 30% versus 60% da 1RM ($p < 0,05$).

As respostas hemodinâmicas em 30 e 60% de 1-RM, contrastando com o EDI estão ilustradas na Figura 4. O DC em 60% de 1-RM foi semelhante ao EDI. No entanto, 60% de 1-RM, bem como no EDI, induziu a maiores valores de DC quando comparado a 30% da 1-RM ($p < 0,05$). Interessantemente, a FC durante 60% de 1-RM provocou uma resposta de aproximadamente 93% da FC máxima obtida durante o EDI. Adicionalmente, 60% de 1-RM induziu a aumento significativo da FC quando comparado a 30% da 1-RM, a qual ficou em torno de 60% da FC_{max} do EDI. Com relação à PA sistólica [Figura 5 (c)], 60% de 1-RM elicitou uma resposta de aproximadamente 98% da resposta máxima obtida no EDI, diferindo apenas entre 30% com 60% de 1-RM ($p < 0,05$). O duplo produto em 60% de 1-RM foi semelhante ao EDI. Além disso, 60% da 1-RM e o EDI induziram ao aumento significativo dos valores de DP em contraste com 30% 1-RM ($p < 0,05$). Como ilustrado na Figura 6, as

respostas do DC e VO_2 foram maiores durante 60% de 1-RM, em contraste com 30% de 1-RM. Como demonstrado na Figura 7, a fadiga de membros inferiores foi significativamente menor durante 30% de 1-RM em contraste com EDI e em 60% de 1-RM ($p < 0,05$).

Tabela 2. Resposta eletrocardiográfica: número de arritmias cardíacas durante o repouso, exercício e recuperação no exercício resistido.

Comportamento eletrocardiográfico	Rep	30%	R30	60%	R60	P
<i>N° de ESV (% Pctes)</i>	4 (13)	14 (47)	5 (33)	30 (73)	4 (40)	<i>P<0,05</i>
<i>N° de ESV monofocal isolada (%Pctes)</i>	4 (13)	14 (47)	4 (27)	17 (60)	3 (33)	<i>P<0,05</i>
<i>N° de ESV multifocal (%Pctes)</i>	0	0	1 (7)	13 (13)	1 (7)	<i>P<0,01</i>
Severidade da ESV						
<i>N° de pctes com nenhum evento</i>	13	8	10	4	9	<i>P<0,01</i>
<i>N° de pctes com ESV monofocal isolada</i>	2	7	4	9	5	<i>P<0,03</i>
<i>N° de pctes ESV multifocal</i>	0	0	1	2	1	<i>P<0,05</i>

ESV= extrassístole ventricular; N° =número de extrassístoles ventriculares; (%) porcentagem do número de pacientes (% do total); 30%=carga do exercício resistido; r30= recuperação da carga de 30% de 1RM; 60%= carga de exercício resistido; r60= recuperação da carga de 60% de 1RM. Não foi observado presença de bigeminismo, ESV pareadas, taquicardia ventricular não sustentada (TVNS) ou taquicardia ventricular sustentada (TVS). Teste de Qui-quadrado com nível de significância de $p<0,05$.

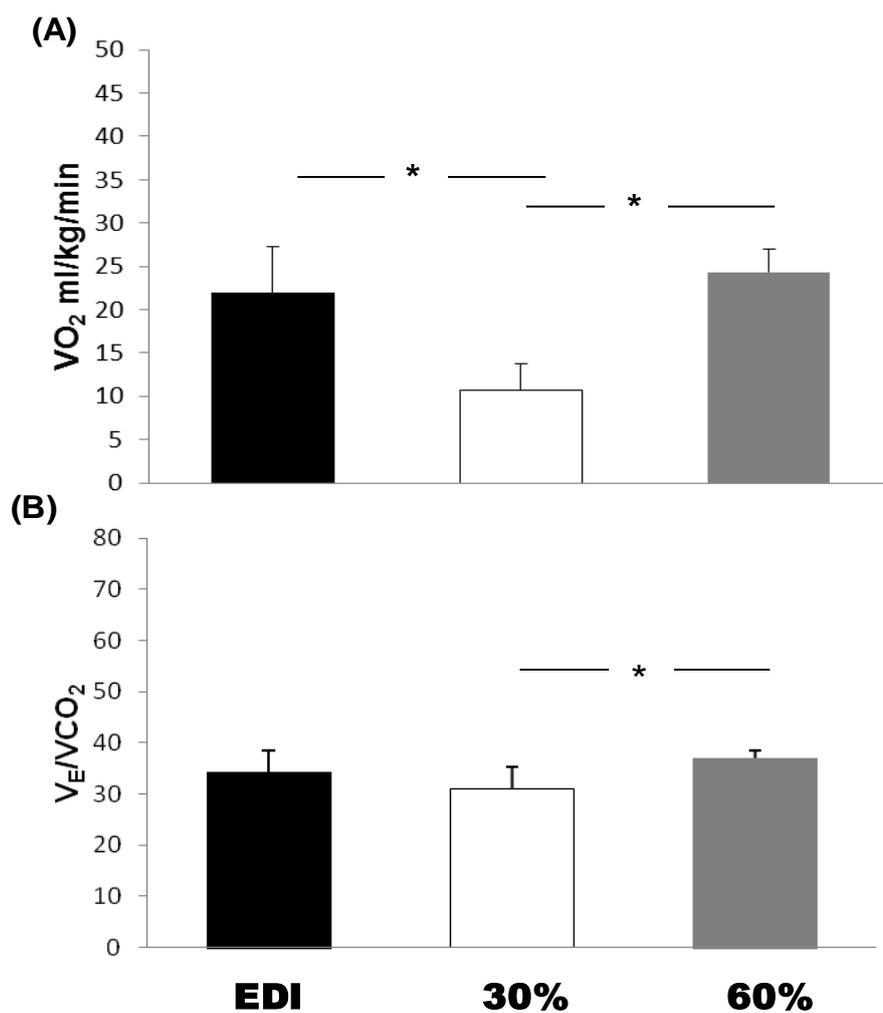


Figura 4. VO_2 , consumo de oxigênio; V_E/V_{CO_2} , produção de dióxido de carbono. Contraste do pico de VO_2 em (a) e V_E/V_{CO_2} em (b), no EDI, em 30% e 60% de 1-RM no *leg press* 45°. Dados apresentados em média \pm DP. * $p < 0,05$ comparando TECP, nas cargas de 30% e 60% EDR (ANOVA *one-way*).

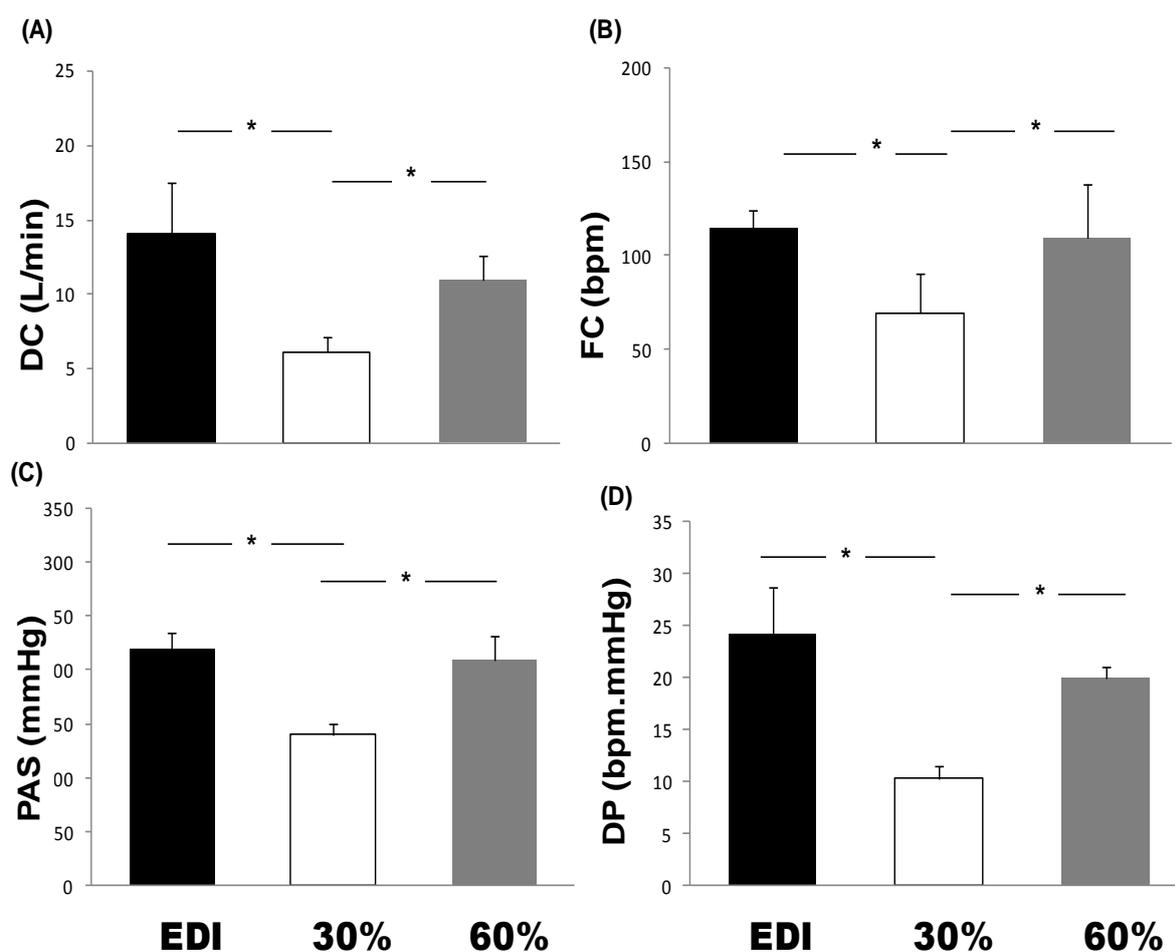


Figura 5. Contraste do pico do DC, débito cardíaco (a), FC, frequência cardíaca (b), PAS, pressão arterial sistólica (c), DP, duplo produto (d) no EDI, em 30% e 60% de 1-RM no *leg press* 45°. Dados apresentados em média \pm DP. *P < 0,05 contrastando EDI, nas cargas de 30% e 60% EDR (ANOVA *one-way*).

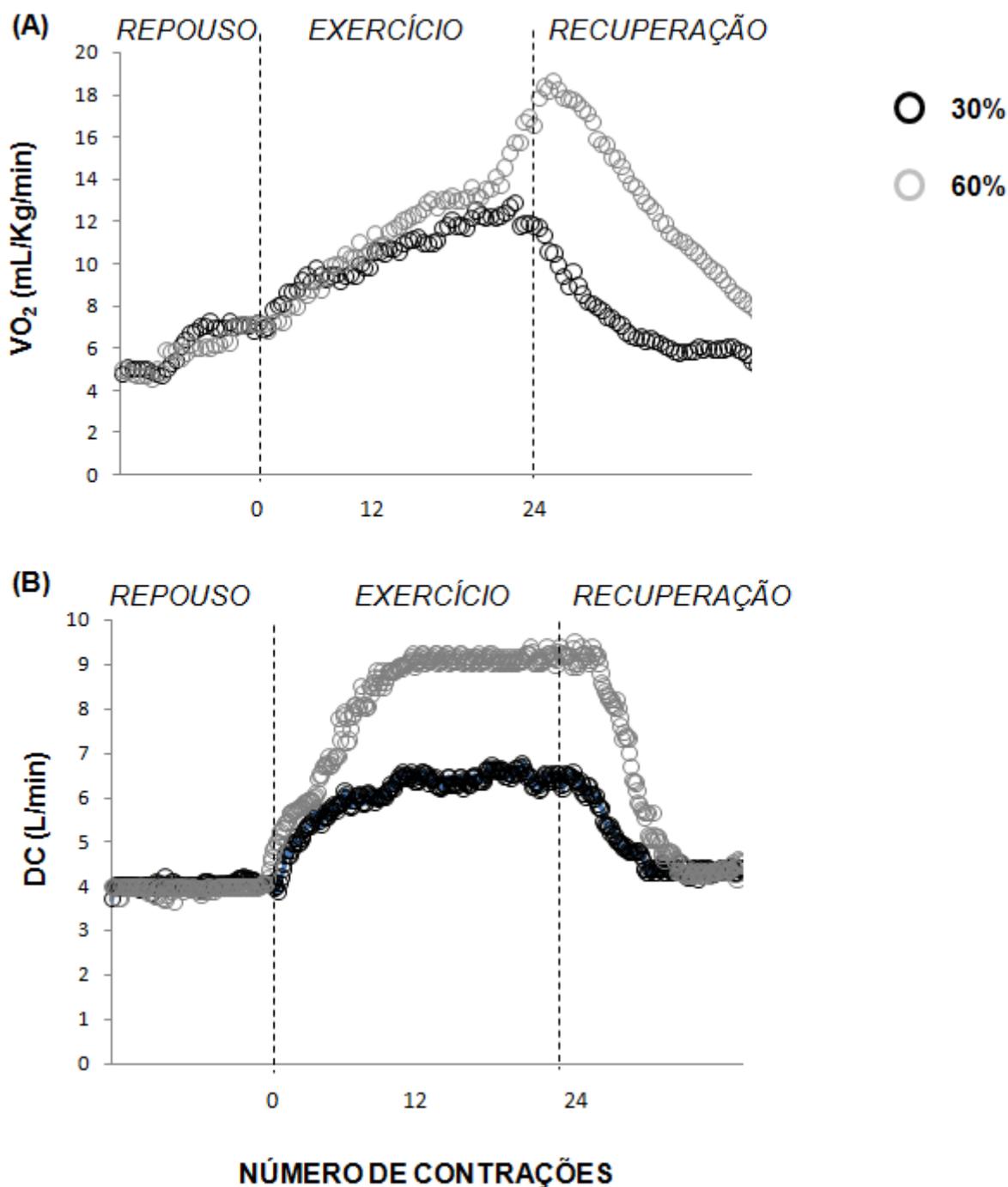


Figura 6. Ilustração do VO₂, consumo de oxigênio e DC, débito cardíaco durante o repouso, exercício e recuperação em 30% e 60% de 1-RM no *leg press* 45°. Dados apresentados em valores absolutos de um paciente.

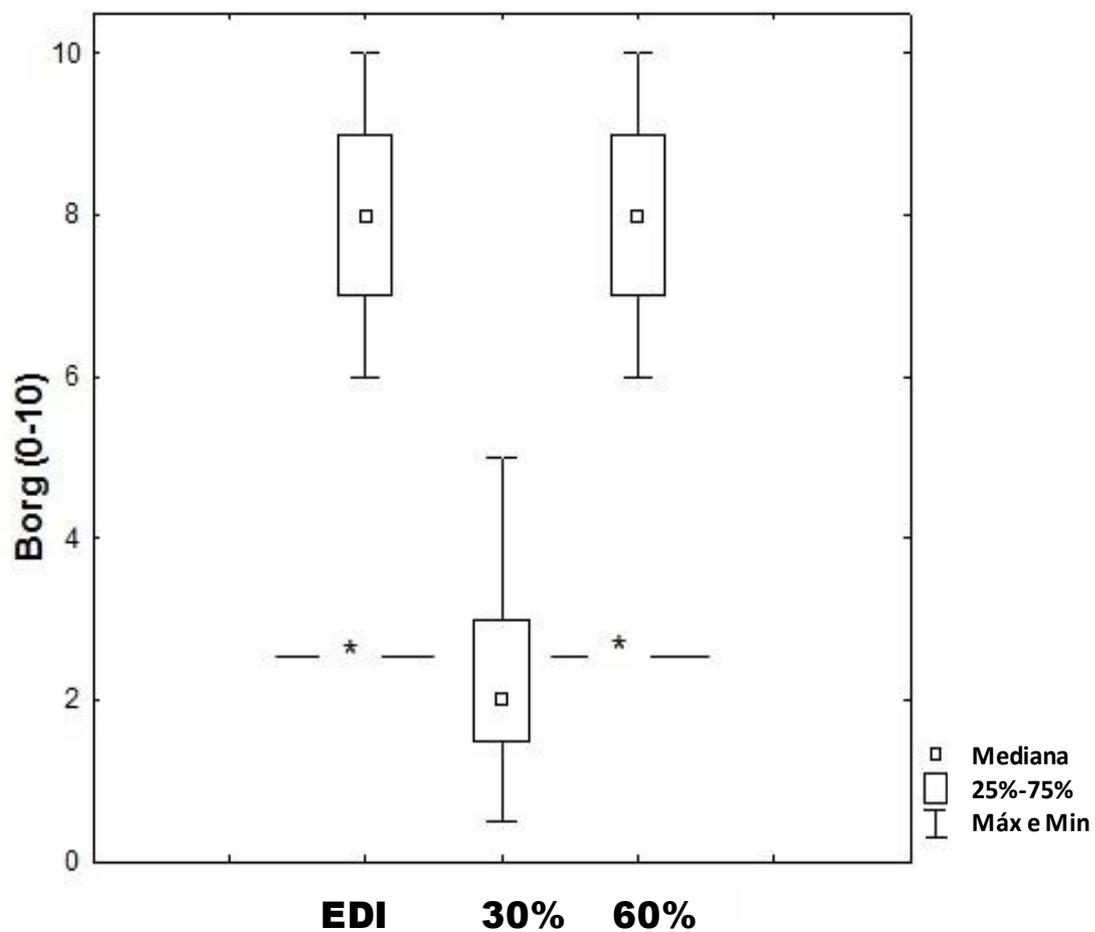


Figura 7. Box plot apresentando os valores de fadiga nas pernas (BORG, 0-10) no EDI, em 30% e 60% de 1-RM. * $p < 0,01$ contrastando EDI, nas cargas de 30% e 60% do ERD (*teste de Friedman*). Dados apresentados em média \pm DP.

DISCUSSÃO

O presente estudo investigou as respostas fisiológicas e os sintomas em duas intensidades do EDR, nos exercícios de baixa e alta intensidade, com longa duração, os quais são comumente recomendados para pacientes com DAC, comparando-se tais respostas com o EDI em cicloergômetro. Os principais achados do presente estudo foram: 1) 60% de 1-RM induziu a respostas hemodinâmicas, metabólicas e sintomatológicas semelhantes quando comparados com o EDI máximo em ciclo; e 2) o aumento de extrassístoles foi observado durante a carga de 60% de 1-RM em contraste com 30% de 1-RM do EDR.

Alterações eletrocardiográficas durante o exercício dinâmico resistido e implicações para a segurança

No que diz respeito à segurança no EDR, não foram observados bloqueios atrioventriculares e/ou intraventriculares durante o EDR nas intensidades estudadas. No entanto, foi observado aumento de extrassístoles durante 60% de 1-RM. Neste contexto, o acompanhamento durante EDR em pacientes cardíacos requer uma avaliação cuidadosa. Em contraste, Faigenbaum *et al.*¹⁸ estudaram EDR em pacientes cardíacos que consistiu de duas séries de sete repetições a 75% da contração voluntária máxima, sem alteração significativas de ECG¹⁸. A possível explicação entre as diferenças encontradas na investigação citada é a diferença significativa no número de repetições (sete vs. vinte). Assim, como o nosso número de repetição foi estendido, pode ter produzido maior resposta ao miocárdio. No entanto, em nosso estudo, apesar do aumento da frequência de eventos ectópicos em 60% de 1-RM EDR (sete pacientes, 47% do total), nenhum sinal de angina ou isquemia foi detectado; além disso, os distúrbios de ECG encontrados neste estudo

ainda estavam abaixo dos limites considerados para a interrupção do exercício físico¹⁹.

Pelo contrário, este achado em particular pode fornecer orientação sobre as intensidades dos exercícios e exigir um acompanhamento mais diligente em alguns pacientes. Deve notar-se que, no presente estudo, os pacientes recrutados se encontravam na faixa de baixo risco para eventos e de gravidade da doença. Assim, cautela e monitoramento adicional devem ser considerados na prescrição do EDR para pacientes cardíacos, sobretudo naqueles com maiores níveis de severidade da doença. Além disso, o presente estudo avaliou apenas pacientes do gênero masculino, durante uma série longa e única de EDR de membro inferior. A aplicação clínica dos resultados é, portanto, limitada e deve ser abordada em investigações futuras, para outros grupos musculares, e em maiores números de séries aplicadas.

Estudos sugerem que o teste de força (ou seja, 1-RM) não produz sintomas de angina, depressão isquêmica do segmento ST, arritmias ventriculares complexas, e complicações cardiovasculares para pacientes com DAC clinicamente estáveis^{18,19}.

Nesse sentido, tais afirmações podem ser consistentes para os resultados do presente estudo, no qual altas repetições do EDR na faixa mais alta de intensidade recomendada provocou arritmias sem apresentar sintomas ou sinais de isquemia. Por outro lado, foi observado, no presente estudo, que nove pacientes utilizavam betabloqueador e sete utilizavam inibidor de enzima conversora de angiotensina. De acordo com estudo prévio, a utilização do betabloqueador resulta em um melhor desempenho cardíaco, com significativa melhora da função cardíaca, sendo esse efeito documentado tanto em repouso como durante o exercício físico²⁰. Tal benefício também foi observado quando utilizado inibidor de enzima conversora de angiotensina (IECA)²¹. Nesse sentido, quando se faz um treino físico juntamente

com um tratamento farmacológico, existem protocolos e testes de esforço para se obter um limiar adequado de treinamento.

A relevância desse achado nesta população de doentes é importante, e a literatura carece de estudos sobre a segurança e viabilidade do EDR em maiores repetições.

Respostas ventilatórias, metabólicas e hemodinâmicas durante o exercício dinâmico e resistido.

Observou-se que o aumento do VO_2 durante o exercício em 60% de 1-RM foi proporcional ao EDI, mas diferiu significativamente em 30% da 1-RM. Além disso, a relação V_E/VCO_2 foi maior quando comparada com 30% de 1-RM. De acordo com o nossos achados, Marzolini et al.²² mostraram que os volumes mais elevados de EDR podem produzir um aumento significativo no VO_2 . Tais resultados são interessantes, mesmo no EDR em intensidade moderada, utilizando-se um maior número de repetições, o qual pode produzir maior demanda metabólica e ventilatória. Consistentemente com os nossos resultados, Arimoto et al.⁶ observaram que, durante o exercício dinâmico resistido no *leg press* a 20% da 1RM, a V_E , o VO_2 , a FC e a PA sistólica atingiram o estado de equilíbrio após 3 minutos de exercício. No entanto, durante a realização do *leg press* 45° de forma estática, na mesma intensidade (20% da 1RM), as respostas hemodinâmicas continuaram aumentando até o final do exercício, enquanto VO_2 não se alterou durante essas contrações. No estudo de Arimoto et al.⁶ somente a intensidade de 40% do exercício resistido dinâmico em *leg press* acarretou em maiores respostas, quando comparadas a 20% da 1RM.

Em nosso estudo, similarmente, apenas em 60% de 1-RM evidenciou um aumento do VO_2 , FC, PA sistólica e DP, que foram comparáveis às respostas EDI máximo. Adicionalmente, nós mostramos claramente que o VO_2 continuou aumentando após 60% de 1-RM (Figura 6), como mostrado previamente²¹, considerando-se a estabilidade relativa das respostas hemodinâmicas quando comparado com 30% de 1-RM. Um estudo anterior mostrou que baixas intensidades de EDR com movimentos lentos e geração de força tônica são um método mais eficaz para aumentar a massa e a força muscular, bem como o fluxo sanguíneo femoral basal²³. No entanto, não é conhecido se esse treinamento específico de ER também levaria ao aumento da resposta ventilatória e metabólica, sobretudo em pacientes coronariopatas.

No presente estudo, 60% da 1-RM induziu ao aumento significativo do V_E/VCO_2 , quando comparado com 30% de 1-RM. A relação V_E/VCO_2 reflete a eficiência ventilatória, mais especificamente, a integração da ventilação e da perfusão pulmonar, e está diretamente associada à intensidade de exercício. Além disso, como demonstrado anteriormente, a liberação de lactato sanguíneo é consistentemente aumentada em intensidades do EDR acima de 30% da 1-RM durante a realização de exercício em *leg press* 45°^{11,24,25}. Por isso, o aumento de V_E/VCO_2 observado no presente estudo pode refletir o aumento progressivo do metabolismo anaeróbio no músculo esquelético, a partir dessa intensidade.

Foi observado, em nosso estudo, que uma série com altas repetições em 60% de 1-RM aumentou as variáveis hemodinâmicas; DC, PA, FC e DP, bem como a fadiga das pernas, comparáveis ao EDI máximo em cicloergômetro. Sabe-se que as repetições elevadas no EDR influenciam na magnitude das respostas hemodinâmicas^{11,12,25,26}. Contudo, contrastando-se 30% da 1RM com a capacidade

máxima do EDI e em 60% da 1-RM, observou-se que o tempo de exercício, bem como a intensidade influenciaram no aumento da FC, PA e DP. Resultados similares foram observados quando Karlsdottir *et al.*²⁷ compararam o EDR de intensidade moderada com exercício dinâmico de carga constante em cicloergômetro em pacientes com DAC e fração de ejeção reduzida, foi observada estabilidade da função ventricular durante a realização do EDR de moderada intensidade.

Curiosamente, durante o EDI máximo e em 60% de 1-RM, as respostas clínicas e hemodinâmicas aumentaram substancialmente, possivelmente causadas por alterações no fluxo sanguíneo muscular e da resistência arterial periférica. Tais ajustes são modulados pelo sistema nervoso central, numa tentativa de restaurar o equilíbrio do metabolismo muscular nas intensidades mais elevadas do exercício²⁸⁻⁻³⁰. Durante EDR de alta intensidade, ocorre a oclusão parcial do fluxo sanguíneo muscular, diminuindo o retorno venoso e aumentando a pós-carga, afetando negativamente o volume de ejeção sistólico^{31,32}. As respostas centrais, via ativação simpática, elevam a FC para manter o aumento de DC. Nesse contexto, especula-se que ocorra ativação simpática, como observado no EDR, acima de 30% da 1-RM; e em alto número de repetições, particularmente numa população de DAC, merece consideração especial, na qual a descarga simpática neural pode produzir potencial instabilidade elétrica e surgimento de eventos ectópicos³¹.

Por outro lado, o presente estudo, o que incluiu apenas pacientes com DAC do gênero masculino, com alta repetição e menor intensidade do EDR (isto é, 30% de 1-RM), foi bem tolerado, e aumentou as respostas hemodinâmicas e ventilatórias, bem como não evidenciou consistentes respostas arrítmicas anormais. Assim, para EDR que incorpora prescrições com repetições mais elevadas nas populações de pacientes com DAC, em uma intensidade mais baixa, o mesmo pode ser bem

tolerado³². Nesse sentido, nós recentemente realizamos um estudo que consistiu de um programa de alta repetição/baixa carga de EDR em pacientes com DAC, demonstrando melhora significativa nos parâmetros relacionados à força e desempenho muscular, bem como no controle autonômico da FC nesses pacientes³³. Assim, tornam-se necessários estudos adicionais para definir melhor as características ideais de treinamento resistido na população coronariopata, sobretudo comparando-se diferentes intensidades e suas respostas integradas.

Considerações e limitações do estudo

No presente estudo, existem algumas considerações que justificam alguns comentários. Nosso protocolo teve uma duração relativamente longa (vinte e quatro repetições), quando comparado às recomendações atuais (quinze-vinte) repetições de EDR. O protocolo foi selecionado a fim de verificar se haveria linearidade das respostas metabólicas e hemodinâmicas durante as intensidades. Neste contexto, a aplicabilidade de nossos achados para outros protocolos de EDR, que variam de grupos musculares, carga e repetições, pode, portanto, ser limitada. Estudos futuros poderão confirmar se um protocolo de alto volume/baixa intensidade podem resultar em maiores ganhos na capacidade aeróbia, bem como aumentar a força e a *endurance* muscular em pacientes cardíacos.

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo sugerem que o EDR em 60% de 1-RM e de alta repetição pode aumentar as respostas fisiológicas, bem como sintomas percebidos a um nível equivalente a respostas no EDI máximo em cicloergômetro. Além disso, 30% de 1-RM usando o mesmo regime, com alta repetição, provoca

respostas ventilatórias e hemodinâmicas comparativamente menores que 60% da 1-RM, mais seguras e bem toleradas.

AGRADECIMENTOS

O estudo foi financiado pela Fundação de Amparo á Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (2011/20074-3).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS - ESTUDO I

1. Williams MA, Haskell WL, Ades PA, et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism *Circulation* 2007 Jul 31;116(5):572-84.
2. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 6th ed. Baltimore, Md: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.
3. Whaley MH, Brubaker PH, Otto RM, et al. Armstrong. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
4. American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. Guidelines for Cardiac Rehabilitation and Secondary Prevention Programs. 4th ed. Champaign, Ill: Human Kinetics; 2004.
5. American Geriatrics Society Panel on Exercise and Osteoarthritis. Exercise prescription for older adults with osteoarthritis pain: consensus practice recommendations: a supplement to the AGS Clinical Practice Guidelines on the management of chronic pain in older adults. *J Am Geriatr Soc* 2001;49:808–823.
6. Arimoto M, Kijima A, Muramatsu S. Cardiorespiratory response to dynamic and static leg press exercise in humans. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2005; 24:277-83.
7. Bjarnason-Wehrens B, Mayer-Berger W, Meister ER, et al. Recommendations for resistance exercise in cardiac rehabilitation Recommendations of the

- German Federation for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2004; 11:352–361.
8. American College of Sports Medicine. Position stand on the appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34:364–380.
 9. American College Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30:975–91.
 10. Neder JA, Nery LE. Teste de Exercício Cardiopulmonar. *J Pneumol* 2002; 28: 166-206.
 11. Wilborn C, Greenwood M, Wyatt F, et al. The effects of exercise intensity and body position on cardiovascular variables during resistance exercise. *Journal of Exercise Physiology Online*. 2004;7(4):29–36.
 12. Simões RP, Castello-Simões V, Mendes RG, et al. Lactate and heart rate variability threshold during resistance exercise in the young and elderly. *Int J Sports Med* 2013; 34:991-6.
 13. Simões RP, Castello-Simões V, Mendes RG, et al. Identification of anaerobic threshold by analysis of heart rate variability during discontinuous dynamic and resistance exercise protocols in healthy older men. *Clin Physiol Funct Imaging* 2014; 34:98-108.
 14. Simões RP, Bonjorno JC Jr, Beltrame T, et al. Slower heart rate and oxygen consumption kinetic responses in the on- and off-transient during a discontinuous incremental exercise: effects of aging. *Braz J Phys Ther* 2013; 17:69-7.

15. Kraemer WJ and Fry AC. Strength testing: development and evaluation of methodology. In: Maud PJ and Foster C (eds). *Physiological Assessment of Human Fitness*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1995, pp.115-138.
16. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14:377–381.
17. McCartney N. Acute responses to resistance training and safety. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31:31-37.
18. Faigenbaum AD, Skrinar GS, Cesare WF, et al. Physiologic and symptomatic responses of cardiac patients to resistance exercise. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71:395-821.
19. Jensen-Urstad K, Bouvier F, Saltin B, et al. High prevalence of arrhythmias in elderly male athletes with a lifelong history of regular strenuous exercise. *Heart* 1998; 79:161-4.
20. Vanzelli AS, Bartholomeu JB, De Mattos LNJ, et al. Prescrição de exercício físico para portadores de doenças cardiovasculares que fazem uso de betabloqueadores. *Rev. Soc Cardiologia Estado de São Paulo* 2005; 2:10-6...
21. Cohn JN, Johnson G, Ziesche S, et al. A comparison of enalapril with hydralazine-isosorbide dinitrate in the treatment of chronic congestive heart failure. *N Engl J Med* 1991; 325:303-10.
22. Marzolini S, Oh PI, Dina Brooks D. Effect of combined aerobic and resistance training versus aerobic training alone in individuals with coronary artery disease: a meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol* 2012; 19:81-94.
23. Pafili ZK, Bogdanis GC, Maridaki M. Cardiorespiratory characteristics and cholesterol responses to a single session of heavy leg press exercise. *J Sports Sci Med*. 2010 Dec 1;9(4):580-6. eCollection 2010.

24. Tanimoto M, Kawano H, Gando Y, et al. Low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation increases basal limb blood flow. *Clin Physiol Funct Imaging* 2009; 29:128-35.
25. Machado-Vidotti HG, Mendes RG, Simões RP, et al. Cardiac autonomic responses during upper versus lower limb resistance exercise in healthy elderly men. *Braz J Phys Ther* 2014 18:9-18.
26. Machado HG, Simões RP, Mendes RG, et al. Cardiac autonomic modulation during progressive upper limb exercise by patients with coronary artery disease. *Braz J Med Biol Res* 2011; 44:1276-1284.
27. Karlsdottir AE, Foster C, Porcari JP, et al. Hemodynamic responses during aerobic and resistance exercise. *J Cardiopulm Rehabil* 2002; 22: 170-7.
28. Taaffe DR, Galvão DA, Sharman JE, et al. Reduced central blood pressure in older adults following progressive resistance training. *J Hum Hypertens* 2007; 21:96–98.
29. Umpierre D, Stein R. Hemodynamic and vascular effects of resistance training: implications for cardiovascular disease. *Arq Bras Cardiol* 2007; 89:256-262.
30. Nery SS, Gomides RS, da Silva GV, et al. Intra-arterial blood pressure response in hypertensive subjects during low- and high-intensity resistance exercise. *Clinics* 2010; 65:271-7.
31. Oliveira JL, Galvão CM, Rocha SM. Resistance exercises for health promotion in coronary patients: evidence of benefits and risks. *Int J Evid Based Healthc* 2008; 6:431-9.
32. Wienbergen H, Hambrecht R. Physical exercise training for cardiovascular diseases. *Herz* 2012; 37:486-92.

33. Caruso FC, Arena R, Phillips SA, et al. Resistance exercise training improves heart rate variability and muscle performance: a randomized controlled trial in coronary artery disease patients. *Eur J Phys Rehabil Med* 2015 Jun;51(3):281-9.

3. ESTUDO II

Treinamento resistido melhora a variabilidade da frequência cardíaca e o desempenho muscular: um estudo randomizado e controlado em pacientes com doença arterial coronariana.

Resistance exercise training improves heart rate variability and muscle performance: a randomized controlled trial in coronary artery disease patients.

(Artigo publicado na Revista European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 2015;51:1-2. Autores: FR Caruso, R Arena, SA Phillips, JC Bonjorno-Junior, RG Mendes, VM Arakelian, D Bassi, C Nogi, A Borghi-Silva).

RESUMO

Objetivo: Investigar os efeitos de um programa de treinamento resistido de alta repetição/baixa carga TR (AR/BC-TR) na variabilidade da frequência cardíaca (VFC), na força e resistência muscular em pacientes com DAC.

Métodos: Vinte pacientes do gênero masculino com DAC foram randomizados para um grupo de treinamento resistido (GT; 61,3±5,2 anos) e grupo de cuidados habituais (GC; 61±4,4 anos). Foram realizados testes de 1 repetição máxima (1-RM), e testes descontínuos no *leg press* 45° (TD-L). Os intervalos R-R foram captados em repouso na posição supina antes e após oito semanas de TR. Os índices RMSSD, SD1, a média de FC e índices ApEn foram calculados. O programa AR/BC-TR consistiu de exercício de membros inferiores utilizando-se *leg press* 45°; (três séries de vinte repetições, duas vezes por semana, durante oito semanas). A carga do treino foi de aproximadamente 30% de 1-RM. Todos os pacientes mantiveram seu treinamento aeróbio usual, duas vezes por semana, com cargas correspondentes a 70% da FC máxima.

Resultados: Após oito semanas de AR/BC-TR, houve aumento significativo dos valores dos índices RMSSD e SD1 apenas para o GT ($p<0,05$). Observamos diminuição significativa na média de FC após AR/BC-TR para GT ($p<0,05$) e aumento significativo dos valores de ApEn para o GT ($p<0,05$). Além disso, houve melhora significativa na força e da resistência muscular apenas para o GT ($p<0,05$).

Conclusão: Nossos dados sugerem que oito semanas de AR/BC-TR foi um estímulo suficiente para alterar positivamente a função autonômica cardíaca, bem como a força e resistência muscular em pacientes com DAC, que participavam de pelo menos um ano de treinamento aeróbio.

Palavras-chave: doença cardíaca, reabilitação cardíaca, força muscular, exercício resistido.

ABSTRACT

Aim: To investigate the effects of a high repetition/low load RT (HR/LL-RT) program on heart rate variability (HRV) and muscular strength and endurance in CAD patients who have already undergone aerobic training. **Design:** Randomized Controlled Trial study. **Setting:** Patients seen at the Cardiopulmonary Physical Therapy Laboratory between September of 2012 and October of 2013. **Population:** Twenty male patients with CAD were randomized to a resistance training group (RTG; 61.3±5.2 years) or usual care group (UCG; 61±4.4 years). All patients had previously undergone at least one year of aerobic exercise training. **Methods:** A 1 repetition maximum (1-RM) maneuver, discontinuous exercise test on the *leg press* (DET-L), and resting HRV were performed before and after eight weeks of HR/LL-RT on a *leg press* 45°. RMSSD, SD1, mean HR and ApEn indices were calculated. The HR/LL-RT program consisted of a lower limb exercise using a *leg press* 45°; sets of twenty four repetitions, two times a week for eight weeks. The initial load was set at 30% of 1-RM. **Results:** After eight weeks of HR/LL-RT, there were significant increases of RMSSD and SD1 indices in the RTG only ($p < 0.05$). There was a significant decrease in mean HR after HR/LL-RT in the RTG ($p < 0.05$). In addition, there was a significantly higher ApEn in the RTG ($p < 0.05$). There were also significant improvements in muscular strength and endurance in the RTG only ($p < 0.05$). **Conclusion:** Our data suggest that eight weeks of HR/LL-RT is a sufficient stimulus to positively change cardiac autonomic function as well as muscle strength and endurance in male CAD patients who have already participated in at least one year of aerobic training. **Clinical rehabilitation impact:** In this study we demonstrated that HRV can be enhanced after eight weeks of resistance training in patients with coronary artery disease who have undergone aerobic training. **Keywords:** cardiac disease, cardiac rehabilitation, muscular strength, resistance exercise.

INTRODUÇÃO

O treinamento resistido (TR) tornou-se um componente padrão nas prescrições de exercícios para indivíduos com doença arterial coronariana (DAC) nos programas de reabilitação cardiovascular (RCV)¹. Enquanto TR melhora significativamente a produção de força muscular, flexibilidade e o equilíbrio, é preciso ter cautela para elaborar um programa de exercícios que minimize o estresse cardíaco (ou seja, aumento de pós-carga), especialmente em populações de pacientes, tais com DAC². Portanto, os programas TR que utilizam altas repetições/baixa carga (AR/BC) poderiam ser recomendados em pacientes com DAC³, a fim de evitar os efeitos hemodinâmicos deletérios precipitados pela carga elevada⁴.

Enquanto os efeitos do TR no desempenho muscular são claros, outros potenciais benefícios não foram extensivamente examinados ou apresentam resultados inconclusivos; como é o caso da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Por exemplo, estudos transversais em diferentes populações sugerem que um programa de treinamento regular de exercício aeróbio está associado com melhora da VFC; no entanto, estudos que examinaram o efeito da TR na VFC são inconclusivos no que diz respeito ao recomendado clinicamente^{5,6,7}. Por exemplo, protocolos de exercícios intervalados de alta intensidade parecem modificar positivamente o controle simpátovagal, com aumento na modulação parassimpática, a qual tem sido associada com melhor prognóstico em pacientes com DAC⁸. Por outro lado, de forma interessante, um recente estudo mostrou que um programa TR excêntrico, que é bem reconhecido por proporcionar maiores ganhos de força muscular, impactou negativamente na VFC em homens idosos⁹. No entanto, os

efeitos de um programa de AR/BC-TR sobre índices de VFC, que são comumente prescritos para pacientes com DAC, ainda merecem novos estudos¹⁰⁻¹².

Dada essa lacuna no conhecimento, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos de um programa de oito semanas AR/BC-TR no *leg press* 45° nos índices de VFC de repouso, na força e resistência muscular em pacientes com DAC, participantes de um programa de RCV composto predominantemente do treinamento dinâmico aeróbio. Nossa hipótese é que este programa AR/BC-TR teria um impacto favorável sobre a VFC, bem como obteria melhorias na força e resistência muscular nesses pacientes.

Métodos

População estudada

Este estudo foi um ensaio clínico controlado e randomizado (ECR), que foi realizado no período de maio de 2011 a novembro de 2013, no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar (LACAP) da Universidade Federal de São Carlos. Os pacientes recrutados para o presente estudo participavam de um programa de RCV por, pelo menos, um ano. O estudo foi divulgado no programa RCV, por meio de panfletos e mídia eletrônica. Apenas os homens com DAC foram incluídos no estudo. Todos os sujeitos que concordaram em participar do estudo assinaram um termo de consentimento informado, que foi aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição do local (número 397/2011) e todos os procedimentos foram realizados de acordo com a Declaração de Helsinki. O estudo foi registrado no ClinicalTrials.gov (RBR-63kf95).

Os critérios de inclusão foram: 1) O diagnóstico clínico de DAC por pelo menos um ano; 2) aderência às recomendações médicas por pelo menos um ano,

de acordo com a *American Heart Association/American College of Cardiology*¹¹; e 4) participação em um programa de RCV por pelo menos um ano, composto predominantemente de treinamento dinâmico aeróbio em ciclo e/ou em esteira. Todos os pacientes com DAC foram orientados a manter seu tratamento médico prescrito pelo cardiologista. Os critérios de exclusão foram: 1) a presença de arritmias cardíacas não controladas; 2) angina instável, hipertensão descontrolada ou comorbidades pulmonares e renais; 3) condições que limitassem a participação no treinamento físico (ou seja, limitações ortopédicas e alterações osteomusculares); e 4) alterações hemodinâmicas durante um teste de exercício incremental. Todos os indivíduos permaneceram sob cuidados médicos habituais e acompanhamento clínico (ou seja, consultas regulares com um cardiologista) durante todo o protocolo, e as medicações foram mantidas durante todo o protocolo de TR.

Desenho Experimental

Somente indivíduos do gênero masculino, com diagnóstico de DAC, clinicamente estáveis, foram incluídos neste ECR. Os pacientes tratados em um centro de RCV foram randomizados em dois grupos: o grupo de cuidados habituais (GC) e treinamento composto de exercícios de resistência + cuidados habituais (GT). As medidas foram realizadas antes e após oito semanas de treinamento. A alocação para cada grupo foi realizada por uma pessoa não envolvida no estudo, por meio da seleção de envelopes lacrados contidos em uma caixa.

Desfechos Principais

O desfecho primário deste ECR foram as mudanças encontradas na frequência cardíaca (FC) e os índices no domínio do tempo (RMSSD e RMSM) e

índices não lineares (SD1 e SD2). O desfecho secundário deste ECR foram as mudanças na força e resistência muscular máxima.

Participantes

Procedimentos

Todos os participantes foram avaliados no período da manhã, para evitar diferentes respostas fisiológicas, devido às variações circadianas. Todos os testes foram realizados e analisados por indivíduos cegos à atribuição do sujeito nos grupos. Os experimentos foram realizados em uma sala climatizada a 22-24°C e umidade relativa do ar de 50-60%. As avaliações foram realizadas em dias separados, e no dia da coleta de dados; os indivíduos foram levados para a sala experimental para a familiarização com os procedimentos e equipamento a ser utilizado. Os sujeitos foram orientados a evitar bebidas com cafeína ou alcoólicas e qualquer outros estimulantes na noite anterior e no dia da coleta de dados. Os indivíduos também foram instruídos a não realizar atividades que exigissem esforço físico de moderado a pesado no dia anterior ao da coleta de dados. Por último, os participantes foram instruídos a evitar refeições pesadas duas horas antes do teste. Imediatamente antes da coleta, os indivíduos foram entrevistados e examinados para confirmar o estado clinicamente estável e a ocorrência de uma noite normal de sono. Os voluntários foram orientados a não falar desnecessariamente durante a coleta de dados, e a comunicar quaisquer sintomas anormais antes, durante e após a aplicação de todos os protocolos. As avaliações descritas nas três sessões seguintes foram realizadas antes, bem como após a conclusão do programa de oito semanas de AR/BC-TR.

Coleta da FC e dos intervalos R-R

A FC e os intervalos R-R (i R-R) foram obtidos em repouso por 10 minutos na posição supina, e os voluntários foram orientados a respirar espontaneamente. Foi utilizado um sistema digital, que consistia de um transmissor colocado no tórax do paciente e um monitor de FC no pulso do mesmo (Polar S810i; Polar Vantage, Kempele, Finlândia). As gravações dos i-RR foram examinadas por um especialista que desconhecia a alocação do grupo participante. Somente os trechos com ritmo sinusal normal foram utilizados para análise. Todos os batimentos ectópicos foram filtrados antes de calcular os índices de VFC. Além disso, os índices de VFC foram obtidos através do software Kubios HRV Analysis 2.0 para Windows (The Signal Biomedical and Medical Imaging Group Análise, Departamento de Física Aplicada da Universidade de Kuopio, na Finlândia)¹². Os índices da VFC obtidos no domínio do tempo foram: 1) a raiz quadrada da soma dos quadrados da diferença entre o i-RR, dividido pelo número de iR-R em um determinado momento menos um (RMSSD); e 2) a média de FC. A análise quantitativa de Poincaré consistiu na plotagem de cada iR-R como uma função do intervalo anterior. Através desta análise, foi possível obter o índice SD1 em milissegundos, que fornece informações sobre o desvio-padrão (dp) de variabilidade instantânea batimento a batimento. Neste estudo, foi calculada a complexidade da série temporal, usando a entropia aproximada (ApEn), que é uma medida da regularidade da série iR-R, sendo que a irregularidade sugere maior complexidade que resulta em maiores valores.

Teste de 1 repetição máxima (1-RM)

Para determinar as cargas de protocolo para AR/BC-TR, o teste de 1-RM foi aplicado gradualmente, aumentando a resistência até que o voluntário não

conseguisse realizar mais de 1 repetição no *leg press 45°* (Pró-Fitness, Sao Paulo, Brasil)¹. Durante o teste, o voluntário se manteve na posição sentada no equipamento, com o tronco inclinado a 45° da horizontal, com os joelhos e quadris flexionados a 90°. Durante o movimento, os joelhos foram estendidos e a seguir retornaram para a posição inicial a partir da flexão dos joelhos e quadril. Antes da execução do teste, os indivíduos foram orientados a inspirar e expirar para evitar a manobra de Valsalva¹¹. A carga de resistência para 1-RM foi estimado (1-RM-E) antes do teste, multiplicando-se o peso corporal do voluntário por quatro, com base em testes piloto anteriores. A carga de resistência inicial aplicada para determinar 1-RM foi de 80% do 1-RM. Se o sujeito fosse capaz de realizar mais do que um movimento completo, a carga era aumentada de 10% do 1-RM-E; depois um intervalo de descanso de 5 minutos entre as tentativas. Quando a primeira tentativa não era bem sucedida, porque a carga de resistência tinha sido superestimada, a carga era reduzida em 10% 1-RM-E. Foi realizada uma segunda tentativa com um adicional de 10% acima da carga para confirmar o valor dela, e, nos casos em que o indivíduo não fosse bem sucedido nesta segunda tentativa, a carga anterior foi considerada como 1-RM. No entanto, se o sujeito fosse bem sucedido, ou seja, se ele completasse todo o movimento, uma nova carga foi adicionada até que o 1-RM foi determinado. Com base nas cargas de 1-RM-E, esperava-se que a 1-RM seria determinada dentro de seis tentativas¹³. Caso contrário, o indivíduo era recrutado em um outro dia para o teste de 1RM.

Teste descontínuo no *leg press* (TD-L)

O teste descontínuo no *leg press 45°* foi realizado para obter a intensidade a ser prescrita durante o programa de treinamento resistido.

Antes da execução do protocolo, o paciente permaneceu em repouso no equipamento durante dez minutos. O protocolo de exercício incremental foi então iniciado com uma carga de 10% de 1-RM, com aumentos subsequentes de 10%, até a exaustão. Em cada porcentagem do esforço, o voluntário foi submetido a dois minutos de exercício em um ritmo de movimento de doze repetições por minuto, mantendo cadência respiratória (como o voluntário tinha sido orientado durante o teste de 1-RM).

Durante o protocolo, os pacientes foram monitorizados com eletrocardiograma (ECG), bem como foram coletados os i-RR de forma contínua. Além disso, amostras de sangue foram coletadas no repouso, no pico de cada intensidade e na recuperação. O ritmo do movimento de flexoextensão foi controlado por comandos verbais por um examinador, durante toda a execução do movimento. O período de recuperação entre as cargas foi de cinco minutos; além disso, a PA foi monitorada durante o período pré e pós-esforço. A fadiga e dor nos membros inferiores foram avaliadas pela escala modificada de Borg¹⁴, no final de cada intensidade. Os critérios de interrupção para o TD-L foram os seguintes: 1) incapacidade do sujeito em executar o movimento de forma adequada; 2) aumento excessivo da pressão arterial sistólica (PAS) (ie, > 200 mmHg); 3) alcance de 85% da FC máxima ($220 - \text{idade} \times 0,85$); 4) anormalidades no ECG (arritmias supra ou ventriculares, isquemia ou bloqueios); e 5) exaustão voluntária.

O limiar anaeróbio de cada indivíduo foi determinado durante todo o protocolo no leg press 45°. A determinação do limiar anaeróbio foi realizado a partir da curva de lactato para obtenção da intensidade para o TR.

Programa de treinamento

Todos os pacientes participavam de um programa de RCV por, pelo menos, um ano antes da realização do presente estudo. O programa de RCV era composto de treinamento físico aeróbio e avaliações clínicas formais. O treinamento aeróbio consistiu de uma hora de duração, dividida em dez minutos de aquecimento (alongamento de membros superiores e inferiores), vinte-trinta minutos de esteira ou bicicleta ergométrica com uma intensidade de 70% da FC máxima obtida por meio de testes de exercício, desaquecimento (exercícios dinâmicos de baixa intensidade e alongamento membros superiores e inferiores) e uma fase de relaxamento (dez minutos). O programa de treinamento aeróbio foi realizado duas vezes por semana e continuou com todos os pacientes em ambos os grupos (GC e GT).

As avaliações clínicas formais foram realizadas por um cardiologista e ocorreram a cada seis meses, e o teste ergométrico em bicicleta ergométrica era realizado em intervalos de três meses para ajustar a intensidade do treinamento aeróbio. Os pacientes que foram alocados para a GT foram instruídos a continuar o programa de RCV e, paralelamente, realizar o protocolo de exercícios resistidos (duas vezes/semana, durante oito semanas, nos dias em que eles não participassem do programa de RCV).

Cada sessão do TR durou uma hora e constou de aquecimento prévio no cicloergômetro, sendo que a carga de aquecimento do exercício resistido foi realizada em torno de 30%, de acordo com o limiar anaeróbio analisado pela coleta de sangue no lóbulo da orelha, a cada intensidade do exercício aeróbio no cicloergômetro¹⁵. Os indivíduos foram submetidos a três séries de vinte repetições cada, em um ritmo de movimento estabelecido inicialmente (dois seg. de extensão e três seg. de flexão) mantendo a mesma cadência respiratória. Cada série foi

separada por intervalos de descanso de cinco minutos. A intensidade do treinamento físico foi de 30% de 1-RM, a uma carga próxima do limiar de lactato (LL) de acordo com um estudo prévio¹⁶.

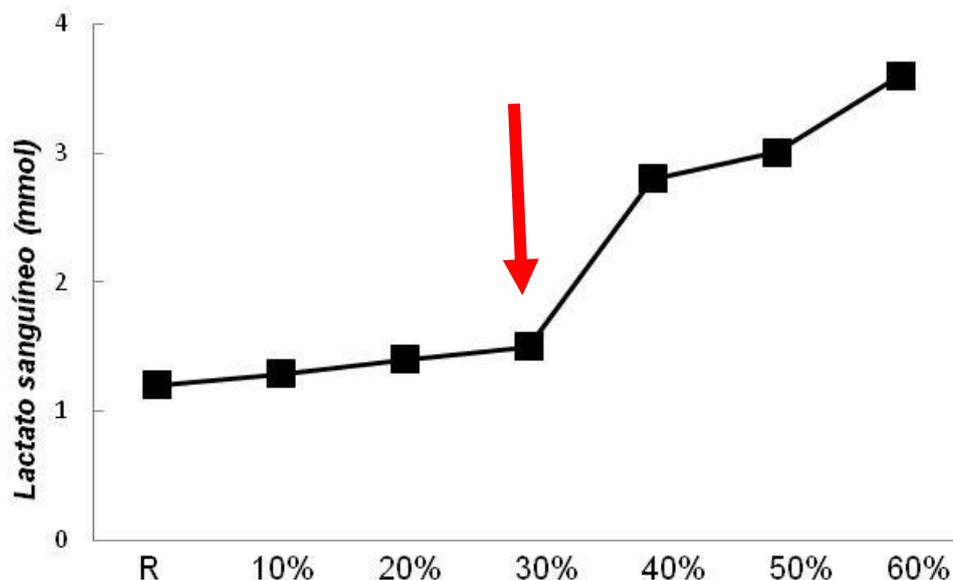


Figura 1. Comportamento do lactato sanguíneo durante o teste descontínuo no *leg press* 45° de 1 voluntário estudado.

Além disso, após quatro semanas de TR, os pacientes eram reavaliados, e realizavam novamente um teste de 1-RM, para progressão da carga.

Estes pacientes foram acompanhados pelo médico (ou seja, realizavam consultas regulares com um cardiologista em que a medicação era otimizada). Os indivíduos do grupo controle receberam telefonemas a cada duas semanas durante todo o treinamento de oito semanas. Esse contato serviu para fornecer mais informações sobre aderência com o protocolo de estudo, lembrar e encorajar os pacientes a manter as próximas visitas, além de verificar se houve quaisquer novas mudanças em eventos médicos e farmacológicos desde o contato prévio. As conversas telefônicas intencionalmente não abordaram a questão de treinamento resistido.

Análise Estatística

O cálculo do tamanho amostral, baseado em um estudo prévio¹⁶ sugeriu que o recrutamento de dez pacientes em cada grupo proporcionaria um suficiente poder estatístico amostral (80%) para detectar diferença clinicamente importante para uma diferença média esperada entre os grupos de FC de aproximadamente cinco bpm.

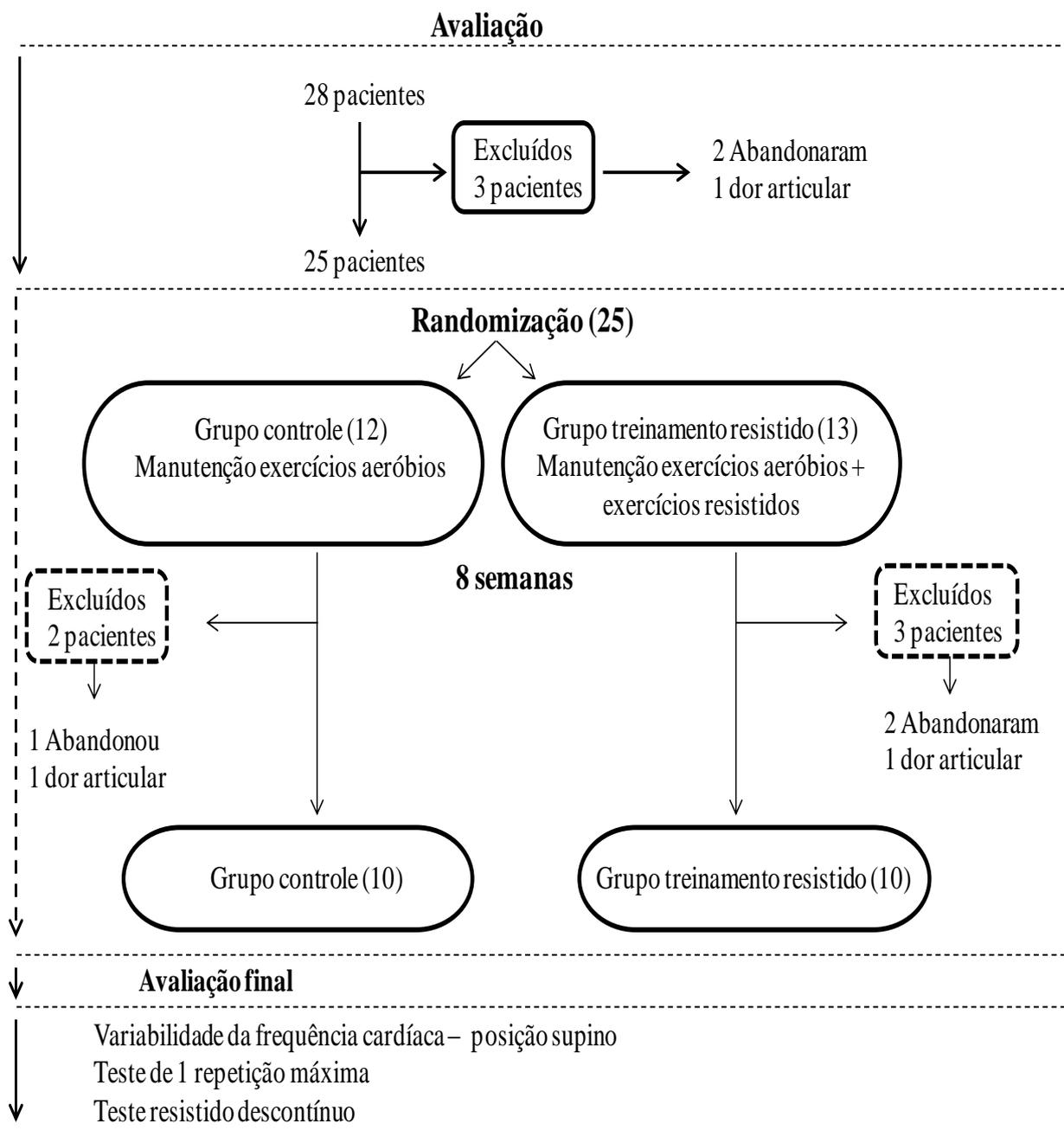
A distribuição dos dados foi verificada pelo teste de *Shapiro-Wilk*, e quando a normalidade foi confirmada, os dados foram expressos em média e desvio padrão. *ANOVA Two-way* foi utilizada para comparar as variáveis entre os grupos. A análise estatística das características antropométricas foi realizada pelo teste *T de Student*. A comparação de eventos cardíacos foi realizada utilizando-se o teste exato de *Fisher*. O número dos fatores de risco e medicamentos foi comparado entre os grupos, utilizando-se o teste *Qui-quadrado*. O *Software Minitab* foi usado para teste exato de *Fisher* e para o teste *Qui-quadrado (versão 17 for Windows)*. Todos os outros dados foram analisados utilizando-se o pacote *software Statistica 5.5 (Stat SOFT®)*. O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$ para todos os testes estatísticos.

RESULTADOS

Vinte e oito pacientes foram recrutados para participar do presente estudo. Previamente à randomização, dois voluntários desistiram voluntariamente, e outro apresentou dor articular durante a primeira avaliação de 1-RM e foi excluído.

Após a randomização, mas antes do treinamento proposto, cinco participantes adicionais foram excluídos: dois desistiram voluntariamente e um apresentou dor articular na primeira semana de treinamento resistido. Todos os vinte voluntários restantes completaram com sucesso o protocolo de exercícios, sem anormalidades

que contraindicassem a continuidade no presente estudo. O fluxograma da randomização está ilustrado na Figura 2. Conforme resumido na Tabela 1, não houve diferenças estatisticamente significativas para as características antropométricas e clínicas entre os dois grupos.



Desenho do estudo.

Figura 2. Fluxograma da randomização do estudo.

Tabela 1. Características demográficas, clínicas e medicações entre os voluntários estudados.

Variáveis	GC=10	GT=10	p
Idade (anos)	61±4,4	61,3±5,2	0,89
Estatura (m)	1,69±0,06	1,67±0,06	0,59
Massa corporal (Kg)	79,7±16	76,3±6,3	0,58
IMC (Kg/m ²)	26,8±3,9	26,4±1,4	0,76
Eventos Cardíacos (n)			
IM	10	10	0,62
CRM	9	9	0,62
Tempo de IM/anos	3,5±0,8	3,3±0,9	0,62
Características do infarto (n)			
Anterior	6	4	0,65
Inferior	5	5	0,65
Fatores de Risco (n)			
Tabagismo	6	2	0,17
Hipertensão	7	8	0,60
Diabetes Mellitus	4	3	0,63
História familiar de DAC	5	9	0,14
Dislipidemia	8	4	0,17
Medicações (n)			
Betabloqueador	7	7	1
IECA	5	4	0,65
Hipolipemiente	8	8	1
BCC	4	3	0,63
Antiglicêmico	4	3	0,63
Doses (n/mg)			
Betabloqueador	38,5±27,1	33,3±12,1	0,67
IECA	12,5±4,4	13,3±5	0,87
Hipolipemiente	25,7±9,2	30±10,9	0,37
BCC	25±0	22,5±2,8	0,84
Antiglicêmico	500±225	275±259,8	0,9

Tabela 1. Abreviações: GC= grupo controle, GT= grupo treinado, IM= infarto do miocárdio, IMC= índice de massa corporal, CRM = cirurgia de revascularização do miocárdio, DAC = doença arterial coronária, IECA = inibidor de enzima conversora de angiotensina, BCC= bloqueador de canal de cálcio. Dados apresentados em média ± DP. Não houve diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$). Teste T para os dados antropométricos, tempo de IM/ano e dose; Teste exato de Fisher para eventos cardíacos; Teste de Qui-Quadrado para fatores de risco, características do infarto e medicamentos.

A análise pré e pós VFC para o GT e GC está ilustrada na Figura 3. Em comparação ao pré-treinamento, houve aumento significativo nos índices RMSSD e SD1 após oito semanas, apenas para o GT. Essas variáveis também foram significativamente diferentes na avaliação de oito semanas quando comparadas com o grupo GC. Além disso, o índice ApEn aumentou significativamente após oito semanas, em comparação ao pré-treinamento no GT. A média da FC reduziu significativamente após oito semanas, em comparação ao pré-treino apenas para o GT.

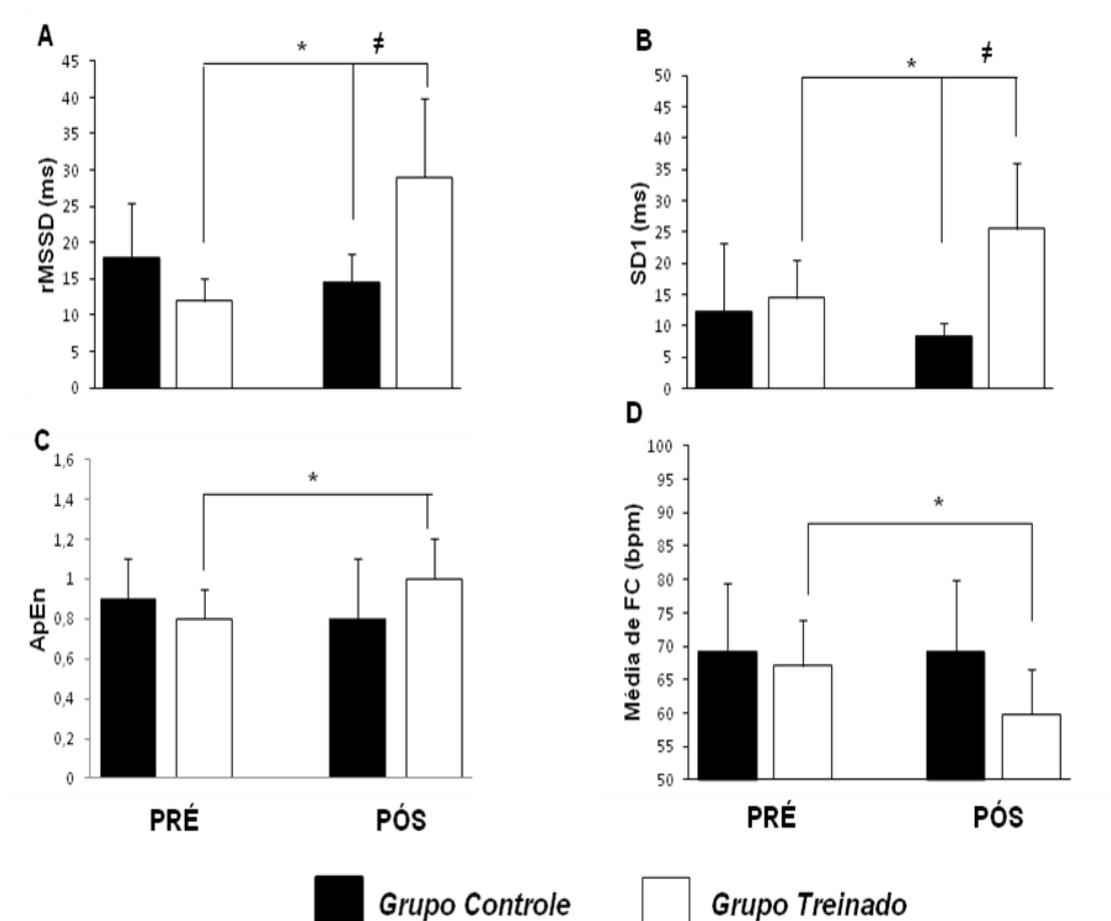


Figura 3. Comportamento dos índices de VFC pré e pós treinamento resistido. (A), RMSSD = raiz quadrada da média das diferenças sucessivas; (B), SD1 = plotagem de Poincaré; (C), ApEn = entropia aproximada; (D), média de FC = média da frequência cardíaca. Dados apresentados em média \pm DP. * $p < 0,05$ contrastando pré vs pós para o grupo de treinamento, # $p < 0,05$ pós treinamento resistido, grupo controle vs grupo de treinamento, ANOVA two-way.

As comparações de força e da resistência muscular estão ilustradas na Figura 4. As comparações entre os grupos revelaram aumento significativo na força e resistência muscular após oito semanas apenas para o GT.

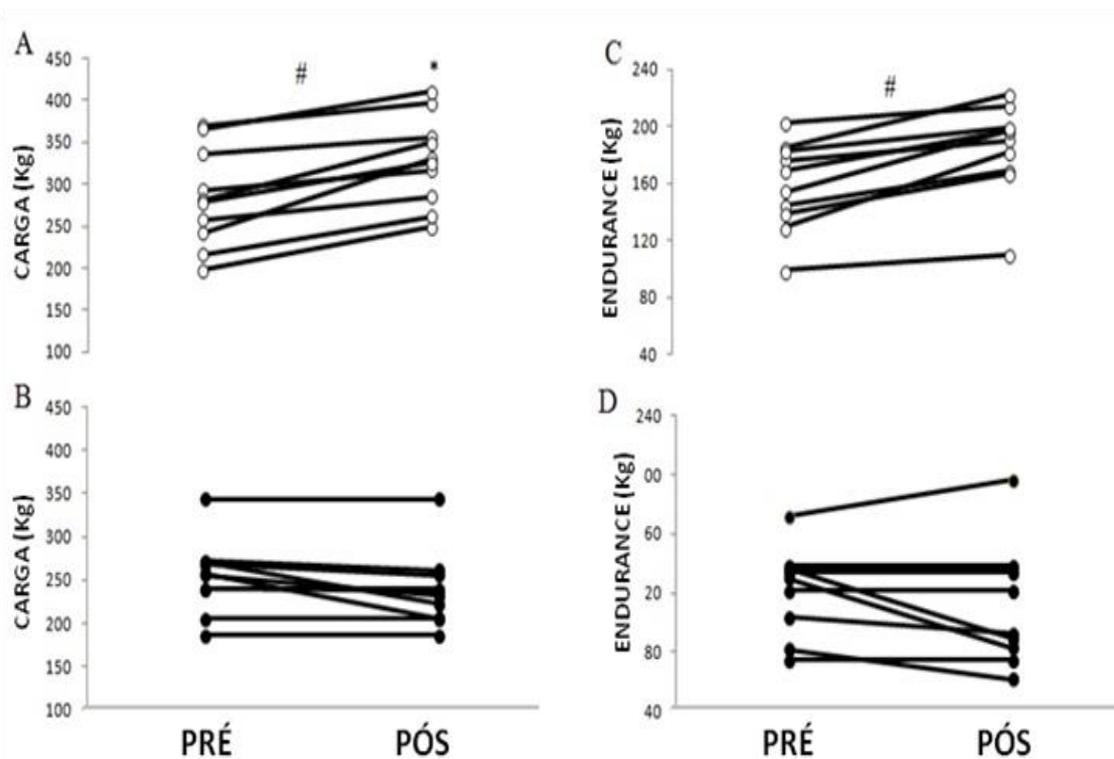


Figura 4. Carga (Kg) e resistência (Kg) máxima atingida no teste de 1-RM e teste descontínuo no *leg press* 45° respectivamente no pré e pós-treinamento resistido para o grupo treinado e grupo controle. (A) pré e pós-carga para o grupo treinado; (B) carga pré e pós para o grupo controle; (C) *Endurance* pré e pós para o grupo de treinado; (D) pré e pós-*endurance* para o grupo controle. Dados apresentados em valores absolutos de cada paciente. # pré vs pós, *grupo treinado vs. grupo controle, ANOVA two-way.

DISCUSSÃO

O presente estudo investigou o efeito de um protocolo AR/BC-TR sobre a modulação autonômica cardíaca de repouso e a força/desempenho muscular em indivíduos com DAC, estáveis e já participando de um programa convencional de RCV composto predominantemente de treinamento aeróbio. Os principais achados deste estudo foram: 1) redução significativa da FC e aumento do índice RMSSD após AR/BC-TR; 2) aumento significativo no índice SD1 após AR/BC-TR; 3) aumento significativo no índice ApEn após AR/BC-TR; 4) redução significativa na média da FC após AR/BC-TR e 5) aumento significativo na força muscular e

resistência após AR/BC-TR. Todos os índices de VFC apontam para aumento da modulação parassimpática no GT.

Os índices de RMSSD e SD1 refletem a modulação vagal da FC^{18,19,20}. O aumento desses valores no repouso após o TR pode ser explicado pelo aumento da modulação parassimpática induzida pela AR/BC-TR²⁰. Esta adaptação é considerada altamente favorável e, de acordo com nosso conhecimento, é a primeira investigação que demonstra essa adaptação usando um protocolo AR/BC-TR. Em um estudo prévio, na qual incluiu pacientes após infarto do miocárdio, que foram submetidos a quatro semanas de reabilitação, o treinamento melhorou a modulação^{21,22} parassimpática. Os autores concluíram que a duração do treinamento pode ser um fator decisivo quando o objetivo principal é realçar a modulação autonômica cardíaca²⁰. Assim, quatro semanas vs. oito semanas de treinamento podem ser um elemento importante no que diz respeito à melhoria do componente vagal. Além disso, Malfatto *et al.*²³ mostraram que o treinamento semelhante ao que usamos levou à melhora da modulação parassimpática em outras populações, incluindo sujeitos jovens saudáveis e indivíduos com hipertensão não complicada²⁴.

Curiosamente, o protocolo de AR/BC-TR empregado como um adicional para o treinamento físico aeróbio no estudo atual melhorou acentuadamente todos os índices de VFC avaliados. A melhora observada nos índices RMSSD, SD1 e ApEn indica que um programa de TR com menor intensidade é necessário para induzir um efeito favorável em pacientes com DAC. Esses dados mostram importantes implicações clínicas, sendo que altas intensidades não são rotineiramente recomendadas em pacientes com DAC.

Além disso, a redução significativa da média de FC no grupo treinado em comparação ao grupo controle também indica um importante potencial mecânico para o aumento da modulação parassimpática e redução da atividade simpática⁸.

Embora o aumento da atividade parassimpática seja um dos principais contribuintes para as conclusões deste estudo, não se sabe se os resultados deste estudo podem ser generalizados para outros protocolos de ER diferentes do que foi utilizado. Assim, outros protocolos TR devem ser avaliados para contrastar os seus efeitos na VFC. Neste contexto, a avaliação de várias abordagens no TR permitiria um modelo mais preciso, que pudesse ser utilizado na prática clínica para esta população.

É importante ressaltar que os nossos resultados sugerem que o AR/BC-TR em pacientes com DAC também acarretou aumento da força e resistência muscular. Estes resultados confirmam os achados de Ades *et al.*²⁵ e de outros²⁶⁻²⁹ que verificaram que três a seis meses de TR produziram aumento de força em membro superior (18 a 29%) e de membro inferior (23 a 68%) em mulheres idosas com DAC.

O aumento da carga no TR, assim como o aumento do número de séries de TR, pode aumentar os benefícios, tais como aumentos adicionais na massa muscular³⁰. Em contraste, a escolha da carga do exercício para conseguir o ganho de força muscular continua a ser um tópico³¹ amplamente discutido. Curiosamente, pode-se argumentar neste estudo que a intensidade do TR foi baixa, apesar de diretrizes clínicas proporem TR em uma intensidade menor na população DAC³². Como tal, os programas de TR de menor intensidade podem encontrar o equilíbrio de ganhos fisiológicos positivos e segurança em populações de pacientes, sobretudo quando aplicados em número de repetições maiores, como no presente estudo.

Em contraste, existem evidências de que altas intensidades de exercício podem promover maior vasoconstrição simpática no músculo esquelético; no entanto, a intensidade e a magnitude da vasoconstrição ainda são debatidas³³. Além disso, durante o exercício dinâmico, que envolve grandes massa musculares, o sistema nervoso simpático parece modular a vasoconstrição no músculo não ativo e em regiões viscerais, facilitando as mudanças mecânicas e metabólicas, estimulando as fibras aferentes tipo III e IV³⁴, que são responsáveis por produzir retroalimentação para a região medular ventrolateral, induzindo informações sobre o aumento da descarga simpática para o sistema cardiovascular^{35,36}.

Considerações

Nosso estudo apresenta considerações importantes que merecem ser discutidas. No presente estudo, o GT não realizou somente o TR, uma vez que este foi adicionado a um programa de RCV que era composto predominantemente de treinamento aeróbio em ciclo e/ou esteira. Assim, a melhoria potencial deste grupo pode ser um resultado não só do TR, mas também componente adicional do exercício aeróbio, ou mesmo de ambos, com maior número de sessões. No entanto, o grupo controle, que também realizou o treinamento aeróbio, não melhorou os resultados no estudo após oito semanas. Assim, nossos resultados podem indicar uma melhoria, especialmente nos parâmetros de força e resistência no GT em comparação ao GC.

Outro aspecto importante deste estudo é que todos os pacientes já haviam participado por pelo menos um ano de RCV, e assim as adaptações autonômicas positivas podem ter ocorrido durante este período de tempo³⁷. No entanto, nossos resultados indicam que a adição de um protocolo de exercícios de resistência foi o

impulso para um estímulo adicional positivo, melhorando ainda mais a função autonômica cardíaca de repouso desses pacientes ²³.

Limitações

Nosso estudo tem várias limitações que devem ser levantadas; em primeiro lugar, o pequeno tamanho da amostra, embora o cálculo tenha sido adequado para detectar diferenças entre os grupos para FC. No entanto, fomos capazes de detectar diferenças significativas nos resultados entre os grupos treinados e controle. Em segundo lugar, nós não controlamos a intensidade, duração e a frequência do treinamento aeróbio do qual todos os pacientes participaram, apresentando uma variabilidade no programa de treinamento proposto. Em terceiro lugar, o estudo incluiu apenas indivíduos do gênero masculino e os resultados, portanto, podem não ser transferidas para a população feminina de DAC. Essas questões devem ser abordadas por meio de investigações futuras. No entanto, os resultados do presente estudo fornecem outros resultados que esperamos estimular futuras investigações nesta área.

CONCLUSÃO

Nossos resultados revelam que oito semanas de AR/BC-TR realçaram importantes índices da VFC de repouso, bem como a força e resistência muscular em pacientes do gênero masculino com DAC. Com relação ao objetivo principal, a melhoria na modulação parassimpática é um importante benefício clínico nesta população de coronariopatas que pode conferir fator protetor para eventos cardíacos.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado por uma bolsa de estudos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo, Brasil (n.º 2011/20074-3; n.º 2014/00530-2; n.º 2009/01842- 0).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS- ESTUDO II

1. American College of Sports Medicine. Position stand on the appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 364–380.
2. LaFontaine T. Resistance exercise for persons with coronary heart disease. *Strength Cond J* 2003; 25: 17-21.
3. Ebben WP and Leigh DH. The effects of resistance training on cardiovascular patients. *Strength Cond* 2006; J 28: 54–58.
4. Taaffe DR, Galvao DA, Sharman JE, et al. Reduced central blood pressure in older adults following progressive resistance training. *J Hum Hypertens* 2007;.21: 96–98.
5. Schuit AJ, van Amelsvoort LG, Verheij TC, et al. Exercise training and heart rate variability in older people. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:816–21.
6. Amano M, Kanda T, Ue H, et al. Exercise training and autonomic nervous system activity in obese individuals. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1287–91.
7. Loimaala A, Huikuri H, Oja P, et al. Controlled 5-mo aerobic training improves heart rate but not heart rate variability or baroreflex sensitivity. *J Appl Physiol* 2000;89:1825–9.
8. Munk PS, Butt N, Larsen AI. High-intensity interval exercise training improves heart rate variability in patients following percutaneous coronary intervention for angina pectoris. *Int J Cardiol* 2010 Nov 19;145(2):312-4.
9. Takahashi ACM, Melo RC, Quitério RJ, et al. The effect of eccentric strength training on heart rate and on its variability during isometric exercise in healthy older men. *Eur J Appl Physiol* 2009; 105: 2, 315-323.

10. Melo RC, Quitério RJ, Takahashi AC, et al. High eccentric strength training reduces heart rate variability in healthy older men. *Br J Sports Med* 2008 Jan;42(1):59-63. Epub 2007 Jun 11.
11. Balady GJ, Chaitman B, Driscoll D, et al. Recommendations for Cardiovascular Screening, Staffing, and Emergency Policies at Health/Fitness Facilities. *AHA/ACSM Scientific Statement Circulation*. 1998; 97: 2283-2293.
12. Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, et al. Kubios HRV-heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed* 2014 Jan;113(1):210-20.
13. Wilborn C, Greenwood M, Wyatt F, et al. The effects of exercise intensity and body position on cardiovascular variables during resistance exercise. *J Appl Physiol* 2004; 7: 29–35.
14. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* (1982); 14: 377–381.
15. Simões RP, Castello-Simões V, Mendes RG, et al. Identification of anaerobic threshold by analysis of heart rate variability during discontinuous dynamic and resistance exercise protocols in healthy older men. *Clin Physiol Funct Imaging* 2014 Mar;34(2):98-108.
16. Moreira SR, Arsa G, Oliveira HB, et al. Methods to identify the lactate and glucose thresholds during resistance exercise for individuals with type 2 diabetes. *J Strength Cond Res* 2008 22: 1108–1115.
17. Machado HG, Simões RP, Mendes RG, et al. Cardiac autonomic modulation during progressive upper limb exercise by patients with coronary artery disease. *Braz J Med Biol Res* 2011 Dec;44(12):1276-84.

18. Lamotte M, Niset G, van de Borne P. The effect of different intensity modalities of resistance training on beat-to-beat blood pressure in cardiac patients. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2005; 12: 12-17.
19. Tulppo MP, Makikallio TH, Takala TE, et al. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *Am J Physiol* 1996; 271: H244-H252
20. Miles DS, Cox MH, Bomze JP. Cardiovascular responses to upper body exercise in normals and cardiac patients. *Med Sci Sports Exerc* 1989; 21: S126-S131.
21. Billman GE, Schwartz PJ, Stone HL. The effects of daily exercise on susceptibility to sudden cardiac death. *Circulation* 1984; 69: 1182-9.
22. La Rovere MT, Specchia G, Mazzoleni C, et al. Baroreflex sensitivity in post-myocardial infarction patients: correlation with physical training and prognosis. *Circulation* 1986; 74 (Suppl II): 514.
23. Malfatto G, Facchini M, Bragato R, et al. Short and long term effects of exercise training on the tonic autonomic modulation of heart rate variability after myocardial infarction. *European Heart Journal* 1996; 17, 532-538.
24. Goldsmith RL, Bigger JT, Steinmann RC, Fleiss JL. Comparison of 24-hour parasympathetic activity in endurance trained and untrained young men. *J Am Coll Cardiol* 1992; 20: 552-8.
25. Pagani M, Somers V, Furlan R, et al. Changes in autonomic regulation induced by physical training in mild hypertension. *Hypertension* 1988;12:600-610.
26. Ades PA, Savage PD, Cress ME, et al Resistance training on physical performance in disabled older female cardiac patients. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35,1265-1270.

27. Fragnoli-Munn K, Savage PD, Ades PA. Combined resistive-aerobic training in older patients with coronary artery disease early after myocardial infarction. *J Cardiopulm Rehabil* 1998;18,416-420.
28. Pu CT, Johnson MT, Forman DE, et al. Randomized trial of progressive resistance training to counteract the myopathy of chronic heart failure. *J Appl Physiol* 2001;90,2341-2350.
29. Brochu M, Savage P, Lee M, et al. Effects of resistance training on physical function in older disabled women with coronary heart disease. *J Appl Physiol* 2002;92,672-678.
30. Marzolini S, Oh PI, Brooks D. Effect of combined aerobic and resistance training versus aerobic training alone in individuals with coronary artery disease: a meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol* 2012 Feb;19(1):81-94.
31. Bjarnason-Wehrens B, Mayer-Berger W, Meister ER, et al. Recommendations for resistance exercise in cardiac rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2004; 11: 352–361.
32. Campbell WW, Crim MC, Young VR, et al. Increased energy requirements and body composition changes with resistance training in older adults. *Am J Clin Nutr* 1994;60(2):167–75.
33. Tschakovsky ME, Sujirattanawimol K, Ruble SB, et al. Is sympathetic neural vasoconstriction blunted in the vascular bed of exercising human muscle? *J Physiol* 2002 Jun 1;541(Pt 2):623-35.
34. Mitchell JH, Wolffe JB. Memorial lecture. Neural control of the circulation during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22: 141-154.
35. Iwamoto GA, Kaufman MP. Caudal ventrolateral medullary cells responsive to muscular contraction. *J Appl Physiol* 1987; 62: 149-157.

36. Friedman DB, Peel C, Mitchell JH. Cardiovascular responses to voluntary and nonvoluntary static exercise in humans. *J Appl Physiol* 1992; 73: 1982-1985.
37. Routledge FS, Campbell TS, McFetridge-Durdle JA, et al. Improvements in heart rate variability with exercise therapy. *Can J Cardiol* 2010 Jun-Jul;26(6):303-12.

4. ESTUDO III

O treinamento resistido modifica benéficamente a função hemodinâmica, autonômica e metabólica durante o exercício resistido e dinâmico em pacientes com doença arterial coronariana? Um estudo randomizado e controlado de oito semanas.

Does resistance training modifies beneficially the hemodynamic, autonomic and metabolic function during resistance and dynamic exercise in patients with coronary artery disease? A randomized controlled trial of eight weeks.

(Artigo finalizado, aguardando as sugestões da banca. Autores: FR Caruso, RG Mendes, JC Bonjorno-Junior, VM Arakelian, D Bassi, Trimer R, R Arena, SA Phillips, A Borghi-Silva).

Resumo

Objetivo: Verificar os efeitos hemodinâmicos, metabólicos e da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) durante a intensidade máxima tolerada em protocolo de cargas constantes de resistência no *leg press* e no cicloergômetro, antes e após oito semanas de programa de treinamento resistido de baixa intensidade e altas repetições (TRBAr) em pacientes com doença arterial coronariana (DAC).

Desenho: Ensaio clínico randomizado e controlado.

Pacientes: Vinte pacientes foram randomicamente divididos em grupo treinado (GT, n=10) e grupo controle (GC, n=10).

Método: As variáveis autonômicas, hemodinâmicas, ventilatórias e metabólicas ((frequência cardíaca (FC), volume sistólico (VS), débito cardíaco (DC), ventilação (V_E) e lactato sanguíneo ([La]) bem como as relações dessas variáveis com a carga máxima tolerada foram mensuradas antes e após um programa de TRBAr durante a realização do exercício em cicloergômetro e resistido no *Leg Press* 45°.

Resultados: O TRBAr acarretou em moderado aumento da carga máxima e submáxima ($p < 0,01$), em atenuação da performance hemodinâmica na maior carga resistida atingida ($p < 0,01$) e redução da [La] em comparação com os controles. Interessantemente, durante o exercício dinâmico submáximo em cicloergômetro, houve atenuação da performance hemodinâmica e aumento da ventilação minuto ($p < 0,01$), sem impacto na carga submáxima atingida nesta modalidade. Finalmente, o TRBAr produziu maior contribuição parassimpática (maior RMSSD e SD1), bem como maior variabilidade total (maior SDNN), tanto durante os exercícios resistidos como nos exercícios dinâmicos, após o programa de oito semanas ($p < 0,05$).

Conclusão: O estudo demonstrou que oito semanas de TRBAr podem atenuar o estresse hemodinâmico, metabólico e autonômico no exercício resistido, com efeitos benéficos cardiovasculares e autonômicos também no exercício dinâmico submáximo. Esses resultados podem indicar que o TRBAr pode constituir em uma ferramenta promissora na reabilitação cardiovascular de pacientes com DAC estável.

Palavras-chave: treinamento resistido, doença arterial coronariana, variabilidade da frequência cardíaca.

Abstract

Objective: To verify the hemodynamic, metabolic and heart rate variability (HRV) effects during maximum intensity tolerated at constant load in resistance and dynamic exercise protocol before and after eight weeks of resistance training program of low intensity and high repetitions (RTLHr) in patients with coronary artery disease (CAD).

Design: randomized and controlled trial study.

Patients: Twenty patients were randomly divided into trained group (TG, n= 10) and control group (CG, n= 10).

Method: The autonomic, hemodynamic, ventilatory and metabolic variables ((heart rate (HR), stroke volume (SV), cardiac output (CO), ventilation (V_E) and blood lactate ([La]) and the relationship of these variables with the maximum tolerated load were measured before and after a RTLHr program while performing the exercise on a cycle ergometer and resistance in Leg Press 45°.

Results: The RTLHr resulted in a moderate increase in maximal and submaximal load ($P<0.01$) and attenuation of hemodynamic performance in the most affected resistance load ($P<0.01$) and reduction [La] compared to controls. Interestingly, during submaximal dynamic exercise on a cycle ergometer, there was attenuation of hemodynamic performance and increased minute ventilation ($P<0.01$), with no impact on submaximal load achieved in this mode. Finally, the RTLHr produced greater parasympathetic contribution (increase RMSSD and SD1) and increase of total variability (increase SDNN) during resistance exercise and in dynamic exercises after eight-week program ($P<0.05$).

Conclusion: This study showed that eight weeks of RTLHr may attenuate the hemodynamic stress, metabolic and autonomic during resistance exercise with cardiovascular and autonomic beneficial effects also in the dynamic submaximal exercise. These results may indicate that the RTLHr may constitute a promising tool in cardiovascular rehabilitation of patients with stable CAD.

Key words: resistance training, coronary artery disease, heart rate variability.

INTRODUÇÃO

O exercício dinâmico aeróbio ganhou atenção considerável como um programa de exercício consagrado no meio científico, com ênfase na redução do risco cardiovascular, bem como de suas consequências em quase todas as formas de doença cardiovascular, em especial, a doença arterial coronariana (DAC)¹. Entretanto, somente nos últimos anos, o treinamento de resistência tem sido recomendado para pacientes cardíacos com boa capacidade aeróbia².

Os efeitos fisiológicos crônicos do exercício dinâmico são bem conhecidos como o aumento da capacidade funcional³, aumento do volume sistólico (VS), redução da frequência cardíaca (FC) e pressão arterial sistólica (PAS)⁴, aumento do consumo de oxigênio, associados aos efeitos benéficos sobre o controle autonômico cardíaco⁵. Em contraste, o treinamento físico de força tem sido recomendado com cautela para pacientes cardíacos e idosos, uma vez que normalmente produz maior sobrecarga pressórica⁶, apesar da maior produção de força e aumento da massa muscular⁷.

Portanto, recentes recomendações consideram que o treinamento físico combinado, ou seja, a adição de exercícios resistidos, pode complementar os benefícios conferidos pela intensidade moderada tradicional do treinamento dinâmico aeróbio em sua forma isolada⁸. O treinamento físico resistido de baixa intensidade e em longas séries, cronicamente, parece influenciar, de forma benéfica, na melhora da força e da *endurance* muscular, além de produzir efeitos positivos no controle autonômico da frequência cardíaca na condição de repouso⁹. Entretanto, para o nosso conhecimento, não há estudos prévios avaliando os efeitos crônicos da adição de um programa de treinamento resistido nos parâmetros ventilatórios, hemodinâmicos, metabólicos e autonômicos, tanto durante os exercícios resistidos

como durante os exercícios puramente dinâmicos. Para avaliar essas lacunas na literatura, nós propomos um ensaio clínico controlado e randomizado dos efeitos de um programa de treinamento resistido (TRBAr) de baixa intensidade, em séries longas (três séries de vinte repetições) durante oito semanas, como complementar a um programa de treinamento físico aeróbio. A hipótese deste estudo é a de que o TRBAr pode influenciar benéficamente na performance submáxima ventilatória, hemodinâmica, autonômica e metabólica, tanto durante os exercícios puramente dinâmicos (cicloergômetro) como durante os exercícios resistidos (*Leg Press*).

Portanto, o objetivo deste estudo foi verificar os efeitos cardiorrespiratórios, metabólicos e do controle autonômico da frequência cardíaca durante a intensidade máxima tolerada em protocolo de cargas constantes, antes e após oito semanas da adição de um programa de exercícios de resistência em pacientes com DAC participantes de um programa de RCV.

Métodos

Desenho do estudo

O protocolo desta pesquisa seguiu a lista de verificação indicada pelo *CONSORT*. Este é um estudo de um único centro, controlado, randomizado e paralelo, ocorrido no período de maio de 2011 a novembro de 2013, na Universidade Federal de São Carlos. Os pacientes recrutados para participar do presente estudo já participavam de um programa de RCV por pelo menos um ano. Os participantes que concordaram em entrar no estudo assinaram o termo de consentimento informado, e o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição local (referência 397/2011). Todos os procedimentos foram realizados de acordo com a Declaração de Helsinki. O estudo foi registrado no ClinicalTrials.gov (RBR-63kf95).

Após o recrutamento dos voluntários e as avaliações iniciais, os pacientes foram randomizados por meio de envelopes opacos e selados, que foram abertos e controlados por um único investigador. Os pacientes foram alocados em tratamento usual ou associado ao treinamento resistido, na forma de alocação 1:1 de randomização simples (Figura 1).

Participantes

Foram recrutados os pacientes com história progressiva de DAC, com medicação otimizada e na vigência de estabilidade clínica, acima de cinquenta anos de idade. Os critérios para a inclusão no estudo foram: (i) Aderência com o médico cardiologista por pelo menos um ano, de acordo com as recomendações do *American Heart Association/American College of Cardiology*¹⁰; e (ii) participação de um programa de RCV por pelo menos um ano.

Os critérios de exclusão foram: presença de arritmias cardíacas não controladas; angina instável, hipertensão não controlada ou comorbidades pulmonares ou doença renal crônica; condições que limitassem a participação ao treinamento físico (ou seja, limitações ortopédicas, musculoesquelética e desordens neurológicas). Todos os indivíduos permaneceram sob cuidados médicos habituais e acompanhamento clínico (ou seja, consultas regulares com um cardiologista) ao longo do protocolo.

Principais desfechos

O desfecho primário do estudo foram os índices de VFC durante o exercício (ou seja, RMSSD e índice SD1) pré e pós oito semanas da adição de treinamento resistido. Os desfechos secundários do estudo foram as mudanças da FC e do DC

para carga submáxima atingida tanto no exercício puramente dinâmico (cicloergômetro) como no exercício físico resistido.

Avaliação inicial

Na primeira visita, foram realizadas anamnese e coleta de dados; adicionalmente os voluntários foram familiarizados com os equipamentos e com os protocolos de exercício. O questionário modificado de *Baecke*, previamente validado para a língua portuguesa¹¹, foi aplicado para verificação do nível de atividade física dos voluntários. A estatura foi mensurada por meio de um estadiômetro padrão (*Welmy R-110*, Santa Bárbara d'Oeste, SP, Brasil). Os procedimentos experimentais foram executados em dias não consecutivos, tendo sido respeitado um intervalo mínimo de 48 horas entre os dias de avaliação. Cada indivíduo realizou os procedimentos experimentais de exercício no mesmo período do dia a fim de suprimir a influência das mudanças nas respostas fisiológicas promovidas pelo ciclo circadiano. Os sujeitos eram orientados a absterem-se de cafeína, estimulantes e bebidas alcoólicas nas vinte e quatro horas que antecederam os testes; a não realizarem atividades físicas extenuantes pelo mesmo período; a terem uma boa noite de sono; e a fazerem uma refeição leve pelo menos duas horas antes dos testes de exercício. Todas essas recomendações foram empregadas com a finalidade de evitarem-se potenciais vieses nas respostas fisiológicas aos testes de exercício.

Teste incremental no cicloergômetro

Na segunda visita, foi realizado o teste de exercício cardiopulmonar para determinar as respostas cardiorrespiratórias e hemodinâmicas durante o esforço e para determinar a potência máxima obtida (PM). O protocolo de exercício foi

realizado na posição sentado em cicloergômetro de frenagem eletromagnética (*Corival 400, Quinton-Groningen, Holanda*), controlado por microprocessador (*Work Load Programm, Quinton-Groningen, Holanda*).

O protocolo de exercício consistiu de (i) cinco minutos em repouso sentado no ciclo ergômetro; (ii) quatro minutos na carga zero (watts) em sessenta rpm; (iii) fase incremental com ajustes de quinze watts.min⁻¹ (protocolo de rampa); (iv) recuperação ativa com um minuto a zero watts, a sessenta rpm e (v) cinco minutos de período de recuperação passiva em repouso sentado. Durante a fase incremental, a carga (em watts) foi progressivamente aumentada de modo que a duração desta fase do teste estaria entre oito e doze minutos; além disso, os sujeitos foram ativamente encorajados ao longo do teste para manterem uma cadência de sessenta rpm¹² e atingirem o esforço máximo. Os voluntários foram monitorados constantemente por meio do sistema de eletrocardiograma (ECG) de doze derivações (*Sistema WinCardio, Micromed, Brasília, Brasil*), a FC e os iR-R foram registrados através de um monitor cardíaco (*Polar S810i, Kempele, Finlândia*). A PA foi medida a cada três minutos durante a fase incremental do protocolo, usando-se um esfigmomanômetro (BD, São Paulo, Brasil). O teste foi encerrado quando o sujeito pedalava ao limite de sua tolerância (esgotamento físico), e foram utilizados os seguintes critérios para estabelecer um esforço máximo: FC máxima (220 - idade), máxima relação de troca respiratória $R > 1,20$ ou presença de platô na resposta de VO₂ mesmo com o aumento da carga de trabalho (VO₂ máximo) e incapacidade de manter a velocidade de pedalada em torno de sessenta rpm.

Teste de exercício de carga constante no cicloergômetro (TE-C)

No terceiro dia de visita, foi executado o TE-C. Inicialmente, os sujeitos mantiveram-se em repouso no equipamento durante 5 min, e, após este período, o protocolo de TE-C foi realizado em 70% da potência máxima obtida durante o teste de exercício incremental. Os sujeitos foram instruídos para manter a cadência ao pedalar (sessenta rpm) durante todo o teste e relatar a presença de quaisquer sintomas que impedem a continuação do teste (tonturas, fadiga, etc.). A PA foi determinada pré, no pico do exercício e na recuperação do exercício de carga constante. O período de recuperação foi de cinco minutos, e os critérios para a interrupção do teste foram os seguintes: (i) incapacidade do voluntário para realizar o movimento dentro da mecânica estabelecidos, (ii) aumento acentuado da PAS (>200 mm Hg), (iii), alcance de 85% da FC máxima (220-idade), (iv) aparecimento de alterações eletrocardiográficas e (v) a exaustão voluntária. Amostras de sangue foram coletadas no repouso, imediatamente após o fim do esforço de exercício e na recuperação. Elas foram obtidas por punção do lóbulo da orelha depois de esterilizar a área com álcool, usando-se lancetas e luvas descartáveis. As amostras foram analisadas por um analisador de lactato sanguíneo (Yellow Springs Instruments - YSI 1500 Sports Lactato Analyzer, OH, EUA), que foi calibrado de acordo com as instruções do fabricante antes de cada sessão de teste.



Figura 1. Ilustração da coleta de lactato sanguíneo durante o exercício resistido.

Teste de 1 repetição máxima (1-RM)

Na quarta visita, foi aplicado o teste de 1-RM no *Leg Press* 45°. Inicialmente, a carga foi aplicada gradualmente aumentando a resistência até que o voluntário não conseguisse executar mais de uma repetição de exercício no *Leg Press* 45° (*Pró-Fitness, São Paulo, Brasil*)¹³. Durante o teste, o voluntário permanecia na posição sentada no equipamento com o tronco inclinado a 45° da horizontal, com os joelhos e quadris flexionados a 90°. Durante o movimento, os joelhos foram estendidos, e retornados à posição inicial após a flexão. Antes da execução do teste, os sujeitos foram orientados a respirar normalmente para evitar a manobra de Valsalva¹⁴. A carga de resistência foi estimada (1-RM-E) antes do teste, multiplicando o peso corporal do voluntário por quatro, com base em estudo piloto anterior¹⁵. A carga de resistência inicial aplicada para determinar 1-RM foi de 80% do 1-RM-E, e, se o sujeito fosse capaz de realizar mais do que um movimento completo, a carga era aumentada para 10% do 1-RM-E, após um intervalo de descanso de cinco minutos entre as tentativas. Quando a primeira tentativa não era bem sucedida porque a carga de resistência havia sido superestimada, a carga era reduzida para 10% 1-RM-E. Com base nas cargas de 1-RM-E, esperava-se que 1-

RM fosse determinado dentro de seis tentativas¹⁶. Caso isso não ocorresse, um novo dia era agendado para novo teste, respeitando-se o período de descanso entre os testes.

Teste de exercício de carga constante no *Leg Press* 45° (TE-L)

Posteriormente, na quinta visita foi aplicado o TE-L. O protocolo de exercício foi realizado com uma carga de 60% de 1-RM¹⁷. O voluntário foi submetido a dois minutos de exercício, a um ritmo de movimento de doze repetições por minuto, mantendo a cadência respiratória (como o voluntário havia sido orientado durante o teste de 1-RM), com cada repetição realizada em cinco segundos (dois segundos de extensão e três segundos de flexão de joelho e quadril). Durante o teste, foram realizados o monitoramento do ECG de doze derivações, e a coleta de dados dos iR-R conforme descrito anteriormente, enquanto que o ritmo do movimento foi controlado por comando verbal. O período de recuperação foi de cinco minutos. Os critérios de interrupção para o TE-L foram os seguintes: i) incapacidade de o sujeito executar o movimento de forma adequada; ii) aumento excessivo na pressão arterial sistólica (PAS) (ou seja, > 200 mmHg); iii) alcance de 85% da FC máxima ($220 - \text{idade} \times 0,85$); iv) anormalidades no ECG; e v) exaustão voluntária. Além disso, as amostras de sangue foram coletadas, como descrito anteriormente.

Medidas ventilatórias, hemodinâmicas, metabólicas e autonômicas durante o exercício de carga constante em cicloergômetro e no leg press

Durante ambos os exercícios, a V_E (L/min⁻¹) e o consumo de oxigênio (VO_2) foram obtidos utilizando-se um sistema de análise de gases portátil (Oxycon Móvel; Jaeger, Hoechberg, Alemanha®). O DC, FC e volume sistólico (VS) foram medidos

continuamente por cardioimpedância, utilizando-se um monitor não invasivo hemodinâmico (*PhysioFlow®*, *Manatec biomédica, Paris, França*).

Os iR-R foram coletados por um monitor de FC e transferidos por um transmissor colocado no tórax do paciente (*Polar S810i; polar Vantage, Kempele, Finlândia*). As gravações dos iR-R foram examinadas por um especialista que desconhecia a alocação dos participantes nos grupos.

Reabilitação Cardiovascular de manutenção

Todos os pacientes participavam de um programa de RCV por pelo menos um ano antes da participação no estudo. Todos os pacientes eram avaliados a cada 6 meses pelo cardiologista e já se encontravam em fase estável da doença, com medicação otimizada. O programa de treinamento físico era composto basicamente de exercícios aeróbios de moderada intensidade, em cicloergômetro ou esteira. O programa consistia de uma hora de duração, dividido em dez minutos de alongamento de membros superiores e inferiores, de vinte a trinta minutos de treinamento na esteira ou bicicleta ergométrica com uma intensidade de 50-70% da FC máxima, obtida pelo teste de exercício de sintoma limitado. Finalmente, eram realizados os exercícios dinâmicos de baixa intensidade e de alongamento dos membros superiores e inferiores, e uma fase de relaxamento de aproximadamente 10 minutos. O programa de treinamento aeróbio foi realizado duas vezes por semana e continuou para todos os pacientes em ambos os grupos (GC e GT). Os indivíduos do grupo-controle receberam telefonemas a cada duas semanas durante as oito semanas de seguimento para acompanhamento e aderência do estudo. Não foi realizada nenhuma orientação para exercícios de resistência neste período para o GC.

Programa de treinamento resistido de oito semanas

Os pacientes que foram alocados para o GT foram instruídos para continuar o programa de RCV e, paralelamente, realizar o protocolo de exercícios de resistência (duas vezes/semana, durante oito semanas, nos demais dias em que não houvesse treinamento usual). Cada sessão durou uma hora e consistiu de alongamentos gerais de membros inferiores, aquecimento de dez minutos no cicloergômetro (intensidade individualizada, de acordo com limiar anaeróbio), exercícios resistidos no *Leg press* (quinze minutos) e período de desaquecimento, composto de alongamentos gerais de membros superiores e inferiores (quinze minutos). Medidas basais de FC, PA, e sinais e sintomas eram checados, antes, durante e após as sessões. Os sujeitos foram submetidos a três séries de dois minutos de exercício, a um ritmo de movimento de dez repetições por minuto, mantendo a cadência respiratória (conforme orientação durante o teste de 1-RM). Cada repetição foi realizada em cinco segundos (dois segundos de extensão e três segundos de flexão do joelho e quadril), com o ritmo controlado por comandos verbais. Cada série foi separada por intervalos de descanso de cinco minutos. A intensidade do treinamento físico foi de aproximadamente 30% de 1-RM, uma carga próxima do limiar de lactato (LL) obtida no exercício resistido de acordo com estudo prévio¹⁸. Na quarta semana de treinamento, novo teste de 1RM foi realizado, e a carga foi ajustada.

Análise das variáveis ventilatórias, hemodinâmicas, e autonômicas durante os testes de carga constante.

Para a análise dos dados dos sinais hemodinâmicos e ventilatórios, foram selecionados os quinze últimos sinais (batimento a batimento ou respiração por respiração, respectivamente) do final do exercício no cicloergômetro e do exercício

resistido no *Leg Press* 45° de cada voluntário, e obtida a média dos valores para análise dos dados.

A VFC, os iR-R inicialmente foram observados e editados, utilizando-se um algoritmo para detecção, e, posteriormente verificados por inspeção visual. As séries dos iR-R foram amostradas novamente com frequência de 5 Hz, utilizando-se interpolação linear equidistante das séries temporais. Os dados foram filtrados com a finalidade de remover variações abaixo de 0,04 Hz e acima de 1,0 Hz. Para cada dois minutos de gravação, durante o exercício resistido, foi selecionado o trecho de maior estabilidade, excluindo-se os quarenta segundos iniciais do exercício, selecionando-se um trecho com duração de sessenta segundos¹⁹. Já para o exercício no cicloergômetro, em três minutos de gravação, também foi selecionado o trecho de maior estabilidade, excluindo-se os quarenta segundos iniciais do exercício, selecionando-se, assim, um trecho com duração de cento e vinte segundos¹⁸.

Os índices de VFC foram analisados no programa Kubios HRV Analysis Software 2.0 para Windows (The Signal Biomédica e Medical Imaging, Grupo de Análise do Departamento de Física Aplicada da Universidade de Kuopio, Finlândia). Os índices de VFC calculados no domínio do tempo foram os seguintes: 1) a raiz quadrada da média dos quadrados da diferença entre o iR-R sucessivos (RMSSD)^{18,20}; e 2) Média R-R e seu desvio-padrão (STDRR) também chamado SDNN e média de FC. O índice no domínio de frequência analisado foi a banda de baixa (BF) em unidades absolutas e normalizadas. A análise não linear do plot de Poincaré foi aplicada aos iR-R, e os seguintes descritores da plotagem de Poincaré foram utilizados no estudo foram: SD1 representa a dispersão dos pontos

perpendiculares à linha de identidade e parece ser um índice de registro instantâneo da variabilidade batimento a batimento²¹.

Análise Estatística

O cálculo do tamanho amostral sugeriu que um recrutamento de dez pacientes em cada grupo proporcionaria um suficiente poder estatístico amostral (80%) para detectar diferença clinicamente importante para a relação FC/carga submáxima. As diferenças entre as características clínicas foram verificadas por meio de teste t de *Student* não pareado para variáveis contínuas. As comparações entre os grupos no basal foram realizadas utilizando-se o *teste exato de Fischer*, para variáveis categóricas. Os fatores de risco e os medicamentos foram analisados através do *teste Qui-quadrado*. Os índices de VFC, variáveis ventilatórias, metabólicas e hemodinâmicas foram comparados pelo teste de ANOVA de dois fatores para medidas repetidas. Quando houve interação entre os grupos no tempo (pré e pós TRBAr), foi calculado o tamanho do efeito (Cohen's D). De acordo com Stevens²², os valores de tamanho de efeito de (0,01; 0,06 e 0,14) correspondem a pequeno, médio e grande, respectivamente. Já, Cohen²³ descreveu valores d de 0,20; 0,50 e 0,80, que correspondem a pequeno, moderado e grande tamanho do efeito, respectivamente. Os dados estão apresentados em média \pm DP, a menos quando especificados. Todas as análises dos dados foram realizadas utilizando-se o *Sigma Plot* versão 11.0 (*Systat Software, Erkrath, Alemanha*).

Resultados

Dos vinte e oito pacientes avaliados, vinte e cinco foram recrutados e concordaram em participar do estudo conforme ilustra a Figura 2. Após as avaliações iniciais, 3 pacientes desistiram voluntariamente de participar do estudo.

Após a randomização, três sujeitos do GT e dois do GC desistiram de participar e, portanto, eles não foram incluídos na análise final dos dados. As características antropométricas e clínicas dos vinte e cinco pacientes que foram randomizados estão sumarizadas na Tabela 1.

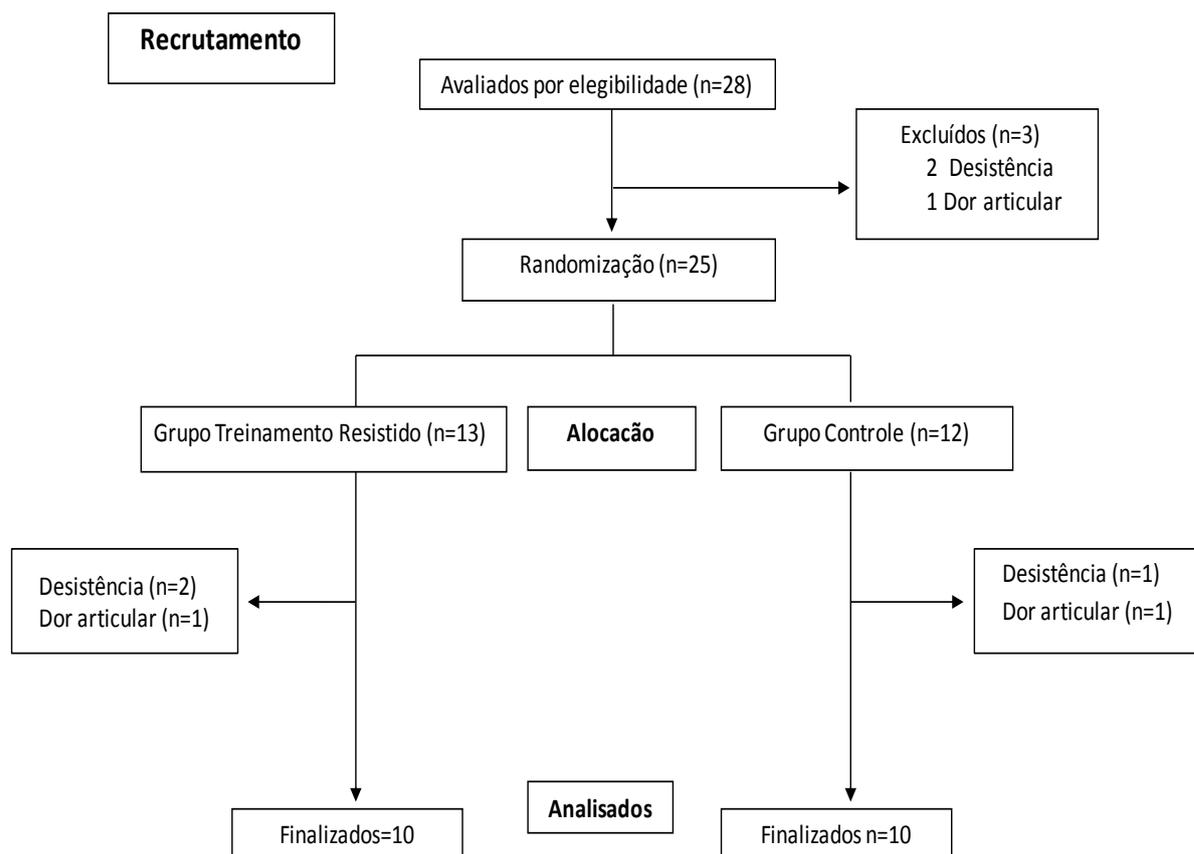


Figura 2. Fluxograma da randomização do estudo.

Tabela 1: Dados antropométricos, eventos cardíacos, fatores de risco e medicações do grupo controle e grupo treinado.

Variáveis	GC=12	GT=13	p
Idade (anos)	62,6±7,3	61,4±5	0,89
Estatura (m)	1,67±0,07	1,67±0,05	0,59
Massa corporal (Kg)	77,2±15,6	75,6±6,8	0,58
IMC (Kg/m ²)	27,3±4,2	26,5±1,6	0,76
Eventos Cardíacos			
IM	10	10	0,62
CRM	9	9	0,62
Tempo de IM/anos	3,5±0,8	3,3±0,9	0,62
Fatores de Risco			
Hipertensão	7	8	0,60
Diabetes Mellitus	4	3	0,63
Medicações (n)			
Carvedilol	4	3	0,74
Atenolol	4	4	0,92
Metoprolol	1	2	0,63
Enalapril	3	2	0,74
Captopril	2	2	0,94
Sinvastatina	9	9	0,89
AAS	8	8	0,90

Abreviações: n= número; mg= miligramas; IMC= índice de massa corpórea; IM= infarto do miocárdio; CRM= cirurgia de revascularização do miocárdio; AAS= ácido acetilsalicílico. Dados expressos em média ± DP. Teste *t-student* para dados antropométricos e doses. Teste de Exato de Fischer para eventos cardíacos. Teste de Chi-quadrado para fatores de risco e medicações. Não houve diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$).

Parâmetros hemodinâmicos, ventilatórios, metabólicos e autonômicos durante o protocolo de exercício em Leg Press 45°

Foi realizado ANOVA (dois fatores) para examinar o efeito do tempo (efeito do TRBAr) e do grupo (GC vs GT) bem como a interação nos parâmetros hemodinâmicos, ventilatórios e metabólicos. Foi observada interação do fator grupo na variável FC/Carga. Após a realização do procedimento de comparação múltipla pelo método de Holm-Sidak, foram encontrados menores valores $p < 0,01$ para o GT quando comparado ao GC. Além disso, houve influência do grupo nos parâmetros de [Lac], FC, FC/Carga, DC/Carga, VS/Carga. Adicionalmente, foi observada influência do fator tempo para as variáveis de 1-RM (Kg), carga submáxima atingida (Kg), e VS/Carga. Além disso, o tamanho médio do efeito (Cohen's d) foi de $d = 0,88$ (intervalo de confiança de 95% (IC)).

Tabela 2. Efeito muscular, metabólico e hemodinâmico durante o exercício de carga constante no exercício resistido no *Leg press* 45°, antes e após oito semanas de treinamento.

	Grupo Controle (GC)		Grupo Treinado (GT)		Valor de P		
	Pré	Pós	Pré	Pós	Tempo	Grupo	Interação
Variáveis musculares							
Teste de 1-RM (Kg)	264,1±17,6	244,9±16,6	283,5±15,7	327,8±15,7*	0,004	0,45	0,06
Carga submáxima (Kg)	125,6±30,6	121,6±38,4	163,8±25,3	173,9±26,9*	0,001	0,96	0,41
Variáveis metabólicas							
Lactato (mmol/L)	2,6±0,5	2,8±0,4	4,1±0,4	3,5±0,4	0,71	0,03	0,43
VO ₂ mL Kg min ⁻¹	24,7±6,5	24,1±6	24,9±6	25,8±5	0,65	0,90	0,45
Variáveis hemodinâmicas							
FC (bpm)	103±9,9	113,3±16,1	102,6±9,1	95,2±12,2†	0,18	0,01	0,07
FC/Carga (bpm/Watts)	0,8±0,1	0,9±0,2	0,6±0,1	0,5±0,1†	0,66	0,01	0,04
DC/Carga (L/min/watts)	0,06±0,01	0,08±0,02	0,05±0	0,04±0,01†	0,69	0,001	0,06
VS/Carga (mL/Kg)	0,6±0,16	0,4±0,64*	0,5±0,05	0,50±0,1†	0,001	0,001	0,06

Abreviações: ER= exercício resistido; VO₂= consumo de oxigênio; FC= frequência cardíaca; DC= débito cardíaco; VS= volume sistólico. Média ± DP. Análise de variância Two way-ANOVA. * Diferença intergrupos; † Diferença intragrupos.

O comportamento da VFC está demonstrado na Figura 3, na condição pré e pós-treinamento resistido. Os índices representativos da modulação parassimpática, RMSSD e SD1, apresentaram maiores valores pós-treinamento quando comparado com o pré-treinamento, bem como quando comparados à condição do pós-treinamento no GT. A VFC total apresentou similar comportamento conforme ilustra a Figura 3 (B). Contrariamente, o índice de BF, modulado pelo simpático e parassimpático, apresentou menores valores pós-treinamento quando comparado ao pré-treinamento para o GT, bem como quando comparado à condição do pós-treinamento do GC. Para o GC na avaliação intragrupo, não houve diferença entre as condições, para a maioria das variáveis (SDNN, SD1, BF); porém, houve menores valores no pós-treinamento, quando comparado ao pré no GC para o índice RMSSD. Foi observada interação entre os fatores tempo (efeito do TR) e do grupo (GC vs GT) no índice RMSSD. Adicionalmente, foi observada influência do fator grupo para os índices SDNN, RMSSD respectivamente.

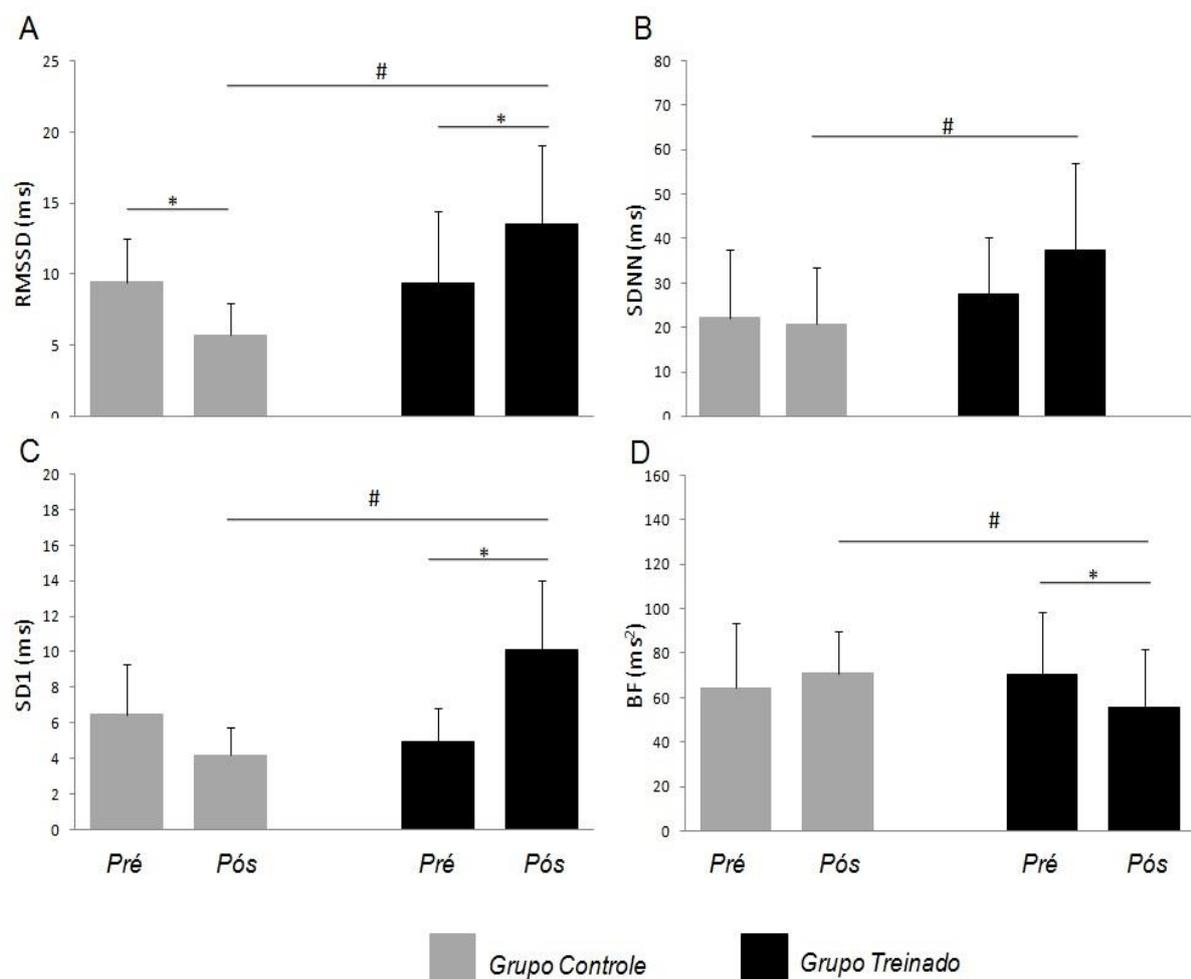


Figura 3: Efeitos do treinamento resistido de baixa intensidade e longa duração no controle autônomo da frequência cardíaca durante o teste de exercício resistido no *Leg Press 45°*. RMSSD= raiz quadrada da média das diferenças entre intervalos RR sucessivos; SDNN= desvio-padrão de todos os intervalos RR normais; SD1= desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento; BF= índice representativo da variabilidade total BF representa a banda de baixa frequência, em unidades relativas (ms^2). Pré vs pós, # pós vs pós. Dados expressos em média \pm DP. ANOVA two-way.

Parâmetros hemodinâmicos, ventilatórios, metabólicos e autonômicos durante o protocolo de exercício em cicloergômetro

A tabela 3 ilustra os resultados da análise ANOVA (dois fatores) durante o exercício submáximo em cicloergômetro. Foi observado que houve influência do grupo nos parâmetros FC, DC, DC/Carga, FC/Carga, bem como na V_E . Adicionalmente, foi observada influência do fator tempo para a variável DC para o GT.

O comportamento da VFC durante o exercício submáximo em cicloergômetro está demonstrado na Figura 4, na condição pré e pré-treinamento resistido. Os índices representativos da modulação vagal, RMSSD e SD1, assim como o índice representativo da VFC total (SDNN) apresentaram maiores valores após oito semanas de treinamento resistido quando comparado com o pré treinamento. Além disso, o índice RMSSD também apresentou maiores valores no pós-treinamento quando comparado ao pré e pós-treinamento para o GT em comparação aos controles. Já a Média de FC apresentou menores valores após oito semanas de treinamento durante o exercício no cicloergômetro, quando comparada ao pré-treino para o GT, bem como com o pós treinamento entre GT e controles. Foi observada interação entre os fatores tempo (efeito do TR) e do grupo (GC vs GT) no índice Média de FC, SDNN e SD1.

Tabela 3. Efeito muscular, hemodinâmico e metabólico durante o exercício de carga constante no cicloergômetro, antes e após oito semanas de treinamento.

	Grupo Controle (GC)		Grupo Treinado (GT)		Valor de P		
	Pré	Pós	Pré	Pós	Tempo	Grupo	Interação
Variável muscular							
Carga submáxima (W)	93,3±24,3	87±15,3	106,7±36,3	120,3±32,2	0,35	0,43	0,49
Variáveis hemodinâmicas							
FC (bpm)	111±15,9	106,5±8,2	103 ±10,7	92,7±6,4†	0,35	0,001	0,42
DC (L/min)	10,8±1,1	10±2,2	10±1,1	8,9±1,2*†	0,03	0,03	0,49
FC/Carga (bpm/Watts)	1,2±0,2	1,3±0,1	1,05±0,3	0,8±0,2†	0,46	0,01	0,11
DC/Carga (L/min/watts)	0,1±0,03	0,12±0,01	0,10±0,01	0,09±0,03†	0,53	0,005	0,52
Variáveis metabólicas							
VO ₂ (mL Kg min ⁻¹)	23,4±4,6	23,1±6	24,2±2	25,9±3	0,50	0,45	0,50
V _E (L/min)	51,8±4	49,7±4,3	56,1±3,8	63,8±4,3†	0,50	0,03	0,24
Lactato (mmol/L)	3,5±2,5	3,5±2,4	3,4±0,9	3,1±0,6	0,40	0,45	0,49

Abreviações: FC= frequência cardíaca; W= Watts; DC= débito cardíaco; VO₂= consumo de oxigênio; V_E=ventilação.

Média ± DP. Análise de variância Two way-ANOVA. Diferença intergrupos; † Diferença intragrupos.

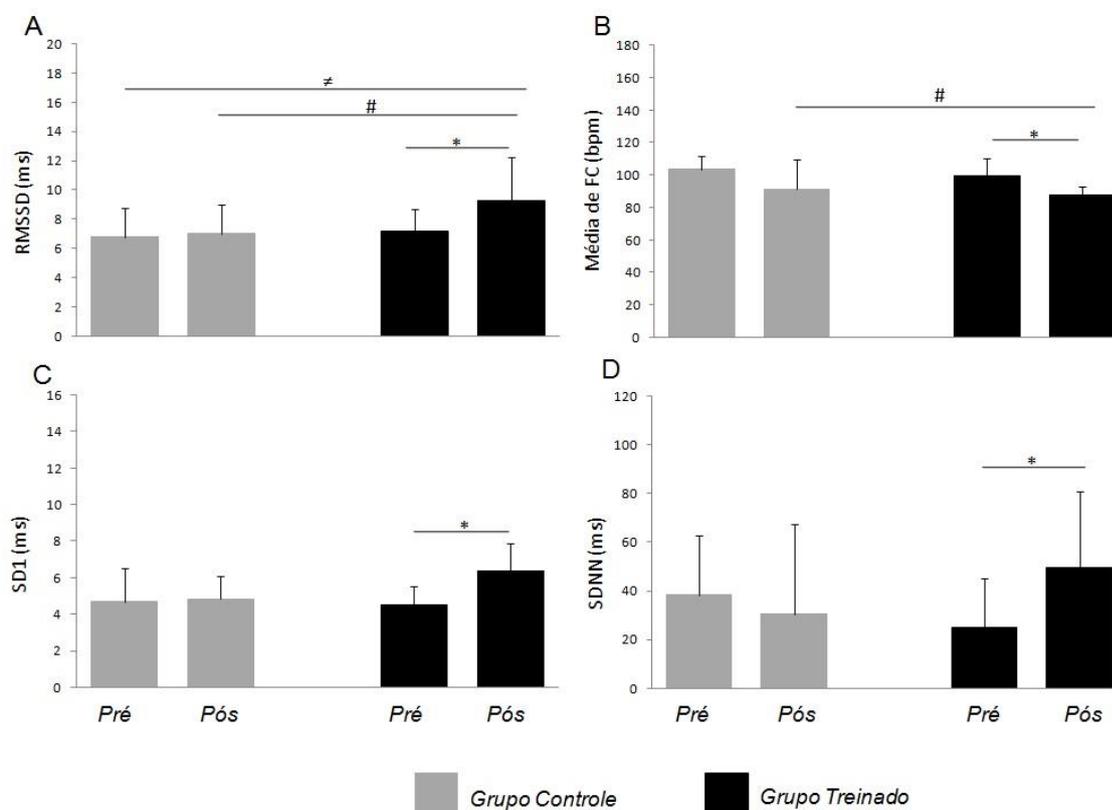


Figura 4: Efeitos do treinamento resistido de baixa intensidade e longa duração no controle autônomo da frequência cardíaca durante o teste de exercício no cicloergômetro. RMSSD= raiz quadrada da média das diferenças entre intervalos RR sucessivos; Média de FC= média de FC; SD1= desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento; SDNN= desvio-padrão de todos os intervalos RR normais. Pré vs pós, # pós vs pós. Dados expressos em média \pm DP. ANOVA *two-way*.

DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo podem ser assim sumarizados: 1) efeitos benéficos nas variáveis hemodinâmicas, cardiovasculares, ventilatórias, autonômicas durante o exercício resistido, bem como durante o exercício aeróbio em cicloergômetro, após oito semanas de treinamento resistido em pacientes com DAC. Estes achados se constituem em um primeiro estudo a investigar os efeitos de tais parâmetros demonstrados com o programa de treinamento resistido de baixa intensidade e longa duração em pacientes com DAC.

Efeitos do programa de treinamento resistido nos parâmetros hemodinâmicos, ventilatórios, autonômicos e metabólicos durante o exercício resistido em leg press 45° em pacientes com DAC.

O presente estudo demonstrou que a elevação da força submáxima foi de apenas 6% do grupo treinado, com aumento da força máxima de 16% no teste de 1RM. Nesse sentido, notadamente, o aumento da força muscular foi moderado, em comparação a um estudo prévio que aplicou 60% de 1-RM com três séries de dez a quinze repetições, aumentadas gradualmente, e que atingiu 38%²⁴ de melhora de força (máxima ou submáxima); porém, após seis meses de treinamento composto por exercícios resistidos de membros superiores e inferiores. Uma recente meta-análise, com oito estudos avaliando os efeitos de aproximadamente dez semanas de treinamento combinado (dinâmico aeróbio e resistido) e entre 40 e 50% da RM, porém em menor volume (dez a quinze repetições), mostrou, entretanto, resultados heterogêneos no ganho de força muscular, entre 5 a 35%, o que está de acordo parcialmente com nossos achados.

Entretanto, no presente estudo, observamos que, na maior intensidade tolerada de exercício durante vinte repetições, o grupo treinado reduziu consideravelmente a FC, a relação FC/carga (com interação entre os grupos), DC/carga e VS/carga. Esses resultados apontam para menor sobrecarga cardiovascular para uma dada intensidade submáxima, o que pode indicar um efeito benéfico importante, quando esse tipo de treinamento de baixa intensidade e longas séries é aplicado. Infelizmente, não foi possível contrastar nossos resultados com outros estudos semelhantes para tais variáveis. De acordo com nossos achados, Heljerud *et al.* estudaram os efeitos do treinamento de *endurance* intervalado e de alta intensidade no VS em indivíduos saudáveis²⁵. O treinamento foi realizado no cicloergômetro com intensidade de 85-95% da FC pico, no *Leg Press*, com carga de 85 a 90% do teste de 1-RM, sendo quatro séries de quatro repetições, por um período de oito semanas. Os resultados demonstraram que o treinamento aeróbio intervalado de alta intensidade melhorou o índice de VS durante o exercício

Por outro lado, os resultados encontrados nos parâmetros metabólicos no presente estudo, demonstraram significativa atenuação das concentrações de lactato sanguíneo, após o treinamento resistido apenas para o grupo treinado. Esses resultados apontam para um positivo ganho na capacidade aeróbia para este grupo nessa modalidade de exercício (resistido). No entanto, a concentração de lactato sanguíneo reduziu, após o treinamento, apenas para o grupo treinado. Embora o mecanismo de melhora para tais parâmetros seja especulativo, possível resposta para tais mudanças pode ser a alteração vascular, em adição a possíveis alterações na capacidade oxidativa do músculo esquelético após o treinamento^{26,27}. Adicionalmente, a redução na concentração de lactato é um importante parâmetro

para proporcionar menor fadiga muscular e, assim, melhorar o desempenho submáximo nesta modalidade, uma vez que a fadiga precoce acarreta à cessação do exercício.

Por outro lado, uma meta-análise, considerando-se os efeitos do treinamento combinado em pacientes com DAC estável, observou um ganho pequeno, porém significativo, no VO_2 (1,42ml/Kg/min) após um período de dez semanas²⁸. Esses resultados contraditórios podem ser parcialmente explicados por vários motivos: 1) nossos pacientes poderiam ter tido ganhos aeróbios prévios com a RCV, os quais, já em fase estável, poderiam não aumentar mais seus ganhos aeróbios; 2) nosso programa de TRBAr foi composto somente de exercícios resistidos de membros inferiores, diferentemente dos demais estudos e, assim, menor massa muscular envolvida foi estimulada; 3) a intensidade de exercício aeróbio nos demais estudos era na média de 70 a 85% da capacidade máxima aeróbia, enquanto que, em nosso estudo, a intensidade foi mais baixa (50-75%).

Interessantemente, no presente estudo, a aplicação do programa de TRBAr aumentou marcadamente os índices de VFC durante o exercício resistido para o GT, com interação entre os grupos. O aumento observado dos índices representativos da modulação parassimpática vagal (RMSSD e SD1) indicou que o TRBAr produziu efetiva mudança na modulação autonômica cardíaca parassimpática durante essa modalidade. Tais achados corroboram nosso estudo prévio, onde foi avaliado os efeitos do treinamento resistido de baixa carga e alta repetição no comportamento da modulação autonômica cardíaca em pacientes com DAC, porém na situação em repouso, diferentemente do presente estudo, que avaliou durante o exercício submáximo (resistido e dinâmico em cicloergômetro). Os resultados do estudo prévio⁹ mostraram acentuado aumento dos índices RMSSD e SD1 no repouso após

o treinamento resistido, apenas para o grupo treinado⁹, enquanto que, neste estudo, os efeitos foram mantidos também durante o treinamento resistido. Tais achados podem indicar um provável efeito vagal protetor durante o exercício, o qual tem sido um poderoso marcador de risco cardiovascular²⁹. Esses aspectos são importantes, dado que o exercício de força, principalmente aqueles com maior componente estático (ex: isométricos) podem produzir maior sobrecarga cardíaca e induzir a quadros isquêmicos cardíacos³⁰.

Nossos achados também apontaram para melhora dos índices SDNN e BF (aumento e redução, respectivamente), os quais indicam melhora da VFC total,²⁶ somente no grupo TRBAr. Infelizmente, tais achados não puderam ser comparados com estudos prévios neste contexto. Sabidamente, o exercício dinâmico aeróbio produz marcante melhora do controle autonômico da FC. Nesse sentido, o presente estudo se constitui um primeiro ensaio clínico randomizado e controlado, que mostrou efeitos importantes no controle autonômico da FC durante exercício resistido submáximo. Esses achados apontam para efeitos benéficos do controle autonômico da FC nesta modalidade de treinamento resistido.

Efeitos do programa de treinamento resistido nos parâmetros hemodinâmicos, ventilatórios, autonômicos e metabólicos durante o protocolo de exercício em cicloergômetro em pacientes com DAC.

Considerando os efeitos do TRBAr na carga submáxima (em watts), não observamos diferenças significativas. Entretanto, nos parâmetros hemodinâmicos durante o exercício dinâmico em cicloergômetro, observamos que houve redução de 10% da FC e de 11% do DC para grupo treinado, em intensidade submáxima. Este resultado foi bastante interessante, visto que não encontramos estudos prévios que

tenham obtido efeitos de redução da sobrecarga cardiovascular após um programa de treinamento resistido na *performance* aeróbia puramente dinâmica. Tais resultados podem indicar que o TRBAr pode influenciar benéficamente no desempenho hemodinâmico durante os exercícios resistidos e dinâmicos.

Outros estudos, considerando o treinamento puramente dinâmico e aeróbio, baseado em 75% da FCmax, observaram aumento de 5,5% no DC após exercícios de alta intensidade²⁷, porém foi observada redução de 13,1% para a variável DC exercício de moderada intensidade, após o programa de treinamento de quatro a dez semanas, sendo cinco vezes por semana em pacientes com DAC²⁷, quatro meses após o infarto agudo do miocárdio. No presente estudo, observamos que o TRBAr pode influenciar na *performance* hemodinâmica também durante intensidades submáximas de exercício dinâmico, podendo indicar efeitos desejáveis de menor sobrecarga cardiovascular em intensidades submáximas, independentemente da modalidade testada.

Com relação aos índices de VFC durante o exercício dinâmico em ciclo, observamos, no presente estudo, que houve acentuado aumento nos índices RMSSD, SD1 e SDNN, bem como redução da Média de FC após o TRBAr. Não foi possível contrastar tais resultados com ensaios prévios, uma vez que este se constitui um primeiro estudo que avaliou a influência do TR durante a execução de exercícios puramente dinâmicos em ciclo. Nossos resultados estão de acordo com estudo prévio, que avaliou os efeitos de oito semanas, porém, após programa de treinamento aeróbio no cicloergômetro em intensidade de 60-80% da FC pico, observaram melhora da modulação vagal de repouso em pacientes com ICC²⁸. Outro estudo, contudo, em um tempo maior de treinamento aeróbio (seis meses), melhorou significativamente os índices de VFC no domínio do tempo e da frequência

de repouso em pacientes com DAC. Opostamente, Oliveira *et al.* estudaram os efeitos de um programa de exercício aeróbio de oito semanas na VFC em pacientes com DAC e não observaram mudanças nos índices de VFC após o programa de treinamento na condição de repouso³⁰.

Embora os mecanismos para tal benefício do efeito do treinamento resistido no comportamento da modulação autonômica cardíaca²⁹ durante a execução de exercícios dinâmicos em cicloergômetro e no *leg press* possam ser especulativos, acredita-se que o aumento da modulação parassimpática aliada à melhora da VFC total se deva a benéficas mudanças no drive autonômico central e/ou baroreflexo^{29,31}, ou a reflexos cardiopulmonares^{29,31}, ou mesmo à redução de norepinefrina plasmática²⁸.

Limitações do estudo

Nosso estudo apresenta algumas limitações que merecem ser discutidas. Primeiramente, embora com um poder amostral de 80% para os seus desfechos principais, não foi possível atingir o poder estatístico suficiente para todas as variáveis aqui apresentadas. Secundariamente, embora aqui tenha sido possível contrastar os efeitos do TRBAr com o grupo controle (RCV usual), não foi possível inferir se o TR puro tenha sido o único a influenciar nos desfechos demonstrados (no presente estudo). Finalmente, embora a VFC, um método não invasivo da modulação autonômica da FC, seja um poderoso preditor de risco cardiovascular²⁹ e morte súbita, e, adicionalmente, a cardioimpedância seja um método validado³³ e amplamente utilizado durante o exercício físico por sua facilidade de avaliação, outros métodos invasivos poderiam aqui nos auxiliar a confirmar nossos resultados em ensaios futuros.

CONCLUSÃO

Nosso estudo demonstrou que oito semanas de treinamento resistido de baixa carga e longas séries produziu impacto positivo na modulação autonômica cardíaca, com melhora do componente parassimpático, tanto durante a realização de exercício dinâmico em ciclo como no resistido em *leg press*. Além disso, o TR modificou positivamente as variáveis hemodinâmicas e metabólicas em ambas modalidades nos pacientes com DAC.

AGRADECIMENTOS

O estudo foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, número do processo (2011/20074-3 e 2009/01842-0).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS - ESTUDO III

1. Graham I, Atar D, Borch-Johnsen K, et al. European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: executive summary. Fourth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts). *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2007 Sep;14 Suppl 2:E1-40.
2. Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease. *Circulation* 2000; 101:828–833.
3. Pérez IP, Zapata MA, Cervantes CE, et al. Cardiac rehabilitation programs improve metabolic parameters in patients with the metabolic syndrome and coronary heart disease. *J Clin Hypertens (Greenwich)* 2010 May;12(5):374-9.
4. Miller TD, Balady GJ, Fletcher GF. Exercise and its role in the prevention and rehabilitation of cardiovascular disease. *Ann Behav Med* 1997 Summer;19(3):220-9.
5. Munk PS, Butt N, Larsen AI. High-intensity interval exercise training improves heart rate variability in patients following percutaneous coronary intervention for angina pectoris. *Int J Cardiol* 2010 Nov 19;145(2):312-4.
6. Gielen S, Laughlin MH, O'Conner C, et al. Exercise training in patients with heart disease: review of beneficial effects and clinical recommendations. *Prog Cardiovasc Dis* 2015 Jan-Feb;57(4):347-55.
7. Thomaes T, Thomis M, Onkelinx S, et al. Muscular strength and diameter as determinants of aerobic power and aerobic power response to exercise training in CAD patients. *Acta Cardiol* 2012 Aug;67(4):399-406.

8. Chicco AJ. Exercise training in prevention and rehabilitation: which training mode is best? *Minerva Cardioangiol* 2008 Oct;56(5):557-70.
9. Caruso FC, Arena R, Phillips SA, et al. Resistance exercise training improves heart rate variability and muscle performance: a randomized controlled trial in coronary artery disease patients. *Eur J Phys Rehabil Med* 2014 Nov 11.
10. Balady GJ, Chaitman B, Driscoll D, et al. Recommendations for cardiovascular screening, staffing, and emergency policies at health/fitness facilities. *Circulation* 1998 Jun 9;97(22):2283-93.
11. Florindo AA, Latorre MRDO. Validação e reprodutibilidade do questionário de Baecke de avaliação da atividade física habitual em homens adultos. *Rev Bras Med Esporte* 2003 Mai/Jun; Nº 3.
12. Neder JA, Andreoni S, Castelo-Filho A, et al. Reference values for lung function tests. I. Static volumes. *Braz J Med Biol Res* 1999; 32: 703–717.
13. American College Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 975–991.
14. Wilborn C, Greenwood M, Wyatt F, et al. The effects of exercise intensity and body position on cardiovascular variables during resistance exercise. *J Appl Physiol* 2004; 7: 9–35.
15. Simoes RP, Mendes RG, Castello V, et al. Heart-rate variability and blood-lactate threshold interaction during progressive resistance exercise in healthy older men. *J Strength Cond Res* 2010; 24: 1313–1320.

16. Kraemer WJ, Fry AC. Strength Testing: Development and Evaluation of Methodology. *Physiological assessment of human fitness*. 1995, pp. 115–138. Human Kinetics, Champaign IL.
17. Williams MA, Haskell WL, Ades PA, et al. American Heart Association Council on Clinical Cardiology; American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation* 2007 Jul 31;116(5):572-84.
18. Simões RP, Castello-Simões V, Mendes RG, et al. Identification of anaerobic threshold by analysis of heart rate variability during discontinuous dynamic and resistance exercise protocols in healthy older men. *Clin Physiol Funct Imaging* 2014 Mar;34(2):98-108.
19. Baek HJ, Cho CH, Cho J, et al. Reliability of Ultra-Short-Term Analysis as a Surrogate of Standard 5-Min Analysis of Heart Rate Variability. *Telemed J E Health* 2015 May;21(5):404-414.
20. Machado-Vidotti HG, Mendes RG, Simões RP, et al. Cardiac autonomic responses during upper versus lower limb resistance exercise in healthy elderly men. *Braz J Phys Ther* 2014 Jan-Feb;18(1):9-18.
21. Kiviniemi AM, Breskovic T, Uglesic L, et al. Heart rate variability during static and dynamic breath-hold dives in elite divers. *Auton Neurosci* 2012 Aug 16;169(2):95-101.
22. Stevens JP. *Intermediate Statistics*. New York: Taylor & Francis; 2007.

23. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
24. Marzolini S, Oh PI, Thomas SG, et al. Aerobic and resistance training in coronary disease: single versus multiple sets. *Med Sci Sports Exerc* 2008 Sep;40(9):1557-64.
25. Helgerud J, Høydal K, Wang E, et al. Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc* 2007 Apr;39(4):665-71.
26. Sandercock GR, Grocott-Mason R, Brodie DA. Changes in short-term measures of heart rate variability after eight weeks of cardiac rehabilitation. *Clin Auton Res* 2007 Feb;17(1):39-45. Epub 2007 Feb 6.
27. Clausen JP, Trap-Jensen J. Effects of training on the distribution of cardiac output in patients with coronary artery disease. *Circulation* 1970;42(4):611-24.
28. Coats AJ, Adamopoulos S, Radaelli A, et al. Controlled trial of physical training in chronic heart failure. Exercise performance, hemodynamics, ventilation, and autonomic function. *Circulation* 1992 Jun;85(6):2119-31.
29. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation* 1996; 93: 1043–1065.
30. Oliveira NL, Ribeiro F, Teixeira M, et al. Effect of 8-week exercise-based cardiac rehabilitation on cardiac autonomic function: A randomized controlled trial in myocardial infarction patients. *Am Heart J* 2014;167:753-761.

31. Pagani M, Somers V, Furlan R, et al. Changes in autonomic regulation induced by physical training in mild hypertension. *Hypertension* 1988 Dec;12(6):600-10.
32. Seals DR, Chase P. Influence of physical training on heart rate variability and baroreflex circulatory control. *J Appl Physiol* 1989; 66:1886-1895.
33. Stalter A, Lanot N, Bridon G, et al. Validation during exercise of a new device for cardiac output measurement using pulse wave transit time (comparison EsCCO® vs. Physioflow®). *Ann Cardiol Angeiol* 2015 Jan 21.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESDOBRAMENTOS

CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESDOBRAMENTOS

O presente estudo trouxe importantes considerações com relação aos ajustes e às adaptações das respostas hemodinâmicas, ventilatórias, dos sintomas, bem como da modulação autonômica cardíaca frente a um programa de TR aplicado aos pacientes com DAC:

- Demonstramos os efeitos agudos do exercício físico resistido em pacientes com DAC, nas mudanças hemodinâmicas, ventilatórias, nos sintomas, bem como na segurança durante a realização deste tipo de exercício.
- Demonstramos a eficácia de um programa de treinamento físico resistido de baixa carga (individualizada), realizado em pacientes com DAC, na melhora da modulação autonômica cardíaca basal, na força e desempenho muscular, sugerindo, assim, que o treinamento resistido de baixa carga pode ser uma ferramenta eficaz para a melhora da modulação autonômica cardíaca e no desempenho muscular.
- Finalmente, demonstramos que oito semanas de treinamento resistido de baixa carga e longas séries produziram impacto positivo na modulação autonômica cardíaca, com melhora do componente parassimpático nas respostas hemodinâmicas, ventilatórias e metabólicas, tanto durante a realização de exercício dinâmico como resistido.

Neste momento, diante dos resultados encontrados, acreditamos que a continuidade do estudo é extremamente válida diante dos vários questionamentos que ainda

cercam nossa pesquisa. Assim, como desdobramentos dos achados do presente estudo, pesquisas futuras devem ser conduzidas, considerando:

- Protocolos de exercícios físicos resistidos em diferentes abordagens (intensidades, volumes), com outros grupamentos musculares, bem como a consideração de um grupo apenas de treinamento resistido (sem a realização de treinamento aeróbio), para determinar a real contribuição fisiológica e nortear a prescrição de exercícios resistidos nesta população.

6. APÊNDICE

APÊNDICE A

Versão em inglês do estudo II: *Resistance exercise training improves heart rate variability and muscle performance: a randomized controlled trial in coronary artery disease patients.*

(Artigo publicado na Revista European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 2015;51:1-2.

Autores: FR Caruso, R Arena, SA Phillips, JC Bonjorno-Junior, RG Mendes, VM Arakelian, D Bassi, C Nogi, A Borghi-Silva).



Resistance exercise training improves heart rate variability and muscle performance: a randomized controlled trial in coronary artery disease patients

F. R. CARUSO¹, R. ARENA², S. A. PHILLIPS², J. C. BONJORNO JR³, R. G. MENDES¹
V. M. ARAKELIAN³, D. BASSI¹, C. NOGI¹, A. BORGHI-SILVA^{1,3}

Background. Resistance exercise (RE) is an important part of cardiac rehabilitation. However, it is not known about the low intensity of RE training that could modify the heart rate variability (HRV), muscular strength and endurance in patients with coronary artery disease (CAD).

Aim. To investigate the effects of high repetition/low load resistance training (HR/LL-RT) program on HRV and muscular strength and endurance in CAD patients.

Design. Randomized and controlled trial.

Setting. Patients seen at the Cardiopulmonary Physical Therapy Laboratory between May 2011 and November 2013.

Population. Twenty male patients with CAD were randomized to a training group (61.3±5.2 years) or control group (61±4.4 years).

Methods. 1 repetition maximum (1-RM) maneuver, discontinuous exercise test on the leg press (DET-L), and resting HRV were performed before and after 8 weeks of HR/LL-RT on a 45° leg press. RMSSD, SD1, mean HR and ApEn indices were calculated. The HR/LL-RT program consisted of a lower limb exercise using a 45° leg press; 3 sets of 20 repetitions, two times a week. The initial load was set at 30% of the 1-RM load and the duration of the HR/LL-RT program was performed for 8 weeks.

Results. After 8 weeks of HR/LL-RT there were significant increases of RMSSD and SD1 indices in the training group only (P<0.05). There was a significant decrease in mean HR after HR/LL-RT in the training group (P<0.05). There was a significantly higher ApEn after in the training group (P<0.05). There were significantly higher values in the training group in contrast to the control group (P<0.05).

¹Cardiopulmonary Physical Therapy Laboratory, Federal University of Sao Carlos, Sao Carlos, Brazil

²Department of Physical Therapy and Integrative Physiology Laboratory, College of Applied Health Sciences, University of Illinois at Chicago, Chicago, IL, USA

³Bioengineering Department, USP, Sao Carlos, Brazil

Conclusion. These results show positive improvements on HRV, as well as muscle strength and endurance in CAD patients.

Clinical Rehabilitation Impact. Eight weeks of HR/LL-RT is an effective sufficient to beneficially modify important outcomes as HRV, muscle strength and endurance in CAD patients.

KEY WORDS: Heart diseases - Resistance training - Rehabilitation - Heart rate.

Resistance training (RT) has become a standard component of exercise prescription for individuals with coronary artery disease (CAD) in cardiac rehabilitation (CR) programs.¹ While RT significantly improves muscle-force production, flexibility, and balance, care must be taken to craft a program that minimizes cardiac stress (i.e., high afterload), especially in patient populations such as CAD.² Therefore, RT programs that utilize a high repetition/low load-RT scheme is recommended in CAD patients³ in order to avoid deleterious hemodynamic effects precipitated by higher resistance loads.⁴

While the RT effects on muscle performance is clear, other potential benefits have not been examined extensively or have mixed results; such is

Corresponding author: A. Borghi-Silva, Cardiopulmonary Physical Therapy Laboratory, Brazil. Rod. Washington Luis KM 235, 13565-905, Sao Carlos, Brazil. E-mail: audrey@ufscar.br

7. ANEXOS

ANEXO A

Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFSCar



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS

Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676

CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil

Fones: (016) 3351-8028 Fax (016) 3351-8025 Telex 162369 - SCUF - BR

cephumanos@power.ufscar.br

<http://www.propq.ufscar.br>

Parecer N°. 397/2011

Título do projeto: Efeitos de um programa de exercício físico resistido baseado na determinação do limiar anaeróbio em teste crescente resistido em portadores de doença arterial coronariana.

Pesquisador Responsável: FLAVIA CRISTINA ROSSI CARUSO

Orientador: AUDREY BORGHI SILVA

CAAE: 0097.0.135.000-11

Processo número: 23112.001303/2011-78

Grupo: III

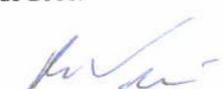
Área de conhecimento: 4.00 - Ciências da Saúde / 4.08 - Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Conclusão

As pendências apontadas no Parecer n°. 304/2011 foram satisfatoriamente resolvidas. **Projeto aprovado.** Atende as exigências contidas na Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde.

Normas a serem seguidas

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).
 - O sujeito de pesquisa ou seu representante, quando for o caso, deverá rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE– apondo sua assinatura na última página do referido Termo.
 - O pesquisador responsável deverá da mesma forma, rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE– apondo sua assinatura na última página do referido Termo.
 - O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata.
 - O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.
 - Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprobatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, item III.2.e).
 - Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente dentro de 1 (um) ano a partir desta dada e ao término do estudo.
- São Carlos, 16 de novembro de 2011.


Prof. Dr. Daniel Vendruscolo
Coordenador do CEP/UFSCar

ANEXO B

Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DE PARTICIPAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA: "EFEITOS DE UM PROGRAMA DE EXERCÍCIOS FÍSICOS RESISTIDO BASEADO NA DETERMINAÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO EM TESTE CRESCENTE RESISTIDO EM PACIENTES COM DOENÇA ARTERIAL CORONARIANA".

RESPONSÁVEIS PELO PROJETO:

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Audrey Borghi e Silva

Orientanda: Flávia Cristina Rossi Caruso

Você esta sendo convidado (a) a participar, como voluntário, da pesquisa “Efeitos de um programa de exercícios físicos resistido baseado na determinação do limiar anaeróbio em teste crescente resistido em pacientes com doença arterial coronariana”, sendo que sua participação não é obrigatória. Após ser esclarecido sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável.

O recrutamento dos voluntários está sendo feito por seleção dos voluntários que realizam reabilitação cardiovascular na USE da UFSCar.

O estudo tem como objetivo avaliar os efeitos do exercício resistido (musculação com as pernas) em indivíduos com Doença Arterial Coronariana.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em ser submetido (a) às seguintes avaliações: avaliação clínica, constando de questionários e exame físico, que terão como objetivo verificar os hábitos de vida e alimentar, histórico de doenças cardiovasculares e existência passada e/ou atual de doenças de outros sistemas. Também, o exame de eletrocardiograma (ECG - para análise da atividade elétrica do coração) e teste clínico de exercício máximo na bicicleta, ambos realizados na presença de um médico cardiologista, que terão como finalidade a avaliação clínica e cardiovascular. Caso seja constatada alguma alteração, como tontura, falta de ar, vista embaçada, tremor, dor no peito, dor nas pernas, ou ao seu pedido, o teste será interrompido. O objetivo de tais avaliações é detectar como está o funcionamento do seu coração, com finalidade de determinar se está apto (a) a prosseguir sua participação neste estudo.

Após essas avaliações, será submetido (a) a uma série de exercícios de musculação para as pernas (três séries de vinte repetições, duas vezes por semana por oito semanas) sem a utilização de procedimentos não invasivo. Os testes servirão para avaliar o músculo durante os exercícios de musculação para as pernas. As avaliações e os testes serão realizados no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos.

Em relação aos benefícios do referido projeto, será possível fazer uma avaliação médica de sua capacidade funcional, com riscos mínimos à saúde, bem como do controle do sistema nervoso autonômico sobre o seu coração.

O projeto acima mencionado será realizado no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar – LACAP, pelo fisioterapeuta responsável e pelo médico cardiologista, sendo que, no local de execução da pesquisa, existe material necessário para o caso de intercorrência clínica cardiovascular durante os testes.

Por fim, após as avaliações, será realizado um programa de exercício de musculação para as pernas, 2 vezes por semana, com duração de oito semanas. Os exercícios de musculação serão realizados no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos.

Todos os procedimentos necessários, antes e durante a execução dos procedimentos, são oferecidos e garantidos pela fisioterapeuta responsável pelo estudo; a qualquer momento, você poderá desistir de participar ou retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

As informações obtidas durante as avaliações serão mantidas em sigilo, e não poderão ser consultadas por pessoas leigas sem expressa autorização por escrito do voluntário. Estas informações, no entanto, poderão ser utilizadas para divulgação dos resultados deste estudo em reuniões, eventos e congressos científicos, como também para a publicação dos dados em revistas e jornais científicos, porém sempre resguardando a privacidade, não se divulgando nenhum dado pessoal que possibilite sua identificação

Esta pesquisa não prevê nenhuma remuneração ou ressarcimento de gastos aos sujeitos da pesquisa.

Você receberá uma cópia deste termo onde constam o telefone e o e-mail dos pesquisadores, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto ou sua participação, agora ou a qualquer momento.

Declaro que li e entendi os objetivos, riscos e benefícios da minha participação na pesquisa e concordo livremente em participar. O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos que funciona na Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP. 133565-905 - São Carlos-SP, Brasil. Fone: (16) 3351-8028. Endereço Eletrônico: cephumano@power.ufscar.br

São Carlos, _____ de _____ 2013.

Assinatura do sujeito da pesquisa

Orientadora

Prof^a. Dr^a. Audrey Borghi e Silva

Orientanda

Flávia Cristina Rossi Caruso

LABORATÓRIO DE FISIOTERAPIA CARDIOPULMONAR DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – Departamento de Fisioterapia: Rodovia Washington Luiz, Km. 235 – CEP. 133565-905, São Carlos-SP, Brasil. Fone: (16) 3351-8952.