

Repercussão do Treinamento de Alta Intensidade sobre a Função Ventricular de Ratos após Infarto Agudo do Miocárdio

Impact of a High-Intensity Training on Ventricular Function in Rats After Acute Myocardial Infarction

Simone de Campos Neitzke Winter,¹ Rafael Michel de Macedo,¹ Júlio Cesar Francisco,¹ Paula Costa Santos,¹ Ana Paula Sarraff Lopes,¹ Leanderson Franco de Meira,¹ Katherine A. Teixeira de Carvalho,² José Rocha Faria Neto,¹ Ana Carolina Brandt de Macedo,³ Luiz César Guarita-Souza¹

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR);¹ Instituto Pelé Pequeno Príncipe;² Universidade Federal do Paraná (UFPR),³ Curitiba, PR – Brasil

Resumo

Fundamento: O exercício físico deve fazer parte do tratamento de pacientes pós-infarto agudo do miocárdio (IAM).

Objetivo: Avaliar os efeitos de treinamento produzidos por dois modelos distintos (contínuo x intervalado) e sua repercussão sobre a função ventricular de ratos pós-IAM com função ventricular normal.

Métodos: Quarenta ratos Wistar pós-IAM foram avaliados ecocardiograficamente 21 dias após o evento. Aqueles com FEVE = 50% (n = 29) foram incluídos e randomizados: controle (GC n = 10), treinamento contínuo (GTC n = 9) e treinamento intervalado (GTI n = 10). Após, foi realizado um teste de natação com controle de lactato. A partir do resultado foi definido o limiar de lactato (LL) para determinar as intensidades do treinamento. Após seis semanas, foram reavaliados com ecocardiografia e controle de lactato. Como desfecho, foram avaliados: diâmetros diastólico e sistólico final (DDF, DSF, mL), fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE, %), lactato de repouso, livre de carga (LC), lactato com 12 g e 13,5 g de carga adicional. Para a comparação dos grupos em relação às variáveis quantitativas do estudo, foi considerado o modelo de análise da variância com um fator (ANOVA). Nas comparações múltiplas dos grupos foi usado o teste de Newman-Keuls. Na comparação entre as duas avaliações, dentro de cada grupo, foi usado o teste t de Student para amostras dependentes. A condição de normalidade das variáveis foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilks. Valores de $p < 0,05$ indicaram significância estatística.

Resultados: Com relação à análise intragrupos, entre o período pré- e pós-treinamento foi identificada semelhança para DDF, DSF, FEVE, porém o GC apresentou diferença significativa para a variável DDF ($p = 0,008$). Houve diferença do GTI para L12g ($p = 0,002$) e L13,5g ($p = 0,032$) e para o GTC na variável L12g ($p = 0,014$). Não houve diferença para as variáveis ecocardiográficas entre os grupos. Houve diferença nas variáveis LC e L12g na segunda avaliação ($p = 0,016$ e $p = 0,031$, respectivamente) e entre os grupos: GTI vs. GC ($p = 0,019$) e GTC vs. GC ($p = 0,035$).

Conclusão: Os dois métodos produziram efeito de treinamento sem alterar a função ventricular. (Arq Bras Cardiol. 2018; [online].ahead print, PP.0-0)

Palavras-chave: Infarto do Miocárdio; Exercício; Função Ventricular Esquerda; Ratos; Limiar Anaeróbio.

Abstract

Background: Physical exercise should be part of the treatment of post-acute myocardial infarction (AMI) patients.

Objective: To evaluate the effects of two training prescription models (continuous x interval) and its impact on ventricular function in rats after AMI with normal ventricular function.

Methods: Forty Wistar rats were evaluated by echocardiography 21 days after the AMI. Those with LVEF = 50% (n = 29) were included in the study and randomized to control group (CG n = 10), continuous training group (CTG n = 9) or interval training group (ITG, n = 10). Then, a swimming test with control of lactate production was performed. Based on its result, the lactate threshold (LT) was established to define the training intensities. After six weeks, the animals were reassessed by echocardiography and lactate production. Outcome measures were end-diastolic diameter (EDD), end-systolic diameter (ESD), left ventricular ejection fraction (LVEF, %), lactate at rest, lactate without overload, and lactate with 12g and 13.5g of additional load. Group comparisons of quantitative variables of the study were performed by one-factor analysis of variance (ANOVA). The Newman-Keuls test was used for multiple comparisons of the groups. Within-group comparisons of dependent variables between the two training protocols were performed by Student's t-test. Normality of the variables was tested by the Shapiro-Wilks test. Values of $p < 0.05$ indicated statistical significance.

Results: EDD, ESD, and LVEF before and after the training period were similar in within-group comparisons. However, EDD was significantly different ($p=0.008$) in the CG. Significant differences were found for L12g ($p=0.002$) and L13.5g ($p = 0.032$) in the ITG, and for L12g ($p = 0.014$) in the CG. No differences were found in the echocardiographic parameters between the groups. Significant differences were found in lactate without overload ($p = 0.016$) and L12 ($p = 0.031$) in the second assessment compared with the first, and between the groups – ITG vs. CG ($p = 0.019$) and CTG vs. CG ($p = 0.035$).

Conclusion: Both methods produced a training effect without altering ventricular function. (Arq Bras Cardiol. 2018; [online].ahead print, PP.0-0)

Keywords: Myocardial Infarction; Exercise; Ventricular Function, Left; Rats; Anaerobic Threshold.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Rafael Michel de Macedo •

Rua Pedro Collere, 890. CEP 80320-320, Vila Izabel, Curitiba, PR – Brasil

E-mail: rafael.macedo@hospitalcostantini.com.br, acbrandt@bol.com.br

Artigo recebido em 20/05/2017, revisado em 22/08/2017, aceito em 14/09/2017

DOI: 10.5935/abc.20180036

Introdução

As doenças cardiovasculares (DCVs) são consideradas a principal causa de morte no Brasil e no mundo em pessoas com mais de 30 anos. Dentre essas, o infarto agudo do miocárdio (IAM) é responsável por aproximadamente 10% desses óbitos.¹

O tratamento pós-IAM deve ser farmacológico, associado à mudança de hábitos de vida e prática de exercícios. Sendo assim, o treinamento físico exerce papel fundamental no tratamento da doença.² Atualmente, existem recomendações de como deve ser prescrito o treinamento físico de acordo com a estratificação de risco do indivíduo para a prática, sendo a combinação de exercícios aeróbios e resistidos de moderada intensidade o mais indicado.³

Com a evolução dos modelos de prescrição de treinamento físico, alguns autores passaram a prescrever o treinamento de alta intensidade para pacientes pós-IAM, diferentemente do recomendado por diretrizes.⁴ No entanto, quando avaliados os resultados apresentados por trabalhos experimentais envolvendo IAM e treinamento de alta intensidade, percebe-se controvérsia quanto aos benefícios deste tipo de exercício para esta população.^{5,6}

Zhang et al.,⁵ estudaram as repercussões do treinamento de corrida de alta intensidade sobre as adaptações celulares em ratos pós IAM. Os miócitos isolados de corações com infarto crônico sofreram um aumento de 10% no seu comprimento celular sem qualquer alteração no seu diâmetro caracterizando a hipertrofia, o que pode minimizar o remodelamento ventricular, prevenindo o surgimento da cardiomiopatia dilatada.

Já Benito et al.,⁶ utilizaram modelo animal com ratos Wistar machos para avaliar se o treinamento intensivo sustentado induzia a alteração estruturais no coração. Neste trabalho, os autores observaram fibrose cardíaca após o treinamento intensivo a longo prazo em conjunto com alterações na função ventricular e aumento da capacidade de indução de arritmia.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi comparar os efeitos do treinamento de alta intensidade sobre a função ventricular de ratos pós-IAM com aqueles provocados pelo treinamento de moderada intensidade.

Métodos

Foi realizado um trabalho experimental seguindo as normas e princípios éticos do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA), com aprovação pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC/PR).

Inicialmente, foram selecionados 40 ratos, por conveniência, da linhagem Wistar, adultos, machos, com peso entre 250 e 300 gramas. Os mesmos não sofreram restrição hídrica e de ração.

Os animais foram inicialmente anestesiados sob via intramuscular, com administração de Quetamina (Ketamin® / Cristalia - 70 mg/kg) e Xilazina (Calmun®/Agener União - 20 mg/kg). Em seguida foram entubados e mantidos em assistência ventilatória mecânica a volume para animais de pequeno porte (2,5 mL - O₂/min). Com os animais posicionados em decúbito dorsal (com uma leve inclinação para a direita, facilitando

desta maneira a exposição da área a ser abordada), foram fixados os membros anteriores e posteriores com fita adesiva. Após tricotomia e antisepsia do tórax com iodopovedina tópica, foi realizada a toracotomia lateral esquerda no terceiro espaço intercostal dos animais, sendo que com a abertura da pleura esquerda, o pericárdio foi aberto para a luxação e melhor visualização da área a ser abordada. Com a exposição do coração, a aurícula esquerda foi afastada; a artéria coronária esquerda localizada entre a artéria pulmonar e o átrio esquerdo, e ligada com fio de sutura polipropileno azul monofilamentar não absorvível 7.0. A região infartada foi visualizada pela diferença de coloração da área afetada. Em seguida, o coração foi reposicionado ao tórax, os pulmões hiperinflados e a parede torácica suturada por planos com fio de sutura nylon monofilamentar não absorvível 4.0.⁷

Duas avaliações ecocardiográficas no Modo-M, com aparelho marca Esaote, mylab 40, com transdutor setorial (7,5 a 10 MHz), foram realizadas. A primeira, 21 dias após o IAM e a segunda após seis semanas de treinamento. Os parâmetros analisados foram fração de ejeção do ventrículo esquerdo [FEVE (%)], diâmetro diastólico final [DDF (ml)] e diâmetro sistólico final [DSF (ml)].

A partir da avaliação ecocardiográfica inicial, foram incluídos na pesquisa os ratos que apresentaram FEVE maior ou igual a 50%. A amostra foi composta por 29 animais, que foram randomizados a partir de papéis dobrados em envelope branco não transparente, sorteados pelo pesquisador principal em três grupos: grupo controle (GC, n = 10), grupo de treinamento contínuo (GTC, n = 9) e grupo de treinamento intervalado (GTI, n = 10).

Para determinar a intensidade ideal de treinamento de cada grupo foi realizado um teste de carga incremental de natação com controle de produção de lactato. Os animais foram colocados em um tanque com 40 cm de água, o suficiente para não se apoiarem com a calda no fundo do aquário.⁷ A partir disto, realizaram exercícios de natação com carga adicional (proporcional ao peso corporal) de forma progressiva (4,0; 4,5; 5,0; 5,5 e 6,0% do peso corporal) e cada fase do protocolo teve duração de cinco minutos.⁸ O principal objetivo deste teste foi identificar o limiar de lactato (LL), ponto de referência para diferenciar as cargas do treinamento contínuo e do intervalado. Sendo assim, foram coletadas amostras de sangue (25µl) da cauda do animal no repouso e a cada progressão de carga.^{9,10} Para análise da produção de ácido láctico, foi utilizado um analisador portátil da marca Accutrend®.

Os valores de lactato mensurados foram lançados em planilha no Excel. Em seguida foi construído um gráfico de linha para cada animal testado. O LL foi determinado de maneira visual, sendo definido como o ponto em que a linha perde linearidade. Este processo foi realizado em ambos os grupos de treinamento nos testes de lactato, um dia após cada avaliação ecocardiográfica.

De acordo com os resultados do teste de lactato, o GTC recebeu uma prescrição de treinamento contínua, na intensidade do LL enquanto que no GTI treinou de forma intervalada acima do LL. O GC não foi submetido a treinamento físico.

O programa de treinamento dos grupos (GTC e GTI) foi composto por um macrociclo de 42 dias, dividido em seis microciclos semanais e 30 sessões de treino (cinco semanais, uma vez ao dia). O método de sobrecarga definido para os dois grupos foi o de volume (aumento do tempo em minutos de natação) a cada semana. Nas duas primeiras semanas de treinamento do GTC os ratos foram submetidos a natação por 10 minutos contínuos. Na terceira e na quarta semana nadaram por 15 minutos, e, nas duas últimas semanas o tempo de treinamento aumentou para 20 minutos contínuos. No GTI, os ratos realizaram, nas duas semanas iniciais, cinco séries de dois minutos de natação com intervalos de dois minutos entre cada série, respeitando a densidade de treinamento 1:1. Na terceira e na quarta semana os ratos nadaram sete séries de dois minutos, mantendo o mesmo tempo de intervalo. Por fim, nas duas últimas semanas, os animais nadaram 10 séries de dois minutos cada, mantendo o intervalo.

Como medidas de desfecho do trabalho, foram avaliados de forma comparativa, às cegas por outro pesquisador, intra e intergrupos FEVE, DSF, DDF e o efeito de treinamento produzido por meio da análise da curva de lactato.⁹

Após o período total de experimento, todos os ratos da amostra foram submetidos à eutanásia com pentobarbital sódico, via endovenosa, na dose de 200 a 250 mg/kg.

Análise estatística

As variáveis contínuas foram apresentadas em média \pm desvio padrão. Para a comparação dos grupos em relação às variáveis quantitativas do estudo, foi considerado o modelo de análise da variância com um fator (ANOVA). Nas comparações múltiplas dos grupos, foi usado o teste de Newman-Keuls. Na comparação entre as duas avaliações, dentro de cada grupo, foi usado o teste t de Student para amostras dependentes. A condição de normalidade das variáveis foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilks. Valores de $p < 0,05$ indicaram significância estatística. Os dados foram analisados com o programa computacional Statistica v.8.0.

Resultados

Os resultados obtidos nas avaliações ecocardiográficas (pré- versus pós- treinamento) foram comparados intragrupos e intergrupos, assim como os resultados dos testes de lactato.

Os valores das comparações intragrupos e intergrupos das variáveis ecocardiográficas FEVE, DDF e DSF, são descritos nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

As tabelas 3 e 4 apresentam os valores da comparação intragrupos e intergrupos, respectivamente, dos resultados do teste de carga incremental de lactato realizados pré- e pós-treinamento.

O gráfico 1 mostra os resultados comparativos entre os testes de lactato pré- versus pós-treinamento do GTI, enquanto o gráfico 2 mostra os resultados do GTC.

Discussão

Os principais achados deste estudo foram: 1) Não houve diferença entre os valores ecocardiográficos mensurados intragrupos e intergrupos quando comparados os períodos pré- e pós-treinamento dos grupos treinamento contínuo e intervalado; 2) Houve piora dos diâmetros diastólicos finais do grupo controle; 3) Os dois grupos submetidos a treinamento apresentaram diferença significativa na produção de lactato quando comparados os períodos pré- e pós-treinamento: GTI nas cargas L12g, L13,5g e GTC na carga L12g; 4) O GC não apresentou diferença na comparação do lactato produzido nos testes iniciais e finais.

A ausência de diferença nas medidas ecocardiográficas quando comparados os períodos pré- e pós-treinamento entre GTI e GTC demonstra que o treinamento de alta intensidade, acima do LL, pode ser uma prática recomendável para esta amostra. Atualmente, as diretrizes nacionais e internacionais,^{1,3} recomendam o treinamento de moderada intensidade a pacientes pós-IAM, predominantemente aeróbico (entre os limiares ventilatórios quando avaliados com ergoespirometria), ou seja abaixo do LL. Caso os resultados deste estudo sejam reproduzidos para humanos, estes poderão beneficiar-se deste tipo de treinamento, que produz uma maior perda calórica, melhor condicionamento cardiovascular e por consequência maior controle dos fatores de risco para doença.¹¹ No entanto, o mesmo não pode ser afirmado para animais com FEVE reduzida, sendo necessária a reprodução do desenho deste estudo para melhor avaliar o impacto do treinamento de alta intensidade sobre o remodelamento ventricular.

Faz-se importante ressaltar que uma inadequada sobrecarga de volume/intensidade de treinamento ou prática de exercícios para o coração pode ser avaliada pela alteração da cinética das paredes ventriculares,¹² como foi avaliada Neilan et al.,¹³ em atletas amadores que concluíram a maratona de Boston e que não estavam devidamente treinados. Estes achados não foram reproduzidos nos grupos treinados neste estudo experimental, o que infere

Tabela 1 – Comparação intragrupo das médias ecocardiográficas da fração de ejeção do ventrículo esquerdo, do diâmetro diastólico final e do diâmetro sistólico final

GRUPO	DDF1	DDF2	p	DSF1	DSF2	p	FEVE1	FEVE2	p
GC	0,26	0,13	0,008*	0,17	0,74	0,120	76,10	71,20	0,112
GTC	0,50	0,58	0,741	0,83	0,19	0,422	73,67	71,89	0,579
GTI	0,19	0,88	0,153	0,78	0,01	0,510	70,70	71,50	0,792

GC: grupo controle; GTC: grupo de treinamento contínuo; GTI: grupo de treinamento intervalado; DDF1: diâmetro diastólico final na primeira avaliação; DDF2: diâmetro diastólico final na segunda avaliação; DSF1: diâmetro sistólico final na primeira avaliação; DSF2: diâmetro sistólico final na segunda avaliação; FEVE1: fração de ejeção do ventrículo esquerdo na primeira avaliação; FEVE2: fração de ejeção do ventrículo esquerdo na segunda avaliação; p: valor de p da comparação da FEVE entre as duas avaliações. Teste t de Student, * $p < 0,05$.

Tabela 2 – Comparação ecocardiográfica intergrupos da fração de ejeção do ventrículo esquerdo, do diâmetro diastólico final e do diâmetro sistólico final

Variável	Grupo	MÉDIA ± DP	p
FEVE1 (%)	GC	76,10 ± 6,89	0,368
	GTC	73,67 ± 10,01	
	GTI	70,70 ± 8,15	
FEVE 2 (%)	GC	71,20 ± 6,44	0,981
	GTC	71,89 ± 8,68	
	GTI	71,50 ± 7,53	
DDF 1 (mm)	GC	5,26 ± 0,80	0,103
	GTC	6,50 ± 1,63	
	GTI	6,19 ± 1,30	
DDF2 (mm)	GC	6,20 ± 0,58	0,404
	GTC	6,00 ± 1,15	
	GTI	6,00 ± 1,69	
DSF1 (mm)	GC	3,17 ± 0,70	0,308
	GTC	3,83 ± 0,93	
	GTI	3,78 ± 1,40	
DSF 2 (mm)	GC	3,74 ± 0,75	0,709
	GTC	4,19 ± 1,23	
	GTI	4,01 ± 1,46	

FEVE1: fração de ejeção do ventrículo esquerdo na primeira avaliação; FEVE2: fração de ejeção do ventrículo esquerdo na segunda avaliação; DDF1: diâmetro diastólico final na primeira avaliação; DDF2: diâmetro diastólico final na segunda avaliação; DSF1: diâmetro sistólico final na primeira avaliação; DSF2: diâmetro sistólico final na segunda avaliação; GC: grupo controle; GTC: grupo de treinamento contínuo; GTI: grupo de treinamento intervalado. ANOVA com um fator

Tabela 3 – Comparação intragrupos das variáveis dos testes de lactato realizados antes e após o treinamento

Variável	Grupo	N	Média T1 (DP)	Média T2 (DP)	p
LR	GC	10	3,90 ± 1,07	4,32 ± 0,47	0,240
	GTC	9	3,83 ± 0,96	3,96 ± 0,22	0,720
	GTI	10	4,18 ± 0,81	4,24 ± 0,32	0,830
LLC	GC	10	5,92 ± 1,11	5,99 ± 0,74	0,850
	GTC	9	5,90 ± 2,26	5,07 ± 0,88	0,392
	GTI	10	5,96 ± 1,04	5,18 ± 0,47	0,084
L12g	GC	10	6,58 ± 1,16	6,76 ± 1,04	0,735
	GTC	9	7,32 ± 1,83	5,66 ± 1,06	0,062
	GTI	10	8,08 ± 1,56	5,82 ± 0,65	0,002*
L13,5g	GC	10	6,80 ± 1,32	6,52 ± 1,80	0,733
	GTC	9	8,11 ± 2,14	5,67 ± 0,92	0,014*
	GTI	10	8,40 ± 2,28	5,97 ± 0,80	0,032*

GC: grupo controle; GTC: grupo de treinamento contínuo; GTI: grupo de treinamento intervalado; DP: desvio padrão; T1: pré-treinamento; T2: pós-treinamento; LR: lactato de repouso; LLC: lactato livre de carga; L12g: lactato com 12 gramas; L13,5g: lactato com 13,5 gramas. Teste t de Student. * p < 0,05.

que a densidade de treinamento (relação entre volume e intensidade) foi adequadamente distribuída. Além disso, vale destacar que o modelo de treinamento proposto neste estudo é reprodutível para pacientes pós IAM com FEVE ≥ 50%,

desde que respeitada a relação treinamento/intervalo de trabalho de 1:1 quando prescrito treinamento aeróbico e de pelo menos 1:2 quando prescrito o treinamento intervalado de intensidade mais alta.

Tabela 4 – Análise comparativa intergrupos referente ao teste incremental de lactato

Variável	Grupo	n	Média ± DP	Valor de p
LLC 1	GC	10	5,92 ± 1,11	0,996
	GTC	9	5,90 ± 2,26	
	GTI	10	5,96 ± 1,04	
LLC 2	GC	10	5,99 ± 0,74	0,016*
	GTC	9	5,07 ± 0,88	
	GTI	10	5,18 ± 0,47	
L 12 g 1	GC	10	6,58 ± 1,16	0,110
	GTC	9	7,32 ± 1,83	
	GTI	10	8,08 ± 1,56	
L 12g 2	GC	10	6,76 ± 1,04	0,031*
	GTC	9	5,66 ± 1,06	
	GTI	10	5,82 ± 0,65	
L 13,5g 1	GC	10	6,80 ± 1,32	0,176
	GTC	9	8,11 ± 2,14	
	GTI	10	8,40 ± 2,28	
L 13,5 g 2	GC	10	6,52 ± 1,80	0,341
	GTC	9	5,67 ± 0,92	
	GTI	10	5,97 ± 0,80	

GC: grupo controle; GTC: grupo de treinamento contínuo; GTI: grupo de treinamento intervalado; DP: desvio padrão; T1: pré-treinamento; T2: pós-treinamento; LR: lactato de repouso; LLC: lactato livre de carga; L12g: lactato com 12 gramas; L13,5g: lactato com 13,5 gramas. 1: avaliação inicial; 2: avaliação final; ANOVA com um fator, *p < 0,05.

A única alteração significativa encontrada na análise ecocardiográfica comparando-se o período pré- e pós-estudo, foi o aumento do DDF ($p = 0,008$) no GC. Tal fato indica que, ao permanecerem em repouso durante as seis semanas de experimento, esses animais apresentaram um remodelamento ventricular desfavorável quando comparado aos demais grupos.

Em um estudo experimental realizado por Gaudron et al.,¹⁴ 156 ratos foram randomizados após oclusão coronária em três grupos: sedentários, treinados a partir do quarto dia após IAM e treinados a partir de 21 dias após IAM. O objetivo do estudo foi avaliar a influência no treinamento físico continuado por oito semanas (iniciado precocemente e/ou tardiamente) sobre a função ventricular e mortalidade desses. Os autores demonstraram que: 1) os animais, não apresentaram uma sobrevivência influenciada por infarto ou exercício sozinho; 2) em ratos com infartos pequenos, o volume ou a forma do VE, bem como a sobrevivência em longo prazo não foram alterados pelo exercício crônico iniciado cedo ou mais tarde após a ligadura da artéria coronária; 3) a mortalidade aumentou nos animais com infarto grande como resultado de exercício ($p < 0,0001$) e foi 47,6% com o exercício precoce e 26,7% com o exercício tardio ($p < 0,05$, precoce versus tardia).

Importante ressaltar que os resultados do estudo de Gaudron et al.,¹⁴ referentes a volume do ventrículo esquerdo foram reproduzidos por este estudo, uma vez que não foi encontrada diferença entre os diâmetros de cavidade dos

grupos treinados (GTI e GTC) quando comparados aos valores pré- e pós-treinamento. No entanto, os valores de mortalidade não foram reproduzidos, uma vez que não houve perda de amostra no presente estudo. Isto pode ser atribuído à sobrecarga de volume destinada aos animais no estudo de Gaudron et al.,¹⁴ onde diariamente os animais treinavam por 90 minutos de forma contínua, sem programa de progressão ou periodização, diferentemente do que ocorreu no presente estudo, onde o tempo máximo da sessão de treino foi de 20 minutos cumpridos após programa periodizado e com progressão de carga.

A elaboração de um programa de treinamento de forma subjetiva, sem individualização ou progressão da carga (intensidade e/ou volume), e sem organização do tempo (periodização) deve ser considerada como inadequada, pois os efeitos de treinamento podem ser subestimados por uma prescrição de exercícios sem fundamentação. Isto é de grande relevância, pois os resultados publicados por trabalhos que aplicam exercício físico prescrito sem esses fundamentos podem retratar um cenário não condizente com sua prática correta, ou seja, pode ser menos efetivo do que o esperado.

Sendo assim, procurando prescrever o exercício com a maior efetividade possível, foi necessário construirmos uma metodologia de avaliação e prescrição individual de treinamento. Para tal, inicialmente os animais foram submetidos a um teste de carga incremental de lactato pré treinamento. A partir dos resultados deste teste, foram definidas as cargas

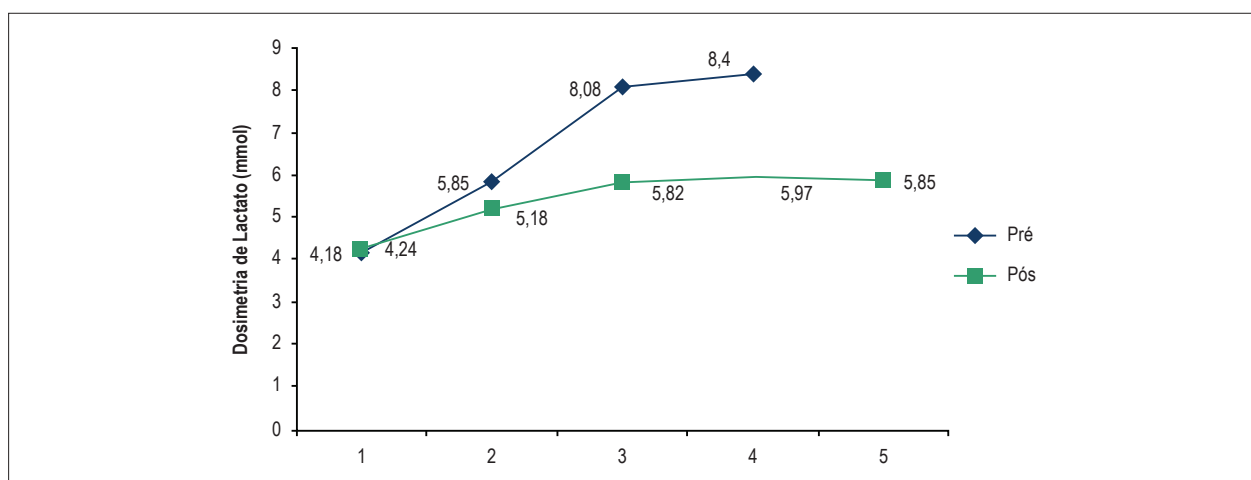


Gráfico 1 – Comparação entre os teste de lactato pré versus pós treinamento do GTI.

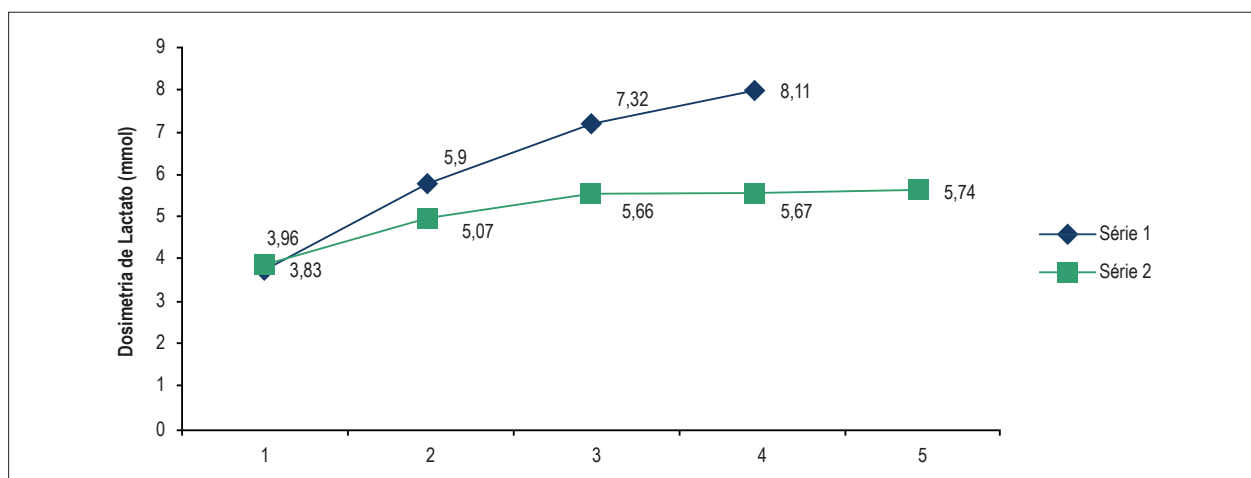


Gráfico 2 – Comparação entre os teste de lactato pré versus pós treinamento do GTC.

de treinamento ideal de cada animal de acordo com sua randomização (GTC ou GTI). Uma vez definida a carga de treinamento, definiu-se que o modelo de progressão de carga utilizado seria o de aumento de volume (a cada duas semanas) conforme periodização pré-estabelecida.

Ao final do programa de treino, o teste de lactato foi repetido com o objetivo de avaliar o efeito do treinamento. Quando comparados os resultados intragrupos pré- e pós-treino dos grupos GTI e GTC, nota-se um deslocamento nos gráficos do LL para a direita (Gráficos 1 e 2) o que demonstra um positivo efeito de treinamento, ou seja, os animais toleraram uma maior carga de treinamento com similar consumo de energia. O limiar anaeróbico tem sido utilizado como uma medida de condicionamento físico em pacientes com DCV, bem como em sujeitos saudáveis a fim de se avaliar os efeitos do treinamento sendo, dessa forma, um indicador sensível do estado do condicionamento aeróbio.¹⁵ Além disso, a mensuração do LL estabelece uma intensidade efetiva do treinamento relacionada

à dinâmica metabólica aeróbica dos músculos ativos. Este comportamento do efeito de treinamento tem grande aplicabilidade prática, pois pode-se perceber a melhora do condicionamento físico dentro das sessões de treino.¹⁶

No entanto, quando comparados os resultados de melhora intergrupos, nota-se que não houve diferença significativa entre os métodos GTI e GTC (Tabela 4). Isto quer dizer que os dois modelos produziram efeito de treinamento similar nesta amostra. Além disso, percebe-se que não houve diferença entre os testes pré- e pós-período de treinamento do grupo controle, o que era esperado, pois o repouso não pode promover efeito favorável de treino. Nota-se também na tabela 1 que, quando comparados dois a dois houve diferença significativa entre os grupos treinados (GTC e GTI) e o GC.

O fato de GTI e GTC terem apresentado semelhança após período de treinamento pode ser justificado por estudos^{17,18} que salientam que ainda não há evidências que possam especificar

a superioridade de um método de prescrição de exercício sobre o outro na melhoria da capacidade aeróbica. No entanto, o estudo de Vona et al.,¹¹ concluiu que ambos os métodos ou a combinação deles é eficiente e segura para corrigir disfunção endotelial após IAM recente. Já Schjerve et al.,¹² em seu estudo, mostraram que o exercício intervalado de alta intensidade melhorou a função endotelial de maneira mais eficaz que o exercício contínuo de moderada intensidade, além de reduzir os riscos cardiovasculares.

Importante destacar que o treinamento de alta intensidade, tende a melhorar mais o VO_2 máximo ou a tolerância ao lactato do que o limiar anaeróbico (ou LL), ao contrário do treinamento contínuo, que melhora exclusivamente o LL e não necessariamente o VO_2 pico. Como o objetivo do teste incremental aplicado neste estudo foi definir o LL para aplicar a carga de treino ideal, a diferença promovida na máxima capacidade física não foi medida, que poderia ser favorável ao treinamento intervalado.

Como o treinamento intervalado tem sido estudado recentemente em programas de reabilitação cardíaca e as periodizações desta modalidade ainda não terem sido claramente definidas, é possível que modificando-se o número de repetições do treino e suas pausas para descanso, encontrem-se resultados mais positivos e favoráveis a este tipo de exercício quando comparado ao exercício contínuo.¹⁹ Acredita-se que a mesma prescrição realizada para os animais neste estudo pode ser realizada para pacientes pós IAM iniciantes em programa de reabilitação.

Conclusão

Por meio do presente estudo, foi possível concluir que o treinamento de alta intensidade, acima do LL, não resultou em piora da função ventricular, demonstrando-se seguro para animais pós-IAM. Além disso, os dois métodos de treinamento propostos demonstraram melhora da aptidão cardiorrespiratória dos animais.

Referências

1. Balady GJ, Williams MA, Ades PA, Bittner V, Comoss P, Foody JM, et al; American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee, the Council on Clinical Cardiology; American Heart Association Council on Cardiovascular Nursing; American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention; American Heart Association Council on Physical Activity, Physical Activity, and Metabolism; American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. (2007) Core components of cardiac rehabilitation / secondary prevention programs: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee, the Council on Clinical Cardiology; the Councils on Cardiovascular Nursing, Epidemiology and Prevention, and Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation*. 2007;115(20):2675-82. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.180945.
2. Piegas LS, Avezum A, Pereira JC, Rossi Neto JM, Hoepfner C, Farran JA, et al; AFIRMAR Study Investigators. Risk factors for myocardial infarction in Brazil. *Am Heart J*. 2003;146(2):331-8. doi: 10.1016/S0002-8703(03)00181-9.
3. Cortez AA, Ferraz A, Nóbrega AC, Brunetto AF, Herdy AH, Hossri CA, et al. Diretriz de reabilitação cardiopulmonar e metabólica: aspectos práticos e responsabilidades. *Arq Bras Cardiol*. 2006;86(1):74-82. doi: 10.1590/S0066-782X2006000100011.
4. Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognum O, Haram PM, et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation*. 2007;115(24):3086-94. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.675041.
5. Zhang LQ, Zhang XQ, Musch TI, Moore RL, Cheung JY. Sprint training restores normal contractility in postinfarction rat myocytes. *J Appl Physiol*. 2000;89(3):1099-105. PMID: 10956356.
6. Benito B, Gay-Jordi G, Serrano-Mollar A, Guasch E, Shi Y, Tardif JC, et al. Cardiac arrhythmogenic remodeling in a rat model of long-term intensive exercise. *Circulation*. 2011; 123(1):13-22. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.938282.

Limitação do estudo

Uma possível limitação seria a utilização do lactímetro portátil e não da micropipeta.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Winter SCN, Macedo RM, Meira LF, Guarita-Souza LC; Obtenção de dados: Winter SCN, Francisco JC, Santos PC, Lopes APS, Meira LF; Análise e interpretação dos dados: Winter SCN, Macedo RM, Santos PC, Lopes APS, Guarita-Souza LC; Análise estatística: Winter SCN, Macedo RM, Guarita-Souza LC; Redação do manuscrito: Winter SCN, Macedo RM, Carvalho KAT, Faria Neto JR, Guarita-Souza LC; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Winter SCN, Macedo RM, Francisco JC, Carvalho KAT, Faria Neto JR, Macedo ACB, Guarita-Souza LC.

Potencial conflito de interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação acadêmica

Este artigo é parte de dissertação de Mestrado de Simone de Campos Neitzke Winter pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Aprovação ética e consentimento informado

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Experimentação Animal do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) sob o número de protocolo 723/2012.

7. Cosmo S, Francisco JC, Cunha RC, Macedo RM, Faria-Neto JR, Simeoni R, et al. Effect of exercise associated with stem cell transplantation on ventricular function in rats after acute myocardial infarction. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2012;27(4):542-51. doi: <http://dx.doi.org/10.5935/1678-9741.20120096>.
8. Xu X, Wan W, Ji L, Lao S, Powers AS, Zhao W, et al. (2008) Exercise training combined with angiotensin II receptor blockade limits post-infarct ventricular remodelling in rats. *Cardiovasc Res.* 2008;78(3):523-32. doi: [10.1093/cvr/cvn028](https://doi.org/10.1093/cvr/cvn028).
9. Voltarelli FA, Mello MA, Gobatto CA. Limiar anaeróbico determinado pelo teste do lactato mínimo em ratos: efeito dos estoques de glicogênio muscular e do treinamento físico. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* 2004;4(3):16-25.
10. Manchado FB, Gobatto CA, Contartezze RV, Papoti M, Mello MA. The maximal lactate steady state is ergometer-dependent in experimental model using rats. *Rev Bras Med Esporte.* 2006;12(5):259-62. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922006000500007>.
11. Vona M, Codeluppi GM, Iannino T, Ferrari E, Bogousslavsky J, von Segesser LK. Effects of different types of exercise training followed by detraining on endothelium-dependent dilation in patients with recent myocardial infarction. *Circulation.* 2009;119(12):1601-8. doi: [10.1161/CIRCULATIONAHA.108.821736](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.821736).
12. Schjerve IE, Tyldum GA, Tjonna AM, Stolen T, Loennechen JP, Hansen HE, et al. Both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults. *Clin Sci (Lond).* 2008;115(9):283-93. doi: [10.1042/CS20070332](https://doi.org/10.1042/CS20070332).
13. Neilan TG, Januzzi JL, Lee-Lewandrowski E, Ton-Nu TT, Yoerger DM, Jassal DS, et al. Myocardial injury and ventricular dysfunction related to training levels among nonelite participants in the Boston marathon. *Circulation.* 2006;114(22):2325-33. doi: [10.1161/CIRCULATIONAHA.106.647461](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.647461).
14. Gaudron P, Hu K, Schamberger R, Budin M, Walter B, Ertl G. Effect of endurance training early or late after coronary artery occlusion on left ventricular remodeling, hemodynamics, and survival in rats with chronic transmural myocardial infarction. *Circulation.* 1994;89(1):402-12. doi: <https://doi.org/10.1161/01.CIR.89.1.402>.
15. Wasserman K, McIlroy MB. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Cardiol.* 1964;14(6):844-52. doi: [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(64\)90012-8](https://doi.org/10.1016/0002-9149(64)90012-8).
16. Olbrecht J, Cunha RR, Cunha VN, Segundo PR, Moreira SR, Kokubun E, et al. Determination of the lactate threshold and maximal blood lactate steady state intensity in aged rats. *Cell Biochem Funct.* 2009;27(6):351-7. doi: [10.1002/cbf.1580](https://doi.org/10.1002/cbf.1580).
17. Olbrecht J, Madsen O, Mader A, Liesen H, Hollman W. Relationship between swimming velocity and lactic acid concentration during continuous and intermittent training exercise. *Int J Sports Med.* 1985;6(2):74-7. doi: [10.1055/s-2008-1025816](https://doi.org/10.1055/s-2008-1025816).
18. Cornish AK, Broadbent S, Cheema BS. Interval training for patients with coronary artery disease: systematic review. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(4):579-89. doi: [10.1007/s00421-010-1682-5](https://doi.org/10.1007/s00421-010-1682-5).
19. de Macedo RM. Fisioterapia cardiopulmonar: um novo conceito para o tratamento em fase hospitalar. Curitiba (PR): Juruá Editora; 2012.

