

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Programa Multicêntrico de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas
Liliane Vanessa Costa Pereira

TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE TRADICIONAL *VERSUS*
ACUMULADO: EFEITOS DO TREINAMENTO E DESTREINAMENTO SOBRE OS
FATORES DE RISCO PARA DOENÇA CARDÍACA, FUNÇÃO E ESTRUTURA
CARDÍACA EM RATOS WISTAR

Diamantina-MG
2020

Liliane Vanessa Costa Pereira

TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE TRADICIONAL *VERSUS*
ACUMULADO: EFEITOS DO TREINAMENTO E DESTREINAMENTO SOBRE OS
FATORES DE RISCO PARA DOENÇA CARDÍACA, FUNÇÃO E ESTRUTURA
CARDÍACA EM RATOS WISTAR

Tese apresentada ao Programa Multicêntrico de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas da Sociedade Brasileira de Fisiologia, nível doutorado, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Professor Dr. Marco Fabrício Dias Peixoto - UFVJM

**Diamantina - MG
2020**

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P436t

Pereira, Liliane Vanessa Costa

Treinamento intervalado de alta intensidade tradicional versus acumulado: efeitos do treinamento e destreinamento sobre os fatores de risco para doença cardíaca, função e estrutura cardíaca em ratos wistar / Liliane Vanessa Costa Pereira, 2020.

82 p.: il.

Orientador: Marco Fabrício Dias Peixoto

Tese (Doutorado– Programa Multicêntrico de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas da Sociedade Brasileira de Fisiologia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020.

1. Doenças crônicas não transmissíveis. 2. Coração. 3. Exercício fracionado. 4. Exercício físico intenso. 5. *Langendorff*. 6. Destreino. I. Peixoto, Marco Fabrício Dias. II. Título. III. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 616.12

Ficha Catalográfica – Sistema de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária: Viviane Pedrosa – CRB6/2641

LILIANE VANESSA COSTA PEREIRA

**TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE TRADICIONAL
VERSUS ACUMULADO: EFEITOS DO TREINAMENTO E
DESTREINAMENTO SOBRE OS FATORES DE RISCO PARA DOENÇA
CARDÍACA, FUNÇÃO E ESTRUTURA CARDÍACA EM RATOS WISTAR**

Tese apresentada ao DOUTORADO
EM CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS, nível
de DOUTORADO como parte dos
requisitos para obtenção do título de
DOUTORA EM CIÊNCIAS
FISIOLÓGICAS

Orientador (a): Prof. Dr. Marco Fabricio
Dias Peixoto

Data da aprovação : 16/03/2020


Prof.Dr. MARCO FABRICIO DIAS PEIXOTO - UFVJM


Prof.Dr.ª ETEL ROCHA VIEIRA - UFVJM


Prof.Dr. VINICIUS DIAS RODRIGUES - UNIMONTES


Prof.Dr. REGINALDO GONÇALVES - UFMG


Prof.Dr. FERNANDO JOAQUIM GRILLO LOPES - UFVJM

*Dedico essa tese à memória de um homem sem titulação acadêmica,
mas inquestionavelmente, um dos mais sábios que conheci,
meu amado Tio Antônio Carlos Costa.
Essa conquista é nossa, Ti Tony!*

AGRADECIMENTOS

O caminho até aqui foi marcado por muitas adversidades. Houve momentos de desânimo, estresses, abdições, lágrimas e vontade de desistir. Felizmente, superei! Fui mais forte que as crises de depressão e ansiedade, que os sentimentos de incapacidade e, no final, aprendi a ultrapassar os limites de um diagnóstico. Além disso, serei mais uma doutora diamantinense, do Vale do Jequitinhonha, egressa da rede pública de ensino. Vinda de uma família de garimpeiros, sou a primeira portadora de diploma de graduação e um doutorado era imprevisível.

A emoção dessa conquista pode ser comparada aos momentos inesquecíveis junto a família reunida em volta da “bica do garimpo” para “lavar o serviço”, ou seja, descobrir se havia diamante naquele “cascalho” ou monte de areia e pedras extraído da terra. Meu avô, com a calça “arregaçada” e água até o joelho, mergulhava a “peneira”, retirava o “cascalho”, fazia movimentos circulares para dar vazão a água. Logo após, começávamos a, minuciosamente, observar o “cascalho”. Eu não conseguia diferenciar uma pedra comum de um diamante, mas quando os experts identificavam essa pedra preciosa, éramos surpreendidos por um misto de sentimentos, predominante festivos.

Obrigada, meu Deus, por mais uma conquista! A minha fé me amparou e fortaleceu, principalmente nos momentos de instabilidade. Obrigada, minha Nossa Senhora, por sempre interceder a Deus por mim!

Um agradecimento especial ao meu orientador Professor Dr. Marco Fabrício Dias Peixoto por me apresentar, ainda em 2010, ao universo da pesquisa científica. Ali, ainda uma aluna imatura do terceiro período do curso de Educação Física descobri o que queria para minha vida, queria ser doutora, queria ser ao menos a metade do profissional que ele é. Fabrício, obrigada pela compreensão, confiança e paciência durante todos esses anos. Obrigada por ser tão humano em situações muito sensíveis da minha vida e, do seu jeito, exigir o melhor de mim. Hoje estou realizada ao finalizar essa etapa e ainda mais grata por tudo que fez por mim.

Agradeço ao meu parceiro de vida, no sentido mais abrangente, Bruno Ferreira Mendes. A vida acadêmica nos aproximou e, “estranho seria se eu não me apaixonasse por você”. Você é minha referência de seriedade, competência e dedicação no âmbito acadêmico. Você me dedica, diária e despretensiosamente, amor, cuidado, amizade e proteção. Por dividir comigo as “dores e as delícias” do doutorado, com racionalidade e altruísmo. Agradecer a você, no papel, é pouco frente ao que você merece, mesmo assim, muito obrigada! Hoje estou mais próximo de ser doutora e, daqui a pouco, será sua vez. Te amo!

Aos meus pais, Eliana e Ildefonso, que infelizmente não tem o privilégio de possuir um diploma, mas sempre me subsidiaram e motivaram. Mãe, obrigada por nunca medir esforços para ser presente durante toda a minha vida, especialmente, a acadêmica. Pai, obrigada por me mostrar, com suas mãos calejadas e pele queimada de sol, o valor de ser honesto e humilde. Vocês são base de tudo. Amo vocês!

Minha irmã Letícia, por abdicar de sua vida pessoal e, de forma voluntária e extremamente sensível, assumir o compromisso de cuidar de mim durante esses últimos meses. Obrigada por ser forte, leal, otimista e encorajadora frente os desafios do doutorado. Meu irmão Samuel, por ser um exemplo de profissional, apesar da pouca idade. Seu entusiasmo, presteza e dedicação me inspiraram na árdua tarefa de conciliar o doutorado e o serviço público. Eu admiro, confio e amo muito vocês!

A minha enorme família, que tenho muito orgulho em pertencer, obrigada pela confiança e reconhecimento em mim e, sobretudo, pelo zelo. Vó Tina e Vô Duca, obrigada por serem refúgio de amor, carinho e conforto. Minha Segunda-mãe, mulher forte e resiliente, que enfrenta qualquer situação com amor e garra, porto seguro no doutorado e na vida. Meus tios e tias, cada um a sua maneira, incentivando e torcendo por esse título, fazendo muitas vezes esforços sobrenaturais para me ajudar. Meus muitos primos, tão queridos, obrigada por serem companheiros e conselheiros durante esse período e na vida. Minha afilhadinha, Juju, por ser tão amorosa e me motivar sempre a ser um exemplo para ela. Minha sobrinha do coração, Helena, com suas fotos meigas e áudios doces, via *Whatsapp*, que me acalantam. Aos demais familiares que contribuíram e vibram com essa conquista, obrigada!

Ao meu amigo, irmão que escolhi, Dirceu ou Di, por dividir comigo todos os seus saberes científicos desde 2011, além de ser fonte inesgotável de alegria, disposição, determinação e amor. Obrigada por tudo, se hoje me sinto tão perto desse título, saiba que sempre me espelhei em você. Te amo, meu eterno e fiel escudeiro!

Aos amigos do LETFis Talita, Cíntia e Caíque por serem mais que colegas de pós-graduação, por estarem presentes em todos os momentos. Por cada palavra amiga, abraço apertado, lágrimas, experimentos e momentos de descontração, muito obrigada! Nós seremos para sempre.

À equipe LETFis, anteriormente composta por Fabrício, Dirceu e eu, hoje formada por um grande número de excelentes profissionais incluindo alunos, técnicos e professores, agradeço pelos experimentos, troca de informações, cooperação e momentos extra laboratório. Aos que passaram e aos que permanecem, meu obrigada.

Às pessoas queridas que conheci na pós-graduação, Lauane, Jeanne, Sueli, Rosa, Karine e Camila, pela convivência amistosa, pelo respeito, colaboração, orações e experiências compartilhadas. Obrigada por estarem sempre por perto, vocês são amigas para a vida! Aos demais alunos do PMPGCF, pela disponibilidade e colaboração.

A todos os professores do PMPGCF por serem tão solícitos e competentes. De forma especial, Professora Dr^a Elizabete Esteves, pela amabilidade, atenção e generosidade incomparáveis. Professor Dr. Kinulpe Honorato, pela prestabilidade e alegria durante os experimentos e pós experimentos. Professor Dr. Ricardo Cassilhas por ser assíduo nos experimentos, discussões científicas e *happy hour* pós dias exaustivos de laboratório. Professora Dr^a Etel Rocha por sempre se atentar às sutilezas da pós graduação e ser resolutiva e confiante frente aos obstáculos.

A todos os docentes da UFVJM que participaram da minha formação acadêmica, singularmente, Professora Dr^a Liliane da Consolação Campos Ribeiro, xará e vizinha, que sempre me inspirou e incentivou durante a trajetória acadêmica.

Ao Departamento de Medicina da UFSJ, representados pelas servidoras Bruna Rios, Nathália Vasconcelos e Regina Lima, pela colaboração, cumplicidade e incentivo durante essa etapa. Sempre pude e posso contar com vocês, contem comigo sempre! A UFSJ por efetivar a minha primeira conquista profissional a qual foi decisiva no caminho até aqui.

Aos profissionais de saúde, Psicólogo Ráfel Maciel e Psiquiatra Bruno Amato, que com dedicação e competência atuam em prol da minha saúde.

A UFVJM por me possibilitar o diploma de graduação em Educação Física, o título de Mestre em Ciências Fisiológicas e, em breve, o título de Doutora. Às agências de fomento, CNPq e FAPEMIG pelo auxílio financeiro.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao Centro Integrado de Pós-graduação e Pesquisa em Saúde (CIPq) pela estrutura, equipamentos e suporte técnico para a realização dos experimentos.

Aos animais experimentais, sem os quais, esse estudo não seria possível.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, muito obrigada!

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”,
(Simone de Beauvoir)

RESUMO

O objetivo desse estudo foi comparar os efeitos do Treinamento Intervalado de Alta Intensidade realizado em sessão única (HIIT) ou acumulado em 3 sessões ao longo do dia (HIIT-ACUM) sobre os fatores de risco para doença cardíaca, função e estrutura cardíaca em ratos wistar. Também foi objetivo investigar os efeitos da interrupção do treinamento (destreinamento) sobre estes parâmetros. 72 ratos wistar com idade de 55-60 dias de vida foram distribuídos nos seguintes grupos experimentais: 1. Grupo exercício intervalado de alta intensidade sessão única (HIIT); 2. Grupo exercício intervalado de alta intensidade acumulado (HIIT ACUM); 3. Grupo controle sedentário (SED); 4. Grupo destreinamento exercício intervalado de alta intensidade sessão única (HIIT s-12); 5. Grupo destreinamento exercício intervalado de alta intensidade acumulado (HIIT ACUM s-12) e 6. Grupo controle destreinamento sedentário (SED s-12) para avaliar os efeitos dos protocolos de exercício nos momentos treinamento e destreinamento. Antes do início do treinamento, os animais foram submetidos a um teste de $VO_{2\text{máx}}$ para a prescrição do exercício e avaliação da capacidade aeróbia inicial. Após o teste, o treinamento em esteira foi iniciado e teve duração de 8 semanas para ambos os grupos treinados. O protocolo do grupo HIIT ACUM foi realizado em 3 sessões acumuladas ao longo do dia, (2 estímulos de 1' com um intervalo de 1' de recuperação passiva) enquanto o HIIT foi realizado em única sessão diária (6 estímulos de 1' de corrida a 85-100% do $VO_{2\text{máx}}$ intercalados com 5 intervalos de 1' recuperação passiva). O grupo SED permaneceu sem realizar exercício durante todo o período experimental. O destreinamento ocorreu em um período de 4 semanas nas quais interrompeu-se o treinamento dos animais. Durante todo período experimental as variáveis massa corporal, ingestão alimentar, percentual de gordura, tecido livre de gordura, consumo de oxigênio, pressão arterial caudal e frequência cardíaca foram monitoradas. Após a eutanásia, a função cardíaca foi avaliada pelo método de coração isolado de Langendorff e, a partir de amostras de coração e gordura visceral, foram feitas análises macro e microscópicas. O teste de Shapiro Wilk foi utilizado para verificar a normalidade dos dados e, posteriormente foram utilizadas análises de variância *one way* ou *two way* seguida de *post hoc* de Tukey ou Teste T de contraste com nível de significância de $p \leq 0,05$. Em relação ao treinamento, HIIT ACUM e HIIT apresentaram maiores valores de $VO_{2\text{máx}}$ (25 e 27%, respectivamente), maior percentual de mitocôndrias saudáveis (16 e 14%, respectivamente), $+dP/dT$ (44 e 46%, respectivamente) e $-dP/dT$ (43 e 44%, respectivamente) em relação ao grupo SED. Além disso, de forma similar, HIIT ACUM e HIIT foram eficientes em promover adaptações positivas sobre os fatores de risco para doença cardíaca. Ambos os grupos destreinados mantiveram, de forma parcial, as adaptações obtidas anteriormente.

Palavras chave: Doenças crônicas não transmissíveis, coração, exercício fracionado, exercício físico intenso, langendorff, destreino.

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the effects of HIIT ACCUM versus HIIT and detraining on risk factors for heart disease, cardiac function and structure in wistar rats. 72 wistar rats aged 55-60 days old were distributed in the following experimental groups: 1. High-intensity single-session interval exercise group (HIIT); 2. Accumulated high intensity interval exercise group (HIIT ACUM); 3. Sedentary control group (SED); 4. Detraining high-intensity interval training group single session (HIIT s-12); 5. Detraining group accumulated high-intensity interval exercise (HIIT ACUM s-12) and 6. Control group sedentary detraining (SED s-12) to evaluate the effects of exercise protocols during training and detraining. Before the start of training, the animals were subjected to a VO_{2max} test for the prescription of exercise and assessment of initial aerobic capacity. After the test, the treadmill training was started and lasted 8 weeks for both trained groups. The HIIT ACCUM group protocol was performed in 3 sessions accumulated throughout the day, (2 1' stimuli with a 1' passive recovery interval) while HIIT was performed in a single daily session (6 stimuli of 1' running at 85-100% of VO_{2max} interspersed with 5 intervals of 1' passive recovery). The SED group remained without exercising during the entire experimental period. The detraining took place in a period of 4 weeks in which the training of the animals was interrupted. Throughout the experimental period, body mass, food intake, fat percentage, fat-free tissue, oxygen consumption, blood pressure and heart rate were monitored. After euthanasia, cardiac function was assessed by the Langendorff isolated heart method and, from samples of heart and visceral fat, macro and microscopic analyzes were performed. The Shapiro Wilk test was used to verify the normality of the data and, subsequently, one-way or two-way analyzes of variance followed by Tukey's post hoc or T-test of contrast with a significance level of $p \leq 0.05$ were used. In relation to training, HIIT ACCUM and HIIT showed higher values of VO_{2max} (25 and 27%, respectively), higher percentage of healthy mitochondria (16 and 14%, respectively), $+dP/dT$ (44 and 46%, respectively) and $-dP/dT$ (43 and 44%, respectively) in relation to the SED group. In addition, similarly, HIIT ACCUM and HIIT were effective in promoting positive adaptations on risk factors for heart disease. Both untrained groups maintained, in part, the adaptations obtained previously.

Keywords: Chronic non-communicable diseases fractional exercise, intense physical exercise, Langendorff, detraining.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema ilustrativo do desenho experimental de 12 semanas	30
Figura 2 - Esquema ilustrativo do protocolo de treinamento HIIT.....	30
Figura 3 - Esquema ilustrativo dos protocolos de treinamento HIIT ACUM.....	31
Figura 4 - Parâmetros de caracterização dos animais experimentais.....	38
Figura 5 - Composição corporal pós treinamento.....	39
Figura 6 - Consumo de oxigênio em repouso.....	39
Figura 7 - Pressão arterial caudal e frequência cardíaca pré e pós treinamento.....	20
Figura 8 - Função cardíaca <i>ex vivo</i> pós treinamento.....	41
Figura 9 - Análise da hipertrofia cardíaca pós treinamento.....	42
Figura 10 - Análise da densidade volumétrica mitocondrial.....	43
Figura 11 - Parâmetros de caracterização dos animais pós treinamento e destreinoamento.....	44
Figura 12 - Composição corporal pós treinamento e destreinoamento.....	45
Figura 13 - Consumo de oxigênio em repouso pós treinamento e destreinoamento.....	45
Figura 14- Pressão arterial caudal e frequência cardíaca pós treinamento e destreinoamento.....	46
Figura 15 - Função cardíaca <i>ex vivo</i> pós treinamento e destreinoamento.....	47
Figura 16 - Hipertrofia cardíaca pós treinamento e destreinoamento.....	48
Figura 17 - Delta de variáveis experimentais.....	50
Figura 18 - Parâmetros de caracterização dos animais experimentais pós destreinoamento.....	51
Figura 19 - Composição corporal pós destreinoamento.....	52

Figura 20 - Consumo de oxigênio em repouso pós destreinoamento.....	52
Figura 21 - Pressão arterial caudal e frequência cardíaca pós destreinoamento.....	53
Figura 22 - Função cardíaca <i>ex vivo</i> pós destreinoamento.....	54
Figura 23 - Hipertrofia cardíaca pós treinamento.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Progressão do protocolo de treinamento físico.....	33
Tabela 2: Comparação das adaptações pós treinamento.....	62
Tabela 3: Adaptações treinamento <i>versus</i> destreinoamento.....	63
Tabela 4: Delta adaptações do destreinoamento – treinamento.....	64
Tabela 5: Comparação das adaptações pós destreinoamento.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVEs - Acidentes vasculares encefálicos

DCNT - Doenças crônicas não transmissíveis

DEST - Grupo experimental destreinado

DEXA - absorvometria radiológica de dupla energia

EPOC - *Excess post-exercise oxygen consumption*

FC - Frequência cardíaca

FCMáx – Frequência cardíaca máxima

HIIT - *high intensity interval training*

HIIT ACUM s-0 - Grupo experimental exercício acumulado de alta intensidade no momento inicial do protocolo

HIIT ACUM s-8 - Grupo experimental exercício intervalado de alta intensidade acumulado após o treinamento

HIIT ACUM s-12 - Grupo experimental exercício intervalado de alta intensidade acumulado após o destreinamento

HIIT s-0 - Grupo experimental exercício intervalado de alta intensidade período prévio ao treinamento

HIIT s-8 – Grupo experimental exercício intervalado de alta intensidade após o treinamento

HIIT s-12- Grupo experimental exercício intervalado de alta intensidade acumulado após o destreinamento

PA - Pressão arterial caudal

PGC-1 α - Coativador-1 do receptor ativado por proliferador de peroxissoma gama

PLB - Fosfolambam

SED - Grupo experimental sedentário

SED s-0 - Grupo experimental sedentário no momento inicial do protocolo

SED s-8 - Grupo experimental sedentário no momento final do protocolo

SED s-12 - Grupo experimental sedentário no momento após o destreinamento

SHR – Ratos espontaneamente hipertensos

SERCA - Sarco-endo retículo Ca^{2+} - ATPase

VO_2 basal - Consumo de oxigênio durante o repouso

$\text{VO}_{2\text{Máx}}$ - Consumo máximo de oxigênio durante o exercício

+dp/dT - Máximo desenvolvimento de pressão (índice de contratilidade cardíaca)

-dp/dT - Mínimo desenvolvimento de pressão (índice de relaxamento cardíaco)

ÍNDICE

1.INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1O sedentarismo e os fatores de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares	17
2.2O treinamento físico aeróbico e a prevenção/tratamento das doenças cardiovasculares	18
2.3Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT)	19
2.4 Treinamento físico com exercícios de forma acumulada	21
2.5Destreinamento	23
3.JUSTIFICATIVA	24
4.OBJETIVOS	26
5.MATERIAIS E MÉTODOS	26
5.1 Animais e condições experimentais	26
5.2 CÁLCULO AMOSTRAL	27
5.3 Desenho experimental	27
5.4 PROTOCOLOS DE EXERCÍCIO	28
<i>5.4.1 Grupo exercício intervalado de alta intensidade sessão única (HIIT)</i>	29
<i>5.4.2 Grupo exercício intervalado de alta intensidade acumulado (HIIT ACUM)</i>	30
<i>5.4.3 Grupo sedentário (SED)</i>	31
<i>5.4.4 Grupo destreinamento (DEST)</i>	31
5.5 Procedimento de análises	31
<i>5.5.1 Massa Corporal</i>	31
<i>5.5.2 Calorimetria</i>	32
<i>5.5.2.1 Consumo máximo de oxigênio durante o exercício</i>	32
<i>5.5.2.2 Consumo máximo de oxigênio em repouso</i>	32
<i>5.5.3 Percentual de gordura corporal e tecido livre de gordura</i>	32
<i>5.5.4 Aferição da Pressão Arterial Caudal e Frequência cardíaca</i>	33
<i>5.5.5 Eutanásia</i>	33
<i>5.5.6 Análise da função cardíaca ex vivo</i>	33
<i>5.5.7 Massa do coração e gordura visceral</i>	34
<i>5.5.8 Microscopia eletrônica</i>	34
6. ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
7. RESULTADOS	35
8. DISCUSSÃO	53
9. SUMÁRIO DE RESULTADOS	60
10. CONCLUSÃO	66
11. PERSPECTIVAS	67
12. REFERÊNCIAS	68