

1 2 9 0



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Marco Antônio Rabelo da Silva

**MODOS DE TREINO COMBINADO E EFEITOS EM VARIÁVEIS
IMUNOINFLAMATÓRIAS E CARDIOMETABÓLICAS DE
PESSOAS COM RISCO CARDIOVASCULAR**

**Tese de Doutoramento em Ciências do Desporto, Ramo de
Atividade Física e Saúde, orientada pelo Professor Doutor Raul Agostinho Simões Martins
e pelo Professor Doutor Manuel Teixeira Veríssimo, apresentada à Faculdade de Ciências do
Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.**

Outubro de 2020

Marco Antônio Rabelo da Silva

**MODOS DE TREINO COMBINADO E EFEITOS EM VARIÁVEIS
IMUNOINFLAMATÓRIAS E CARDIOMETABÓLICAS DE PESSOAS
COM RISCO CARDIOVASCULAR.**

Tese de Doutoramento em Ciências do Desporto, apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra com vista à obtenção do grau de doutor em Ciências do Desporto, Ramo de Atividade Física e Saúde

Orientadores:

Prof. Doutor Raul Agostinho Simões Martins

Prof. Doutor Manuel Teixeira Marques Veríssimo

Coimbra, 2020

Silva, M. A. R. (2020). *Modos de treino combinado e efeitos em variáveis imunoinflamatórias e cardiometabólicas de pessoas com risco cardiovascular*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese ao Criador, à minha família e ao amor.

*“Onde houver erro, que eu leve a verdade
Onde houver desespero, que eu leve a esperança
Onde houver tristeza, que eu leve a alegria
Onde houver trevas, que eu leve a luz...”*

AGRADECIMENTOS

Como homem de fé, agradeço primeiramente ao Criador da minha vida e existência, que me deu livre arbítrio para chegar até este momento.

Para chegar aos agradecimentos da tese, muitos foram os caminhos que tive que percorrer – iniciei o percurso em Belém do Pará (cidade mais bela da Amazônia), terminei em Coimbra (melhor cidade de Portugal). Todo o caminho percorrido foi repleto de aprendizagens, desafios, derrotas e vitórias, os quais devo agradecer a muitas pessoas. De entre todas as pessoas, destaco:

O meu Orientador, Prof. Doutor Raul Agostinho Simões Martins, um verdadeiro “pai académico”. As suas orientações, ajuda, ideias e capacidade foram as melhores possíveis. O meu olhar sobre a nossa profissão e a minha forma de atuar e de tentar transformar a realidade mudaram (melhoraram) após ser seu aluno e orientando.

O meu Coorientador, Prof. Doutor Manuel Teixeira Marques Veríssimo, o qual foi de extrema importância para que diversas análises deste trabalho fossem realizadas (por meio da Associação para o Estudo e Investigação em Geriatria e Nutrição Clínica). Só a sua presença solucionava diversos desafios, e, quando falava, não havia questão que não fosse solucionada.

O Prof. Doutor Polybio Serra e Silva e a Dr^a Aurora Branquinho que me ajudaram muito profissionalmente (por meio da Fundação Portuguesa de Cardiologia), academicamente (eram os médicos de todos os testes) e pessoalmente (foram verdadeiros amigos).

Toda a equipa da Câmara Municipal da Mealhada, Administração Regional de Saúde do Centro, Santa Casa da Misericórdia da Mealhada e Hospital da Misericórdia da Mealhada, os quais em conjunto com as instituições citadas anteriormente promoveram o estimado projeto “O Coração é a Razão”, um verdadeiro “agente transformador” na região da Mealhada. De modo especial, agradeço à Enfermeira Ana Carina Soares, excelente profissional que me ajudou em infinitos aspetos para que o projeto se realizasse e continuasse.

A Prof. Doutora Helena Loureiro, que muito contribuiu para diversos aspetos do projeto, principalmente, nos exames que avaliaram a composição corporal.

A minha estimada Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra. Foram muitos anos investidos nessa instituição, os quais me proporcionaram as melhores vivências, grandes colegas, colaboradores e amigos (Fátima Rosado, Elias de França, Liliana Baptista, Rafael Neves, Mônica Rezende, Vandeson Ferreira, Igor Dias, Eder Gonçalves, Tatiana Luz, Rafael Firpo, Mohamed Hijazi, Gustavo Mizrahi, Bruno Prazeres, Fernando Carvalho e muitos mais). De modo especial, agradeço a todos os professores desta instituição, pois saio um outro homem após o processo de formação proposto pelos senhores.

Agradeço a Issae Sano, por toda a amizade, cumplicidade, sentimentos, paciência, apoio e por acreditar no meu potencial.

Por último, porém muito mais especial, agradeço à minha família por sempre incentivar a educação. De modo específico, agradeço: 1) à minha mãe - Maria do Carmo Rabelo da Silva – por todos os sacrifícios e abdições que fez para que os seus filhos tivessem a melhor vida/educação possível; 2) ao meu irmão – Cezar Antônio Rabelo da Silva – por toda a parceria, ajuda e contribuição durante a minha vida; 3) ao meu padrasto - Daniel da Silva Colares – por querer fazer parte desta família e contribuir para a manutenção do bom relacionamento da mesma; 4) ao meu saudoso pai – Antônio das Graças Trindade da Silva – um homem de coração incrível, que deixou muitos ensinamentos e bons exemplos. Foi uma honra ter convivido com o senhor.

Este autor que se esforçou muito para realizar o seu sonho e da sua família: Ser um Professor Doutor.

Muito obrigado!

RESUMO

O processo de envelhecimento relaciona-se com alterações fisiológicas, incluindo a diminuição da funcionalidade e autonomia, que se repercutem na saúde em geral, na qualidade de vida e no risco cardiovascular (RCV). O objetivo desta tese consistiu em analisar os efeitos de dois protocolos de treino concorrente (TC) – duração de 12 semanas; 3 sessões/semana; 50 minutos/sessão – em variáveis imunoinflamatórias e cardiometabólicas, em pessoas de meia-idade e idosos ($67,0 \pm 6,7$ anos), com RCV elevado. Os participantes ($N = 39$) foram distribuídos aleatoriamente por 3 grupos: Grupo CT – efetuou treino aeróbio contínuo e treino de força; Grupo HIT – efetuou treino aeróbio intervalado de alta intensidade e treino de força; Grupo CON – não efetuou qualquer treino formal ou estruturado. A qualidade de vida relacionada com a saúde (QVRS) foi avaliada pelo questionário *Short Form Health Survey 36 Item* (SF-36), verificando-se que o Grupo CT melhorou a saúde geral ($P = 0,031$) e o Grupo HIT aumentou a função social ($P = 0,022$), a componente física ($P = 0,042$) e o *score* total do SF-36 ($P = 0,032$). No Grupo COM, não foram registadas quaisquer alterações na QVRS ($P > 0,05$). No Grupo CT, foram observados aumentos na velocidade máxima do teste de aptidão cardiorespiratória – ACR ($P = 0,017$), na duração do teste ($P = 0,014$) e na potência dos membros inferiores ($P = 0,002$), acompanhados por redução na perceção do esforço pós-teste ($P = 0,041$). No Grupo HIT, foram observados aumentos na velocidade máxima do teste de ACR ($P = 0,016$), na duração do teste ($P < 0,001$), na potência dos membros inferiores ($P = 0,05$), no VO_2 pico ($P = 0,004$) e na FCrepouso ($P = 0,030$). No Grupo CON, foi observada a redução da perceção do esforço pós-teste ($P = 0,034$), sem alterações na QVRS ou na aptidão funcional ($P > 0,05$). A circunferência da cintura diminuiu no Grupo CT ($P = 0,019$) e no Grupo HIT ($P = 0,003$). O Grupo HIT reduziu ainda a glicemia em jejum ($P = 0,014$), o colesterol das lipoproteínas de baixa densidade – C-LDL ($P = 0,022$), a insulina ($P = 0,034$) e o modelo de avaliação da homeostase ($P = 0,028$). No Grupo CON, não foram registadas alterações antropométricas ($P > 0,05$), mas verificou-se redução no C-LDL ($P = 0,031$). Os resultados permitem concluir que o protocolo HIT é globalmente mais eficaz na melhoria da QVRS, da ACR e do perfil metabólico de adultos de meia-idade e idosos com alto RCV.

Palavras-chave: qualidade de vida relacionada com a saúde; síndrome metabólica; risco cardiometabólico; treino concorrente; treino intervalado de alta intensidade; treino resistido; treino aeróbio e idosos.

ABSTRACT

Aging is a natural process that is related to increase cardiovascular risk (CVR), and natural physiological changes, which impact functionality, quality of life and health. The objective of this thesis was to analyze the effect of two concurrent training protocols (TC) – during 12 weeks; 3 sessions / week; 50 minutes / session - in middle-aged and elderly people (67.0 ± 6.7 years), with high CVR. Participants ($N = 39$) were randomly assigned to 3 groups: CT group – performed strength training (TF) and continuous aerobic training; HIT group – performed TF and high-intensity interval aerobic training; CON group – that included participants who did not exercise in a structured way. Health-related quality of life (HRQL) was assessed using the Short Form Health Survey 36 Item questionnaire (SF-36), verifying that the CT Group improved overall health ($P = 0.031$) and the HIT Group increased function social ($P = 0.022$), the physical component ($P = 0.042$) and the total SF-36 score ($P = 0.032$). In the CON Group, there were no changes in HRQL ($P > 0.05$). In the CT group, increases were noted in the maximum speed of the cardiorespiratory fitness test - CRF ($P = 0.017$), in the duration of the test ($P = 0.014$) and in the power of the lower limbs ($P = 0.002$), accompanied by a reduction in the perception of post-test effort ($P = 0.041$). In the HIT Group, increases were observed in the maximum speed of the CRF test ($P = 0.016$), in the test duration ($P < 0.001$), in the power of the lower limbs ($P = 0.050$) and in the VO_{2peak} ($P = 0.004$), accompanied by a reduction in resting heart rate ($P = 0.030$). In the CON Group, there was a reduction in the perception of post-test effort ($P = 0.034$), with no changes in HRQL or functional fitness ($P > 0.05$). Waist circumference decreased in the CT group ($P = 0.019$) and in the HIT Group ($P = 0.003$). The HIT group also reduced fasting blood glucose ($P = 0.014$), low-density lipoprotein cholesterol - LDL-C ($P = 0.022$), insulin ($P = 0.034$) and the homeostasis assessment model ($P = 0.028$). In the CON group there were no anthropometric changes ($P > 0.05$), but there was a reduction in LDL-C ($P = 0.031$). Based on the results, HIT protocol is globally more effective in HRQL, CRF and metabolic profile of middle-aged and elderly adults with high CVR.

Keywords: health-related quality of life; metabolic syndrome; cardiometabolic risk; concurrent training; high intensity interval training; resistance training; aerobic training and elderly.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A

ACSM - American College of Sports Medicine

AF - Atividade física

ANOVA - Análise da variância

B

bpm - Batimentos por minuto

C

C-HDL - Colesterol de lipoproteínas de alta densidade

C-LDL - Colesterol de lipoproteínas de baixa densidade

CC - Circunferência da cintura

cm - Centímetros

CoT - Colesterol total

CON - Grupo controlo

CR-10 - *Category Ratio Scale*

CSF - Componente da saúde física

CSM - Componente da saúde mental

CT - Grupo de intervenção que utilizou o treino aeróbio contínuo

D

DAC - Doença cardiovascular aterosclerótica

DorF - Dor física

DCV - Doenças cardiovasculares

DE - Desempenho emocional

DEXA - Densitometria radiológica de dupla energia

DF - Desempenho físico

DM2 - Diabetes melito tipo 2

E

E - Estatura

ECG - Eletrocardiograma

EDTA - Ácido etilenodiaminotetracético

EF - Exercício físico

ESC - European Society of Cardiology

ESTESC - Escola Superior de Tecnologias da Saúde de Coimbra

ExEE - Gasto energético do exercício

F

FCDEF - Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra

FC_{EX} - frequência cardíaca média da sessão de treino

FC_{pico} - Pico da frequência cardíaca

FC_R - Frequência cardíaca de reserva

FC_{repouso} - Frequência cardíaca de repouso

FC_{teste} - Frequência cardíaca no final do teste

FF - Função física

FITT - Frequência, Intensidade, Tempo e Tipo de atividade

FS - Função social

H

HbA1c - Hemoglobina glicada

HIT - Grupo de intervenção que utilizou o treino aeróbio intervalado de alta intensidade

HMM - Hospital da Misericórdia da Mealhada

HOMA-IR - Modelo de avaliação da homeostase da resistência à insulina

I

ICC - Insuficiência cardíaca congestiva

IDF - International Diabetes Federation

IMC - Índice de massa corporal

inAF - Inatividade física

K

Kcal - Quilocaloria

Kg - Quilograma

Km/h - Quilómetros por hora

M

m² - Metros quadrados

MANOVA - Análise multivariada da variância

MC - Massa corporal

mg/dL - Miligramas por decilitro

mmHg - Milímetros de mercúrio

mmol/L – Milimoles por litro

MOS - Medical Outcomes Study

MS - Mudança de saúde

N

NSCA - National Strength and Conditioning Association

O

OMS - Organização Mundial de Saúde

P

PA - Pressão arterial

PAD - Pressão arterial diastólica

PAM - Pressão arterial média

PAS - Pressão arterial sistólica

PCR-as - Proteína C reativa de alta sensibilidade

PSE - Percepção subjetiva de esforço

Q

QGDT - Quilocaloria gasta durante o treino

QV - Qualidade de vida

QVRS - Qualidade de vida relacionada com a saúde

R

REE - Gasto de energia em repouso

RCV - Risco cardiovascular

RM - Repetições máximas

S

SG - Saúde geral

SF-36 - Medical Outcomes Study Short Form Health Survey - 36 item

SaM - Saúde mental

SM - Síndrome metabólica

T

TAIM - Treino aeróbio contínuo com intensidade moderada

TC - Treino concorrente

TD - Duração da sessão de treino

TF - Treino de força

TG - Triglicerídeos

TIAI - Treino intervalado de alta intensidade

TRIMP - Impulso de treino

V

V - Vitalidade

VO₂pico - Consumo pico de oxigénio

Símbolos/Siglas

~ - Aproximadamente

% - Percentagem

μ IU/mL - Microunidade por mililitro

μ L - Microlitro

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Estratificação do risco cardiovascular para o processo de triagem num programa de EF.....	10
Figura 2.1.1.3. Influência do sedentarismo e inAF em diversos aspetos relacionados com a saúde.....	13
Figura 2.1.1.5. Risco relativo de DCV e PA. O risco de desenvolver DCV duplica a cada 20/10 mmHg de aumento na PA	16
Figura 2.1.1.6. Relação log-linear entre níveis de C-LDL e risco relativo de doença coronariana	18
Figura 3.3. Fluxograma.....	43
Figura 3.4.3.5.2. Fórmula para calcular os <i>scores</i> do SF-36.....	51
Figura 3.6.1. Esquema ilustrativo da intervenção do exercício entre grupos	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.4.3.5.2. Descrição das oito dimensões que constituem o SF-36.....	48
Tabela 3.4.3.5.3. Descrição dos conteúdos e itens das escalas que constituem o SF-36.....	49
Tabela 3.4.3.5.4. Sistema de pontuação, transformação e valores do SF-36.....	50
Tabela 3.4.3.6. Escala de percepção subjetiva de esforço CR-10.....	52
Tabela 3.6.2. Exercícios de Treino de Força.....	60
Tabela 3.6.6. Periodização do Treino de Força.....	61
Tabela 3.7. Resumo dos procedimentos estatísticos em cada estudo.....	64
Tabela 4.1.4.2. Características iniciais dos participantes e comparações entre grupos, calculados a partir de uma MANOVA, controlando o efeito do sexo.....	78
Tabela 4.1.4.3. Qualidade de vida relacionada com a saúde inicial e comparação entre grupos calculada a partir de uma MANOVA, controlando o efeito do sexo....	78
Tabela 4.1.4.4. Diferenças entre as avaliações iniciais e finais na QVRS, calculadas a partir da ANOVA para medidas repetidas e tamanho do efeito.....	79
Tabela 4.2.4.1. Características iniciais e comparação entre grupos, calculadas a partir da MANCOVA, controlando o efeito do sexo.....	94
Tabela 4.2.4.3. Diferenças entre as avaliações após os programas de treino, calculadas com ANOVA para medidas repetidas. As diferenças também foram comparadas com MANCOVA, com sexo e idade como covariáveis.....	96
Tabela 4.3.3.2. Características demográficas e clínicas dos participantes na linha de base e comparação entre grupos, calculados a partir de uma MANOVA, controlando o efeito de sexo e idade.	113
Tabela 4.3.3.3. Diferenças entre pré e pós-intervenção, entre os grupos e o tamanho do efeito da intervenção nos resultados morfológicos e hemodinâmicos, calculados a partir de uma análise de variância bidirecional (ANOVA) para medidas repetidas.....	115

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO.....	vi
ABSTRACT	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE TABELAS.....	iii
SUMÁRIO.....	iv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Preâmbulo.....	1
1.2. Objetivos e hipóteses de estudo.....	3
1.3. Pertinência do estudo.....	4
1.4. Definições operacionais.....	5
1.5. Pressupostos e delimitações.....	6
2. Revisão de literatura	9
2.1. Risco cardiovascular e doenças cardiovasculares.....	9
2.1.1. Fatores de risco.....	11
2.1.1.1. Idade e histórico familiar	11
2.1.1.2. Tabagismo	11
2.1.1.3. Inatividade física.....	12
2.1.1.4. Obesidade	14
2.1.1.5. Hipertensão.....	15
2.1.1.6. Dislipidemia.....	16
2.1.1.7. Diabetes	19
2.1.1.8. Redução de inflamação.....	21
2.2. Síndrome metabólica	22
2.3. Qualidade de vida e SF-36.....	25
2.4. Atividade física.....	27
2.4.1. Efeitos do exercício físico na síndrome metabólica e doenças cardiovasculares.....	28
2.4.2. Efeitos do exercício físico na qualidade de vida relacionada com a saúde	31
2.5. Treino concorrente no risco cardiovascular, síndrome metabólica e qualidade de vida	32
3. Metodologia.....	37
3.1. Introdução.....	37

3.2. Variáveis.....	38
3.2.1. Parâmetros cardiorrespiratórios	38
3.2.2. Aptidão Física Funcional.....	38
3.2.3. Parâmetros antropométricos	39
3.2.3.1. Medidas antropométricas simples	39
3.2.3.2. Medidas antropométricas compostas	39
3.2.4. Questionários	39
3.2.4.1. Histórico de saúde	39
3.2.4.2. Qualidade de vida	40
3.2.5. Parâmetros sanguíneos	40
3.2.5.1. Perfil lipídico	40
3.2.5.2. Perfil glicémico.....	40
3.2.5.3. Marcador inflamatório.....	41
3.2.5.4. Marcador de intensidade.....	41
3.2.6. Parâmetros hemodinâmicos.....	41
3.3. Amostra	41
3.4. Administração dos testes.....	43
3.4.1. Procedimentos anteriores à realização dos testes	44
3.4.2. Equipa de observadores	44
3.4.3. Instrumentos e equipamento utilizados	44
3.4.3.1. Aptidão física funcional.....	44
3.4.3.2. Antropometria.....	45
3.4.3.3. Aptidão cardiorrespiratória.....	45
3.4.3.4. Parâmetros sanguíneos.....	46
3.4.3.5. Questionários e saúde	47
3.4.3.5.1. Histórico de saúde	47
3.4.3.5.2. Qualidade de vida	47
3.4.3.5.3. Ingestão alimentar.....	51
3.4.3.6. Escala de perceção subjetiva de esforço.....	51
3.4.3.7. Pressão arterial e frequência cardíaca.....	52
3.4.3.8. Programas informáticos	53
3.4.4. Protocolos utilizados.....	53
3.4.4.1. Aptidão física.....	53
3.4.4.2. Antropometria.....	55
3.4.4.3. Parâmetros sanguíneos.....	56
3.4.4.4. Questionários.....	56
3.4.4.5. Pressão arterial e frequência cardíaca.....	56
3.4.5. Procedimentos	57

3.4.5.1. Preparação dos participantes	57
3.4.5.2. Sequência das avaliações	57
3.4.5.3. Recolha dos dados	58
3.4.5.4. Análise dos dados	59
3.6. Programa de exercício físico	59
3.6.1. Componentes das sessões	59
3.6.2. Treino de Força	60
3.6.3. Treino aeróbio contínuo com intensidade moderada	60
3.6.4. Treino Intervalado de Alta Intensidade	61
3.6.5. Flexibilidade	61
3.6.6. Periodização	61
3.6.7. Impulso de treino	62
3.6.7. Gasto energético do exercício	62
3.7. Procedimentos de análise estatística	63
3.7.1. Cálculo do tamanho da amostra	64
4. RESULTADOS	65
4.1. Estudo I - Treino intervalado de alta intensidade melhora a qualidade de vida relacionada com a saúde em adultos e idosos com risco cardiovascular diagnosticado	67
4.1.1. Resumo	69
4.1.2. Introdução	69
4.1.3. Materiais e métodos	71
4.1.3.1. Desenho do estudo	71
4.1.3.2. Características da amostra	72
4.1.3.3. Intervenções e procedimentos	72
4.1.3.4. Programas de Exercício	73
4.1.3.5. Antropometria	74
4.1.3.6. Aptidão cardiorrespiratória	74
4.1.3.7. Qualidade de vida relacionada com a saúde	75
4.1.3.8. Histórico de saúde	76
4.1.3.9. Análise estatística	76
4.1.4. Resultados	77
4.1.4.1. Comparações iniciais	77
4.1.4.2. Comparações entre avaliações em Qualidade de Vida Relacionada com a Saúde	77
4.1.5. Discussão	79
4.1.6. Conclusão	81

4.2. Estudo II - Num programa de treino concorrente, o treino intervalado de alta intensidade é mais eficaz do que o treino aeróbio contínuo de intensidade moderada para melhorar a aptidão cardiorrespiratória em idosos com síndrome metabólica.	83
4.2.1. Resumo	85
4.2.2. Introdução	86
4.2.3. Metodologia.....	87
4.2.3.1. Desenho geral	87
4.2.3.2. Programas de exercícios	89
4.2.3.2. Aptidão cardiorrespiratória.....	91
4.2.3.2. Antropometria.....	91
4.2.3.3. Hemodinâmica.....	92
4.2.3.4. Potência muscular dos membros inferiores	92
4.2.3.5. Análise estatística	92
4.2.4. Resultados.....	93
4.2.4.1. Características iniciais	93
4.2.4.2. Características do treino	94
4.2.4.3. Comparações entre avaliações e grupos	95
4.2.4. Discussão	97
4.2.5. Conclusão	100
4.3. Estudo III - Os efeitos do treino concorrente, combinando exercício resistido e treino intervalado de alta intensidade ou treino contínuo de intensidade moderada, na síndrome metabólica.	101
4.3.1. Resumo	103
4.3.2. Introdução	104
4.3.2. Metodologia.....	105
4.3.2.1. Desenho do estudo.....	105
4.3.2.2. Intervenção	107
4.3.2.4. Resultados.....	108
4.3.2.4.1 Antropometria.....	108
4.3.2.4.2. Hemodinâmica.....	109
4.3.2.4.3. Análises sanguíneas	109
4.3.2.5. Cálculo do tamanho da amostra.....	110
4.3.2.8. Análise estatística	110
4.3.3. Resultados.....	112
4.3.3.1 Características da amostra	112
4.3.3.2 Comparação pré contra pós intervenção e entre grupos.....	112
4.3.4. Discussão	116
4.3.5. Conclusão	120
5. Discussão Geral	123

5.1 O impacto e tamanho do efeito do treino concorrente na percepção da qualidade de vida em adultos de meia-idade e idosos com risco cardiovascular moderado e elevado.....	123
5.2 O impacto do treino concorrente na aptidão cardiorrespiratória	125
5.3. O impacto do treino concorrente na síndrome metabólica	127
5.4. Pontos fortes e limitações.....	131
6. <i>Conclusões e recomendações</i>	133
6.1. Recomendações	135
7. <i>Bibliografia</i>	137
8. <i>Anexos</i>	151
8.1. Folha de Registo.....	151
8.2. Questionário Geral de Saúde e Atividade Física	152
8.3 QUESTIONÁRIO DE ESTADO DE SAÚDE (SF-36v2).....	156
8.4. Termo de consentimento livre e esclarecido	159
8.5. Treino intervalado de alta intensidade melhora a qualidade de vida relacionada com a saúde em adultos e idosos com risco cardiovascular diagnosticado.	161
8.6. Os efeitos do treino concorrente, combinando exercício resistido e treino intervalado de alta intensidade ou treino contínuo de intensidade moderada, na síndrome metabólica.	169

1. INTRODUÇÃO

1.1. Preâmbulo

A inatividade física (inAF) é um dos fatores de risco modificáveis para as doenças cardiovasculares (DCV) e metabólicas (Riebe et al., 2018) e, dado que mais de um quarto da população adulta mundial não pratica suficiente atividade física (AF), 1,4 biliões de pessoas encontram-se em situação de risco de desenvolvimento de doenças de natureza hipocinética (Guthold et al., 2018). Contrariamente, o aumento da AF diária proporciona benefícios na saúde das pessoas de todas as idades, nomeadamente reduzindo o risco das DCV, hipertensão, diabetes e cancro de mama e cólon (Guthold et al., 2018; Riebe et al., 2018). Concretamente em Portugal, de acordo com o Eurobarómetro (Special Eurobarometer Report, 2018), tem-se verificado um decréscimo na taxa de praticantes de desporto e exercício físico (EF) de 9%, em 2009, para somente 5%, em 2017.

Concomitantemente com o prevalente cenário de inAF, importa ter em consideração o processo de envelhecimento. De facto, associado ao envelhecimento, ocorre uma perda progressiva das funções fisiológicas e metabólicas, embora se verifique uma considerável heterogeneidade entre as pessoas, nomeadamente devido à variabilidade genética e a fatores ambientais que afetam o stresse oxidativo e a inflamação (Riebe et al., 2018). Por conseguinte, o sedentarismo e a ausência ou reduzida AF diminuem a expectativa de vida, ao predispor o indivíduo a doenças relacionadas com o avanço da idade e ao influenciarem o próprio processo de envelhecimento (Heyward e Gibson, 2014; Riebe et al., 2018).

Praticar AF regularmente, ou seja, ter um estilo de vida fisicamente ativo, promove vários benefícios no processo de envelhecimento e diminui o risco cardiovascular (RCV) e de doenças metabólicas, pois pessoas ativas são beneficiadas com a redução da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), resistência à insulina, inflamação, colesterol das lipoproteínas de baixa densidade (C-LDL), triglicéridos (TG) e gordura corporal (Pescatello et al., 2014; Riebe et al., 2018). Simultaneamente, a AF promove, entre outros,

o aumento do colesterol das lipoproteínas de alta densidade (C-HDL) e percepção da qualidade de vida – QV (Guyton e Hall, 2017; Rejeski et al., 1996; Riebe et al., 2018).

Na ausência de controlo dos fatores de RCV, a incidência e prevalência de DCV aumentam, incluindo os acidentes vasculares cerebrais (AVC) e enfartes do miocárdio, os quais são as primeiras causas de morte no mundo, com 17 milhões de ocorrências em 2008 (WHO 2014). Na realidade, a mortalidade por DVC é mais contundente particularmente nos países mais desenvolvidos e, embora se verifique uma tendência de diminuição do número de mortes, a incidência de DCV com caráter não fatal ainda poderá aumentar (Weiler e Alvar, 2013).

Outro ponto que este estudo busca abordar é a síndrome metabólica (SM), que está a transformar-se numa epidemia mundial, afetando 20-25% da população adulta globalmente, visto que, pelo menos 1,1 biliões de pessoas tem excesso de peso e obesidade, e a incidência da SM deverá aumentar, o que recomenda maior conhecimento de forma a permitir o tratamento adequado (IDF, 2006; James, Rigby e Leach, 2004; Raposo et al., 2017).

De um modo geral, alterações, indesejáveis ou desejáveis, de marcadores de risco de DCV resultam diretamente do estilo de vida, tal como foi abordado anteriormente. A deterioração de marcadores de risco de DCV — como a aptidão cardiorrespiratória (ACR) (Farrell et al., 2012; Mcauley et al., 2012), o C-LDL (Farrell et al., 2012) ou os indicadores de diabetes (Jakicic et al., 2013) e de adiposidade (Lee et al., 2012) — estão intimamente relacionados com estilos de vida sedentários. Efetivamente, o aumento dos níveis de EF leva a um incremento da ACR, proporcionando um fator cardioprotetor mesmo em pessoas portadoras de DCV ou metabólicas (Pescatello et al., 2014; Riebe et al., 2018). Consequentemente, a prática de EF é recomendada tanto na prevenção da SM, como na prevenção primordial e primária dos fatores de risco e da DCV (Ingle et al., 2017; Lakka e Laaksonen, 2007; Pedersen e Saltin, 2015).

Diversos tipos de terapias de doenças crónicas envolvem o treino físico com a finalidade de retardar ou reverter a progressão da doença. Embora os benefícios da prática regular de EF, particularmente com intensidade moderada, no controlo dos fatores de risco em doenças crónicas estejam hoje bastante conhecidos, a maioria das pessoas/pacientes continua fisicamente inativa (Pescatello et al., 2014). Um tipo de treino proposto

recentemente para combater a “inércia” que o sedentarismo provoca é o treino intervalado de alta intensidade (TIAI), que se concretiza pela mudança entre *sprints* curtos de exercício de alta intensidade e períodos de recuperação ou exercício leve. E tudo isso num curto período de treino, resultando em benefícios “mais rápidos” em variáveis associadas ao rendimento desportivo (Weston et al., 2014). Por conseguinte, acredita-se que seja interessante investigar a combinação dos efeitos do TIAI combinado com o treino de força em variáveis caracterizadoras da saúde cardiovascular, SM e QV, em adultos de meia-idade e idosos com moderado e elevado RCV.

1.2. Objetivos e hipóteses de estudo

O presente trabalho tem como objetivo a caracterização de variáveis imunoinflamatórias e cardiometabólicas, incluindo aptidão física, parâmetros metabólicos e morfológicos da SM e qualidade de vida relacionada com a saúde (QVRS) em pessoas com idade superior a 50 anos, com moderado e elevado RCV. Simultaneamente, serão analisadas as alterações ocorridas nas diversas variáveis, em consequência da prática de dois tipos de treino físico orientados para o desenvolvimento da ACR e da força muscular nos membros inferiores.

A delimitação do problema que motivou a presente pesquisa permite enunciar o seguinte conjunto de questões:

Como se caracteriza a aptidão física e que tipo de associações e em que grau se estabelecem com as variáveis antropométricas, os indicadores da SM e a QVRS?

Que alterações ocorrem na aptidão física na sequência de dois tipos de treino concorrente, em adultos de meia idade e idosos com moderado e elevado RCV?

Que alterações ocorrem na QVRS na sequência de dois tipos de treino concorrente, em adultos de meia idade e idosos com moderado e elevado RCV?

Que alterações ocorrem na SM na sequência de dois tipos de treino concorrente, em adultos de meia idade e idosos com moderado e elevado RCV?

Quais as diferenças entre os dois tipos de treino concorrente (força combinada com aeróbio contínuo com intensidade moderada ou intervalado de alta intensidade) que

ocorrem na percepção da QVRS, aptidão física funcional e nas variáveis que caracterizam a SM, em adultos de meia idade e idosos com moderado e elevado RCV?

Os objetivos definidos para o presente trabalho, derivados do conjunto de questões descritas acima, originam a colocação das seguintes hipóteses de estudo:

O treino concorrente, independentemente do tipo, contribui para a melhoria da percepção da QVRS, da aptidão física funcional e das variáveis que caracterizam a SM em adultos de meia-idade e idosos com moderado e elevado RCV.

A combinação do treino de força com aeróbio intervalado de alta intensidade é mais eficaz na percepção da QVRS, comparativamente com a combinação do treino de força com aeróbio contínuo.

A combinação do treino de força com aeróbio intervalado de alta intensidade é mais eficaz na aptidão física funcional, comparativamente com a combinação do treino de força com aeróbio contínuo.

A combinação do treino de força com aeróbio intervalado de alta intensidade é mais eficaz nas variáveis que caracterizam a SM, comparativamente com a combinação do treino de força com aeróbio contínuo.

1.3. Pertinência do estudo

Está bem estabelecido que o EF reverte, pelo menos em parte, a SM (Lakka et al., 2002), mas o nível e o tipo de treino necessários para evitar ou tratar a SM e as anormalidades cardiovasculares associadas permanecem indefinidos, principalmente no que diz respeito a um tipo de protocolo de treino ideal, quando se procura combinar o treino aeróbio e de força na mesma sessão (Schreuder et al., 2015; Fisher et al., 2013; Sousa et al., 2013; Tseng et al., 2013). Por conseguinte, parece pertinente e interessante aprofundar o conhecimento em relação a um tipo de protocolo de treino ideal para pessoas de meia-idade e idosas, com o objetivo de combater/tratar a SM e o RCV.

Num contexto em que a maior causa de morte no mundo são as DCV e em que se verificam elevados níveis de sedentarismo e progressivo envelhecimento, as sociedades carecerão de alterações comportamentais e novas abordagens em certos aspetos que se

traduzam em ganhos de longevidade mas também de QVRS. Na realidade, acredita-se que uma das melhores soluções para os problemas citados anteriormente é a consciencialização para a mudança do estilo de vida. O incremento dos níveis de prática de AF passa a ser necessário dentro da atual realidade, mas, no meio de uma sociedade imediatista, os benefícios propostos por um estilo de vida mais ativo têm que aparecer de forma mais rápida e eficaz.

A combinação do treino de força com o treino aeróbio, tendo como objetivo a melhoria de aspetos relacionados com a saúde, é algo recente que tem alguma discussão na comunidade científica, com os resultados ainda a carecerem de maior consolidação. A partir deste pressuposto, surge o interesse de realizar-se uma investigação que compare os efeitos do treino de força com treino aeróbio contínuo ou com treino aeróbio intervalado de alta intensidade, procurando assim descrever os efeitos desses programas em adultos de meia-idade e idosos, com RCV moderado e elevado.

Importa salientar que trabalhos que combinem o treino de força com o treino aeróbio intervalado de alta intensidade, na mesma sessão, são escassos. Para além de que, até ao presente momento, não há estudos que tenham aplicado esse tipo de treino a pessoas com características semelhantes às dos participantes do presente estudo. Paralelamente, procurou-se também compreender se há uma resposta mais “rápida” ao treino, resultante de intervenções de 12 semanas.

1.4. Definições operacionais

Com o objetivo de uniformizar a interpretação dos resultados, são consideradas as seguintes definições operacionais, que se referem aos fenómenos observáveis:

Aptidão física funcional – Capacidade física que diz respeito à realização das tarefas diárias normais, de forma autónoma, segura e sem fadiga excessiva (Rikli e Jones, 2001). Os testes incluídos para avaliar a aptidão física funcional permitiram avaliar a potência dos membros inferiores e a ACR.

Perfil morfológico – Para contemplar os atributos antropométricos, foram realizadas medidas simples (massa corporal – MC, estatura e circunferências da cintura –

CC), medidas compostas (índice de massa corporal – IMC) e medidas complexas através do exame DEXA (massa magra, gorda e percentual de gordura – %MG).

Parâmetros sanguíneos – Conjunto de parâmetros que são relativos aos perfis glicémico, lipídico e inflamatório.

Percepção da qualidade de vida – Perspetiva individual da QVRS, medida através de questionário autorreportado.

1.5. Pressupostos e delimitações

A conceção, aplicação experimental e processamento dos dados da presente investigação foram realizados com base em determinados pressupostos, tais como:

- a) A amostra selecionada representa uma distribuição normal, no que respeita às adaptações homeostáticas resultantes do EF.
- b) Estudo delimitado a pessoas adultas com idades entre os 50 e os 82 anos;
- c) É pressuposto que as recolhas sanguíneas sejam feitas em jejum, com o período mínimo de 48 horas, decorrido entre a realização dos esforços físicos (aulas e/ou sessões de treino), para que se interpretem adaptações crónicas ao EF;
- d) É pressuposto que realizem os testes e questionários com o maior empenho possível;
- e) É pressuposto que os participantes, no final do programa, voltem a realizar os mesmos testes e responder aos mesmos questionários que realizaram aquando do início do estudo.

Com base nos pressupostos enunciados, podem ser identificadas determinadas limitações à investigação:

- a) Falta de controlo, por parte do investigador, sobre o comportamento alimentar dos participantes, mesmo existindo um acompanhamento nutricional realizado por profissionais de nutrição;
- b) Os participantes não têm o mesmo volume semanal de prática de AF;

- c) Os instrumentos de avaliação da percepção de QVRS são complexos e facilmente influenciados pelo estado geral do utente no momento em que faz o preenchimento do questionário;
- d) Não há controlo, por parte do investigador, sobre outras variáveis do estilo de vida dos participantes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Risco cardiovascular e doenças cardiovasculares

As DCV apresentam uma importância muito relevante na economia e na sociedade. Consequentemente, muitas pesquisas foram e são realizadas para que se compreenda melhor e se trate com mais eficácia as DCV (Silverthorn et al., 2017). O *American College of Sports Medicine* (ACSM), até às suas diretrizes de 2014, orientava a estratificação dos riscos para DCV em baixo risco, risco moderado e alto risco (Riebe et al., 2018). A Figura 2.1 descreve os critérios para a estratificação de acordo com o ACSM (Pescatello et al., 2014).

As diretrizes atuais do ACSM (Riebe et al., 2018) propõem uma estratificação diferenciada para quem não realiza EF de forma regular e para quem realiza. Os que não praticam regularmente e não apresentam nenhum sinal ou sintomas de DCV, doença metabólica ou renal, não necessitam de recomendação médica para iniciar a prática de EF e podem treinar em qualquer intensidade (de forma orientada e progressiva). Já indivíduos que apresentam DCV, doença metabólica ou renal, de forma assintomática ou sintomática (independente do estado da doença), devem ter a autorização médica, para ingressar num programa de EF, com as recomendações de intensidade de acordo com as Diretrizes do ACSM (Riebe et al., 2018).

Pessoas que já praticam EF de forma regular, porém sem nenhuma sintomatologia de DCV, doença metabólica ou renal, podem dar continuidade no programa de EF. Para os que possuem DCV, doença metabólica ou renal, de forma assintomática, necessitam de autorização médica para realizar EF em intensidade vigorosa, isso caso queiram sobrepor a intensidade moderada e também se a sintomatologia não mudar dentro de 12 meses. Por fim, para os que venham a apresentar sinais ou sintomas de DCV, doença metabólica ou renal, deve interromper-se a continuidade num programa de EF, para que faça uma avaliação médica e obtenha autorização para o mesmo. A intensidade e o volume também seguirão as Diretrizes do ACSM (Riebe et al., 2018).



Figura 2.1. Estratificação do risco cardiovascular para o processo de triagem num programa de EF, de acordo com o ACSM - Adaptado de Pescatello et al., (2014).

Quando os fatores de risco para DCV não são tratados ou alterados, o indivíduo pode passar a ser portador de cardiopatias, que causam deterioração da função do coração. Portanto, podem afetar o músculo cardíaco (doenças arteriais coronárias, como a angina de peito, enfarte agudo do miocárdio, pericardite, insuficiência cardíaca congénita e aneurismas), as válvulas do coração (febre reumática, endocardite, prolapso da válvula mitral e deformações congénitas) e também o sistema nervoso do coração (arritmias, taquicardia e bradicardia) (McArdle, Katch e Katch, 2015; Riebe et al., 2018).

Os fatores de risco para a doença aterosclerótica cardiovascular (DAC), de acordo com as Diretrizes do ACSM (Riebe et al., 2018), podem ser não modificáveis (como a idade e o histórico familiar) e modificáveis (como o tabagismo, inAF, obesidade, hipertensão arterial, dislipidemia e Diabetes melito tipo 2). A maioria das mortes por DCV ocorre em virtude da DAC (Silverthorn et al., 2017), pelo que todos os fatores que serão descritos a seguir são de fundamental importância nesse processo.

2.1.1. Fatores de risco

2.1.1.1. Idade e histórico familiar

O aumento da idade é um fator de risco para DAC, pois tem associação com hipertensão arterial, intolerância à glicose e elevação dos valores dos lipídios no sangue (McArdle, Katch e Katch, 2015; Silverthorn et al., 2017).

Até à meia-idade, o risco de desenvolver DAC é 3 a 4 vezes maior nos homens do que nas mulheres. Contudo, após a menopausa, a taxa de morte por DAC iguala-se entre os sexos. A hereditariedade (histórico familiar) também tem uma importante função, pois o risco de DAC aumenta se a pessoa tiver um ou mais parentes próximos com DAC (Silverthorn et al., 2017).

Quando os homens têm idade igual ou superior a 45 anos e as mulheres idade superior ou igual a 55 anos, o ACSM passa a considerar um fator de risco para DAC (Riebe et al., 2018). Em relação ao histórico familiar, quando o sujeito apresenta casos na família de enfarte do miocárdio, revascularização coronariana ou morte súbita, em parente masculino de 1º grau (ou o pai) e parente feminino de 1º grau (ou a mãe), passa a computar um fator de risco para DAC (Riebe et al., 2018).

2.1.1.2. Tabagismo

O hábito de fumar é a maior causa evitável de doença e morte prematura, pois o tabagismo é um fator de risco para doença pulmonar obstrutiva crônica, DAC e acidente vascular cerebral (Heyward e Gibson, 2014; Riebe et al., 2018). De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2018), estima-se que o uso de cigarro é

responsável pela morte de aproximadamente 6 milhões de pessoas em todo mundo, a cada ano, em que 600 mil seriam fumadores passivos.

Pessoas fumadoras têm mais do que o dobro do risco de ataque cardíaco, comparadas com as pessoas que não fumam; também o risco de morte por DAC sobe para 30% nos fumadores passivos, ou seja, que sofrem exposição ao tabaco em ambiente de trabalho, lazer ou em casa (Heyward e Gibson, 2014).

O risco de DAC diminui rapidamente quando se interrompe o hábito de fumar, visto que, com 1 ano de paragem, há um decréscimo de 50% no risco. Após 15 anos, o risco assemelha-se ao de um não fumador (Heyward e Gibson, 2014).

O ACSM (Riebe et al., 2018) considera, como um fator de risco para as DAC, indivíduos que fumam ativamente ou de forma passiva e que pararam de fumar há menos de 6 meses.

2.1.1.3. Inatividade física

É definido como comportamento sedentário qualquer comportamento com gasto menor que 1,5 equivalentes metabólicos, na postura sentada, reclinada ou deitada (Tremblay et al., 2017). Já a inatividade física (inAF) traduz níveis de AF que não estão de acordo com as diretrizes internacionais (Tremblay et al., 2017).

A inAF é outro fator de risco modificável para as DCV e doenças metabólicas, em que o incremento de AF reduz o risco de indivíduos, em qualquer idade, sofrerem DAC, hipertensão, diabetes, cancro de mama e cólon e morte prematura (Guthold et al., 2018; Riebe et al., 2018). A Figura 2.1.1.3 ilustra mais relações da inAF com problemas relacionados com a saúde.

Para alguns especialistas, a inAF é um dos problemas de saúde pública mais importantes no atual século (Blair, 2009). Em termos globais, mais de um quarto dos adultos não realiza AF suficiente, pondo em situação de risco 1,4 bilhões de adultos, tanto na obtenção, quanto no incremento de doenças ligadas com a inatividade (Guthold et al., 2018). A WHO também estima que $\frac{1}{4}$ dos Europeus adultos seja sedentário (Centre for Economics and Business Research, 2015), sendo que, de acordo com o Eurobarómetro de 2018, os países do Norte da Europa apresentam índices de inAF menores do que os do Sul.

Em Portugal, apenas 68% da população não pratica desporto ou EF (Eurobarometer, 2018). Ainda em relação à população portuguesa, quando questionados sobre a frequência com que participavam em exercícios ou desporto, 89% dos homens de meia-idade e idosos e 86% das mulheres de meia-idade e idosas responderam que nunca ou raramente praticavam (Eurobarometer, 2018).

As Diretrizes do ACSM (Riebe et al., 2018) consideram um fator de risco para as DAC quando a pessoa não realiza pelo menos 30 minutos de AF com a intensidade moderada, com o mínimo de 3 dias da semana por 3 meses ao menos.

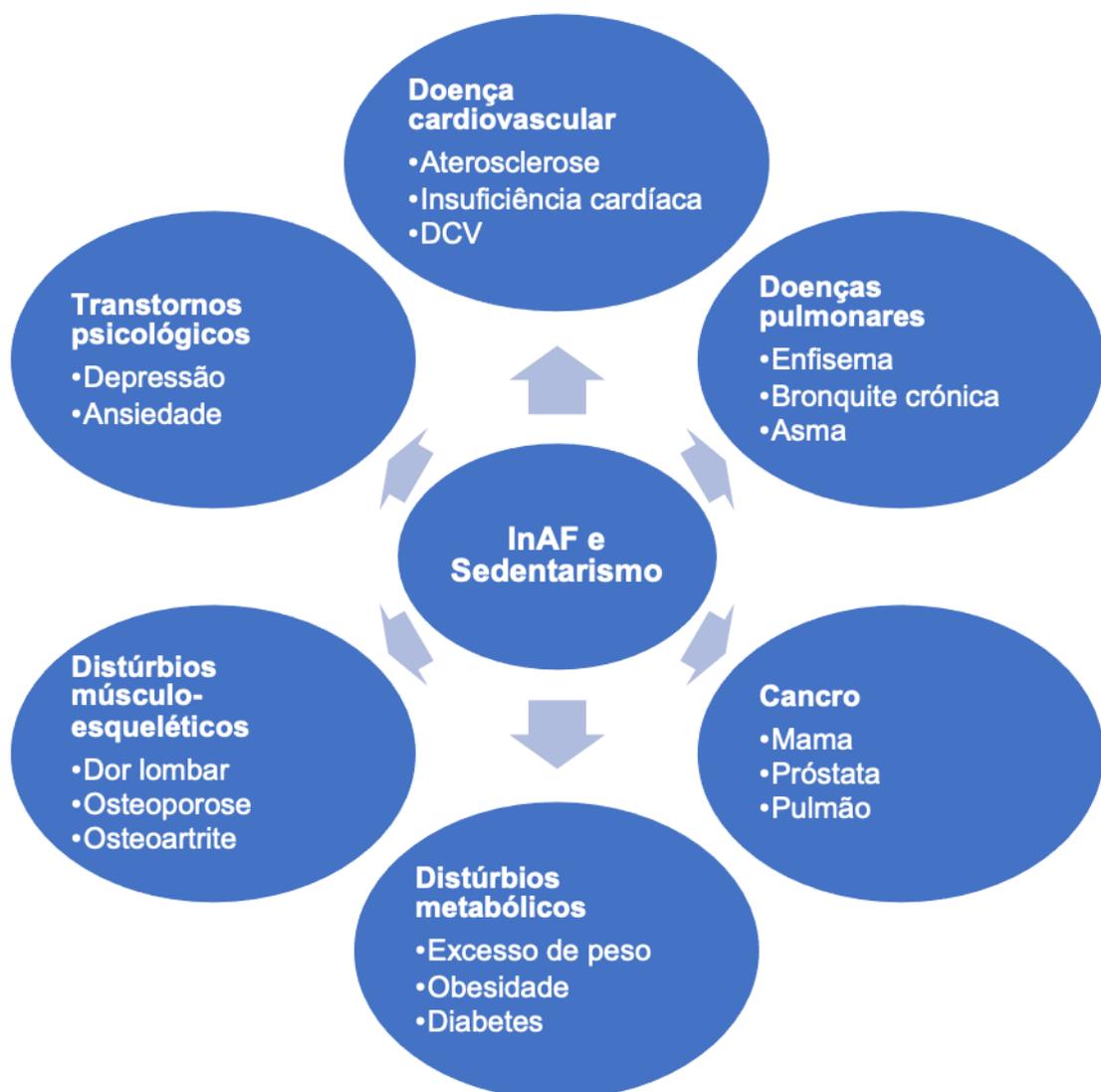


Figura 2.1.1.3. Influência do sedentarismo e inAF em diversos aspetos relacionados com a saúde (Adaptado de Heyward e Gibson, 2014).

2.1.1.4. Obesidade

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define a obesidade como “acumulação anormal ou excessiva de gordura que pode prejudicar a saúde” (WHO, 2000), sendo considerada uma doença por diversas instituições internacionais, tais como *The American Medical Association*, *World Obesity Federation* e *World Health Organization* (Bray et al., 2017).

McArdle, Katch e Katch (2015) citam os seguintes fatores que predisõem o ganho de gordura: o meio ambiente e transtorno alimentar, hábito de busca espontânea por alimentos, distorção da imagem corporal, redução da taxa metabólica basal, redução da termogênese induzida por dieta e por AF, redução da temperatura corporal, maior condição para infecções virais, diminuição de enzimas celulares (tais como a adenosina trifosfato e lipoproteína lípase) e redução dos níveis de tecido adiposo castanho metabolicamente ativo.

A obesidade é um fator de risco evitável para DCV, diabetes melito, distúrbios musculares e alguns câncros, porém apresenta números expressivos no mundo. Em 2016, 650 milhões de pessoas eram obesas e mais de 1,9 bilhões apresentavam sobrepeso (WHO, 2018). Na realidade, de acordo com McArdle, Katch e Katch (2015), estar acima do peso já expõe a pessoa a riscos significativos à saúde, pois quem está com sobrepeso tem 13% de probabilidade a mais de morrer num período de 5 a 28 anos, em relação a pessoas com o peso normal. Quanto aos obesos, o risco de morte prematura aumenta de 44 para 88%.

O IMC — que é a MC (kg) dividida pela estatura ao quadrado (m^2) — e a CC são métodos bastante utilizados para avaliar a distribuição local de gordura (gordura corporal superior e inferior) e para identificar indivíduos em risco (Heyward e Gibson, 2014). Pessoas que apresentam IMC entre 25 e 29,9 kg/m^2 são classificadas com excesso de peso, as que apresentam um IMC de 30 kg/m^2 ou mais são classificadas como obesas (Heyward e Gibson, 2014). A CC é um método que ajuda a determinar o padrão da gordura na região do abdômem, caracterizando a obesidade androide, a qual tem forte relação com o risco de hipertensão, SM, diabetes melito tipo 2 (DM2), dislipidemia, DCV e morte prematura (Riebe et al., 2018).

O ACSM (Riebe et al., 2018), nas suas Diretrizes, considera um fator de risco para a DAC quando o IMC for igual ou maior que 30 kg/m² ou a CC maior que 102 cm para homens e 88 cm para mulheres (Riebe et al., 2018).

2.1.1.5. Hipertensão

A pressão arterial (PA) é uma pressão exercida pelo sangue nas artérias, a qual é dividida em PAS e PAD (Heyward e Gibson, 2014; Riebe et al., 2018). A PAS é a pressão mais alta e é resultado do grande volume de sangue ejetado durante a sístole. Já a PAD diz respeito à pressão durante a diástole, logo é a menor pressão durante o ciclo cardíaco (Heyward e Gibson, 2014). A PA está associada ao risco de uma pessoa ter eventos cardiovasculares e é independente de outros fatores de risco (Riebe et al., 2018).

São considerados valores normais de PA quando a PAS é menor do que 120 mmHg e a PAD é menor do que 80 mmHg (James, 2014; Riebe et al., 2018). Consideram-se pré-hipertensas pessoas que apresentam PAS entre 120 e 139 mmHg e/ou PAD entre 80 e 89 mmHg. Nesses casos, aconselha-se a mudança do estilo de vida (como, por exemplo, controlar a alimentação e aumentar o nível de AF diária), para que a doença não se desenvolva (James, 2014; Riebe et al., 2018). Quando a mudança de estilo de vida não é eficaz, introduz-se o tratamento farmacológico (Heyward e Gibson, 2014; Silverthorn et al., 2017).

A hipertensão arterial é um fator de risco para a DCV modificável (Silverthorn et al., 2017), e, para ser diagnosticada, devem realizar-se duas medições (em ocasiões distintas), em que os valores da PAS venham a ser maiores ou iguais a 140 mmHg e/ou PAD é maior ou igual a 90 mmHg (Chobanian et al., 2003; Riebe et al., 2018). Contudo, o aumento do risco está presente a partir de valores inferiores, assumindo-se que cada acréscimo de 20 mmHg na PAS ou de 10 mmHg na PAD, em pessoas de 40 a 70 anos, duplica o risco de DCV, isso dentro do intervalo de PA 115/75 mmHg a 185/115 mmHg (Appel et al., 2006; Riebe et al., 2018; Silverthorn et al., 2017).

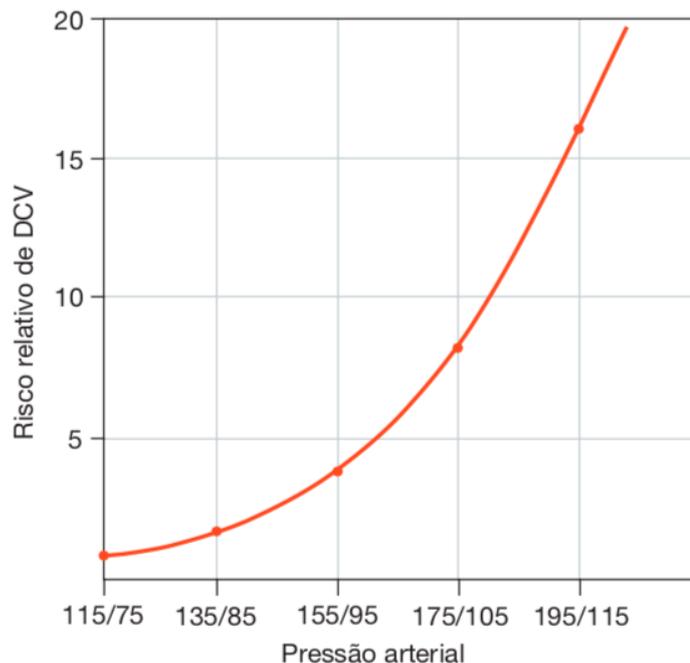


Figura 2.1.1.5. Risco relativo de DCV e PA. O risco de desenvolver DCV duplica a cada 20/10 mmHg de aumento na PA - Adaptado de Silverthorn et al., (2017).

Um estado crônico de PA elevada proporciona lesões nos vasos arteriais, sendo assim um risco primário para a cardiopatia, acidente vascular encefálico, insuficiência renal e arteriosclerose (McArdle, Katch e Katch, (2015).

A arteriosclerose é um processo degenerativo que está associado ao envelhecimento, o qual consiste num “enrigecimento” e redução da distensibilidade das paredes dos vasos sanguíneos, resultando num leve aumento da pressão sistólica (Guyton e Hall, 2017).

2.1.1.6. Dislipidemia

Dislipidemia diz respeito a valores anormais no perfil lipídico sanguíneo (Heyward e Gibson, 2014). Esse distúrbio no metabolismo lipídico provoca alterações nos níveis séricos de colesterol total, TG, C-HDL e C-LDL, o que está associado ao aumento do risco DCV (Piepoli et al., 2016). A principal função das lipoproteínas é o transporte dos seus componentes lipídicos no sangue, sendo praticamente todas formadas no fígado, onde

também ocorre a maior parte da síntese do colesterol plasmático dos fosfolipídios e TG (Guyton e Hall, 2017).

De entre as DCV, pode destacar-se a aterosclerose, que é uma doença que ocorre em artérias, formando lesões de gordura que se desenvolvem nas superfícies das paredes arteriais (Guyton e Hall, 2017; McArdle, Katch e Katch, 2015). O processo inicial dessa doença dá-se por meio de lesões no endotélio vascular, reduzindo a capacidade de libertar óxido nítrico e também outras substâncias que ajudam a impedir a aderência de moléculas (macromoléculas, plaquetas e monócitos) nas células endoteliais (Guyton e Hall, 2017; McArdle, Katch e Katch, 2015). A acumulação de moléculas dentro do endotélio — em especial os monócitos que se diferenciam dos macrófagos e depois absorvem e oxidam as lipoproteínas acumuladas (especialmente o C-LDL), altera a anatomia das artérias, formando estrias adiposas, que podem evoluir, originando placas que reduzem o lúmen das artérias, tornando-as densas, fibrosas e enrijecidas (Guyton e Hall, 2017; McArdle, Katch e Katch, 2015). Todo esse processo pode ocasionar isquemia do miocárdio, em virtude do estreitamento e até mesmo a oclusão dos vasos sanguíneos (Guyton e Hall, 2017; McArdle, Katch e Katch, 2015). Esse processo, que leva à formação do trombo ou êmbolo, implica redução e/ou bloqueio do fluxo sanguíneo, aumentando o risco da pessoa sofrer um enfarte agudo do miocárdio, alterações na transmissão neuroelétricas (fibrilação arterial ou ventricular) e/ou angina de peito (devido à redução de perfusão miocárdica) (Guyton e Hall, 2017; McArdle, Katch e Katch, 2015).

O C-LDL, em níveis normais, tem a função de transportar colesterol para dentro das células. Após diversas reações, parte é convertida em aminoácidos e outra (que é o colesterol libertado) é utilizada na produção de hormonas esteroides e membranas celulares (Silverthorn et al., 2017). No que diz respeito à associação entre os valores de C-LDL e o risco cardiovascular, as diretrizes da *European Society of Cardiology* (ESC) recomendam: *i)* para pessoas com risco muito alto, uma quantidade menor que 70 mg/dL, com uma redução de pelo menos 50% do valor inicial entre 70 e 135 mg/dL; *ii)* para pessoas com o risco alto, uma quantidade menor que 100 mg/dL, com uma redução de pelo menos 50% do valor inicial entre 100 e 200 mg/dL; *iii)* para pessoas com risco baixo a moderado, uma quantidade menor que 115 mg/dL (Piepoli et al., 2016). Para o ACSM (Riebe et al., 2018),

C-LDL passa a ser fator de risco quando os seus níveis são iguais ou maiores do que 130 mg/dL.

Uma relação log-linear (Figura 2.1.1.6), entre níveis de C-LDL e risco relativo para doença coronariana, realizada a partir de uma grande análise de estudos epidemiológicos e ensaios clínicos sobre o tema, sugere que, para cada alteração de 30 mg/dL no C-LDL, o risco relativo para DAC é alterado proporcionalmente em cerca de 30% (Grundy et al., 2004).

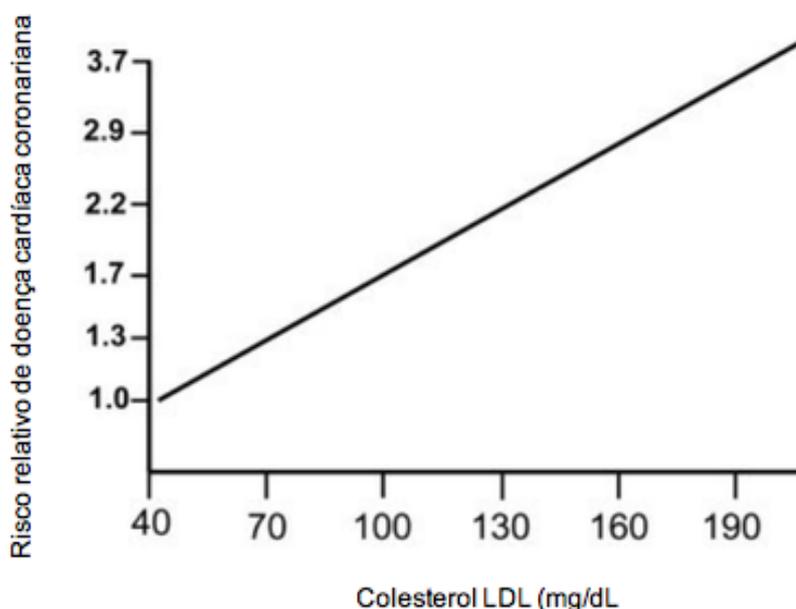


Figura 2.1.1.6. Relação log-linear entre níveis de C-LDL e risco relativo de doença coronariana – Adaptado de Grundy et al., (2004).

O C-HDL protege a oxidação do C-LDL pois tem a capacidade de reabsorção do colesterol depositado nas paredes arteriais, visto que tem um papel de mediador do transporte reverso de colesterol para o fígado (Guyton e Hall, 2017). Também se acredita que o C-HDL consiga atenuar a associação entre níveis elevados de TG e risco de DCV (Miller et al, 2011). A ESC recomenda que os níveis de C-HDL sejam maiores que 45 mg/dL em mulheres e 40 mg/dL em homens (Piepoli et al., 2016). Para o ACSM (Riebe et al., 2018), quando o C-HDL se encontra maior ou igual a 60 mg/dL, passa a ser

interpretado como um fator positivo. Portanto, recomendam que se subtraia dos outros fatores, pois estudos epidemiológicos indicam que, em indivíduos com valores elevados de C-HDL, em relação ao C-LDL, o risco de aterosclerose reduz bastante (Guyton e Hall, 2017).

Dois outros critérios que podem ser utilizados para o cálculo dos fatores de risco, de acordo com o ACSM (Riebe et al., 2018), são o colesterol total (maior ou igual a 200 mg/dL) e o uso de medicação hipolipemiante feita por um indivíduo.

No que diz respeito aos TG, a função mais importante é a de fornecer energia para diferentes fins metabólicos, mas também participam, embora em pequenas quantidades, na formação de células e em algumas funções celulares (Guyton e Hall, 2017). Os TG pós-prandiais têm uma relação mais forte com o risco de DCV do que em jejum (Kannel e Vasan, 2009), mesmo assim as recomendações, de acordo com a National Cholesterol Education Program (Grundy et al., 2004), para os níveis de TG são: *i*) menor que 150 mg/dL é normal; *ii*) 150 a 199 mg/dL é o máximo desejável; *iii*) 200 a 499 mg/dL é alto; *iv*) maior que 500 mg/dL é muito alto.

A combinação de níveis de C-HDL baixos com C-LDL e TG moderadamente elevados é uma característica comum em pessoas inativas, com obesidade central, resistentes à insulina e em portadores de DM2 (Piepoli et al., 2016).

No respeitante ao tratamento da dislipidemia, a abordagem inicial é, em cima da prática de exercícios, redução de peso, cessação do tabagismo e moderação no consumo de álcool. Logo, o foco é a mudança do estilo de vida e, para além disso, algumas diretrizes internacionais recomendam o início de um tratamento medicamentoso (Piepoli et al., 2016; Riebe et al., 2018).

2.1.1.7. Diabetes

Diabetes melito pertence a um grupo de doenças metabólicas, que tem como característica altas concentrações de glicose na corrente sanguínea, ocasionando uma falha na produção/secreção de insulina ou até mesmo uma incapacidade de uso da hormona (Riebe et al., 2018). O risco do desenvolvimento dessa patologia aumenta com a idade,

obesidade, predisposição genética e em alguns subgrupos étnicos (American Diabetes Association, 2016).

De acordo com a American Diabetes Association (2016), existem quatro tipos de Diabetes melito, os quais são: *i*) tipo 1, resultado da destruição autoimune das células pancreáticas beta, geralmente levando à deficiência total de insulina; *ii*) tipo 2, resultado de uma progressiva má secreção de insulina, dentro do contexto da resistência à insulina; *iii*) gestacional, diagnosticada por volta do segundo ou terceiro trimestre de gestação; *iv*) outras causas, como alterações genéticas, consumo de medicamentos ou drogas ilícitas. Vale ressaltar que a maioria dos casos de Diabetes melito (cerce de 90%) é do tipo 2 (American Diabetes Association, 2016; Riebe et al., 2018).

Como dito anteriormente, a DM2 tem como causa a resistência à insulina nos músculos esqueléticos, tecidos adiposos e no fígado, associados à má secreção da hormona insulina (Riebe et al., 2018). A insulina é uma hormona polipeptídica sintetizada nas células beta pancreáticas, armazenadas por vesículas secretoras no citoplasma e tem a função de estimular as células a aumentar a captação da glicose, ajudando assim a reduzir a concentração no sangue (Silverthorn et al., 2017).

Quando a glicose se encontra em excesso nas correntes sanguíneas, podem ocorrer diversos “eventos” no corpo humano, tais como: perda de glicose pela urina (provocando diurese osmótica nos rins e podendo depletar os eletrólitos e líquidos do organismo), desidratação celular e, quando os níveis de glicose plasmática estão elevados por muito tempo, aumenta o risco de lesões em diversos tecidos do corpo humano (em especial nos vasos sanguíneos), para além de elevar (em casos de associação de lesões vasculares com diabetes) a probabilidade de sofrer doenças renais, derrames, ataques cardíacos e cegueira (Guyton e Hall, 2017).

A obesidade abdominal ou central, ou seja, o excesso de gordura corporal, distribuída principalmente nos membros superiores, são características comuns no DM2, tornando a doença num poderoso fator de risco para o desenvolvimento de DCV, estimando a morte de aproximadamente dois terços das pessoas com DM2 por problemas cardiovasculares (Riebe et al., 2018; Silverthorn et al., 2017).

Quando a pessoa tem Diabetes, as suas células utilizam a gordura e as proteínas para produzir energia, visto que não conseguem metabolizar a glicose. A gordura é

degradada em ácidos gordos, aumentando a concentração de colesterol no plasma sanguíneo. Conseqüentemente, o C-LDL encontra-se no sangue e o seu excesso é combatido pelos macrófagos, começando uma sucessão de circunstâncias que conduzem à aterosclerose (Silverthorn et al., 2017).

As Diretrizes do ACSM consideram a Diabetes melito um fator de risco para a DAC, sempre que se verificam valores de glicose plasmática em jejum maiores ou iguais a 126 mg/dL, maior ou igual a 200 mg /dL nas 2 horas após a prova de tolerância à glicose, ou hemoglobina glicada (HbA1C) maior ou igual a 6,5% (American Diabetes Association, 2016; Riebe et al., 2018).

O tratamento da Diabetes melito, de acordo com as Diretrizes internacionais, envolve a mudança do estilo de vida (alterações na dieta, perda de peso e aumento de atividade física) em conjunto com o tratamento farmacológico, para assim melhorar o quadro da saúde do indivíduo (American Diabetes Association, 2016; Colagiuri et al., 2014).

2.1.1.8. Redução de inflamação

A aterosclerose é uma causa subjacente à DAC, sendo considerada como resultado de um processo inflamatório em que os macrófagos libertam enzimas que convertem placas estáveis em placas instáveis (originadas principalmente da elevação/acumulação de C-LDL no sangue), podendo romper-se, expôr o colagénio e libertar plaquetas que iniciam a formação de coágulos que poderão provocar um enfarte do miocárdio - quando há um bloqueio do fluxo sanguíneo para o músculo cardíaco (Silverthorn et al., 2017).

O aumento da gordura, quer seja intermuscular ou visceral, promove um processo inflamatório, verificando-se o aumento de citocinas pró-inflamatórias e decréscimo de marcadores anti-inflamatórios no tecido adiposo e originando um efeito catabólico no tecido muscular, resultando num prejuízo na síntese proteica muscular (Gianoudis et al., 2015).

A proteína C-reativa (PCR) é um marcador de inflamação, que tem sido correlacionada em diversos estudos epidemiológicos com o aumento do risco de enfarte do miocárdio, acidente vascular cerebral, doença arterial periférica e morte súbita cardíaca

(Ridker et al., 2003). Essa proteína é sintetizada no fígado e faz parte de elementos não específicos da resposta imunitária, atuando para aumentar a fagocitose (Widmaier et al., 2006).

A PCR pode ser utilizada como um dos critérios na seleção de pacientes para terapia medicamentosa ou para avaliação de RCV em pacientes de risco intermediário, visto que estudos concluíram uma predição mais forte a eventos cardiovasculares, na PCR do que no C-LDL (Greenland et al., 2010; Ridker et al., 2002). Por outro lado, a redução de inflamação é uma das orientações das Diretrizes do ACSM (Riebe et al., 2018) para o decréscimo dos fatores de risco para DCV.

2.2. Síndrome metabólica

As primeiras referências sobre a coexistência dos vários componentes da SM surgiram no início do século XX. Nos anos 20, os austríacos Hitzenberger e Richter-Quittner, o espanhol Marañon e o sueco Kylin, publicaram na mesma altura artigos em que descreviam a coexistência de hipertensão arterial e diabetes em adultos e propuseram a existência de mecanismos comuns ao desenvolvimento de ambas as patologias. Em seguida, Kylin desenvolve esse tema, acrescenta a uricemia e descreve a “síndrome hipertensão-hiperglicemia-hiperuricemia (Leslie, 2005; Sarafidis e Nilsson, 2006).

Em 1966, Camus descreve o que apelidou de “tri-SM”, que incluía gota, diabetes e dislipidemia. Um ano depois, Avogaro e Crepaldi descrevem a “síndrome plurimetabólica”, que reunia dislipidemia, obesidade, diabetes, hipertensão e doença coronária. A associação entre o aumento da prevalência dessas patologias com a nutrição e estilos de vida foi descrita por Mehnert e Kuhlmann, em 1968, como “síndrome da abundância”. O conceito de SM surgiu pela primeira vez somente em 1981, por Hanefeld e Leonhardt, reunindo DM2, hiperinsulinemia, obesidade, hipertensão, dislipidemia, gota e trombofilia, que se desenvolvem num contexto de predisposição genética e influências ambientais, levando ao desenvolvimento de aterosclerose (Leslie, 2005; Sarafidis e Nilsson, 2006).

A International Diabetes Federation (IDF), em consenso, afirma que a SM é uma combinação dos mais perigosos fatores de risco que podem levar ao ataque cardíaco,

porém também pode levar à DCV e DM2. A caracterização da SM dá-se pela soma da glicemia em jejum elevada, baixos níveis de C-HDL, níveis elevados de TG, PAS elevada e aumento da CC. Para além disso, está associada a um estado pró-trombótico e pró-inflamatório (Alberti, 2009; Cortez-Dias, Martins e Fiuza, 2007; Huang, 2009; IDF, 2006; Sherling et al., 2017).

Os critérios da IDF (2006) para a definição de SM são: obesidade central (definida através da CC, com valores específicos de acordo com cada etnia), nível de TG no sangue de 150 mg/dL ou superior, PA acima de 130/85 mm/Hg, níveis de açúcar no sangue em jejum de 100 mg/dL ou superior e nível de C-HDL menor que 40 mg/dL para os homens e 50mg/dL para as mulheres. Para o diagnóstico de uma pessoa com SM, existem diversas diretrizes, porém a mais utilizada é o indivíduo apresentar 3 dos 5 fatores de risco (Alberti, 2009).

2.2.1. Síndrome metabólica – causas e números

Com o avanço da idade, a função endócrina do organismo vai-se alterando, verificando-se que 50% das pessoas com 80 anos e 40% das pessoas com 65 a 70 anos apresentam tolerância reduzida à glicose, aumentando o risco de DM2 (McArdle, Katch e Katch, 2015). A SM resulta de diversos fatores, sendo os mais significativos a resistência à insulina e a obesidade central. Entretanto, a genética, inAF, envelhecimento, estado pró-inflamatório, alterações hormonais e variabilidade étnica também podem contribuir para causar SM (IDF, 2006). Outro dos fatores que promovem a redução da taxa metabólica, síntese das proteínas e metabolismo da glicose é o decréscimo da libertação hipofisária da hormona tireoestimulante e redução da produção de tiroxina (McArdle, Katch e Katch, 2015).

No que diz respeito ao fator “resistência à insulina”, trata-se quando as células do fígado, músculo-esquelético e tecido adiposo se tornam resistentes à insulina, quando a produção da hormona é aumentada para tentar diminuir a quantidade de glicose no sangue (visto que a sua absorção se encontra ineficiente pelas células do corpo), podendo assim resultar um desgaste/enfraquecimento das células beta (no pâncreas) (Guyton e Hall, 2017; IDF, 2006). Se o pâncreas não realiza o seu trabalho, ou deixa de realizar, o indivíduo torna-se hiperglicémico (com muita quantidade de glicose no sangue), sendo diagnosticado

com DM2. Vale ressaltar que a acumulação exacerbada de TG contribui para prejudicar a sensibilidade à insulina (Guyton e Hall, 2017; IDF, 2006).

Outro fator significativo, de acordo com a IDF (2006), é a obesidade. Mais especificamente, a obesidade central, medida pela circunferência da cintura, é um parâmetro com maior valor preditivo do que a análise de obesidade por meio do IMC, para caracterizar/indicar a SM, pois o excesso de gordura abdominal está associado à resistência à insulina (IDF, 2006). A obesidade contribui para a hipertensão arterial, aumento dos valores do colesterol total e glicemia, redução dos valores de C-HDL, para além de estar independentemente associada a um maior risco de DCV (IDF, 2006; Heyward e Gibson, 2014).

De acordo com a definição de SM da IDF, estima-se que aproximadamente 25% da população mundial de adultos sejam portadores de SM (IDF, 2006). Notavelmente, as pessoas com SM apresentam um risco aumentado (aproximadamente três vezes maior) de ataque cardíaco, AVC, DM2 e todas as causas de morte cardiovascular (Alberti, 2009; IDF, 2006; Sherling et al., 2017). Além disso, fatores de risco modificáveis, como inAF, dieta e comportamento sedentário foram associados ao aumento da prevalência de SM (Roberts & Barnard, 2005). Por conseguinte, dada a mudança demográfica (United Nations, 2015) e a prevalência de SM na população idosa, assume-se que há uma necessidade urgente de intervenções eficazes para mitigar os resultados da SM.

Em Portugal, um estudo que avaliou 4004 pessoas concluiu que a prevalência de SM, utilizando os critérios da IDF, é de 49,6%, com valores inferiores nos homens (46,5%) e superiores nas mulheres (52,0%), defendendo os autores que as elevadas taxas de prevalência de hipertensão, obesidade, diabetes e o envelhecimento da população são os fatores mais determinantes para explicar esses números (Raposo et al., 2017).

Para gerir a SM, o estilo de vida deve ser modificado, ou seja, deve-se propor a combinação de nutrição saudável e aumento da AF, o que é uma maneira eficaz de aumentar os níveis de C-HDL e reduzir a PA, o peso corporal, os TG e os níveis de glicose no sangue (Heyward e Gibson, 2014).

2.3. Qualidade de vida e SF-36

A Organização Mundial de Saúde (OMS) criou um grupo para definir o conceito de QV, concluindo que representa “a percepção do indivíduo da sua posição na vida no contexto da cultura e sistema de valores nos quais ele vive e em relação aos seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações” (The WHOQOL Group, 1998). Tal conceito, ainda de acordo com o mesmo grupo, tem o objetivo de abranger todo o ambiente no qual o indivíduo está inserido, levando em consideração a saúde física, o estado psicológico, o nível de independência, as relações sociais e as crenças pessoais.

Reforçando a definição de QV, Ferreira (1998) refere que “qualidade de vida é a percepção individual de vida, onde se relacionam diversos fatores como: a conjuntura sócio-econômica, o ambiente político, as condições ambientais, as condições de habitação, nível de instrução, ocupação profissional e outros.” Ferreira (1998) também defende que os fatores contribuidores para QV não podem ser alterados pelos cuidados de saúde, mas acabam por influenciar a saúde e o estado de saúde, o qual corresponde a uma descrição da saúde (ao longo do tempo de intervenção). Complementarmente, a QVRS foi definida com base na percepção do indivíduo sobre o impacto das doenças nas diferentes "esferas da vida" (saúde física, mental, social e funcional), sendo tratada como um constructo multidimensional e indicador global de saúde. (Balboa-Castillo et al., 2011).

Em 1952, Lembcke afirmou que o melhor meio de aferir a qualidade de um serviço de saúde oferecido não é a frequência ou benevolência e sim o quanto os resultados conseguem alcançar objetivos como redução de níveis de stresse, prevenção de incapacidade, restauro da função e, por fim, prolongamento da vida (Lembcke, 1952).

Para os prestadores de saúde, resultados de interesse em saúde são os indicadores clínicos, tais como a sintomatologia, parâmetros bioquímicos, psicológicos e o estado funcional. Também são de interesse a satisfação dos atendidos e os aspetos ligados à economia, como os custos gerados pela mortalidade, morbidade e longevidade (Ferreira, 1998).

A QV também tem sido associada aos fatores de risco das DCV e SM, nomeadamente a obesidade (Corica et al., 2008; Giuli et al., 2014; Marcellini et al., 2009; Tibana et al., 2014), podendo gerar uma percepção negativa ou positiva, consoante o estilo

de vida de cada indivíduo (Giuli et al., 2014). Portanto, independente da faixa etária, condição mental e física, a avaliação da QV deve ser levada em consideração no quadro das DCV e da aptidão física (Burich et al., 2015; Sillanpää et al., 2012; Tibana et al., 2014).

Indo além da associação da QV e dos fatores de risco das DCV, de Jewiss, Ostman e Smart (2016) realizam uma revisão e meta-análise que, de entre outros objetivos, buscava perceber a influência de diversos tipos de EF em indivíduos com insuficiência cardíaca. Foram selecionados 8 estudos, em que encontraram melhorias significativas na QV entre os que realizaram TC e os que não realizaram EF.

Por mais que o paciente possa ser o melhor juiz em relação ao alcance dos objetivos das intervenções, os dados referentes às experiências de doenças e tratamentos de um paciente não eram coletados rotineiramente. Essa falta de informação dava-se pela ausência de métodos válidos de coleta de dados fáceis de utilizar (Ware e Sherbourne 1992).

A mentalidade de Lembcke passa a exacerbar-se com o passar do tempo. Por volta da década de 1980, um grupo de pesquisadores, submersos na ideia de que os resultados da saúde também devem ser avaliados da perspectiva do doente (baseando-se em como a funcionalidade e bem-estar estão afetados), criaram o projeto *Medical Outcomes Study* (MOS). De entre os objetivos do projeto, destaca-se o desenvolvimento de instrumentos para o controlo de resultados relacionados com a saúde (Ferreira, 1998; Ware e Sherbourne 1992).

O *Medical Outcomes Study Short Form Health Survey - 36 item* (SF-36) foi um dos resultados alcançados pelo projeto MOS. O SF-36 é uma bateria de questões com 36 itens, que contempla oito dimensões de estado de saúde, divididos em componentes (físico e mental) sem especificidade etária (Ferreira, 1998; Ware e Sherbourne, 1992). Por conseguinte, o controlo da perceção da qualidade de vida torna-se necessário, para que os profissionais de saúde possam avaliar e conduzir da melhor forma as intervenções propostas, principalmente as que envolvem mudanças de estilo de vida.

2.4. Atividade física

Está bem estabelecido que a inAF é um fator de risco modificável de doenças metabólicas e cardiovasculares, enquanto que, inversamente, o aumento da AF proporciona benefícios gerais à saúde, reduzindo os riscos de DCV, hipertensão, diabetes, cancro de mama e cólon (Guthold et al., 2018; Riebe et al., 2018). No entanto, mais de um quarto da população adulta não realiza AF suficiente, expondo 1,4 bilhões de adultos à aquisição ou aumento de qualquer doença relacionada com as DCV (Guthold et al., 2018). Dados recentes do Eurobarómetro de 2018 mostraram que os países do sul da Europa tinham índices de inatividade mais elevados do que os do norte da Europa, com a população adulta portuguesa a apresentar uma diminuição de 4% nas matrículas em ambientes desportivos e/ou de atividades físicas entre 2009 e 2017 (de 9% para 5 %, respetivamente) (Special Eurobarometer Report, 2018).

Para a melhoria dos fatores de risco, doenças citadas anteriormente e da perceção da QV, a mudança no estilo de vida é o primeiro passo, a qual passa pela alteração de hábitos alimentares, perda de peso e incremento do nível de AF (Buonani et al., 2013; Piepoli et al., 2016; Riebe et al., 2018). No que diz respeito à AF, deve estabelecer-se a diferença conceitual entre AF, EF e aptidão física.

A AF tem como definição qualquer forma de movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos, englobando todas as atividades diárias (tais como subir escadas, movimentos laborais, atividades domésticas e outras) implicando gasto energético maior do que em repouso (Caspersen et al., 1985).

EF, que é o principal foco desta investigação, está englobado pela AF e verifica-se quando o movimento corporal é planeado, estruturado e repetitivo (Caspersen et al., 1985), com o objetivo de manter ou melhorar elementos proporcionados pela aptidão física, os quais são descritos pelos princípios FITT (Frequência, Intensidade, Tempo e Tipo de atividade) do ACSM (Riebe et al., 2018).

Aptidão física é a capacidade de realizar AF (tarefas diárias ou de lazer), sem fadiga indevida, com ânimo, vigor e que consiga atender a emergências inesperadas (Riebe et al., 2018). Itens relacionados com a saúde (resistência cardiorrespiratória, composição corporal, força muscular, resistência muscular e flexibilidade) e habilidades (agilidade,

coordenação, equilíbrio, potência, tempo de reação e velocidade), são elementos que compõem a aptidão física (Riebe et al., 2018).

De acordo com os objetivos do estudo, salienta-se, novamente, a relação da aptidão física com a saúde, a qual pode promover o incremento da aptidão cardiorrespiratória, força muscular, independência e qualidade de vida, principalmente na população abordada nesta investigação (Rikli & Jones, 1999).

2.4.1. Efeitos do exercício físico na síndrome metabólica e doenças cardiovasculares

Pessoas que não praticam EF de forma regular correm um risco maior de desenvolver doenças crônicas não transmissíveis (tais como DAC, hipertensão, hipercolesterolemia, cancro, obesidade e distúrbios músculo-esqueléticos) comparativamente com pessoas que têm o hábito de praticar EF (Heyward e Gibson, 2014). Na realidade, o declínio funcional provocado pelo envelhecimento é natural em adultos de meia-idade e idosos. Porém, se mantiverem níveis de AF moderados a elevados, principalmente pela prática contínua de EF, terão níveis de funcionalidade mais elevados do que pessoas sedentárias da mesma idade (McArdle, Katch e Katch, 2015).

A melhoria da aptidão física influencia positivamente o sobrepeso, reduzindo o risco de doenças, em que homens fisicamente ativos, com sobrepeso e idade entre 30 a 83 anos, sofreram menos mortes de todas as causas, em relação a homens inativos, mas com peso normal (McArdle, Katch e Katch, 2015). Manter níveis saudáveis de aptidão física reduz o risco de mortalidade por todas as causas, pois aprimora a ACR, aparentando ser mais importante do que confiar exclusivamente em dietas de perda de peso (McArdle, Katch e Katch, 2015; Riebe et al., 2018).

A prática de EF incrementa a ACR, promovendo um fator cardioprotetor, uma relação inversa aos fatores de risco para SM e DCV (Riebe et al., 2018). Consequentemente, o aumento da prática de EF tem sido recomendado tanto na prevenção quanto no tratamento primário de DCV e SM devido às propriedades cardioprotetoras associadas à melhoria da ACR (Ingle et al., 2017; Lakka and Laaksonen, 2007, Pedersen and Saltin, 2015). No entanto, embora o EF pareça ser eficaz para reduzir os efeitos

deletérios de alguns fatores de RCV na SM, estudos anteriores ainda são inconsistentes (Wewege et al., 2018; Balducci et al., 2010; Stensvold et al., 2010).

Mikus et al. (2012) utilizaram monitores que mediram de forma contínua a glicose de 12 participantes adultos (saudáveis) antes e depois das refeições, os quais tiveram que reduzir a quantidade de passos habituais durante 3 dias (de $12,956 \pm 769$ para 4319 ± 256 passos por dia). A diferença entre a quantidade de glicose antes e depois das refeições no sangue teve um aumento de 42%, 97% e 33% em relação aos tempos de 30, 60 e 90 minutos após a refeição, respectivamente. Esses dados indicam que a AF diária é um importante mediador do controlo glicémico, mesmo entre indivíduos saudáveis, e serve como reforço na utilidade da AF como prevenção de patologias associadas à elevada glicose pós-prandial.

Para indivíduos com SM, o ACSM (Riebe et al., 2018) recomenda que se faça no mínimo 150 minutos por semana de AF, ou 30 minutos de AF, na maioria dos dias da semana, com intensidade moderada. Refere também que devem seguir-se protocolos que envolvam treino aeróbio, de força e de flexibilidade.

Um dos benefícios do treino de força (TF) é o aumento da massa magra. Provavelmente o TF, através desse aumento, pode melhorar o controlo glicémico e a sensibilidade à insulina, mais que o treino aeróbio quando realizado de forma isolada (Strasser, 2013). O TF tem capacidade de reduzir a hemoglobina glicada (HbA1c), %MG, PAS, aumento do fluxo sanguíneo e incremento da ação da insulina, logo o TF tem um efeito clinicamente e estatisticamente significativo sobre os fatores de RCV e SM. Deve ser recomendado na prevenção e no tratamento da DM2, doenças metabólicas e DCV (Holten et al., 2004; Strasser et al., 2010).

Numa meta-análise, Ostman et al. (2017), com o objetivo de perceber a influência entre diferentes intensidades de exercício nos parâmetros clínicos da SM, descobriram que exercícios aeróbios (independente dos tipos de intensidade) promoveram melhorias nas concentrações de glicose, TG e C-LDL. O tipo de TIAI apresentou melhores valores no consumo de oxigénio pico e PAS. Já a PAD obteve melhoria igual entre os tipos de exercícios avaliados. Na composição corporal, todos os tipos de treino aeróbios tiveram melhorias em relação ao grupo controlo.

Outra meta-análise, realizada por Wewege et al. (2018), com o objetivo de determinar qual o tipo de treino é mais eficiente para melhorar os fatores de RCV em indivíduos com SM sem DM2, chegou à conclusão que o exercício aeróbio é benéfico, apresentando melhorias para vários fatores de RCV, mesmo que o sexo e a idade possam influenciar esses efeitos. Também afirmam que, de acordo com os dados obtidos, os programas de exercícios aeróbios devem ter no mínimo 12 semanas de duração, realizados 3 dias por semana.

Weston, Wisløff e Coombes (2014) realizaram uma meta-análise com o objetivo de quantificar e comparar o efeito do TIAI e treino aeróbio contínuo com intensidade moderada (TAIM) em pessoas que tinham um estilo de vida ou que estavam propensas a ter doenças crônicas não transmissíveis. Após o estudo, os autores recomendam um modelo de protocolo de TIAI a ser seguido.

Tjønnha et al., (2008) demonstraram que o exercício aeróbio de alta intensidade é superior ao exercício aeróbio de intensidade moderada na reversão de fatores de risco da SM e DCV.

Curiosamente, por mais que existam estudos sobre o tema, parece que o modo de exercício apropriado e a faixa de intensidade efetiva para atingir os resultados positivos em adultos com meia-idade e idosos com SM não são completamente compreendidos. De facto, enquanto Wewege e colegas (2018) mostraram que o exercício aeróbio promoveu melhorias significativamente maiores na CC, na glicemia em jejum, no C-HDL, nos TG, na PAD e na ACR. Balducci e colegas (2010), por outro lado, mostraram que tanto o TIAI quanto o treino concorrente (aeróbio + resistência) promoveram efeitos positivos no modelo de avaliação da homeostase da resistência à insulina (HOMA-IR), C-HDL, CC e albuminúria. Notavelmente, Stensvold e colegas (2010) mostraram uma diminuição na CC em todos os grupos, mas não encontraram diferenças no peso corporal, C-HDL e glicose plasmática entre os grupos, ao comparar TAIM, de resistência e concorrente. Portanto, as inconsistências na literatura podem refletir divergências no tempo de intervenção [curto prazo, como 12 semanas (Stensvold et al, 2010) contra longo prazo, como 12 meses (Balducci et al, 2010)], no tipo de exercício (contínuo contra intervalado), na faixa de intensidade (de treino aeróbio com baixa intensidade ao TIAI - 90-95% FC_{pico}) e nas

características dos participantes (indivíduos com DCV, de alto risco e / ou com SM , com e sem DM2).

Desse modo, falta o apoio de estudos de alta qualidade, analisando os efeitos de diferentes modos de exercício e intensidades na SM numa população de alto risco.

2.4.2. Efeitos do exercício físico na qualidade de vida relacionada com a saúde

O processo de envelhecimento está associado a um declínio das estruturas e capacidades físicas, como massa muscular e força que limitam e reduzem a função física, o que contribui para aumentar os custos de saúde com doenças físicas e mentais e também diminui o bem-estar e a QVRS (Sillanpää et al., 2012).

De entre as várias estratégias disponíveis para amenizar esse processo deletério, um estilo de vida mais ativo, incluindo a prática regular de EF, contribui significativamente para a melhoria da componente física, redução do RCV, prevenção de doenças e morte prematura, mas também para a percepção de uma melhor QV (Gary et al., 2012; Heyward & Gibson, 2014; Jewiss et al., 2016; Sillanpää et al., 2012). No entanto, a melhoria da taxa de adesão é um dos primeiros desafios para a prática de EF e, como solução, o ACSM sugere a prática de exercícios em grupo, o que parece estar associado à melhor adesão, maior eficácia fisiológica, interação social e QVRS, comparando com programas de exercícios mais individualizados (Riebe et al., 2018).

Como referido anteriormente, o EF promove melhorias em diversos aspetos que vão desde parâmetros fisiológicos, passando pelo aumento da capacidade funcional e chegando à percepção da QVRS (Riebe et al., 2018). No que diz respeito a QVRS, muitos estudos foram realizados com o objetivo de perceber como e quanto o EF pode influenciar em dimensões que caracterizam a QVRS (Agner et al. 2018; Gary et al., 2012; Jewiss et al., 2016; Mandic, S et al., 2009; Myers et al., 2013; Sillanpää et al., 2012; Silva, M. R et al., 2018; Van der Heijden et al., 2013).

Alguns estudos realizados em pessoas com doenças crónicas, as quais foram submetidas a programas estruturados de EF, passaram a apresentar uma melhoria na QVRS (Agner et al., 2018; Myers et al., 2013). Myers e colaboradores (2013) sugerem que, independentemente da modalidade de exercício (seja combinado ou isolado), um programa

de exercício de intensidade moderada promove a melhoria da QV em indivíduos sedentários com DM2. Logo, programas com essas características devem ser recomendados e integrados em propostas de saúde pública.

A partir de uma perspectiva clínica, a prática regular de exercício pode ser benéfica em pacientes com diversas doenças (crônicas ou não). Mesmo que não apresentem uma melhoria significativa na aptidão cardiorrespiratória, pode controlar a redução natural do consumo máximo de oxigênio e conseguir, através disso, aumentar a percepção da QVRS, que, por muitas vezes, se encontra muito baixa, devido a problemas funcionais relacionados com as doenças, visto que, geralmente, são pessoas sedentárias. (Jewiss et al., 2016; Mandic et al., 2009).

2.5. Treino concorrente no risco cardiovascular, síndrome metabólica e qualidade de vida

A evidência científica tem mostrado que a baixa ACR está associada a maior RCV e morte prematura (Blair et al, 1995; Church et al, 2007; Duscha et al, 2005; Lee et al, 2010). No entanto, apesar dos conhecidos benefícios cardiometabólicos do treino concorrente (TC) como uma ferramenta viável para melhorar a aptidão cardiorrespiratória e reduzir a prevalência de inatividade em populações de alto risco, existem algumas lacunas de conhecimento sobre como prescrever adequadamente esse tipo de treino para obter a melhor dose-resposta, particularmente em relação à intensidade ideal de componentes aeróbios e de força, volume efetivo ou mesmo ordem de treino adequada (por exemplo, começando com exercícios aeróbios e depois TF ou vice-versa) (Banitalebi et al., 2018; Cadore et al., 2018, Silva et al., 2018; Ferrari et al., 2016; Shiotsu et al., 2018).

Define-se TC quando se verifica que há, num programa de EF, diversos tipos de treino, em que normalmente são o treino resistido e treino de capacidade aeróbia (Fleck e Kraemer, 2017). Apesar da combinação aparentar ser fisiologicamente antagónica, Fleck e Kraemer (2017) comentam que os estudos sobre o tema concluem que: i) o TF e potência não afetam a melhoria do consumo de oxigênio de pico, podem ainda auxiliar no desempenho de *endurance*, pelo incremento do limiar de ácido láctico, diminuindo o contacto com o solo durante a corrida e prevenindo lesões; ii) a curto prazo, o desempenho

anaeróbico pode ser negativamente afetado por um treino de *endurance* de alta intensidade; iii) a força pode ser comprometida quando se realiza treino de *endurance* com altas intensidades, de modo especial, quando se promove em altas velocidades de ações musculares; iv) o TF e o *endurance* podem afetar na potência.

Tem-se estimulado a combinação do treino de *endurance* e de força para o tratamento e prevenção de doenças (Garber et al., 2011; Schumann e Rønnestad, 2019). Já há evidências científicas de que uma combinação de treinos aeróbios e de resistência promovem uma interessante melhoria no controle glicêmico, quando comparado com programas com apenas uma das modalidades (Riebe et al., 2018). Umpierre e colaboradores (2011) realizaram uma meta-análise, concluindo que a combinação de exercícios de força e aeróbios está associada à redução de HbA1c em portadores de DM tipo 2. Também relatam que o treino físico combinado, com uma carga horária superior a 150 minutos por semana, promove uma boa redução nos valores de HbA1c em relação a uma demanda semanal de 150 minutos ou menos. Os autores afirmam que também o treino associado a um aconselhamento dietético tem impulsionado melhores resultados na saúde.

A “rotina” proposta pelo TC consegue promover os benefícios do TF e TA. Com isso, diversos autores consideram que o TC promove mais melhorias do que TF ou TA isoladamente quando se tratam de variáveis controladoras da saúde (por exemplo no controle glicêmico ou nos fatores de risco cardiometabólicos) em populações selecionadas (Schumann e Rønnestad, 2019).

No que diz respeito à prescrição de TC, ainda há algumas dúvidas bastante pertinentes. Para Fleck e Kraemer (2017), a combinação de TF e TA, quando realizada três vezes na semana, na mesma sessão e com intensidades mais “realísticas”, pode ser uma boa estratégia para quem está numa fase inicial, pois podem precisar de mais dias de recuperação física ao longo da semana/ entre as sessões.

Em pessoas com 60 a 84 anos, TC com volume e frequência reduzidos, dois dias por semana, não mostram problemas de interferência nos ganhos de aptidão cardiorrespiratória sobre a força e/ou potência muscular (ou o contrário), em períodos de 12 semanas de intervenção (Wood et al., 2001). De forma objetiva, Wilhelm e Pinto (2019) sugerem que, para diminuir a gordura corporal, uma boa alternativa seria aumentar a

intensidade da parte do treino de força no TC (com duração de 20 a 30 minutos), o que iria diminuir os possíveis efeitos adversos na hipertrofia muscular.

Em relação às variáveis que contribuem para o risco de DCV, estudos, que uniram o treino de força com aeróbio contínuo, conseguiram encontrar resultados positivos e significativos na diminuição da pressão arterial sistólica e diastólica, redução da massa gorda, aumento muscular e da aptidão cardiorrespiratória, elevação no C-HDL, remodelação dos vasos periféricos e diminuição significativa na espessura da parede das artérias periféricas (Fisher et al., 2013; Ostman et al., 2017; Schreuder et al., 2015; Sousa et al., 2013; Tseng et al., 2013; Wilhelm e Pinto, 2019).

Quando aplicado com o objetivo de reduzir a prevalência de SM, o TC mostra melhor eficácia do que o treino aeróbio isolado, pois o treino de fortalecimento muscular, quando aplicado duas ou mais vezes por semana, reduz todos os fatores de risco relacionados com a SM (Riebe et al., 2018).

Para além das melhorias já citadas, os protocolos de TC têm sido utilizados para aumentar a QVRS e a prevalência de prática física em diversos tipos de populações (Gary et al., 2012; Myers et al., 2013; Riebe et al., 2018; Sillanpää et al., 2012). Infelizmente, as evidências têm sido inconsistentes sobre os efeitos dos protocolos de TC na QVRS em pessoas de meia-idade e idosos com doenças crónicas não transmissíveis. De facto, enquanto alguns estudos observaram associações positivas entre TC e QVRS em pacientes com diabetes mellitus tipo 2 (DM2) (Myers et al., 2013) e na insuficiência cardíaca (Gary et al., 2012; Jewiss et al., 2016), outros não encontraram melhorias em indivíduos com SM (Agner et al., 2018).

A inconsistência dos resultados poderia estar relacionada com os tratamentos específicos utilizados em cada patologia, com a gravidade das doenças, mas também com o tipo e a intensidade dos protocolos de treino (Wilhelm & Pinto, 2019). Alguns autores (Weston et al., 2014) sugeriram o TC como o treino mais apropriado para melhorar a QVRS em participantes com RCV moderada a mais alta e/ou doenças crónicas não transmissíveis, particularmente utilizando o TIAI. Outros autores também associaram o TIAI com maiores adaptações no consumo pico de oxigénio e no volume sistólico, comparado com o treino aeróbio contínuo com intensidades mais baixas, em indivíduos com doença cardiovascular (DCV) e DM2 (Aamot et al., 2016; Butcher e Jones, 2006;

Cheema et al., 2015, Currie et al., 2015, Helgerud et al., 2010, Helgerud et al., 2011, Smart et al., 2012, Stavrinou et al., 2018).

Estudos que utilizaram o SF-36 como instrumento para aferir os efeitos do TC na QVRS encontraram alguns resultados positivos, porém aleatórios: Sillanpää e colegas (2012) encontraram melhoria significativa na dimensão vitalidade; Tibana et al. (2014) obtiveram melhoria na dimensão função física; Burich e colaboradores (2015), na dimensão saúde geral; Myers et al. (2013) encontraram aumento nas dimensões vitalidade, saúde mental e na componente saúde mental.

Tanto o TIAI quanto o treino aeróbio contínuo são utilizados com sucesso com o TF para melhorar as funções neuromusculares e cardiorrespiratórias em idosos (Cardore and Izquierdo, 2019; García-Pinillos et al., 2019). Entretanto, não se sabe qual é a melhor estratégia (TIAI ou treino aeróbio contínuo) para melhorar as funções cardiorrespiratórias quando associada ao TF. Após uma análise de vários estudos, e seguindo as conclusões de Weston, Wisløff e Coombes (2014), sugere-se que a combinação de TF e TIAI seja realizada para entender a influência nas variáveis de saúde e da QVRS.

Até ao presente momento, não há relatos nas principais bases de dados sobre a interferência da combinação de TF com TIAI, na mesma sessão, na percepção da QV, variáveis que caracterizam o risco cardiovascular e de SM, em pessoas com risco moderado e elevado de DCV.

3. METODOLOGIA

Nesta secção serão descritos todos os aspetos metodológicos utilizados na presente investigação, nomeadamente no que respeita à amostra, aos instrumentos de recolha de dados ou aos programas de treino e tratamento dos dados. A pesquisa bibliográfica foi realizada por via eletrónica nas bases de dados Ebsco e PubMed, na língua inglesa e portuguesa. As palavras-chave foram: *physical activity, cardiovascular risk, Combined exercise, elderly, Blood pressure e current training.*

3.1. Introdução

Depois da referenciação teórica sobre o tipo de exercício proposto, caracterização do RCV, SM e QV em adultos de meia-idade e idosos, este capítulo tem o objetivo de apresentar o modelo/desenho experimental a que os participantes foram submetidos.

O processo metodológico elaborado é composto por avaliações, em dois momentos, dos parâmetros sanguíneos, aptidão física funcional, composição corporal e variáveis que compõem a perceção da qualidade de vida.

Também faz parte uma intervenção, durante a qual se realizou a administração de um programa de EF, com características próprias, propondo o incremento das componentes cardiorrespiratórias, físicas e da perceção de qualidade de vida.

O momento de reavaliação tem como objetivo averiguar se houve alterações nas variáveis coletadas previamente.

Este capítulo tem como pretensão expor o desenho experimental, abordando as variáveis selecionadas, as características amostrais e os procedimentos relacionados com a administração dos testes, especialmente no que diz respeito aos instrumentos e equipamentos, protocolos utilizados, também a equipa de avaliadores e os procedimentos (por exemplo a preparação dos participantes) realizados antes e depois dos testes, ou seja, pretende definir-se toda a coleta de dados.

Os testes foram realizados nos laboratórios da Escola Superior de Tecnologias da Saúde de Coimbra (ESTESC) e da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra (FCDEF).

Por fim, o capítulo termina com a descrição detalhada da análise estatística e controlo da qualidade dos dados coletados. Para além disso, também se abordam os procedimentos metodológicos de cada artigo (das páginas seguintes), ou seja, o detalhamento das variáveis e características das amostras.

3.2. Variáveis

Todas as variáveis foram recolhidas com recurso à utilização de instrumentos e procedimentos previamente validados, e por profissionais qualificados e com experiência em áreas diversas, incluindo educadores físicos, nutricionistas, enfermeiros, médicos e técnicos em saúde, quer no momento pré-aplicação de protocolo, quer no momento pós-aplicação de protocolo de treino.

3.2.1. Parâmetros cardiorrespiratórios

A ACR foi avaliada através do teste de Bruce modificado (Lerman et al. 1976), realizado em tapete rolante, no laboratório da FCDEF, com recurso a analisador de gases, aferindo-se o consumo pico de oxigénio (VO_{2pico}).

3.2.2. Aptidão Física Funcional

A aptidão física funcional dos membros inferiores (força inferior) foi aferida por meio do teste “levantar e sentar”, desenvolvido e descrito por Rikli & Jones (2013), contando o número de execuções durante o período de 30 segundos. Estes testes foram realizados na FCDEF.

3.2.3. Parâmetros antropométricos

As aferições dos parâmetros antropométricos foram realizadas na ESTESC, tendo-se selecionado um conjunto de variáveis antropométricas simples e compostas, para assim se realizar a caracterização morfológica.

3.2.3.1. Medidas antropométricas simples

- a) Massa corporal (MC): Medida em quilogramas (kg);
- b) Estatura (E): Medida em centímetros (cm);
- c) Circunferência da cintura (CC): Medida em centímetros. Utilizaram-se os critérios da IDF (2006) para a classificação da obesidade central;
- d) Percentagem de massa gorda: A avaliação da composição corporal foi realizada através do método de densitometria radiológica de dupla energia (DEXA). Os valores foram expressos em kg.

3.2.3.2. Medidas antropométricas compostas

Com base nas variáveis antropométricas simples, produziram-se medidas compostas:

- a) Índice de massa corporal (IMC), calculado a partir do valor da massa corporal, expresso em quilogramas, dividindo pelo quadrado do valor da estatura (expresso em metros). O IMC é expresso em quilogramas por metro quadrado (kg/m^2).

3.2.4. Questionários

3.2.4.1. Histórico de saúde

O histórico de saúde dos participantes foi autorrelatado por meio do Questionário Geral de Saúde e AF (Sardinha, 1999), na avaliação inicial.

3.2.4.2. Qualidade de vida

Para aferir a qualidade de vida dos participantes, foi utilizado o *Medical Outcomes Study Short Form Health Survey - 36 item, version 2* (SF-36) antes e após a abordagem experimental. O SF-36 é um inquérito composto por 36 itens divididos em 11 questões. Os itens estão separados em oito dimensões: capacidade funcional com 10 itens; aspetos físicos com 4 itens; dor com 2 itens; estado geral da saúde com 5 itens; vitalidade com 4 itens; aspetos sociais com 2 itens; aspetos emocionais com 3 itens; saúde mental com 5 itens e uma questão em que se compara a perceção atual da saúde e de há um ano (Ware, 2000).

3.2.5. Parâmetros sanguíneos

A partir das amostras de sangue colhidas, foi possível determinar um conjunto de parâmetros caracterizadores do perfil lipídico, perfil glicémico, perfil inflamatório (proteína C-reativa) e da intensidade do esforço (lactato).

3.2.5.1. Perfil lipídico

- a) Colesterol das lipoproteínas de baixa densidade (C-LDL), medido em miligramas por decilitro (mg/dL);
- b) Colesterol das lipoproteínas de alta densidade (C-HDL), medido em miligramas por decilitro (mg/dL);
- c) Colesterol total, medido em miligramas por decilitro (mg/dL);
- d) Triglicéridos (TG), medidos em miligramas por decilitro (mg/dL).

3.2.5.2. Perfil glicémico

- a) Glicemia em jejum, medida em miligramas por decilitro (mg/dL).
- b) Insulinemia, medida em microunidade por mililitro (μ IU/mL).
- c) Hemoglobina glicada (HbA1c), medida em percentagem (%).
- d) Peptídeo C, medido em nanogramas por mililitro (ng/ml).

3.2.5.3. Marcador inflamatório

- a) Proteína C-reativa de alta sensibilidade (PCR-as), medida em miligramas por decilitro (mg/dL).

3.2.5.4. Marcador de intensidade

- a) Lactato, medido em milimoles por litro (mmol/L).

3.2.6. Parâmetros hemodinâmicos

- a) A pressão arterial em repouso, determinada com esfigmomanómetro digital, foi medida em milímetros de mercúrio (mmHg) e dividida em:
 - Pressão arterial sistólica (PAS);
 - Pressão arterial diastólica (PAD);
 - Pressão arterial média (PAM), calculada a partir da fórmula $PAM = PAS + (PAD \times 2)/3$ (Silverthorn et al., 2017).
- b) A frequência cardíaca em repouso, determinada pela monitorização com esfigmomanómetro digital, foi medida em batimentos por minuto (bpm).
- c) A frequência cardíaca durante o teste de Bruce Modificado (Lerman et al. 1976) foi determinada por meio do eletrocardiograma (ECG) e medida em bpm.
- d) A frequência cardíaca durante as sessões de treino foi determinada através de um cardiófrequencímetro e medida em bpm.

3.3. Amostra

A amostra deste estudo é composta por participantes voluntários do Projeto Coração é a Razão que é uma iniciativa proposta em conjunto com o Hospital Misericórdia da Mealhada, a Fundação Portuguesa de Cardiologia de Coimbra, a Câmara Municipal da Mealhada e o Centro de Saúde da Mealhada.

A amostra do estudo é de 129 participantes, com idades compreendidas entre 49 anos e 92 anos ($67,8 \pm 9,2$ anos), sendo 42 do sexo masculino e 87 do sexo feminino.

Os participantes foram divididos aleatoriamente em 3 grupos: 13 no grupo controlo (CON); 13 no grupo de intervenção que utilizou o treino aeróbio contínuo em intensidade moderada (CT); e 13 no grupo de intervenção que utilizou o treino aeróbio intervalado de alta intensidade (HIT).

Os integrantes do grupo CT ($71,1 \pm 4,8$ anos; $n = 13$; 15% homens) realizaram sessões de treino de força combinada com treino aeróbio contínuo; já os do grupo HIT realizaram ($63,3 \pm 7,2$ anos; $n = 13$; 31% homens) sessões de treino de força e treino aeróbio intervalado. Os integrantes do grupo CON ($67,8 \pm 3,8$ anos; $n = 13$; 31% homens) não participaram em nenhum programa de EF formal.

Foram excluídos deste estudo os participantes que apresentaram insuficiência cardíaca descompensada, angina de peito, história de enfarte do miocárdio ou acidente vascular cerebral com menos de um ano de evolução, hipertensão arterial não controlada e insuficiência renal.

Os participantes foram convocados para uma reunião inicial. Nela, os objetivos da investigação bem como o protocolo de atuação (assegurando o anonimato e a confidencialidade dos dados e proteção contra o desconforto) foram explicados. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, de acordo com a Declaração de Helsínquia (Anexo 8.4). O desenho do estudo, métodos e procedimentos foram previamente aprovados (Referência: CE / FCDEF-UC / 00202016) pelo Comité de Ética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.

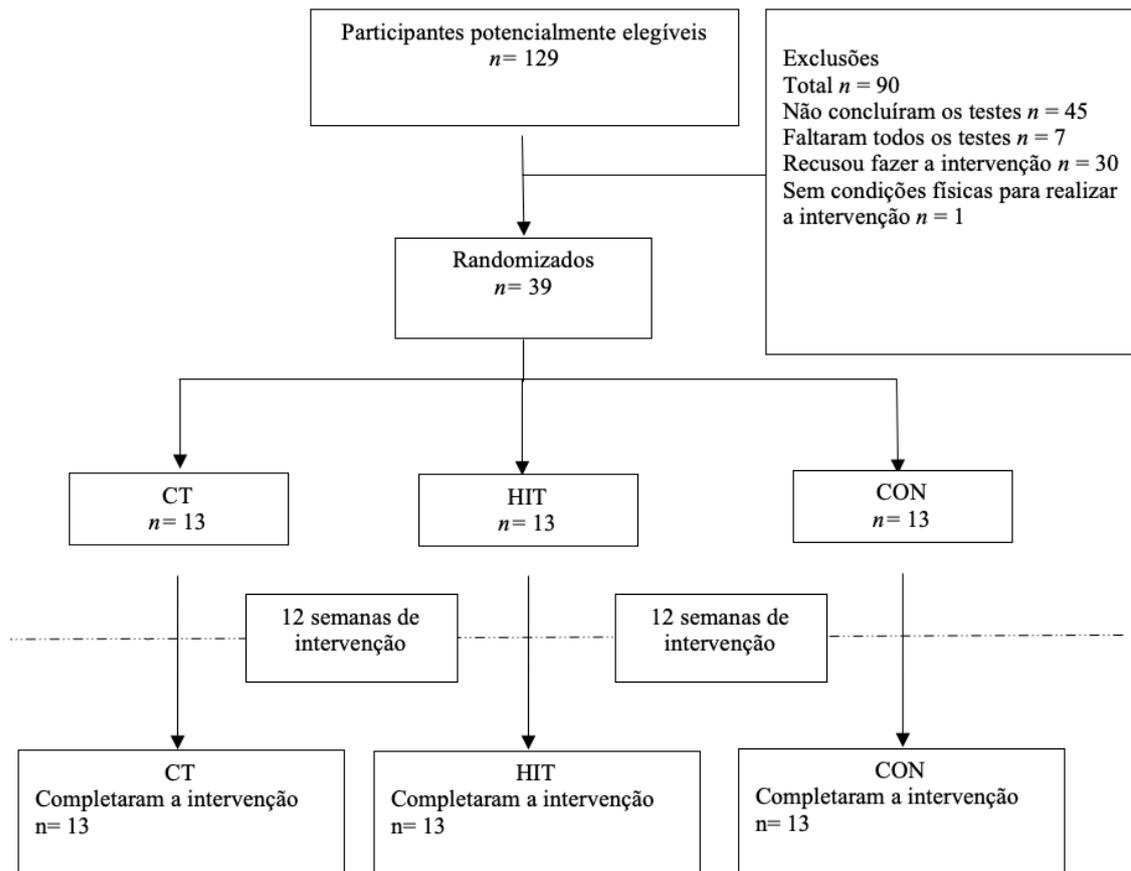


Figura 3.3. Fluxograma (Silva et al., 2019).

3.4. Administração dos testes

Considerando a complexidade das avaliações e o elevado número de testes propostos por esta investigação, foi necessário um planeamento prévio de todas as etapas do processo. Os participantes foram divididos em subgrupos de 5 elementos, dos quais as coletas, em dois dias seguidos, foram realizadas. No primeiro dia foram preenchidos os inquéritos, recolhidas as medidas antropométricas, realizados os testes funcionais e efetuada a avaliação da aptidão cardiorrespiratória. No segundo dia foram recolhidas as amostras sanguíneas.

Antes de iniciarem as avaliações, todos os participantes assinaram um termo de consentimento informado, que explicava todas as etapas da investigação, objetivos e riscos.

3.4.1. Procedimentos anteriores à realização dos testes

Todos os participantes do processo de avaliação realizado no Hospital da Misericórdia da Mealhada (HMM) foram submetidos a uma avaliação na consulta de cardiologia, com o médico especialista em cardiologia, obtendo o consentimento e a referenciação para participar nos testes e protocolo experimental. Ainda no HMM, os participantes receberam todas as instruções sobre os testes (datas, horários, locais e traje).

Os testes foram realizados nos mesmos dias, porém em dois locais, na FCDEF e na ESTESC. Os dados, após coletados, eram conferidos e validados no mínimo por dois avaliadores. Após a primeira bateria de testes, os utentes realizaram as colheitas sanguíneas no HMM.

3.4.2. Equipa de observadores

A equipa de observadores foi constituída por nove elementos. A responsabilidade de contactar instituições, programar atividade (testes e intervenção) e requisição de material, ficou a cargo de um Coordenador. Os elementos da equipa eram estudantes do doutoramento em Ciências do Desporto da Universidade de Coimbra, uma técnica laboratorial e uma médica representante da Fundação Portuguesa de Cardiologia. Todos os observadores receberam uma formação prévia sobre como e quais dados deveriam ser coletados para a presente investigação.

Realizou-se um teste piloto, em que os observadores, em conjunto, estipularam a melhor forma de organização para a coleta de dados.

A coleta de sangue foi efetuada por técnicos do HMM.

3.4.3. Instrumentos e equipamento utilizados

3.4.3.1. Aptidão física funcional

Os testes para a avaliação da aptidão física funcional dos participantes foram aplicados no Laboratório da FCDEF. Procurou manter-se as mesmas condições durante os dois momentos de avaliações (pré-intervenção e pós-intervenção). Todos os participantes

foram avaliados no mesmo laboratório. Os dados coletados foram registados numa ficha própria (Anexo 8.1).

Para avaliar a potência dos membros inferiores, utilizou-se um cronómetro, da marca Accusplit, modelo AX 602 Dual 100 memory (Califórnia, Estados Unidos da América) e uma cadeira com apoio para as costas (encostada na parede, para evitar algum acidente), sem apoio de braços com 43 centímetros de altura do assento para o solo.

Durante o processo de avaliação, os participantes aguardaram sentados para que não houvesse desgaste físico desnecessário.

3.4.3.2. Antropometria

A determinação da massa corporal foi obtida através da balança digital portátil da marca SECA[®], modelo 770 (Hamburgo, Alemanha), com grau de precisão de 100 gramas.

A determinação da estatura deu-se por meio do estadiómetro portátil da marca Harpenden modelo 98.603 (Crosswell, Reino Unido). O grau de precisão da escala métrica era de 0,1 centímetros.

A circunferência da cintura foi determinada através de uma fita métrica plástica da marca Holtain[®] (Crosswell, Reino Unido), com 2 metros e grau de precisão da escala métrica de 0,1 centímetros.

Porcentagem de massa gorda, analisada através do DEXA, por meio do aparelho Lunar iDXA GE[®] (Diegem, Bélgica).

Os dados foram registados numa ficha específica (Anexo 8.1).

3.4.3.3. Aptidão cardiorrespiratória

Os testes, realizados em tapete rolante, decorreram no laboratório da FCDEF, e eram compostos por estágios com a duração de 3 minutos. Em cada estágio, foi aferida a frequência cardíaca (por meio do ECG), as trocas gasosas de oxigénio e gás carbónico (por meio de ergoespirometria) e a perceção subjetiva de esforço. Nos três primeiros estágios, a velocidade mantém-se em 2,74 km/h e somente a inclinação varia (0%, 5% e 10%, respetivamente). O quarto estágio tem a velocidade de 4,02 km/h e a inclinação 12%; o

quinto, 5,47 km/h e 14%; o sexto, 6,75km/h e 16%; o sétimo, 8,04km/h e 18%; o oitavo, 8,85km/h e 20%; e o nono 9,65km/h e 22% (Fletcher et al, 2013).

Para a análise do ECG e análise de gases, utilizou-se o aparelho Quark CPET da marca COSMED® (Roma, Itália); uma esteira ergométrica marca HP Cosmos®, modelo Pulsar (Nussdorf, Alemanha); máscara para captação dos gases naso-bucal da marca METAMAX (Leipzig, Alemanha); elétrodos descartáveis; lâminas de barbear descartáveis e álcool com volume de 70%. Os dados foram registados numa ficha elaborada para o teste (Anexo 8.1)

3.4.3.4. Parâmetros sanguíneos

As amostras de sangue, da manhã, foram coletadas por enfermeiros experientes, depois de 12 horas de jejum e 48 horas após a última sessão de treino. Os resultados correspondentes às variáveis sanguíneas foram determinados imediatamente após a coleta de sangue (sem congelamento), por método padrão num laboratório de análises clínicas (Laboratório Uália Análises Clínicas de Coimbra). A análise de erro relatada por UÁLIA foi desvio padrão <1 para todas as variáveis (quantificação de C-LDL, C-HDL, C-total, TG, PCR-as, Peptídeo C, Glicemia e HbA1C).

- a) Para determinar o C-LDL, C-HDL, C-total, TG, glicemia e PCR-as utilizou-se o kit comercial Beckman Coulter AU 400 (Brea, Estados Unidos da América); para a insulinémia e o Peptídeo C, utilizou-se o kit comercial Roche Cobas (Mannheim, Alemanha). Foram necessários 5,0 mililitros e, após o processo de centrifugação (3500 rotações por minuto), obteve-se o soro.
- b) Para determinar a HbA1c, foram necessários 3,0 mililitros, colhidos num tubo com anticoagulante EDTA (ácido etilenodiaminotetracético). Para a análise, foi utilizado o kit comercial Menarini HA 8140 (Kyoto, Japão).
- c) O lactato foi determinado através da recolha de lactato no sangue, tendo-se utilizado as lancetas UNISTIK 2 EXTRA (Woodstock, Reino Unido) para a recolha de sangue capilar (0,3 µL) e o analisador de lactato portátil Lactate Pro2 LT-1730, da marca Arkray® (Kyoto, Japão).

3.4.3.5. Questionários e saúde

3.4.3.5.1. Histórico de saúde

O Questionário Geral de Saúde e AF (Sardinha, 1999) é um instrumento que inclui questões como: idade, sexo, escolaridade, situação de vida, nível de AF, tabagismo e presença de doenças como: cardiopatia, hipertensão arterial sistêmica, acidente vascular cerebral, diabetes, dislipidemias, doenças osteoartriticas pulmonares, hepatopatias, doenças tireoidianas, problemas visuais e auditivos, cancro, doença de Parkinson, doença de Alzheimer e demência ou outras comorbidades. Além disso, o questionário também incluiu perguntas sobre o tipo e a quantidade de medicamentos que os participantes usavam diariamente (Anexo 8.2).

3.4.3.5.2. Qualidade de vida

O “Questionário de estado em saúde” é a versão portuguesa do instrumento *Medical Outcomes Study Short Form Health Survey - 36 item, version 2* (SF-36), o qual é um instrumento de autopreenchimento, validado e adaptado culturalmente por Ferreira (2000a, 2000b), elaborado Ware e Sherbourne (1992) e demorando entre 5 a 10 minutos para preencher. O SF-36 é o resultado de um estudo que durou mais de dez anos, realizado por investigadores da *Rand Corporation* nos EUA (Anexo 8.3).

Constituído para representar os conceitos mais importantes em saúde, organiza-se em oito dimensões: Função física (FF), Desempenho físico (DF) e emocional (DE), Dor física (DorF), Saúde geral (SG), Vitalidade (V), Função social (FS), Desempenho emocional (DE) e Saúde mental (SaM). Para além das oito dimensões, tem a escala que avalia a Mudança de saúde (MS), que não constitui uma dimensão, apenas pedindo aos inquiridos o grau de mudança geral na sua saúde com base no que viveram previamente. (Ferreira, 1998; Ferreira, 2000a, 2000b). Outras três pontuações sumárias também derivam do SF-36. Essas são: *scores* dos componentes da saúde física (CSF) e Componente da saúde mental (CSM) e *score* total do SF-36 (Ferreira, 1998; Ferreira, 2000a, 2000b; Ware et al., 2000). Cada conceito (ou dimensão) será descrito na Tabela 3.4.3.5.2.

Tabela 3.4.3.5.2. Descrição das oito dimensões que constituem o SF-36.

Dimensões	Conceitos
Função física	Mensura as possíveis limitações para a realização de atividades físicas menores, intermédias e extenuantes.
Desempenho físico e emocional	Medem a limitação do tipo e qualidade na execução do trabalho, relacionando com o estado de saúde.
Dor física	Representa a intensidade e o desconforto causados pela dor e como as mesmas interferem nas atividades habituais.
Saúde geral	Mede a perceção geral de saúde, resistência à doença e aparência saudável.
Vitalidade	Através dessa escala consegue captar-se melhor os níveis de bem-estar, por meio da inclusão dos níveis de fadiga e energia.
Função social	Tem a pretensão de obter, de forma qualitativa e quantitativa, o impacto dos possíveis problemas emocionais e físicos nas atividades sociais dos inquiridos.
Saúde mental	Inclui quatro das dimensões da saúde mental: ansiedade, depressão, bem-estar psicológico e perda de controlo comportamental ou emocional.

Nota: Fonte: Ferreira, P. L. (2000a). Criação da versão portuguesa do MOS SF-36: Parte I – adaptação cultural e linguística. *Ata Médica Portuguesa*, 13 (1/2), 55-66.

As oito dimensões agrupam 36 itens, em que cada item corresponde a um conteúdo. A Tabela 3.4.3.5.3 contém a descrição dos itens e os seus respetivos conteúdos.

Tabela 3.4.3.5.3. Descrição dos conteúdos e itens das escalas que constituem o SF-36.

ESCALA	NÍVEIS	ITEM	CONTEÚDO
Função física	21	3a	Atividades violentas (correr, levantar pesos, participar em desportos extenuantes)
		3b	Atividades moderadas (deslocar uma mesa ou aspirar a casa)
		3c	Levantar ou pegar nas compras de mercearia
		3d	Subir vários lanços de escada
		3e	Subir um lanço de escadas
		3f	Inclinar-se, ajoelhar-se ou baixar-se
		3g	Andar mais de 1 Km
		3h	Andar vários quarteirões ou grupos de casas
		3i	Andar um quarteirão ou grupo de casas
		3j	Tomar banho ou vestir-se sozinho/a
Desempenho físico	5	4a	Diminuiu o tempo gasto a trabalhar ou em outras atividades
		4b	Fez menos do que queria
		4c	Limitado/a no tipo de trabalho ou em outras atividades
		4d	Dificuldade em executar o trabalho ou em outras atividades
Dor física	11	7	Intensidade das dores
		8	Interferência da dor no trabalho normal
Saúde geral	21	1	A sua saúde é: ótima, muito boa, boa, razoável, fraca
		11a	Parece que adoço mais facilmente do que os outros
		11b	Sou tão saudável como qualquer outra pessoa
		11c	Estou convencido/a de que a minha saúde vai piorar
		11d	A minha saúde é ótima
Vitalidade	21	9a	Cheio/a de vitalidade
		9e	Com muita energia
		9g	Sentiu-se estafado/a
		9i	Sentiu-se cansado/a
Função social	9	6	Interferência dos problemas de saúde nas atividades sociais
		10	Nº de casos em que a saúde física interferiu nas atividades sociais
Desempenho emocional	4	5a	Diminuição do tempo gasto a trabalhar ou noutras atividades
		5b	Fez menos do que queria
		5c	Não trabalhou tão cuidadosamente como era costume
Saúde mental	26	9b	Sentiu-se muito nervoso/a
		9c	Sentiu-se tão deprimido/a que nada o/a animava
		9d	Sentiu-se calmo/a e tranquilo/a
		9f	Sentiu-se triste e em baixo
		9h	Sentiu-se feliz
Mudança de saúde	5	2	Saúde atual comparada com o que acontecia há um ano

Nota: Fonte: Ferreira, P. L. (2000a). Criação da versão portuguesa do MOS SF-36: Parte I – adaptação cultural e linguística. *Ata Médica Portuguesa*, 13 (1/2), 55-66.

Os itens são de resposta fechada e a pontuação é obtida por meio do método Likert (1932). A transformação dos valores dá-se pelo sistema de codificação da *Rand Corporation* (Rand, 1992). A Tabela 3.4.3.5.4 apresenta as pontuações, transformações e valores. Mesmo que seja suficiente a responder metade dos itens, para que se estime a pontuação, exigiu-se que todos os inquéritos fossem totalmente respondidos.

Tabela 3.4.3.5.4. Sistema de pontuação, transformação e valores do SF36.

Dimensão	Perguntas	Valores	Transformação		MIN	MAX
FF	3a - 3j	1-3	--		10	30
DF	4a - 4d	1-2	--		4	8
DorF	7	1-6	1 → 6.0	4 → 3.1	2	12
			2 → 5.4	5 → 2.2		
			3 → 4.2	6 → 1.0		
	8	1-5	7 falta	7 = 1	7 = 2, ..., 6	
			1 → 6.0	1 → 6.0	6 - x	
			2 → 4.75	1 → 4.0		
			3 → 3.5	1 → 3.0		
			4 → 2.25	1 → 2.0		
			5 → 1.0	1 → 1.0		
SG	1	1-5	1 → 5.0	4 → 2.0	5	25
			2 → 4.4	5 → 10		
			3 → 3.4			
	11a, 11c	1-5	--			
	11b, 11d	1-5	x → 6 - x			
VT	9a, 9e	1-6	x → 7 - x		4	24
	9g, 9i	1-6	--			
FS	6	1-5	x → 6 - x		2	10
	10	1-6	--			
DE	5a - 5c	1-2	--		3	6
SaM	9b, 9c, 9f	1-6	--		5	30
	9d, 9h	1-6	x → 7 - x			
MS	2	1-5	--		--	--

Nota: Fonte: Ferreira, P. L. (1998). A Medição do estado de saúde: Criação da versão portuguesa do MOS SF36: Documento de Trabalho 2. Centro de Estudos e Investigação em Saúde da Universidade de Coimbra; representa a transformação identidade.

Para o cálculo das escalas, utilizou-se a fórmula apresentada na Figura 3.4.3.5.2. Através dela, os valores são transformados de 0 a 100, em que quanto maior o valor, melhor será a percepção do estado de saúde.

$$\text{Escala Transformada} = \left(\frac{\text{SOMA} - \text{MIN}}{\text{MAX} - \text{MIN}} \right) * 100$$

Figura 3.4.3.5.2. Fórmula para calcular os *scores* do SF-36.

3.4.3.5.3. Ingestão alimentar

Utilizou-se o Questionário de Frequência Alimentar QFA® (Lopes, 2000) para a avaliação da ingestão nutricional. Este questionário foi aplicado antes da intervenção e após o período de 12 semanas, em que os participantes autorreportaram os seus hábitos alimentares por meio de entrevista a nutricionista.

Os registos coletados dizem respeito à frequência do consumo de alimentos em unidades de tempo relativo ao último ano até ao momento do preenchimento do questionário.

O controlo, desde a coleta ao tratamento dos dados, foi realizado por meio da nutricionista, a qual, após a coleta, realizou a quantificação dos alimentos e utilizou o programa informático *Food Processor Plus*, ® versão 5.0 (ESHA Research, EUA) para a conversão em nutrientes, levando em consideração a regionalidade (hábitos alimentares portugueses).

3.4.3.6. Escala de percepção subjetiva de esforço

Para o controlo da percepção subjetiva do esforço (PSE), foi utilizada a escala *Category Ratio Scale* (CR-10) elaborada por Borg (1982), tanto no teste de aptidão cardiorrespiratória quanto na intervenção com EF.

A CR-10 corresponde a uma escala com 10 pontos, 12 números, em que 0 representa “absolutamente nada” e 10 “extremamente forte”, porém o termo máximo encontra-se fora da escala. A representação da escala dá-se através da Tabela 3.4.3.7. Essa

escala tem um sucesso no campo prático quando se relaciona a percepção com a frequência cardíaca (Noble e Robertson, 1996).

Tabela 3.4.3.6. Escala de percepção subjetiva de esforço CR-10.

0	Absolutamente nada	Sem dor
0,5	Extremamente fraco	Apenas perceptível
1		
2	Fraco	Leve
3	Moderado	
4		
5	Forte	Intenso
6		
7	Muito forte	
8		
9		
10	Extremamente forte	Dor máxima
...		
.	Máximo absoluto	O mais intenso possível

Nota: Fonte: Borg (1982)

3.4.3.7. Pressão arterial e frequência cardíaca

A pressão arterial e a frequência cardíaca em repouso foram determinadas através da monitorização com esfigmomanómetro digital *Sfigmomanometro digitale da tavolo display LCD 4"*, da marca Moretti S.p.A., modelo DM460 (Arezzo, Itália),.

A frequência cardíaca, durante o teste de esforço, foi determinada por monitorização, através da utilização do ECG acoplado ao aparelho Quark CPET da marca COSMED® (Roma, Itália).

A frequência cardíaca, durante as sessões de exercício, foi determinada por monitorização, através da utilização de um cardiofrequencímetro modelo ONRHYTHM 110 da marca KALENJI® (Villeneuve, France).

3.4.3.8. Programas informáticos

Os dados recolhidos foram registados através do pacote de programas da *Microsoft Office* (*Microsoft Excel* e o *Microsoft Word*). A análise estatística foi realizada através do programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS, versão 24.0)

3.4.4. Protocolos utilizados

3.4.4.1. Aptidão física

A aptidão física funcional dos participantes, e concretamente a força e resistência dos membros inferiores, foi realizada através do teste de levantar e sentar de Rikli & Jones (2013), em que foi possível obter a potência dos membros inferiores, através da fórmula de Smith et al. (2010): $-504.845 + 10.793 \times \text{massa corporal} + 21.603 \times \text{número de repetições dos primeiros 20 segundos de teste de levantar e sentar}$, gerando um resultado em watt.

a. Aquecimento e adaptação ao tapete rolante

Inicialmente os participantes realizavam uma caminhada, durante o tempo de 2 a 3 minutos, sem inclinação, com a velocidade de 2 km/h, a fim de realizar uma preparação para os testes e adaptação ao tapete rolante.

b. Potência de membros inferiores

Protocolo – Para executar o teste “levantar e sentar na cadeira” os indivíduos foram instruídos a sentar numa cadeira, com as costas direitas, os pés apoiados no solo, afastados na direção dos ombros e, por vezes, os pés poderiam estar ligeiramente um à frente do outro, para melhorar o equilíbrio durante a execução do teste. Em relação ao posicionamento dos membros superiores, os antebraços foram cruzados e as mãos apoiadas nos peitorais. Quando o teste se iniciava, os indivíduos elevavam-se até à posição vertical, com extensão máxima dos membros inferiores e regressavam à posição inicial. Todos foram encorajados a executar o máximo de repetições possível durante o período de 30 segundos.

Pontuação – A pontuação foi obtida através do número máximo de repetições que conseguiam realizar durante o período de 30 segundos. Quando o indivíduo se encontrava a mais de meia elevação, no final dos 30 segundos, considerava-se uma execução completa. Administrou-se apenas uma tentativa.

Normas de segurança – As cadeiras encontravam-se apoiadas (o encosto) contra uma parede e prestava-se atenção a qualquer desequilíbrio por parte dos que realizaram o teste. Se houvesse algum relato de dor, interrompia-se o teste.

Prática/ensaio – O teste foi demonstrado pelo avaliador inicialmente de forma lenta, para que se percebessem os detalhes para a execução de forma correta. Em seguida, o avaliador realizava as repetições em ritmo mais acelerado para notarem que o objetivo era alcançar o máximo de repetições possível. Após a demonstração, os indivíduos realizavam de uma a três execuções, para a interiorização do movimento.

c. Teste Bruce Modificado

Protocolo – O teste foi realizado em tapete rolante e os participantes apoiavam as mãos numa barra fixa (sem fazer muito esforço). Antes de se iniciar o teste, o participante recebia instruções sobre ele, sobre como relatar a sua percepção do esforço, ciente de que poderia solicitar a interrupção a qualquer momento que quisesse. O participante era avisado quando o teste se iniciava, quando o tapete inclinava e quando o teste terminava. De 3 em 3 minutos, o tapete inclinava, a velocidade aumentava e, segundos antes, era solicitado que o participante informasse a sua percepção do esforço, apontando com o dedo indicador para a escala CR-10 (Borg, 1982), a qual se encontrava à sua frente. Os critérios de interrupção serão de acordo com o ACSM (Pescatello et al., 2014):

- Sintomas de angina.
- Sintomas referentes ao sistema nervoso (ataxia, tontura ou quase síncope).
- Sinais de perfusão pobre (cianose ou palidez).
- Dificuldades no monitoramento do Eletrocardiograma.
- Vontade de interrupção por parte do indivíduo.
- Taquicardia ventricular sustentada.
- Quando ultrapassada 85% da $F_{c\text{máx}}$ predita de acordo com a fórmula $FC_{\text{máx}}=208-0,7 \times \text{Idade}$ de Tanaka et al. (2001).

Após o teste, os participantes realizavam 3 minutos de volta calma no tapete rolante. No fim, era coletada uma gota de sangue do dedo anelar para a análise do lactato.

O teste era considerado válido quando o participante atingia um dos seguintes critérios:

- a) 85% da FCmax prevista por Tanaka et al. (2001);
- b) o coeficiente respiratório igual ou maior que 1,05;
- c) vontade de interrupção por parte do participante.

Para a avaliação do VO_2pico , foram considerados os valores médios dos últimos 30 segundos do teste.

Terminado o teste, era realizado um período de 3 minutos de recuperação ativa, em que, no final, era recolhido o sangue capilar dos participantes para ser examinado no analisador de lactato (da Fontoura et al., 2011).

Normas de segurança - Um membro da equipa encontrava-se atrás do participante para realizar a segurança ao longo do teste.

Prática/ensaio – Durante o aquecimento, realizava-se a “prática/ensaio” do teste.

3.4.4.2. Antropometria

Os procedimentos antropométricos adotados seguiram as diretrizes do *American College of Sports Medicine* (Pescatello et al., 2014) e foram realizados por uma equipa com vasta experiência.

a. Massa corporal

Os participantes realizaram a avaliação da massa corporal com a utilização de, no máximo, duas peças de roupas leves, sem calçado. Isso para que se evitasse qualquer tipo de constrangimento.

b. Estatura

No seguimento da avaliação da massa corporal, os participantes realizaram a avaliação da estatura, em que eram encostados à parede, onde se encontrava um estadiómetro portátil. Ajustou-se a cabeça para a definição correta no Plano Horizontal de Frankfurt. Solicitou-se que o participante inspirasse o máximo volume de ar e que se mantivesse em posição ereta.

c. Circunferência da cintura

Com o participante na posição vertical, braços dispostos ao lado do tronco, pés juntos e abdómen relaxado, verificou-se a circunferência da cintura com uma fita métrica colocada acima da cicatriz umbilical e abaixo do apêndice xifóide, na parte do tronco de menor perímetro.

3.4.4.3. Parâmetros sanguíneos

Os técnicos do HMM colheram os sangues dos participantes. Os mesmos tiveram que respeitar 12 horas (no mínimo) sem ingerir nenhum alimento, antes das colheitas.

3.4.4.4. Questionários

Os participantes responderam a todos os questionários (Questionário Geral de Saúde e Atividade Física e SF36) de forma individual. Em casos de dificuldades (visão ou leitura) um dos assistentes ajudava-os, de forma limitada (só realizavam a leitura), para não emitir nenhum juízo de valor sobre as respostas (Anexos 8.2 e 8.3).

3.4.4.5. Pressão arterial e frequência cardíaca

a. Pressão arterial de repouso

Para a avaliação da pressão arterial de repouso, obedeceu-se ao protocolo de acordo com ACSM (Pescatello et al., 2014):

- a) Os participantes deveriam estar sem ingerir nicotina, cafeína, álcool ou outros estimulantes, no período mínimo de 30 minutos antes da avaliação. Antes de medir a pressão, respeitavam 5 minutos de repouso, sentados numa cadeira com apoio nas costas, pés no solo e pernas descruzadas.
- b) Colocou-se a braçadeira à volta do braço, de forma firme, sobre a artéria braquial, ao nível do coração, sempre utilizando o braço esquerdo.
- c) O dispositivo era ligado e, de forma automática, realizava-se a medição.

- d) Realizaram-se sempre duas medições, respeitando o intervalo de 1 minuto. Quando havia diferença superior a 5mmHg, efetuava-se uma terceira medição.

b. Frequência cardíaca

A frequência cardíaca de repouso foi medida em conjunto com a pressão arterial, seguindo o mesmo critério e protocolo.

Durante o teste de Bruce Modificado (Lerman et al. 1976), a frequência cardíaca foi controlada por meio do ECG de 12 derivações.

Nas sessões de exercício, a frequência cardíaca foi monitorada através de um cardiofrequencímetro.

3.4.5. Procedimentos

3.4.5.1. Preparação dos participantes

A articulação de toda a logística que os testes e a intervenção exigiam só foi possível graças ao trabalho de gestão realizado entre a equipa técnica do HMM e a coordenação do presente trabalho. Todo o agendamento de atividades foi realizado no HMM (pelas duas partes acima citadas). A colaboração dos diretores técnicos dos laboratórios da FCDEF e ESTESC também foi fundamental para a realização do trabalho.

3.4.5.2. Sequência das avaliações

A amostra foi dividida em subgrupos de 5 participantes para a análise das diversas variáveis, as avaliações foram realizadas em dois dias. Respeitou-se o seguinte planeamento:

O primeiro dia foi para preencher inquéritos, recolher medidas antropométricas, testes funcionais e avaliação da aptidão cardiorrespiratória. O segundo dia foi para a recolha de sangue.

1º dia – No primeiro momento, realizaram o preenchimento do “Termo de Consentimento”, do questionário SF36 e “Questionário Geral de Saúde e Atividade Física”, avaliação da pressão arterial e a frequência cardíaca de repouso. No segundo

momento, a avaliação das variáveis antropométricas (massa corporal, estatura e circunferências), realização do teste de levantar e sentar de Rikli e Jones (2013) para avaliar a força inferior e teste de esforço submáximo no tapete rolante (Bruce modificado) com analisador de gases, na FCDEF. No terceiro momento, os participantes deslocaram-se à ESTESC e realizaram a análise da composição corporal por meio da DEXA.

2º dia – Recolha de sangue, respeitando um jejum de 12 horas ou mais. Respeitou-se o período mínimo de 72 horas entre a realização dos testes funcionais e a colheita sanguínea. Também se respeitou um período mínimo de 48 horas após a última sessão de treino para a realização da colheita sanguínea.

3.4.5.3. Recolha dos dados

Os dados relativos à aptidão física funcional, antropometria e aptidão cardiorrespiratória foram recolhidos pelos observadores participantes da equipa de pesquisa. Tudo foi registado em fichas (Anexo 8.1). Os valores foram registados ao longo dos testes, consoante a característica de cada um.

Em relação aos dados referentes aos parâmetros sanguíneos, o laboratório envolvido nas análises forneceu os dados em documentos individuais e identificados.

Os dados relativos à perceção da qualidade de vida foram coletados por meio do questionário SF36, em que os participantes registavam no próprio questionário as alternativas que consideravam adequadas. O registo foi feito de forma individual e reservada. Quando algum membro da equipa de investigadores era solicitado para elucidar alguma questão, a abordagem era sempre com uma atitude isenta e imparcial, para que não houvesse uma interferência. Do mesmo modo, os participantes realizaram o preenchimento do “Questionário Geral de Saúde e Atividade Física”, a fim de aferir dados gerais relativos à saúde e nível de AF dos mesmos.

Por último, os valores referentes à frequência cardíaca de repouso durante o teste e a pressão arterial de repouso foram registados nas fichas (Anexo 8.1) e ficheiro virtual.

3.4.5.4. Análise dos dados

No fim da coleta de dados, realizou-se uma análise prévia para detetar valores não aceitáveis (*outliers*).

O critério para os grupos de exercício, no que diz respeito à assiduidade, foi a presença em, pelo menos, 2/3 das sessões de exercício. Por semana, só poderiam faltar uma vez (3 sessões por semana). A consequência disso foi uma redução no número da amostra do estudo.

3.6. Programa de exercício físico

3.6.1. Componentes das sessões

As sessões de treino (figura 3.6.1) respeitaram um protocolo de treino concorrente, o qual foi constituído por aquecimento, treino de força, treino aeróbio (contínuo ou intervalado de alta intensidade) e treino de flexibilidade, 3 vezes por semana, durante 12 semanas. A ordem dos eventos, nas sessões de treino, deu-se da seguinte forma:

- O aquecimento;
- O treino de força, composto por 6 exercícios envolvendo grandes músculos;
- O treino aeróbio contínuo, caminhadas;
- O treino intervalado de alta intensidade, com caminhadas e corridas.



Figura 3.6.1. Esquema ilustrativo da intervenção do exercício entre grupos.

3.6.2. Treino de Força

Foi composto por 2 séries com 8 a 15 repetições, com um intervalo de 1 a 2 minutos (Heyward e Gibson, 2014; Pescatello et al., 2014), totalizando um tempo de aproximadamente 20 minutos de sessão. Para se medir a percepção da intensidade, utilizou-se a escala CR-10 (Borg, 1982). Os valores (na escala) propostos para o trabalho foram de 4 a 7 (incrementados de forma progressiva). Os exercícios estão descritos de acordo com a *National Strength and Conditioning Association* (NSCA, 2008) na tabela 3.6.2.

Tabela 3.6.2. Exercícios de Treino de Força

Exercícios	Músculos	Movimentos
Levantamento terra	Glúteo máximo; Semitendinoso; Bíceps femoral; Vasto lateral, intermédio e medial; Reto Femoral.	Extensão de quadril e joelhos
Remada curvada	Latíssimo do dorso; Redondo maior; Trapézio médio; Rombóides; Deltóide posterior; Braquial; Braquiorradial; Bíceps braquial.	Adução de escápula, extensão de deltoídes e flexão de cotovelo
Stiff	Glúteo máximo; Semimembranoso; Semitendinoso; Bíceps femoral; Eretores de coluna.	Extensão de quadril e coluna
Supino	Peitoral maior; Deltóide anterior; Serrátil anterior; Peitoral menor; Tríceps braquial.	Adução de ombros, abdução de escápulas e flexão de cotovelos
Abdominal	Reto abdominal.	Flexão de tronco

Nota: Fonte: *National Strength and Conditioning Association* (NSCA, 2008).

3.6.3. Treino aeróbio contínuo com intensidade moderada

Após a aplicação do protocolo de treino de força, os sujeitos do grupo CT cumpriram 20 minutos de caminhadas, no mesmo pavilhão, respeitando uma intensidade moderada de 60-70% da $F_{cmáx}$ e/ou 3 – 5 pontos na escala CR-10 (Borg, 1982).

3.6.4. Treino Intervalado de Alta Intensidade

Após a aplicação do treino de força, sujeitos do grupo HIT realizaram o TIAI, em que efetuaram corridas 3 vezes, durante 3 minutos, com a intensidade de 80% a 90% da FCmax e 2 vezes (de caminhadas) por 3 minutos na intensidade de 55% a 65% da FCmax. A escala da CR-10 (Borg, 1982) também foi utilizada como auxílio para controlar a percepção das intensidades, em que os valores foram de 5 a 7 para alta intensidade e 2 a 3 para baixa intensidade.

3.6.5. Flexibilidade

O treino de flexibilidade verificou-se nos últimos 5 minutos de cada sessão (para os dois grupos de intervenção), no momento de retorno à calma. Os alongamentos foram estáticos, com a duração de 10 a 15 segundos para cada movimento e realizando 1 a 2 repetições.

3.6.6. Periodização

Baseado nas orientações de ACSM (Pescatello et al., 2014) e Heyward e Gibson (2014), quanto à periodização do treino de força para idosos, o protocolo de treino foi de 12 semanas e de acordo com a Tabela 3.6.6. A prescrição da carga dava-se de acordo com a capacidade individual. Respeitou-se a intensidade proposta através da percepção de esforço, de acordo com a escala CR-10 (Borg, 1982).

Tabela 3.6.6. Periodização do Treino de Força

Semanas	Intensidade (Borg CR-10)	Repetições
1 e 2	2	15
3 a 5	3	12-15
6 a 10	4	10-12
11 a 12	5	8-10

3.6.7. Impulso de treino

Foi estimado o impulso de treino (TRIMP) dos exercícios aeróbios (TAIM e TIAI), usando a seguinte fórmula (Banister et al., 1991):

$$\text{TRIMP} = \text{TD} * \text{FC}_R * 0,64 * e^{1,92 * \text{FC}_R} \text{ (homens)}$$

$$\text{TRIMP} = \text{TD} * \text{FC}_R * 0,86 * e^{1,672 * \text{FC}_R} \text{ (mulheres)}$$

Onde TD é a duração da sessão de treino expressa em minutos e é o logaritmo napieriano de 2.712 e a Frequência de reserva (FC_R) foi determinada pela seguinte equação:

$$\text{FC}_R = (\text{FC}_{\text{ex}} - \text{FC}_{\text{repouso}}) / (\text{FC}_{\text{máx}} - \text{FC}_{\text{repouso}})$$

Onde FC_{ex} é a FC média da sessão de treino e FC_{repouso} é a FC em repouso.

3.6.7. Gasto energético do exercício

Foi estimado o gasto energético do exercício (ExEE) ocorrido durante os dois exercícios aeróbios pelo VO₂ (assumindo 5kcal /l O₂), a partir de taxas individuais de gasto energético, médias em cada zona alvo da frequência cardíaca calculada a partir do teste ergométrico por calorimetria indireta (troca gasosa O₂ e CO₂, por meio de ergoespirometria) realizada no teste inicial.

O ExEE foi calculado pela seguinte fórmula: ExEE = (QGDT × 0,15) + [QGDT - duração do treino × (REE × 1,2)] (Flack et al., 2020). Onde QGDT é a Kcal gasta durante o treino e REE é o gasto de energia em repouso. O REE foi obtido após 5 minutos de descanso antes do teste ergométrico. O REE foi dividido pela massa livre de gordura, avaliada por meio do DEXA.

3.7. Procedimentos de análise estatística

Foi efetuada uma análise prévia dos dados, a fim de identificar a existência de *outliers* (valores não aceitáveis) e verificar se todos os dados que correspondem aos participantes cumprem os requisitos que foram definidos para a investigação realizada (ex: percentagem mínima de presenças no programa de treino).

Para o tratamento estatístico dos dados, utilizou-se o programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS versão 24.0) e um nível de confiança mínimo de 95% em todas as análises estatísticas.

Diferentes procedimentos estatísticos foram realizados (Tabela 3.7). Para analisar a normalidade dos dados, verificou-se, além da assimetria e curtose, a análise visual dos histogramas em que foram obtidos os seguintes resultados: nenhuma variável apresentou valores superiores a +3 ou -3 conforme recomendam Hair et al (2005) e Lomax e Schumaker (2004) e, pela análise visual dos histogramas, pode afirmar-se que as variáveis apresentam uma distribuição normal. Também foi utilizado o teste de hipótese de Shapiro-Wilks quando as variáveis assumiam níveis de significância superiores a 0,05, assim apresentando uma distribuição normal.

Realizou-se, igualmente, uma estatística descritiva, a qual usou medidas de dispersão (média e desvio padrão), valores mínimos e máximos. As diferenças entre os grupos foram realizadas utilizando a análise da variância (ANOVA) e a análise multivariada da variância (MANOVA). As diferenças dentro dos grupos, entre o momento inicial e após 12 semanas de intervenção, foram testadas pela ANOVA para medidas repetidas, seguidas pelo teste *post-hoc* de Bonferroni. Também foi determinado o tamanho do efeito dos resultados obtidos, por meio do cálculo estatístico *d* Cohen (1988), sendo os tamanhos de efeito classificados como efeito pequeno (< 0,20), efeito moderado (0,20 a 0,79) e efeito grande ($\geq 0,80$). Eta ao quadrado (η^2) foi usado como magnitude do efeito para medidas repetidas ANOVA. A magnitude dos resultados foi categorizada como efeito pequeno (<0,06), médio (0,06–0,14) e grande (> 0,14).

Tabela 3.7. Resumo dos procedimentos estatísticos em cada estudo

Análises	Estudos		
	I	II	III
<i>Shapiro-Wilks</i>	■	■	■
<i>Bonferroni</i>	■	■	■
ANOVA de mostras em pares	■	■	■
MANOVA	■	■	■
<i>d</i> Cohen	■	■	■
Eta ao quadrado (η^2)		■	■

Nota: ANOVA - Análise da variância; MANOVA - Análise multivariada da variância

3.7.1. Cálculo do tamanho da amostra

Esta tese foi desenhada para avaliar alterações na ACR após a intervenção com treino combinado (TF com TIAI ou TAIM). Foi utilizada uma diferença média antecipada entre os grupos de uma revisão sistemática anterior com meta-análise (Weston, Wisløff e Coombes, 2013) com uma população semelhante (idosos hipertensos) e com uma intervenção de exercício de 4 a 16 semanas para calcular o tamanho da amostra. Portanto, para identificar uma diferença média de $3,3 \pm 3,03$ mL/kg/min entre os grupos CT e HIT, usando um nível de significância bilateral de 0,05 e assumindo 80% de *power* ($\beta = 0,80$), exigiríamos 17 participantes em cada grupo. Além disso, com base nos dados do estudo de Robinson et al. (2017) que identificaram um aumento de $+4,4 [1,8-6,9]$ mL/kg⁻¹/min⁻¹ no VO₂pico numa amostra de idosos, após 12 semanas de intervenção com a combinação de TF e TIAI e usando os mesmos critérios estatísticos (alfa 0,05 e beta 0,80 com teste t pareado) para identificar uma diferença média entre os grupos, é necessário um total de 10 participantes. Recrutámos 129 voluntários, porém apenas 39 participaram na intervenção (Figura 3.3). Portanto, isso não foi suficiente para explicar as taxas de atrito em potencial para a diferença entre os grupos ($N = 17$; com $\alpha = 0,05$ e $\beta = 0,80$), apenas 13 participantes permaneceram em cada grupo, o que foi suficiente para a pré e pós-intervenção ($N = 10$; com $\alpha = 0,05$ e $\beta = 0,80$).

4. RESULTADOS

Os resultados desta tese foram parcialmente publicados em forma de artigos em periódicos de natureza científica. O primeiro artigo publicado é apresentado na secção 4.1. com o título *‘Treino intervalado de alta intensidade melhora a qualidade de vida relacionada com a saúde em adultos e idosos com risco cardiovascular diagnosticado’*. Foi publicado no *Journal of Physical Education and Sport* sob o título *‘High intensity interval training improves health-related quality of life in adults and older adults with diagnosed cardiovascular risk’* e teve como objetivo descrever e analisar os efeitos da TC com os exercícios aeróbios contínuos e TC com TIAI, na QVRS.

O segundo artigo é apresentado na secção 4.2. com o título *‘Num programa de treino concorrente, o treino intervalado de alta intensidade é mais eficaz do que o treino aeróbio contínuo de intensidade moderada para melhorar a aptidão cardiorrespiratória em idosos com SM’*. Foi submetido ao periódico *Respiratory Physiology & Neurobiology* sob o título *‘Concurrent training, combining moderate or high aerobic intensity on cardiorespiratory fitness in older adults with MetS’* e busca compreender as diferenças entre dois tipos de protocolos propostos de TC na aptidão cardiorrespiratória.

O terceiro artigo publicado é apresentado na secção 4.3. com o título *‘Os efeitos do treino concorrente, combinando exercício resistido e treino intervalado de alta intensidade ou treino contínuo de intensidade moderada, na SM’*. Foi publicado no periódico *Frontiers in Physiology* sob o título *‘The Effects of Concurrent Training Combining Both Resistance Exercise and High-Intensity Interval Training or Moderate-Intensity Continuous Training on Metabolic Syndrome’* e comparou os efeitos de dois modos de TC em variáveis que caracterizam a SM.

4.1. Estudo I - Treino intervalado de alta intensidade melhora a qualidade de vida relacionada com a saúde em adultos e idosos com risco cardiovascular diagnosticado

Treino intervalado de alta intensidade melhora a qualidade de vida relacionada com a saúde em adultos e idosos com risco cardiovascular diagnosticado

Marco Antônio Rabelo Da Silva ^{1,5}

Liliana Carina Baptista ²

Rafael Santos Neves ¹

Elias De França ³

Helena Loureiro ^{1,4}

Mônica Dos Anjos Costa Rezende ¹

Vanderson Da Silva Ferreira ¹

Manuel Teixeira Veríssimo ¹

Raul Agostinho Martins ¹

¹ Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Universidade de Coimbra, Portugal

² Departamento de Medicina, Universidade do Alabama em Birmingham, Estados Unidos da América

³ Grupo de Pesquisa e Estudo em Metabolismo do Exercício, Universidade São Judas Tadeu, Brasil.

⁴ Escola Superior de Tecnologias da Saúde de Coimbra, PORTUGAL

⁵ Departamento de Educação Física, Universidade da Amazônia, Belém, Brasil

Publicação: Da Silva, M. A. R. et al, (2019). High intensity interval training improves health-related quality of life in adults and older adults with diagnosed cardiovascular risk. *Journal of Physical Education and Sport*, 19(01), 611-618.

4.1.1. Resumo

Objetivos: Analisar os efeitos do exercício de alta intensidade na percepção de qualidade de vida relacionada com a saúde em pessoas de meia-idade e idosos com risco cardiovascular diagnosticado.

Metodologia – 39 homens e mulheres (67.0 ± 6.7 anos) foram aleatoriamente designados para 3 grupos: a) Grupo 1 (CT) que incluiu o treino de força e treino aeróbio contínuo de intensidade moderada; b) Grupo 2 (HIT) que incluiu treino de força e treino aeróbio intervalado de alta intensidade; c) Grupo controlo (CON) que incluiu participantes que não praticaram EF de forma estruturada. A intervenção durou 12 semanas (3 sessões/semana e 50 minutos/sessão). O grupo CT usou 60-70% da frequência cardíaca máxima (FCmax), enquanto o grupo HIT alternou entre 55-65% e 80-90% da FCmax. A qualidade de vida relacionada com a saúde (QVRS) foi avaliada pelo questionário SF-36 (*Medical Outcomes Short Form Health Survey*).

Resultados – O grupo CT melhorou a saúde geral ($P = 0,031$), enquanto o grupo HIT melhorou a função social ($P = 0,022$), a componente física ($P = 0,042$) e o *score* total do SF-36 ($P = 0,032$). O grupo CON não alterou a QVRS ($P > 0,05$).

Conclusão – Em adultos de meia-idade e idosos com risco cardiovascular diagnosticado, o treino intervalado de alta intensidade foi o mais efetivo para melhorar a QVRS, apesar de algumas mudanças positivas também observadas após o treino contínuo.

Palavras-chave: Qualidade de vida relacionada com a saúde, treino concorrente, treino intervalado de alta intensidade e idosos.

4.1.2. Introdução

A QV tem sido definida como “a percepção de um indivíduo sobre a sua posição na vida, dentro de um contexto cultural e sistema de valores em que vive e em relação aos seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações” (Power & Kuyken, 1998), sendo também positivamente associada à AF (Rejeski et al., 1996). Além disso, a QVRS foi conceituada com base na percepção do indivíduo sobre o impacto das doenças nas diferentes

"esferas da vida" (saúde física, mental, social e funcional), sendo tratada como um construto multidimensional e indicador global de saúde. (Balboa-Castillo et al., 2011).

O processo de envelhecimento está associado a um declínio das estruturas e capacidades físicas, como massa muscular e força que limitam e reduzem a função física, o que contribui para aumentar os custos de saúde com doenças físicas e mentais e também diminui o bem-estar e a QVRS (Sillanpää et al., 2012).

De entre as várias estratégias disponíveis para amenizar esse processo deletério, um estilo de vida mais ativo, incluindo a prática regular de EF, contribui significativamente não só para a melhoria da componente física, redução do RCV, prevenção de doenças e morte prematura, mas também para a percepção de uma melhor QV (Gary et al., 2012; Heyward & Gibson, 2014; Jewiss et al., 2016; Sillanpää et al., 2012). No entanto, a melhoria da taxa de adesão é um dos primeiros desafios para a prática de EF e, como solução, o *American College of Sports Medicine* (ACSM) sugere a prática de exercícios em grupo, o que parece estar associado à melhor adesão, maior eficácia fisiológica, interação social e QVRS, comparando com programas de exercícios mais individualizados (Riebe et al., 2018).

Os protocolos de treino concorrente (TC), com a combinação de treino aeróbio e de força na mesma sessão, têm sido utilizados para aumentar a QVRS e a prevalência da prática física em diversos tipos de populações (Gary et al., 2012; Myers et al., 2013; Riebe et al., 2018; Sillanpää et al., 2012). Infelizmente, as evidências têm sido inconsistentes sobre os efeitos dos protocolos de TC na QVRS em pessoas de meia-idade e idosos com doenças crônicas não transmissíveis. De facto, enquanto alguns estudos observaram associações positivas entre TC e QVRS em pacientes com diabetes mellitus tipo 2 (DM2) (Myers et al., 2013) e na insuficiência cardíaca (Gary et al., 2012; Jewiss et al., 2016), outros não encontraram melhorias em indivíduos com SM (Agner et al., 2018).

A inconsistência dos resultados poderia estar relacionada com os tratamentos específicos utilizados em cada patologia, com a gravidade das doenças, mas também com o tipo e a intensidade dos protocolos de treino (Wilhelm & Pinto, 2019). De facto, alguns autores (Weston et al., 2014) sugeriram o TC como o treino mais apropriado para melhorar a QVRS em participantes com RCV moderada a mais alta e/ou doenças crônicas não transmissíveis, particularmente utilizando o treino aeróbio intervalado de alta intensidade

(TIAI). Outros autores também associaram o TIAI a maiores adaptações no consumo pico de oxigénio e no volume sistólico, comparado com o treino aeróbio contínuo com intensidades mais baixas, em indivíduos com doença cardiovascular (DCV) e DM2 (Aamot et al., 2016; Butcher e Jones, 2006; Cheema et al., 2015, Currie et al., 2015, Helgerud et al., 2010, Helgerud et al., 2011, Smart et al., 2012, Stavrinou et al., 2018). Portanto, o objetivo do presente estudo é analisar os efeitos da TC com os exercícios aeróbios contínuos e TC com TIAI, na QVRS de participantes de meia-idade e idosos com diagnóstico de RCV.

4.1.3. Materiais e métodos

4.1.3.1. Desenho do estudo

Este ensaio clínico randomizado e controlado é parte de uma intervenção maior, com o objetivo de estudar os efeitos da TC com aeróbio contínuo e TC com TIAI em diversos indicadores de saúde em indivíduos com diagnóstico de RCV ($67,0 \pm 6,7$ anos). Os participantes fizeram parte do projeto “*O Coração é a Razão – Unidade de Risco Cardiovascular*”, desenvolvido com o apoio das seguintes instituições: *Câmara Municipal da Mealhada; Santa Casa da Misericórdia da Mealhada; Hospital da Misericórdia da Mealhada; Fundação Portuguesa de Cardiologia; Administração Regional de Saúde do Centro e Centro de Saúde da Mealhada.*

Os participantes foram recrutados a partir de consultas cardiológicas no *Hospital da Misericórdia da Mealhada* e os critérios de inclusão para a caracterização clínica da RCV e para a definição de SM foram baseados nas diretrizes do ACSM (Pescatello et al., 2014) e nos critérios da *International Diabetes Federation* (2005). Os critérios de exclusão incluíram insuficiência cardíaca descompensada, angina peitoral, histórico de enfarte do miocárdio ou acidente vascular cerebral com menos de um ano de evolução, hipertensão não controlada e insuficiência renal autorreferida. Além disso, se os participantes não comparecessem a pelo menos 2/3 das sessões de treino, eles seriam excluídos da análise.

Os participantes foram divididos aleatoriamente em 3 grupos: a) Grupo de treino concorrente com aeróbio contínuo (CT), incluindo treino de força e treino aeróbio contínuo com intensidade moderada (TAIM) ($n = 13$; 15% homens); b) Grupo de treino concorrente

intervalado de alta intensidade (HIT), incluiu treino de força e TIAI ($n = 13$; 31% homens); c) Grupo controlo (CON), incluiu participantes que não realizavam exercícios formalmente ($n = 13$; 31% homens). A intervenção de EF durou 12 semanas (3 sessões/semana; 50 minutos/sessão). A intensidade do treino foi estabelecida entre 60-70% da frequência cardíaca máxima (FC_{max}) no grupo CT, enquanto no grupo HIT, os valores variaram de 55 a 65% a 80 a 90% da FC_{max}, conforme medido por cardiofrequencímetros. Todos os participantes foram instruídos a manter o mesmo padrão nutricional durante o período da investigação. Os participantes assinaram livremente um termo de consentimento livre e esclarecido, de acordo com a Declaração de Helsinque (*World Medical Association*, 2018). O desenho do estudo, métodos e procedimentos foram previamente aprovados (Referência: CE / FCDEF-UC / 00202016) pelo Comitê de Ética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra (FCDEF).

4.1.3.2. Características da amostra

Um grupo de 129 pessoas foi inicialmente selecionado para participar na pesquisa. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 39 participantes permaneceram. Todos esses participantes completaram pelo menos os 2/3 das sessões nas 12 semanas de intervenção. Conforme descrito na Figura 3.3, os participantes foram divididos em três grupos: grupo CT (71,1 ±4,8 anos), grupo HIT (63,3±7,2 anos) e grupo CON (67,8 ±3,8 anos).

4.1.3.3. Intervenções e procedimentos

O objetivo específico deste estudo é compreender os efeitos da TC com o exercício aeróbio contínuo e a TC com o TIAI na perceção da QVRS em participantes com moderado a alto RCV. A QVRS foi avaliada por meio do *Medical Outcomes Short Form Health Survey 36* (SF-36). Na FCDEF e na Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra, após o período de recrutamento, os participantes preencheram o questionário SF-36, coletaram medidas antropométricas e avaliaram a aptidão cardiorrespiratória/consumo pico de oxigénio (VO₂pico).

Todos os procedimentos foram realizados por uma equipa técnica especializada, composta por Enfermeiros, Médicos, Técnicos de Saúde e Professores de Educação Física, em laboratório seguindo as orientações do ACSM (Pescatello et al., 2014). Todas as avaliações ocorreram entre maio de 2016 e setembro de 2016. Após 12 semanas, a mesma sequência de testes foi seguida, tanto nas avaliações iniciais como nas finais, com a mesma equipa de investigação, para minimizar os erros inerentes ao avaliador.

4.1.3.4. Programas de Exercício

Dois protocolos de TC (incluindo exercícios de força, aeróbios e de flexibilidade) foram desenvolvidos para os grupos de intervenção (grupos CT e HIT). A diferença entre os protocolos foi baseada no modo e na intensidade do treino aeróbio. As sessões consistiram em aquecimento, treino de força, treino aeróbio (contínuo ou intervalado de alta intensidade) e flexibilidade, 3 vezes por semana durante 12 semanas, num pavilhão de ginástica fechado.

O treino de força consistiu em 2 séries de 8-15 repetições, com intervalo de recuperação de 1 a 2 minutos (Heyward & Gibson, 2014; Pescatello et al., 2014), totalizando aproximadamente 20 minutos por sessão. Os exercícios de força foram levantamento terra, remada curvada, *stiff*, supino e abdominais. A intensidade foi avaliada pela escala de PSE de Borg CR-10 (1982), com intensidade entre 2 e 5 (aumentada ao longo das semanas). Também para o treino de força, barras de aço com 1,20 metros e discos foram utilizados como cargas, os quais gradualmente alterados de acordo com a capacidade individual de superar a carga. A periodização ocorreu conforme descrito na Tabela 3.6.6.

O treino aeróbio contínuo com intensidade moderada foi realizado pelos participantes do grupo CT, os quais realizaram 25 minutos de caminhada respeitando uma intensidade moderada a vigorosa (60-70% FC_{max}), controlada por cardiofrequencímetro modelo ONRHYTHM 110 KALENJI® (Villeneuve, França). Também foi usada a escala de Borg CR-10 (Borg, 1982) para controlar a intensidade subjetiva (3-5 pontos). O TIAI foi realizado pelo grupo HIT. Os participantes correram por 3 minutos, com intensidade de 80-90% FC_{max} , 3 vezes/sessão e caminharam por 3 minutos com uma intensidade de 55-

65% FC_{max} , 2 vezes/sessão, controlada por cardiofrequencímetro modelo ONRHYTHM 110 KALENJI® (Villeneuve, França). Também foi usada a escala de Borg CR-10 (Borg, 1982) (5-7 pontos para alta intensidade e 2-3 para baixa intensidade).

A flexibilidade foi treinada nos últimos 5 minutos em cada sessão. Os alongamentos foram estáticos, com a duração de 10 a 15 segundos para cada movimento, realizando 1 a 2 repetições para os grandes grupos musculares.

4.1.3.5. Antropometria

A determinação da massa corporal foi obtida através da balança digital portátil SECA® modelo 770 (Hamburgo, Alemanha), com a precisão de 100 gramas. A estatura foi determinada por meio do estadiômetro portátil Harpenden, modelo 98.603 (Crosswell, Reino Unido), com a precisão de 0,1 centímetros. A CC foi medida com a fita métrica de plástico HOLTAIN® (Crosswell, Reino Unido), com 2 metros de comprimento e a precisão de 0,1 centímetros (medições foram feitas no ponto médio entre a costela inferior e o topo da crista ilíaca, com o abdômen relaxado). A massa gorda foi avaliada por densitometria radiológica de dupla energia (DEXA), avaliada por meio do equipamento Lunar iDXA GE® (Diegem, Belgica). O índice de massa corporal (IMC) foi calculado dividindo-se a massa corporal em quilogramas por estatura ao quadrado, em metros.

4.1.3.6. Aptidão cardiorrespiratória

O protocolo de Bruce modificado (Lerman et al., 1976) foi realizado para avaliar o VO_2 pico em esteira ergométrica HP Cosmos®, modelo Pulsar® (Nussdorf, Alemanha). O protocolo é composto por etapas com duração de 3 minutos; a FC foi avaliada durante todo o teste; as trocas de gases (O_2 e CO_2) foram determinadas continuamente pela ergoespirometria, através do equipamento Quark CPET COSMED® (Roma, Italy), calibrado em cada teste e programado para fornecer o valor médio de respiração a respiração; a PSE (CR-10) foi determinada no final de cada etapa e no final do protocolo (Borg, 1982). As três primeiras etapas do teste têm um gasto de energia entre 0,5-1 MET, com velocidade de 2,74 km/h e inclinação variando entre 0%, 5% e 10%, respectivamente.

A quarta etapa tem a velocidade de 4,02 km/h e inclinação de 12%; a quinta 5,47 km/h e 14%; a sexta 6,75 km/h e 16%; a sétima 8,04 km/h e 18%; a oitava 8,85 km/h com 20%; e a nona 9,65 km/h e 22% (Fletcher et al., 2013). Um eletrocardiograma (ECG) de 12 derivações foi realizado durante todos os testes. Os critérios de interrupção estavam de acordo com ACSM (Pescatello et al., 2014), os quais foram sintomas anginosos, alterações no sistema nervoso (ataxia, tontura ou quase síncope), sinais de má perfusão (cianose ou palidez), dificuldade de monitorar o ECG, interrupção do próprio indivíduo, taquicardia ventricular sustentada e quando a FC excedia 85% da $FC_{\text{máx}}$ predita de acordo com a fórmula $FC_{\text{máx}} = 208 - 0,7 \times \text{idade}$ (Tanaka et al., 2001). Considerámos o teste válido quando os indivíduos atingiram um dos seguintes critérios: 85% da FC_{max} predita pela fórmula de Tanaka (2001), taxa de troca respiratória maior que 1,05 ou exaustão voluntária. O $VO_{2\text{pico}}$ foi calculado a partir dos valores médios registados nos últimos 30 segundos do teste.

4.1.3.7. Qualidade de vida relacionada com a saúde

Para avaliar a QVRS dos participantes, o SF-36 foi utilizado antes e após as 12 semanas de intervenção. O SF-36 foi desenvolvido por Ware e Sherbourne (1992) e foi previamente validado para a população portuguesa (Ferreira, 2000). O questionário é composto por 36 itens e os valores dos *scores* variam entre 0 e 100, em que se verifica o seguinte: quanto maior o valor, melhor a perceção de saúde funcional e de bem-estar. Além de calcular as dimensões separadamente, Ware et al. (2000) elaboraram cálculos e métodos que dão resultados em relação aos componentes físico e mental, além do *score* total do SF-36, que é um somatório geral. Os itens são separados em oito dimensões relacionadas com a saúde: Função física (FF), Desempenho físico (DF), Dor física (DorF), Saúde geral (SG), Vitalidade (V), Função social (FS), Desempenho emocional (DE) e Saúde mental (SaM). Há também *scores* dos Componente da saúde física (CSF) e Componente da saúde mental (CSM) e *score* total do SF-36 (Ware et al., 2000).

4.1.3.8. Histórico de saúde

O histórico demográfico e de saúde dos participantes foi avaliado por meio de um questionário geral. Esse instrumento incluiu questões sobre idade, sexo, nível de escolaridade, situação de vida, exercício, tabagismo e presença de doenças como cardiopatias, hipertensão, acidente vascular cerebral, diabetes, dislipidemias, doenças osteoarticulares pulmonares, hepatopatias, doenças da tireoide, problemas visuais e auditivos, cancro, doença de Parkinson, doença de Alzheimer e demência ou outras comorbidades. O questionário auto-relatado também incluiu perguntas sobre o tipo e a quantidade de medicamentos que cada indivíduo toma diariamente.

4.1.3.9. Análise estatística

As características iniciais dos participantes foram descritas utilizando frequências, médias e desvios-padrão (DP) para as seguintes variáveis: idade, massa corporal, CC, IMC, massa gorda, VO_{2pico} e domínios do SF-36. As características clínicas dos participantes foram analisadas por grupo. A normalidade foi testada através do teste de Shapiro-Wilks, em que se verificou que nenhuma das variáveis apresentou valores superiores a +3 ou -3 na assimetria e na curtose (Hair et al., 2006; Lomax et al., 2004). As diferenças entre os grupos foram exploradas usando a análise de variância multivariada (MANOVA), para um nível de significância de 95%. Para calcular as diferenças dentro dos grupos e entre as avaliações, foi realizada uma análise da variância (ANOVA) para medidas repetidas. O tamanho do efeito foi calculado pelo cálculo estatístico d Cohen (1988) e os tamanhos de efeito seguiram uma padronização e foram classificados em pequenos ($<0,20$), moderados ($0,20$ a $0,79$) e grandes ($> 0,80$). Todas as análises estatísticas utilizaram o programa *Statistical Package for the Social Sciences para Windows* (IBM-SPSS, Inc., Chicago, IL, EUA), versão 24.0.

4.1.4. Resultados

4.1.4.1. Comparações iniciais

Os resultados estão descritos na Tabela 4.1.4.2 e na Tabela 4.1.4.3, sendo também apresentadas as diferenças entre os grupos para as variáveis de interesse. No início do estudo, os três grupos (CT, HIT e CON) apresentaram valores semelhantes para as variáveis: massa corporal, IMC, CC, massa gorda e VO₂pico ($P > 0,05$). Também no início do estudo, o grupo CT foi mais velho do que o grupo HIT ($P = 0,001$) como verificado após comparação múltipla (teste de Bonferroni). A QVRS também foi semelhante nos três grupos, no início do estudo, com exceção da dimensão FS que foi menor no grupo HIT do que no grupo CT ($P = 0,025$).

4.1.4.2. Comparações entre avaliações em Qualidade de Vida Relacionada com a Saúde

A Tabela 4.1.4.4. descreve os valores das dimensões da QVRS no final da intervenção, após 12 semanas, para cada um dos três grupos. No grupo CT, apenas a dimensão SG apresentou uma mudança estatisticamente significativa ($P = 0,031$), correspondendo a um aumento de 14%. No grupo HIT, as variáveis FS, CSF e *score* total do SF-36 melhoraram significativamente ($P < 0,05$), correspondendo a aumentos de 27%, 7% e 12%, respectivamente. No grupo CON, nenhuma das variáveis mudou de maneira significativa durante o período de intervenção ($P > 0,05$).

As comparações entre os grupos, após o período de intervenção de 12 semanas, a partir de uma ANOVA de medidas repetidas, revelaram valores semelhantes para as variáveis FF, DF, V e SaM ($P > 0,05$). Diferentemente, as variáveis DorF, SG, FS, DE, CSF, CSM e *score* total do SF-36 mostraram diferenças entre grupos ($P < 0,05$), traduzindo os ganhos na QVRS, observados nos grupos CT e HIT após a intervenção do exercício. A interação entre grupos e variáveis foi encontrada na dimensão FS ($P = 0,044$) e o teste de Bonferroni mostrou diferenças entre os grupos CT e HIT ($P = 0,039$), traduzindo o aumento observado no grupo HIT após a intervenção de 12 semanas.

Em relação ao tamanho do efeito nos resultados, no grupo CT, as variáveis FF e SG mostraram um efeito médio ($d \geq 0,4$); no grupo HIT, as variáveis FS e DE mostraram

efeito médio; no grupo CON, a variável DE mostrou um efeito médio. Todas as outras variáveis apresentaram um pequeno efeito ($d < 0,4$).

Tabela 4.1.4.2. Características iniciais dos participantes e comparações entre grupos, calculados a partir de uma MANOVA controlando o efeito do sexo.

	CT (n = 13)	HIT (n = 13)	CON (n = 13)	P
Mulheres, n (%)	11 (85%)	9 (69%)	9 (69%)	
Idade, anos	71,1 (4,8)	63,3 (7,2)	67,8 (3,8)	0,001**
Massa corporal, kg	70,5 (14,6)	77,9 (17,4)	76,1 (9,3)	0,596
IMC, kg/m ²	29,3 (5,5)	31,1 (5,5)	29,5 (3,2)	0,633
Circunferência da cintura, cm	98,2 (11,5)	102,5 (14,7)	100,1 (7,9)	0,788
Massa gorda, %	38,6 (4,6)	39,5 (7,3)	38,2 (6,2)	0,554
VO ₂ pico, mL/kg/min	19,7 (3,9)	21,4 (4,0)	20,5 (3,3)	0,577
Histórico de saúde / Total / por grupo				
Hipertensão arterial = 24	8	10	6	
Diabetes Melito T2 = 5	1	2	2	
Dislipidemia = 20	12	6	2	
Obesidade central = 37	11	13	13	
Obesidade IMC = 18	7	6	5	

Nota: Diferenças entre os grupos: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$. IMC (Índice de massa corporal); VO₂pico (consumo pico de oxigênio).

Tabela 4.1.4.3. Qualidade de vida relacionada com a saúde inicial e comparação entre grupos calculada a partir de uma MANOVA, controlando o efeito do sexo.

	CT Grupo (n = 13)	HIT Grupo (n = 13)	CON Grupo (n = 13)	P
	D.M. (D.P.)	D.M. (D.P.)	D.M. (D.P.)	
Mulheres, n (%)	11 (85%)	9 (69%)	9 (69%)	
Função física	63 (33)	75 (19)	70 (25)	0,553
Desempenho físico	73 (27)	62 (32)	72 (20)	0,520
Dor física	60 (34)	55 (26)	52 (25)	0,799
Saúde geral	54 (14)	51 (19)	58 (18)	0,596
Vitalidade	57 (23)	58 (27)	61 (18)	0,911
Função social	91 (19)	62 (36)	80 (20)	0,027*
Desempenho emocional	78 (29)	61 (31)	75 (22)	0,245
Saúde mental	71 (25)	55 (29)	68 (22)	0,233
Componente da saúde física	62 (22)	61 (19)	63 (16)	0,944
Componente da saúde mental	74 (21)	59 (28)	71 (17)	0,192
Score total do SF-36	68 (20)	60 (22)	67 (18)	0,488

Nota: Diferenças entre os grupos: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$.

Tabela 4.1.4.4. Diferenças entre as avaliações inicial (pré) e final (pós) na QVRS, calculadas a partir da ANOVA para medidas repetidas e tamanho do efeito.

	CT (n = 13)			HIT (n = 13)			CON (n = 13)			P Entre grupos
	D.M. (D.P.)	P	ES	D.M. (D.P.)	P	ES	D.M. (D.P.)	P	ES	
FF	10,7 (8,3)	0,221	0,414	-3 (3,2)	0,367	0,175	2,3 (2,4)	0,363	0,109	0,289
DF	0,4 (5)	0,938	0,000	10,1 (8)	0,069	0,354	0,1 (8,0)	0,996	0,002	0,331
DorF	10,6 (6,2)#	0,116	0,345	8,9 (4,6)#	0,082	0,353	1,3 (6,1)	0,828	0,053	0,042*
SG	8,4 (3,4)#	0,031*	0,551	1,9 (2)#	0,356	0,111	2,6 (4,9)	0,594	0,143	0,047*
V	3,8 (4,8)	0,443	0,202	-1,5 (4,9)	0,760	0,042	0,7 (3,3)	0,982	0,038	0,766
FS	0,1 (4,8)	0,994	0,000	17,3 (6,5)§	0,022*	0,591	1,9 (3,4)	0,630	0,111	0,042*
DE	4,5 (3,6)#	0,233	0,201	14,2 (6,8)#	0,061	0,529	7,6 (7,1)	0,299	0,411	0,017*
SaM	8 (6,1)	0,216	0,402	7,6 (5,4)	0,186	0,306	-0,3 (4,4)	0,933	0,018	0,110
CSF	7,5 (3,8)#	0,072	0,407	4,4 (1,9)#	0,042*	0,222	1,6 (3,7)	0,673	0,094	0,022*
CSM	4,0 (3,5)#	0,287	0,224	9,6 (4,8)#	0,068	0,389	2,3 (2,9)	0,456	0,147	0,023*
SF36	5,8 (2,8)##	0,065	0,348	7,1 (2,9)##	0,032*	0,372	1,9 (3,0)	0,529	0,129	0,006**

Nota: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; # $P \leq 0,05$, quando comparado entre grupos; ## $P \leq 0,01$, quando comparado entre grupos; § $P \leq 0,05$ diferença entre os grupos CT e HIT. CSF (Componente da saúde física); CSM (Componente da saúde mental); DorF (Dor física); DE (Desempenho emocional); DF (Desempenho físico); DM (diferenças de médias); DP (desvio padrão); ES (tamanho do efeito); FF (Função física); FS (Função social); SF36 (score total do SF-36); SG (Saúde geral); SaM (Saúde mental) e V (Vitalidade).

4.1.5. Discussão

Através deste estudo, é possível dizer que 12 semanas de TC melhoram a QVRS em adultos e idosos com moderada a alta RCV. Especificamente, após a intervenção, o grupo CT aumentou moderadamente o SG (8,4 (3,4); $P = 0,031$). Da mesma forma, o grupo HIT moderadamente aumentou SF (17,3 (6,5); $P = 0,022$), o CSF (4,4 (1,9), $P = 0,042$) e score total do SF-36 (7,1 (2,9), $P = 0,032$). Nenhuma mudança estatística na QVRS foi encontrada no grupo CON. Investigações com delineamento de estudo semelhante são escassas e as conclusões foram inconsistentes. Agner et al. (2018) verificaram, após 12 semanas de intervenção de TC com aeróbico, em idosos com SM e DCV, uma tendência de melhoria na FF, DF, DorF, V e SaM, embora sem significância estatística. Burich, R. et al. (2015), que também submeteram idosos a um período de 12 semanas de TC com aeróbico contínuo, encontraram uma melhoria de 11% na dimensão do SG ($P < 0,001$), que está perto da melhoria significativa de 14% observada no nosso estudo pelos participantes do grupo CT. Por outro lado, um estudo de 12 semanas em participantes adultos e idosos com insuficiência cardíaca (Mandic et al., 2009) não encontrou melhoria significativa na QVRS nos participantes que realizaram TC com aeróbico contínuo, apenas aqueles que realizaram treino aeróbico contínuo obtiveram ganhos significativos na QVRS

($P < 0,001$). Outro estudo que aplicou a intervenção de TC com aeróbio contínuo durante 12 semanas (Gary et al., 2012) em pacientes idosos com insuficiência cardíaca encontrou melhoria na QVRS, com diferenças estatisticamente significantes ($P < 0,001$). Apesar de utilizarem outro instrumento para avaliar a QVRS, encontraram uma resposta positiva e significativa na soma total, como no nosso estudo. Outro estudo testou os efeitos de 12 semanas de TC com aeróbio contínuo em meio aquático (Silva et al., 2018) em senhoras idosas saudáveis, mas não encontrou melhoria significativa na QVRS ($P > 0,05$).

Os resultados obtidos nos estudos anteriores são bastante diversificados. Embora os estudos tenham sido realizados com participantes de idade semelhante, apesar de diferentes condições clínicas, não foi possível obter ganhos na QVRS como os obtidos no nosso estudo. Possivelmente, uma vez que muitos fatores clínicos são crônicos e foram estabelecidos há algum tempo, o período em que a intervenção ocorreu é determinante para os resultados. Seguindo esse raciocínio, Tibana et al. (2014) realizaram uma intervenção de TC com aeróbio contínuo durante 10 semanas em mulheres adultas com SM. Nesse estudo, eles obtiveram uma resposta significativa na dimensão da FF ($P = 0,011$), o que levou a crer que, quanto mais cedo a intervenção começar, mais fácil será alcançar melhorias significativas. Por outro lado, em pessoas com idades mais avançadas, pode ser interessante fornecer uma intervenção com maior intensidade, assim como o nosso estudo, para que a melhoria significativa na dimensão FF seja alcançada mais rapidamente.

Estudos mais longos foram realizados por outros autores, obtendo outros tipos de respostas. Sillanpää e colegas (2012) aplicaram durante 21 semanas um programa de TC com aeróbio contínuo em adultos saudáveis de meia-idade e idosos, tendo obtido melhorias na dimensão V ($P = 0,038$). Da mesma forma, Myers et al. (2013), numa investigação de 9 meses em adultos e idosos com DM2, que realizaram TC com aeróbio contínuo, encontraram melhorias significativas na dimensão V em comparação com grupo controlo ($P = 0,021$) e aqueles que realizaram apenas treino aeróbio contínuo ($P = 0,031$). Comparando com aqueles que realizaram apenas treino aeróbio contínuo, também encontraram diferenças nas dimensões SaM ($P = 0,008$) e CSM ($P = 0,004$).

Outra investigação longitudinal (24 meses) foi realizada por Baptista et al. (2017) que submeteram pacientes idosos com DM2 a uma intervenção com TC com aeróbia contínua. Os autores encontraram melhorias significativas nas dimensões FF ($P < 0,001$),

DF ($P < 0,015$), DorF ($P < 0,001$), SG ($P < 0,006$), FS ($P < 0,001$), DE ($P < 0,008$), CSF ($P < 0,001$), CSM ($P \leq 0,014$), *score* total do SF-36 ($P < 0,001$). O nosso estudo que foi controlado e randomizado, encontrou melhorias significativas na mesma linha do trabalho de Baptista e colegas (2017). No entanto, o período de intervenção e a intensidade dos protocolos de treino foram diferentes, sugerindo que pode ser necessário praticar em intensidades mais altas se o objetivo for alcançar melhorias significativas num curto período de tempo, visto que 12 semanas de intervenção com EF, com intensidades menores, não conseguiram mostrar consistência semelhante nos ganhos de QVRS.

4.1.6. Conclusão

Em conclusão, este estudo mostra que os dois tipos de treino melhoraram a QVRS. No entanto, a TC com TIAI mostrou-se mais efetivo que a TC com aeróbio contínuo na melhoria da perceção de QVRS em adultos de meia-idade e idosos com RCV moderado e alto. Uma pesquisa com amostra maior e um período de intervenção mais longo seria útil para entender melhor a eficácia desse tipo de abordagem.

4.2. Estudo II - Num programa de treino concorrente, o treino intervalado de alta intensidade é mais eficaz do que o treino aeróbio contínuo de intensidade moderada para melhorar a aptidão cardiorrespiratória em idosos com síndrome metabólica.

Num programa de treino concorrente, o treino intervalado de alta intensidade é mais eficaz do que o treino aeróbio contínuo de intensidade moderada para melhorar a aptidão cardiorrespiratória em idosos com síndrome metabólica.

Marco Antônio R. Da Silva ^{1,2}

Elias De França ⁴

Liliana C. Baptista ³

Rafael S. Neves ¹

Helena Loureiro ^{1,5}

Erico C. Caperuto ⁴

Manuel T. Veríssimo ¹

Raul A. Martins ¹

¹Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

²Departamento de Educação Física, Universidade da Amazônia, Belém, Brasil

³Departamento de Medicina, Universidade do Alabama em Birmingham, Birmingham, AL, Estados Unidos

⁴ Laboratório do Movimento Humano, Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, Brasil

⁵Escola de Tecnologias da Saúde, Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, Portugal

Submetido: Da Silva, M. A. R. et al, (2021). Combining different concurrent trainings in the elderly with metabolic syndrome. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*.

4.2.1. Resumo

Objetivos: Analisar os efeitos do treino concorrente combinando treino resistido (TR) e treino aeróbio contínuo de intensidade moderada contra treino intervalado de alta intensidade (TIAI) na aptidão cardiorrespiratória (ACR) em adultos e idosos com SM.

Métodos: Trinta e nove participantes com média de idade de $67,0 \pm 6,7$ foram distribuídos aleatoriamente em 3 grupos: a) Grupo 1 (CT) incluiu treino de força (TF) e treino aeróbio contínuo ($n = 13$; 15% Homens); b) Grupo 2 (HIT) incluiu TF e treino aeróbio intervalado de alta intensidade ($n = 13$; 31% Homens); e c) Grupo controlo (CON) incluiu participantes sem nenhuma participação formal em programas de exercícios físicos ($n = 13$; 31% homens). A intervenção durou 12 semanas (3 vezes/semana, 50 minutos/sessão). A intensidade de treino foi estabelecida em 60-70% da frequência cardíaca máxima (FC_{max}) no grupo CT, enquanto no grupo HIT a FC_{max} variou entre 55-65% e 80-90%. VO_{2pico} foi determinado pelo teste de Bruce modificado em esteira rolante com analisador de gases.

Resultados: O componente de treino aeróbio possui distribuição de gasto energético isocalórico ($P \geq 0,217$) e carga de treino igual (TRIMP; $P \geq 0,893$), mas maior volume de tempo para o grupo CT ($P = 0,000$). Comparando a pré-intervenção, os grupos HIT e o CT melhoram significativamente a velocidade de corrida, a capacidade de resistência e a potência dos membros inferiores (todos $P < 0,05$). Quando comparado com o grupo CON, o grupo HIT foi o único grupo a aumentar o VO_{2pico} ($P = 0,01$) e a diminuir a frequência cardíaca em repouso.

Conclusão: Os dois tipos de treinos foram eficazes em melhorar a força de potência nos membros inferiores, porém apenas o grupo HIT melhorou o VO_{2pico} , sugerindo que o grupo HIT é mais eficaz do que o grupo CT para desenvolver aptidão cardiorrespiratória em adultos de meia-idade e idosos com SM.

Palavras-chave: SM, treino concorrente, treino intervalado de alta intensidade, idosos e risco cardiometabólico.

4.2.2. Introdução

Está bem estabelecido que a AF oferece benefícios cardiovasculares à saúde, reduzindo a hipertensão e a diabetes (Guthold et al., 2018; Riebe et al., 2018). Por outro lado, a baixa aptidão cardiorrespiratória (ACR) está associada a maior risco cardiovascular (RCV) e morte prematura, o que pode ser contrabalançado pelo aumento da ACR (Farrell et al., 2012; Laukkanen et al., 2016). Ainda assim, mais de um quarto da população adulta não atinge as diretrizes internacionais recomendadas para AF e possui baixa ACR (Bushman, 2017). Dessa forma, mais de 1,4 bilhão de adultos em todo o mundo estão em maior risco de DCV e efeitos relacionados (Guthold et al., 2018).

O EF tem sido usado como uma estratégia ideal para reduzir o sedentarismo e a inatividade e os seus efeitos deletérios (Booth et al., 2017; Gerosa-Neto et al., 2019). Particularmente, o treino aeróbio contínuo de intensidade moderada (TAIM) tem sido recomendado pelas diretrizes atuais do ACSM como o único componente aeróbio nos programas de condicionamento físico para adultos mais velhos (Bushman, 2017). Em contraste, até ao momento, não há diretrizes recomendadas sobre como prescrever treino intervalado de alta intensidade (TIAI) em adultos mais velhos (Bushman, 2017). No entanto, entre os diferentes tipos de EF, o treino concorrente [ou seja, o treino de força (TF) combinado com TAIM] tem mostrado benefícios interessantes nos resultados da SM e nos fatores de risco para DCV em adultos e idosos (Burich et al., 2015; Choi et al., 2015; Mohammadi et al., 2018; Shiotsu et al., 2018). Apesar dos benefícios cardiometabólicos conhecidos do treino simultâneo como uma ferramenta viável para aumentar a ACR e reduzir a prevalência de inatividade em populações de alto risco, existem várias lacunas de conhecimento sobre como prescrever adequadamente esse tipo de treino para pessoas com idade avançada. Além disso, ainda não está claro qual é a intensidade ou volume ideal do componente aeróbio (Cadore e Izquierdo, 2018; da Silva et al., 2019; Ferrari et al., 2016).

Estudos anteriores mostraram que o TIAI (García-Pinillos et al., 2019; Guadalupe-Grau et al., 2017) e o TAIM (Ferrari et al., 2016) melhoraram com sucesso as funções neuromusculares e cardiorrespiratórias em idosos saudáveis e frágeis. No entanto, não há evidências empíricas para confirmar qual modalidade (TIAI contra TAIM) melhora a ACR e as funções neuromusculares quando combinada com a TF. Portanto, o objetivo deste

estudo é analisar a resposta de diferentes volumes e intensidades de exercícios combinados (TF + TIAI contra TF + TAIM) em adultos e idosos com SM.

4.2.3. Metodologia

4.2.3.1. Desenho geral

O presente estudo faz parte de um projeto principal intitulado “O Coração é a Razão - Unidade de Risco Cardiovascular” para investigar os efeitos de diferentes modos de exercício sobre variáveis inflamatórias e cardiometabólicas em adultos e idosos com SM. O projeto foi desenvolvido de acordo com a Declaração de Helsinque e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (Nº de referência: CE / FCDEF-UC / 00202016). Os participantes elegíveis foram informados sobre todos os procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento. Os efeitos do EF nos parâmetros metabólicos e na qualidade de vida relacionada com a saúde foram recentemente publicados (da Silva et al., 2020; da Silva et al., 2019).

Este trabalho é um estudo randomizado desenvolvido para avaliar os efeitos de dois modos de treino concorrente na ACR em participantes com SM. O estudo incluiu participantes adultos e idosos ($67,0 \pm 6,7$ anos). Os participantes não estavam envolvidos anteriormente em nenhum treino formal de EF e nenhum excedia 2 sessões de 30 minutos por semana de AF informal.

A SM foi definida com base nos critérios da Federação Internacional de Diabetes (IDF) (Alberti et al., 2006). Portanto, para uma pessoa ser classificada como portadora de SM, ela precisava de ter obesidade central (circunferência da cintura ≥ 80 cm para mulheres ou ≥ 94 cm para homens) mais dois dos quatro fatores a seguir: i) TG ≥ 150 mg / dL, ou tratamento específico para essa anormalidade lipídica; ii) HDL-C <40 mg / dL para homens e <50 mg / dL para mulheres, ou tratamento específico para essa anormalidade lipídica; iii) pressão arterial elevada $\geq 130/85$ mmHg ou tratamento da hipertensão previamente diagnosticada; iv) glicose plasmática em jejum aumentada ≥ 100 mg / dL ou diagnóstico prévio de diabetes tipo 2. Todos os participantes tinham pelo menos 3 dos 5 atributos de SM. Fatores detalhados da SM e tratamentos específicos utilizados pelos participantes foram publicados anteriormente (da Silva et al., 2020).

Antes da fase de inscrição, todos os participantes avaliaram a sua saúde cardiovascular no Hospital da Misericórdia da Mealhada. Posteriormente, aqueles que atendem aos critérios de inclusão da SM foram recrutados para participar no estudo. Os participantes com qualquer contra-indicação de AF (Pescatello et al., 2014) foram excluídos do nosso estudo, incluindo insuficiência renal autorreferida, hipertensão não controlada, história de enfarte do miocárdio ou acidente vascular cerebral com menos de um ano de evolução, angina de peito e insuficiência cardíaca descompensada. Além disso, os participantes que não compareceram a pelo menos 66% das sessões de treino também foram excluídos da análise estatística (Figura 3.3).

Os participantes foram aleatoriamente designados para um programa de EF com duração de 12 semanas (3 sessões/semana; 50 minutos/sessão) e foram divididos em três grupos: 1) exercício resistido combinado com treino aeróbio contínuo de intensidade moderada (CT; n = 13; 15% homens) ; 2) exercício resistido combinado com treino intervalado de alta intensidade (HIT; n = 13; 31% homens); e 3) grupo controlo (CON), que não realizou nenhum programa formal de EF (n = 13; 31% homens). Todos os grupos foram instruídos a manter o mesmo padrão nutricional durante o período de intervenção.

Antes da inscrição, todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, concordando em participar neste estudo, de acordo com a Declaração de Helsinque (*World Medical Association*, 2018). Após o período de recrutamento, os participantes realizaram medidas antropométricas, testes funcionais e de aptidão física. Todos os procedimentos foram realizados por uma equipa técnica especializada (enfermeiros, médicos, técnicos de saúde e professores de educação física) numa sala específica, de acordo com as diretrizes do ACSM (Pescatello et al., 2014). A intervenção ocorreu de maio a setembro de 2016 e os procedimentos metodológicos seguiram a mesma ordem após as 12 semanas. Além disso, a mesma equipa técnica fez as avaliações pré e pós, ficando “blindada” para as medições após a intervenção, em que os dados foram coletados no nosso laboratório e a equipa responsável pelas avaliações foi diferente da responsável pela execução do programa de exercícios. Todos os métodos e procedimentos foram aprovados por um Comitê de Ética da Universidade de Coimbra (Referência: CE / FCDEF-UC / 00202016).

4.2.3.2. Programas de exercícios

Para este estudo, dois tipos de protocolos de treino concorrente foram propostos: a) O grupo CT realizou TF com TAIM; e b) O grupo HIT realizou TF e TIAI. As sessões de treino foram realizadas 3 vezes por semana num pavilhão fechado de ginástica e foram organizadas pela seguinte ordem: aquecimento, TF, treino aeróbio (TAIM ou TIAI) e treino de flexibilidade. O programa realizado pelo grupo CT seguiu as recomendações do ACSM para idosos sedentários (Bushman, 2017). O TIAI seguiu as recomendações para adultos mais velhos, propostas numa meta-análise anterior (Weston et al., 2014).

O treino de força durou aproximadamente 20 minutos por sessão e consistiu em cinco exercícios: levantamento terra, remada curvada com barra, *stiff* com barra, supino e abdominais. Cada exercício foi realizado em 2 séries de 8 a 15 repetições, com intervalo de 1 a 2 minutos (Pescatello et al., 2014). A intensidade do exercício de TF aumentou progressivamente, variando entre 2-5 da escala de esforço percebido CR-10 Borg (Borg, 1982), conforme descrito na Tabela 3.6.6. Todas as sessões de treino foram supervisionadas por um Profissional de Educação Física que conduziu as sessões de exercício, motivando os participantes, garantindo a correção e segurança na execução dos movimentos.

A intervenção do exercício aeróbio foi projetada para incluir diferentes protocolos de treino aeróbio em cada grupo. A sessão do grupo CT durou ~ 25 minutos/sessão de caminhada rápida contínua (assim, um total de 925 minutos estava programado para ser realizado nas 12 semanas do programa grupo CT). A intensidade foi estabelecida em intensidade moderada, entre 60-70% da FCmax [estimada usando Tanaka et al. (2001) ($ie (208 - idade * 0,7)$)] e foi controlada por um dispositivo cardiófrequencímetro (ONRHYTHM 110 KALENJI®, Villeneuve, França) e pela PSE, por meio da escala de esforço CR-10 Borg, progredindo de 3-5. Como descrito anteriormente (Weston et al., 2014), a sessão TIAI durou 15 minutos/sessão, combinando três minutos de corrida (80-90% FCmax) intercetados por três minutos de períodos de recuperação ativa a 55-65% A FCmáx (portanto, foi programado um total de ~ 555 minutos durante as 12 semanas do programa do grupo HIT). A intensidade foi controlada por um dispositivo cardiófrequencímetro (ONRHYTHM 110 KALENJI®, Villeneuve, França) e também pela PSE, através da escala CR-10 Borg, que variou de 5 para 7 pontos na fase de corrida e de 2

a 3 pontos no período de recuperação ativa. O treino de flexibilidade foi realizado no final de cada sessão (5 minutos) para promover a calma e incluiu alongamentos estáticos dos grupos dos principais músculos, com duração entre 10 a 15 segundos para cada movimento e após 1 a 2 repetições.

Como o treino aeróbio apresentava volumes diferentes (TAIM = 25 min; TIAI = 15 min) e intensidades diferentes (TAIM = 60-70% da FC_{max}; TIAI = 80-90% e 55-65% da FC_{max}), estimamos o TRIMP (impulso de treino) de ambos os exercícios aeróbios (TAIM e TIAI), usando a seguinte fórmula (Banister et al., 1991):

$$\text{TRIMP} = \text{TD} * \text{FC}_R * 0,64 * e^{1,92 * \text{FC}_R} \text{ (homens)}$$

$$\text{TRIMP} = \text{TD} * \text{FC}_R * 0,86 * e^{1,672 * \text{FC}_R} \text{ (mulheres)}$$

TD é a duração da sessão de treino expressa em minutos e é o logaritmo napieriano de 2.712. A FC de reserva (FC_R) foi determinada pela seguinte equação:

$$\text{FC}_R = (\text{FC}_{\text{ex}} - \text{FC}_{\text{repouso}}) / (\text{FC}_{\text{máx}} - \text{FC}_{\text{repouso}})$$

FC_{ex} é a FC média da sessão de treino e FC_{repouso} é a FC em repouso.

Estimamos o gasto energético do exercício (ExEE) que teria ocorrido durante os dois exercícios aeróbios pelo VO₂ (assumindo 5kcal /l O₂) a partir de taxas individuais de gasto energético médias em cada zona alvo da frequência cardíaca calculada a partir do teste ergométrico por calorimetria indireta (troca gasosa O₂ e CO₂, por meio de ergoespirometria) realizada no teste inicial.

O ExEE foi calculado pela seguinte fórmula (Flack et al., 2020): ExEE = (QGDT × 0,15) + [QGDT - duração do treino × (REE × 1,2)], em que QGDT é o Kcal gasto durante o treino e REE é o gasto de energia em repouso. O REE foi obtido após 5 minutos de descanso antes do teste ergométrico. Além disso, o REE foi dividido pela massa livre de gordura, avaliada por meio do método de absorciometria radiológica de dupla energia.

4.2.3.2. Aptidão cardiorrespiratória

Os participantes foram submetidos ao teste de Bruce Modificado (Lermen et al., 1976) numa esteira HP Cosmos®, modelo Pulsar®, para análise da aptidão cardiorrespiratória (ACR) na FCDEF. O teste foi composto por etapas de 3 minutos em que foram analisadas: frequência cardíaca; troca gasosa (O² e CO², por meio de ergoespirometria); e a PSE, medida por meio da escala CR-10 (Borg, 1982). Durante as três primeiras etapas, o gasto de energia variou de 0,5 a 1 MET, uma vez que a velocidade permaneceu em 2,74 km/h e apenas a inclinação variou (0%, 5% e 10%, respetivamente). Na quarta etapa, a velocidade e a inclinação aumentaram para 4,02 km/h e 12%; na quinta, aumentaram para 5,47 km/h e 14%; na sexta, aumentaram para 6,75 km/h e 16%; na sétima, aumentaram para 8,04km/h e 18%; na oitava, aumentaram para 8,85 km/h e 20%; e, finalmente, na nona, aumentaram para 9,65 km/h e 22% (Fletcher et al, 2013). Para a análise eletrocardiográfica (ECG), FC e gases, foi utilizado o dispositivo Quark CPET COSMED® (Roma, Itália).

As diretrizes do ACSM (Pescatello et al., 2014) foram utilizadas como indicadores de critérios de interrupção para o teste, os quais são: sintomas de angina, sintomas do sistema nervoso (ataxia, tontura ou quase síncope), sinais de má perfusão (cianose ou palidez), dificuldades no monitoramento eletrocardiográfico, individual interrupção, taquicardia ventricular sustentada, quando a FC excedeu 85% da FC_{máx} prevista de acordo com a fórmula $FC_{máx} = 208 - 0,7 \times Idade$ de Tanaka et al. (2001) e quando o coeficiente de troca respiratória (RER) excedeu 1,05. O consumo pico de oxigénio (VO₂pico) foi considerado a partir da média dos valores obtidos nos últimos 30 segundos do teste. A razão de esforço percebido (Borg, 1982), o teste de velocidade máxima (km.h⁻¹) e a duração total do teste foram registados no final do teste de Bruce. Após o teste, foram coletados 0,3 µl de sangue do dedo anelar para análise de lactato (Lactate Pro2 LT-1730, Arkray® Portable Lactometer. Kyoto, Japan).

4.2.3.2. Antropometria

Para descrever o perfil da amostra, o peso corporal foi medido numa balança digital portátil (SECA® modelo 770. Hamburgo, Alemanha); para determinação da estatura, foi

utilizado um estadiómetro portátil Harpenden (98.603 Crosswell, Reino Unido); a circunferência da cintura (HOLTAIN® de 2 metros, Crosswell, Reino Unido) foi medida no ponto médio entre a costela inferior e o topo da crista ilíaca com abdómen relaxado; e o método de absorciometria radiológica de dupla energia (DEXA) (Lunar iDXA GE®, Diegem, Bélgica) foi usado para determinar o percentual de massa gorda e a massa livre de gordura.

4.2.3.3. Hemodinâmica

A frequência cardíaca em repouso (FC_{repouso}) foi medida usando um esfigmomanómetro (digital Sfigmomanometro digitale do monitor Tavolo LCD 4 "Moretti SpA, modelo DM460, Arezzo, Itália) e os resultados foram expressos em batimentos por minuto (bpm). Inicialmente, os sujeitos respeitaram 5 minutos de descanso na posição sentada, duas medições foram realizadas, com intervalo de 1 minuto entre as duas e a FC_{repouso} foi calculada pela média das duas avaliações. Nos últimos 30 segundos do teste de Bruce modificado (Lermen et al., 1976), foi determinado o pico da frequência cardíaca (FC_{pico}).

4.2.3.4. Potência muscular dos membros inferiores

Para medir a potência muscular dos membros inferiores (PMI), os participantes realizaram o teste de levantar e sentar de Rikli e Jones (2013), no qual se contabiliza o número máximo de repetições que um participante pode levantar e sentar numa cadeira, repetidamente, durante 30 segundos. O número de repetições foi inserido na fórmula de Smith et al. (2010): $-504.845 + 10.793 * \text{massa corporal} + 21.603 * \text{número de repetições}$ durante os primeiros 20 segundos do teste de levantar e sentar, o que gera um resultado em *watt*.

4.2.3.5. Análise estatística

Os dados são descritos como média e desvio padrão (DP). A normalidade dos dados foi analisada através de histogramas e nenhuma das variáveis apresentou valores superiores

a +3 ou -3 em assimetria e curtose, conforme recomendado (Hair et al., 2006; Lomax e Schumacker, 2004). Também usámos o teste de hipótese de Shapiro-Wilks para confirmar se as variáveis tinham distribuição normal.

As diferenças entre os grupos de pré e pós-intervenção foram avaliadas através da análise de variância (ANOVA) e análise de variância multivariada (MANOVA). As diferenças entre os grupos entre o pré e pós 12 semanas de intervenção foram testadas pela ANOVA para medidas repetidas seguidas por Bonferroni *post-hoc* para explicar múltiplas comparações. A magnitude do efeito (pré-pós-intervenção) foi calculada usando o cálculo estatístico de Cohen d (Cohen, 1988) e os tamanhos dos efeitos foram classificados em pequeno (<0,20), moderado (0,20 a 0,79) e grande (> 0,80). Eta ao quadrado (η^2) foi usado como magnitude do efeito para medidas repetidas ANOVA. A magnitude dos resultados foi categorizada como efeito pequeno (<0,06), médio (0,06–0,14) e grande (> 0,14). Os dados foram analisados no programa *Statistical Package for the Social Sciences* para *Windows* (IBM-SPSS, Inc., Chicago, IL, EUA) versão 24, assumindo um nível de significância de 95%.

4.2.4. Resultados

4.2.4.1. Características iniciais

Cento e vinte e nove indivíduos ofereceram-se para participar na pesquisa. No entanto, apenas 39 participantes preencheram os critérios de inclusão e exclusão (Figura 3.3). Todos os participantes completaram a intervenção de 12 semanas e pelo menos 2/3 das sessões de exercícios. Os participantes foram divididos (conforme descrito na Figura 3.3) em três grupos: Grupo CON (67.8 ± 3.8 anos), Grupo CT (71.1 ± 4.8 anos) e Grupo HIT (63.3 ± 7.2 anos).

As características e as diferenças entre os grupos na pré-intervenção, para as variáveis de interesse, estão descritas na Tabela 4.2.4.1. Não houve diferenças entre os grupos, exceto na idade, onde o grupo HIT era mais jovem que o grupo CT ($P= 0,001$).

Tabela 4.2.4.1. Características iniciais e comparação entre grupos, calculadas a partir da MANCOVA, controlando o efeito do sexo.

	CT (N = 13)	HIT (N = 13)	CON (N = 13)	
	DM (DP)	DM (DP)	DM (DP)	P
Mulheres, N (%)	11 (85%)	9 (69%)	9 (69%)	0,584†
Idade, anos	71 (5)	63 (7) *	68 (4)	0,001*
IMC, kg.m ⁻²	29,3 (5.5)	31,1 (5.5)	29,5 (3.2)	0,633
VO ₂ pico, mL/kg/min	19,7 (3.9)	21,4 (4.0)	20,5 (3.3)	0,577
Lactato, mmol/L	2,9 (1.4)	3,5 (2.1)	3,7 (1.9)	0,751
Borg, CR-10	6 (2)	6 (2)	5 (1)	0,496
PMI, watt	451 (41)	552 (50)	505 (28)	0,334
FCrepouso, bat.min ⁻¹	69 (12)	75 (12)	68 (6)	0,154
FCteste, bat.min ⁻¹	127 (13)	131 (15)	116 (22)	0,206
TRIMP _{Banister} sessão	14,34 (5.07)	14,10 (3.91)	-	0,893‡
TRIMP _{Banister} 12-sem	418,15 (124.93)	415,79 (115.14)	-	0,967‡
ExEE (kcal) sessão	142,71 (32.26)	126,66 (13.55)	-	0,217§
ExEE (kcal) 12-sem	4151,97 (1071.49)	3698,68 (442.32)	-	0,217§

Nota: Os dados são expressos como média e desvio padrão; * $P \leq 0,01$, quando comparado com o grupo CT. †, teste do qui-quadrado. ‡, teste T independente; §, teste de Mann-Whitney. IMC, índice de massa corporal; ExEE, gasto de energia do exercício (sessão: de uma sessão; 12 semanas: multiplicado pela frequência de treino individual); FCrepouso, frequência cardíaca em repouso; FCteste, frequência cardíaca no final do teste; PMI, força de potência do músculo do membro inferior; TRIMP, impulso de treino (sessão: de uma sessão; 12 semanas: multiplicado pelo tempo individual acumulado).

4.2.4.2. Características do treino

Não houve diferença na frequência total das sessões de treino entre os grupos HIT e CT ($28,9 \pm 2,4$ contra $29,5 \pm 1,2$ sessões, $P = 0,486$, respectivamente), correspondendo a aproximadamente 78% da adesão ao treino. O tempo total gasto durante 12 semanas do componente de treino aeróbio (tempo de sessão aeróbica * frequência de treino do participante) foi diferente entre os grupos CT e HIT (738 ± 5 min contra $433,8 \pm 37$, $P = 0,000$). O tempo total gasto (TR mais componentes aeróbios e de flexibilidade) durante as

12 semanas do CT e HIT, respetivamente, foi de $1624,6 \pm 104$ min contra $1156,9 \pm 99$ min ($P = 0,000$, ou seja, 28,8% menos tempo para os que realizaram TR + TIAI). No entanto, o acumulação de sessões TRIMP e ExEE, após o treino de 12 semanas, não foi diferente entre os grupos ($P \geq 0,893$; Tabela 4.2.4.1).

4.2.4.3. Comparações entre avaliações e grupos

A Tabela 4.2.4.3 apresenta a alteração média de pré e pós-intervenção na ACR, lactato, resultados da PSE, duração do teste, PMI, FC_{repouso} e FC_{pico} .

Houve um efeito moderado do tempo na avaliação do esforço percebido ($P = 0,02$, $\eta^2 = 0,139$), mas não para a FC_{pico} e a concentração de lactato sanguíneo após a intervenção em qualquer grupo ($P > 0,77$). Não houve efeito significativo na interação entre os grupos pelo tempo para estas variáveis. A FC_{repouso} apresentou efeito significativo e moderado no tempo ($P = 0,03$, $\eta^2 = 0,121$), com queda significativa apenas no grupo HIT ($P = 0,00$) e grande interação significativa entre os grupos ($P = 0,04$, $\eta^2 = 0,161$), embora não tenha havido diferença entre os grupos após a intervenção.

Houve um grande efeito do tempo para a velocidade máxima do teste ($P = 0,000$, $\eta^2 = 0,335$), duração máxima do teste ($P = 0,000$, $\eta^2 = 0,369$) e PMI ($P = 0,001$, $\eta^2 = 0,277$) com uma melhoria significativa nessas variáveis nos grupos CT e HIT, enquanto o grupo CON não mudou ($P > 0,05$). Houve um grande efeito de interação entre os grupos pelo tempo na duração máxima do teste ($P = 0,015$, $\eta^2 = 0,207$) e PMI ($P = 0,028$, $\eta^2 = 0,180$), mas não para a velocidade máxima do teste. No entanto, não houve diferença entre os grupos após a intervenção ($P > 0,05$). Por fim, houve uma tendência no efeito do tempo ($P = 0,07$, $\eta^2 = 0,085$) e uma significativa grande interação entre os grupos ($P = 0,01$, $\eta^2 = 0,214$) para o $VO_{2\text{pico}}$. O pós-teste de Bonferroni revelou um aumento significativo (pré-teste para pós-teste) apenas no grupo HIT ($P = 0,007$), em que esse valor foi superior ao grupo CON no pós-intervenção (HIT contra CON: $P = 0,01$, ES = 1,39, diferença entre as médias $5,0 \text{ ml} / \text{kg}^{-1} / \text{min}^{-1}$ IC 95% 0,9 a 9,2; CT contra CON: $P = 0,29$, ES = 0,8, diferença entre as médias $2,7 \text{ ml} / \text{kg}^{-1} / \text{min}^{-1}$ 95 % IC -1,3 a 6,9).

Tabela 4.2.4.3. Diferenças entre as avaliações após os programas de treino, calculadas com ANOVA para medidas repetidas. As diferenças também foram comparadas com MANCOVA, com sexo e idade como covariáveis.

	CT (N = 13)			HIT (N = 13)			CON (N = 13)			P interação entre grupos
	DM (DP)	P dentro do grupo	ES	DM (DP)	P dentro do grupo	ES	DM (DP)	P dentro do grupo	ES	
VO ₂ pico, mL/kg/min	1,6 (1,1)#	0,100	-0,424	2,7 (0,7)#	0,007**	-0,566	-1,3 (0,9)	0,167	0,441	0,013*
VMT, km/h	0,5 (0,2)#	0,012*	-0,783	0,7 (0,2)#	0,001**	-0,547	0,2 (0,1)	0,332	-0,124	0,186
TT, min	1,5 (0,5)	0,003**	-0,612	2,1 (0,4)#	0,000**	-0,582	0,1 (0,4)	0,785	-0,057	0,015*
Lactato, mmol/L	0,3 (0,8)	0,781	-0,205	-0,1 (0,8)	0,898	0,052	0,7 (0,8)	0,351	-0,229	0,336
Borg CR-10	-0,6 (0,3)	0,133	0,375	-0,3 (0,6)	0,399	0,171	-0,8 (0,3)	0,082	0,624	0,792
PMI, watt	47,1 (11,5)#	0,000**	-0,318	25,6 (11,8)	0,032*	-0,147	1,3 (11,1)	0,909	-0,014	0,028*
FCrepouso, bpm	-0,6 (3,5)	0,984	0,056	-7,3 (2,9)##	0,030*	0,611	-0,3 (2,0)	0,881	0,057	0,043*
FCteste, bpm	-1,0 (1,8)	0,850	0,084	3,1 (2,9)	0,534	-0,217	7,6 (3,0)	0,157	-0,315	0,518

Nota: * P ≤ 0,05; ** P ≤ 0,01; # P < 0,01, quando comparado ao grupo CON; ## P < 0,07, quando comparado ao grupo CON; DG; (dentro do grupo); DM (diferenças de médias); DP (desvio padrão); ES (tamanho do efeito); FCrepouso (frequência cardíaca em repouso); FCteste (frequência cardíaca no final do teste); IEG (interação entre grupos); PMI (potência dos membros inferiores); TT (tempo de teste); VMT (velocidade máxima de teste).

4.2.4. Discussão

Os resultados dessa intervenção mostraram que os participantes submetidos a treino concorrente por 12 semanas apresentaram melhorias significativas no VO_2 pico e na potência muscular dos membros inferiores. Mais especificamente, os grupos CT e HIT mostraram um aumento significativo na velocidade máxima do teste, na duração máxima do teste e na PMI. Curiosamente, o grupo HIT também apresentou aumentos moderados no VO_2 pico e uma redução moderada na FC_{repouso} . A significativa interação entre os grupos pelo tempo foi apresentada no VO_2 pico, na duração máxima do teste, PMI e FC_{repouso} , o que revela uma mudança em direção a um melhor desempenho físico, enquanto no grupo controle não houve mudança significativa na interação. Atualmente, não há recomendações para incluir o TIAI no programa de condicionamento físico proposto pelo ACSM para idosos (Bushman, 2017). Os dados do presente estudo sugerem que a inclusão do TIAI num programa de treino concorrente é uma estratégia eficiente em termos de tempo para melhorar a ACR quando comparada com o TAIM.

Melhorias no consumo de oxigênio foram encontradas por Cadore et al. (2012) e Guirado et al. (2012) após 12 semanas de treino concorrente (TF seguido de TAIM ou o contrário) em adultos mais velhos. Além disso, foram encontrados aumentos no VO_2 pico após 8 semanas de TF + TAIM por Burich et al. (2015) e Ferrari et al. (2016). Esses estudos mostraram ganhos superiores no VO_2 pico quando comparados com a nossa intervenção TF + TAIM. Tais diferenças podem estar relacionadas com o desenho do protocolo de exercícios, por exemplo, intensidade e volume da sessão (Bishop et al., 2019). Por outro lado, o nosso protocolo realizado pelo grupo HIT mostrou melhores resultados no VO_2 pico, quando comparado com um estudo recente em indivíduos idosos (Boukabous et al., 2019) com menor volume de sessões e duração do programa (seis sessões de 1 minuto a 90% da $FC_{\text{máx}}$, com 2 recuperações em repouso ativo a 40% da $FC_{\text{máx}}$, 3 vezes por semana, durante 8 semanas). De acordo com o nosso resultado, sessões de baixo volume (15 min) e treino aeróbio de alta intensidade (em 80% a 90% da FC_{max}) são suficientes para provocar uma adaptação cardiorrespiratória significativa em idosos (~ 5 ml/kg/min ou aumento de ~ 12% no consumo de O_2 , quando comparado com o grupo CON). Esses dados são consistentes com uma meta-análise anterior que abordou esse

tópico, ou seja, que analisou a dosagem ideal de TIAI na população idosa para melhorar significativamente a ACR (Weston et al., 2014).

Não foram encontrados estudos comparando o treino concorrente (TF mais TIAI contra TF mais TAIM) na população idosa. Currie et al. (2015) adicionaram TF ao protocolo TAIM e TIAI após 3 meses de treino aeróbio, mas não identificaram uma influência notável do programa de TF nas suas avaliações. Os nossos resultados sugerem que a adição de TF no início do programa de treino físico é segura para promover a melhoria neuromuscular (aumentar a força e resistência muscular dos membros inferiores).

Após a intervenção de 12 semanas, os participantes dos grupos CT e HIT aumentaram a duração do tempo de teste, ou seja, andaram/correram mais tempo antes de interromper voluntariamente o teste ou antes de atingir 85% da $FC_{máx}$. Guirado et al. (2012) também encontraram resultados semelhantes ao nosso protocolo TF + TAIM. Da mesma forma, Mandic et al. (2009) também obtiveram um aumento significativo na potência muscular e no tempo de teste de esforço (resistência) em pacientes adultos e idosos com insuficiência cardíaca submetidos a treino concorrente (TAIM com TF) 2 vezes por semana, durante 12 semanas, mas não no VO_{2pico} .

Os nossos protocolos aumentaram significativamente a potência dos membros inferiores e a velocidade da velocidade de teste de forma semelhante a estudos anteriores com diferentes comprimentos de intervenção [isto é, um programa de TF e TAIM, durante 10 semanas, sendo realizado 2 vezes por semana (Ferrari et al., 2016; Shiotsu et al., 2018) ou programa de TF mais TIAI com 9 semanas de duração, 2 vezes por semana (Guadalupe-Grau et al., 2017)]. Os ganhos de potência muscular foram associados ao aumento da capacidade funcional (Cadore e Izquierdo, 2018), que, por sua vez, está associado a um risco reduzido de sarcopenia, quedas, fraturas e incapacidade (Cruz-Jentoft et al., 2018). De facto, o nosso TF foi realizado nos dois protocolos antes do componente aeróbio. O aumento da potência muscular está associado a melhorias nas adaptações neuromusculares e a melhorias no recrutamento de unidades motoras, que são importantes indicadores de plasticidade muscular em populações envelhecidas. (Cadore et al., 2012)

Outro resultado interessante encontrado no nosso estudo foi a redução da $FC_{repouso}$ observada no grupo HIT após a intervenção de 12 semanas, resultado que não mudou no grupo CT. É relevante destacar que a $FC_{repouso}$ é um importante fator de risco para morte

prematura. Notavelmente, esses resultados são consistentes com os encontrados por Helgerud et al. (2011) após 8 semanas do programa TIAI (realizado 3 vezes por semana) e por Choi et al. (2015) após 24 semanas de TAIM mais TF (realizada 2 vezes por semana) em pacientes com DCV. A diminuição da FC_{repouso} após treino aeróbio é uma resposta esperada. No entanto, o mecanismo subjacente ainda é uma fonte de debate na literatura. A diminuição da resposta da FC_{repouso} , observada no treino com exercícios de curto prazo, é devida ao aumento da atividade vagal e às reduções na resposta à noradrenalina, enquanto o treino com exercícios de longo prazo promove alterações estruturais no coração, aumentando o volume sistólico. Aparentemente, ambos os mecanismos podem diminuir a FC intrínseca e contribuir para uma melhoria da atividade cardíaca (Cabral-Santos et al., 2016; Flannery et al., 2017). Coletivamente, esses resultados parecem sugerir uma maior eficácia (como uma estratégia eficiente em termos de tempo) do protocolo de treino realizado pelo grupo HIT, em comparação com o realizado pelo grupo CT, para diminuir o FC_{repouso} .

O estudo apresenta várias limitações, como o curto período de intervenção, pequeno tamanho da amostra em cada grupo, ampla faixa etária, falta de controle farmacológico e nutricional durante a intervenção. Essas limitações do estudo podem ter causado algum viés nos nossos resultados. Para tentar reduzir essas limitações, adotamos procedimentos estatísticos específicos, medindo a magnitude dos efeitos com o tamanho do efeito de Cohen e controlando várias covariáveis disponíveis e avaliadas como possíveis fatores de confusão.

No geral, o nosso estudo mostrou que os participantes dos dois grupos de intervenção melhoraram a aptidão física. O $VO_{2\text{pico}}$ aumentou significativamente apenas no grupo HIT. Além disso, o grupo HIT diminuiu o FC_{repouso} , sugerindo uma melhor eficiência e maior funcionalidade do sistema cardiovascular. Atualmente, existem evidências limitadas na literatura sobre os efeitos da combinação de TF com TIAI e, notavelmente, não encontramos nenhum estudo publicado comparando essas combinações de treino (TF + TIAI contra TF + TAIM) em idosos. Portanto, para entender melhor a dose-resposta de treino em adultos e idosos com SM, são necessários mais estudos em larga escala, especialmente aqueles que combinem TF e TIAI. Além disso, a avaliação de

outros componentes do exercício, como duração e ordem do exercício também são necessárias.

4.2.5. Conclusão

Em conclusão, a curto prazo, TAIM e TIAI associados à TF foram eficazes para melhorar o desempenho físico dos membros inferiores, embora os nossos resultados sugiram que a combinação de TF e TIAI (na mesma sessão) pode ser mais eficaz em termos de tempo do que TF e TAIM, para melhorar a aptidão cardiorrespiratória em idosos com SM.

4.3. Estudo III - Os efeitos do treino concorrente, combinando exercício resistido e treino intervalado de alta intensidade ou treino contínuo de intensidade moderada, na síndrome metabólica.

Os efeitos do treino concorrente, combinando exercício resistido e treino intervalado de alta intensidade ou treino contínuo de intensidade moderada, na síndrome metabólica.

Marco Antônio R. Da Silva ^{1,2}

Liliana C. Baptista ³

Rafael S. Neves ¹

Elias De França ⁴

Helena Loureiro ^{1,5}

Fabio Santos Lira ⁶

Erico C. Caperuto ⁴

Manuel T. Veríssimo ¹

Raul A. Martins ¹

¹Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

²Departamento de Educação Física, Universidade da Amazônia, Belém, Brasil

³Departamento de Medicina, Universidade do Alabama em Birmingham, Birmingham, AL, Estados Unidos

⁴ Laboratório do Movimento Humano, Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, Brasil

⁵Escola de Tecnologias da Saúde, Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, Portugal

⁶ Grupo de Pesquisa em Exercício e Imunometabolismo, Departamento de Educação Física, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente, Brasil

Publicação: Da Silva, M. A. R. et al, (2020). The Effects of Concurrent Training Combining Both Resistance Exercise and High-Intensity Interval Training or Moderate-Intensity Continuous Training on Metabolic Syndrome. *Frontiers in physiology*, 11, 572.

4.3.1. Resumo

Objetivo: Até ao momento, existem várias lacunas de conhecimento sobre como prescrever adequadamente o treino concorrente para obter a melhor dose-resposta, especialmente em relação à intensidade ou volume ideal do componente aeróbio. Assim, o objetivo deste estudo foi de analisar os efeitos de diferentes modos e intensidades de exercício (treino intervalado de alta intensidade contra treino moderado de exercício contínuo, combinados com o treino de força), sobre variáveis metabólicas em adultos de meia-idade e idosos com SM com alto risco cardiometabólico.

Metodologia: Trinta e nove homens e mulheres ($67,0 \pm 6,7$ anos) voluntariaram-se para uma intervenção de exercício de 12 semanas (3-semana⁻¹, 50 minutos/sessão) e foram aleatoriamente designados para um dos três grupos: a) treino de força mais treino aeróbio contínuo com intensidade moderada (CT) (2 homens; 11 mulheres); b) treino de força mais treino intervalado de alta intensidade (TIAI) 4 homens; 9 mulheres); e c) grupo controlo (CON), sem exercício formal (4 homens; 9 mulheres). A intensidade foi estabelecida entre 60-70% da frequência cardíaca máxima (FCmax) no CT e variou de 55-65% a 80-90% da FCmax no HIT. Os resultados incluíram variáveis morfológicas, metabólicas e hemodinâmicas.

Resultados: Ambos os grupos de exercícios melhoraram a circunferência da cintura (CT: $P = 0,019$; HIT: $P = 0,003$), mas não o peso corporal, a massa gorda ou a massa livre de gordura ($P \geq 0,114$). O grupo HIT melhorou a glicemia em jejum ($P = 0,014$), lipoproteína de baixa densidade ($P = 0,022$), insulina ($P = 0,034$) e avaliação do modelo homeostático ($P = 0,028$). O grupo CT reduziu os triglicérideos ($P = 0,053$). Ambas as intervenções do exercício não alteraram a proteína C reativa de alta sensibilidade, hemoglobina glicada, lipoproteína de alta densidade e colesterol total, pressão arterial sistólica, diastólica ou média da pressão arterial ($P \geq 0,05$). O grupo CON melhorou a lipoproteína de baixa densidade ($P = 0,031$).

Conclusão: Este estudo sugere que a intensidade e o modo de exercício de curto prazo podem afetar de maneira diferente o perfil metabólico de indivíduos com SM. Além disso, os nossos dados sugerem que os dois treinos concorrentes promovem importantes ganhos

cardiometabólicos, particularmente no grupo HIT. No entanto, devido ao tamanho do efeito (pequeno a moderado) e à duração da intervenção (curto prazo), os nossos dados sugerem que a duração da intervenção também tem um importante papel modulador nesses benefícios em idosos com SM. Portanto, são necessárias mais pesquisas para confirmar os nossos resultados, usando intervenções de exercícios mais longas e grupos maiores.

Palavras-chave: SM, treino concorrente, idosos, treino intervalado de alta intensidade, treino resistido e treino aeróbio.

4.3.2. Introdução

A SM é caracterizada pela combinação dos fatores mais perigosos de RCV, incluindo a soma de hiperglicemia, baixos valores de C-HDL, TG elevados, PAS elevada e aumento da CC (Alberti et al., 2006; Alberti, 2009; Sherling et al., 2017). De acordo com a definição de SM da Federação Internacional de Diabetes (IDF), estima-se que quase 20 - 25% da população mundial de adultos tem SM (Alberti et al., 2006). Notavelmente, as pessoas com SM apresentam um risco aumentado (aproximadamente três vezes maior) de ataque cardíaco, acidente vascular cerebral, diabetes tipo 2, todas as causas e morte cardiovascular (Alberti, 2009; IDF, 2006; Sherling et al., 2017). Além disso, fatores de risco modificáveis, como inAF, dieta e comportamento sedentário, foram associados ao aumento da incidência de SM (Roberts & Barnard, 2005). Portanto, dada a mudança demográfica (United Nations, 2015) e a prevalência de SM na população idosa, há uma necessidade urgente de intervenções eficazes para atingir os resultados da SM.

O aumento do EF tem sido recomendado tanto na prevenção quanto no tratamento primário de DCV e SM devido aos benefícios cardioprotetores associados à melhoria da aptidão cardiorrespiratória (Ingle et al., 2017; Lakka and Laaksonen, 2007, Pedersen and Saltin, 2015). Por um lado, o exercício aeróbio promove melhorias significativas na CC, glicemia em jejum, colesterol de lipoproteína de alta densidade (HDL-C), TG, pressão arterial diastólica (PAD) e na aptidão cardiorrespiratória em adultos de meia-idade e idosos (Wewege et al., 2018). Por outro lado, o treino de força (TF) aumenta a massa muscular e a força, melhora a sensibilidade à insulina, melhora a oxidação da glicose (Bird e Hawley,

2017) e reduz o risco de morte prematura (Stamatakis et al., 2017). Notavelmente, o treino concorrente, uma modalidade de exercício integrativo que combina TF e exercício aeróbio pode fornecer os benefícios de ambas as intervenções (Stamatakis et al., 2017). Quando comparado com o grupo controlo (sem exercício), o treino concorrente diminuiu a CC, a PAS e aumentou o HDL-C e pico de consumo de oxigénio (VO_{2pico}) em pacientes com SM (Ostman et al., 2017). No entanto, uma meta-análise recente (Wewege et al., 2018) concluiu que são necessários mais estudos com treino concorrente para melhorar a qualidade das evidências sobre os fatores de risco da SM.

Na prescrição do exercício, a intensidade é importante para se alcançar os resultados. Porém, até ao momento, poucos estudos obtiveram sucesso na combinação do treino aeróbio intervalado de alta intensidade (TIAI) (Guadalupe-Grau et al., 2017; García-Pinillos et al., 2019) e Treino aeróbio com intensidade moderada (TAIM) (Ferrari et al., 2016) com o TF e apresentaram melhorias nas funções neuromusculares e cardiorrespiratórias. No entanto, até onde sabemos, não há estudos com a combinação de TF e TIAI sobre fatores de risco para SM em idosos. Portanto, não há evidências empíricas para prescrever o TIAI em detrimento do TAIM (ou vice-versa) para melhorar os fatores de risco de SM, quando associados ao TF em idosos com SM. Consequentemente, o objetivo deste estudo é analisar os efeitos de diferentes modos e intensidades de exercícios aeróbios (TIAI contra TAIM) sobre os resultados metabólicos em adultos e idosos com SM.

4.3.2. Metodologia

4.3.2.1. Desenho do estudo

Este ensaio clínico ocorreu entre maio e setembro de 2016 e o objetivo principal é avaliar os efeitos de dois modos e intensidades de exercício, em variáveis que caracterizam a SM, em adultos com risco cardiometabólico. Este estudo foi desenvolvido na região da Mealhada, Portugal. Os participantes que concordaram em participar neste estudo assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido antes da entrada no estudo, consistente com a Declaração de Helsinque e emendas posteriores (*World Medical Association*, 2018). Além disso, todos os métodos e procedimentos foram aprovados pelo

Comitê de Ética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra (FCDEF), referência: CE/FCDEF-UC/00202016).

Os participantes foram recrutados a partir de consultas de cardiologia e foram divididos aleatoriamente num dos três grupos: a) treino concorrente – força e exercício aeróbio com intensidade moderada e realizado de forma contínua (CT) (n = 13; 15% homens); b) treino concorrente – força e exercício aeróbio com treino intervalado de alta intensidade (HIT) (n = 13; 31% homens); e c) Grupo Controlo (CON) sem prática de EF formal (n = 13; 31% homens) (Fig. 1). A idade dos participantes variou entre 48 e 77 anos. Todos os participantes eram sedentários (≤ 2 dias de AF por semana ≤ 30 min por sessão), não participaram de treino estruturado e apresentaram pelo menos três dos cinco atributos da SM (Figura 3.3).

A intervenção do exercício ocorreu ao longo de 12 semanas (3 sessões/semana, 50 minutos/sessão). A intensidade foi estabelecida entre 60-70% da frequência cardíaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) na CT e variou entre 55-65% e 80-90% da $FC_{m\acute{a}x}$ no grupo HIT. A $FC_{m\acute{a}x}$ foi estimada usando equação $FC_{m\acute{a}x} = 208 - idade * 0,7$ (Tanaka et al., 2001). Os resultados foram avaliados no início e no final da intervenção (12 semanas). Os participantes do grupo CON não participaram num programa formal de exercícios físicos durante o período de intervenção e os níveis de AF foram auto-relatados por questionário no início e no final da intervenção. Da mesma forma, um questionário alimentar autorreferido foi usado para avaliar a ingestão de alimentos no início e após a intervenção. Todos os grupos foram instruídos a manter o mesmo padrão nutricional ao longo do estudo e nenhuma alteração na ingestão de energia nem nos macronutrientes foi relatada.

Após o período de recrutamento, os participantes concluíram os testes basais, incluindo o perfil antropométrico e hemodinâmico, testes funcionais e aptidão cardiorrespiratória.

Todos os procedimentos foram realizados por equipa técnica especializada (enfermeiros, médicos, técnicos de saúde e especialistas em exercícios), num espaço adequado de acordo com as diretrizes do ACSM (Pescatello et al., 2014). Durante a intervenção, para evitar erros de avaliação e manter a consistência dos procedimentos, a mesma equipa de avaliadores foi usada para realizar as medições na mesma ordem no momento inicial após as 12 semanas da intervenção. A equipa técnica ficou “blindada” em

relação às medidas coletadas nos testes e não teve acesso à execução dos programas de exercícios.

A SM foi definida de acordo com os critérios da IDF (Alberti et al., 2006). Todos os participantes apresentaram SM de acordo com a definição da IDF (Alberti et al., 2006). Portanto, tinham pelo menos três ou mais dos cinco atributos a seguir: i) CC \geq 94 cm para homens ou \geq 80 cm para mulheres; ii) pressão arterial acima de 130/85 mmHg; iii) glicemia em jejum \geq 100 mg/dL; iv) TG em jejum \geq 150 mg/dL; v) C-HDL $<$ 40 mg/dL para homens e $<$ 50 mg/dL para mulheres (Tabela 2). Além disso, os participantes foram excluídos com base nos seguintes critérios: i) insuficiência cardíaca descompensada; ii) angina do peito; iii) história de enfarte do miocárdio ou acidente vascular cerebral com menos de um ano de evolução; iv) hipertensão não controlada e insuficiência renal autorreferida.

4.3.2.2. Intervenção

O objetivo deste estudo é determinar o efeito de diferentes modos de exercício e intensidades do treino concorrente (CT contra HIT) nas variáveis que compõem a SM em adultos e idosos. A intervenção do exercício ocorreu 3 vezes/semana por aproximadamente 50 minutos/sessão durante 12 semanas num pavilhão de ginástica fechado. A intervenção do exercício combinou resistência, flexibilidade e treino aeróbio (moderado contínuo contra intervalado de alta intensidade).

O TF durou aproximadamente 20 minutos por sessão e incluiu 2 séries com 8-15 repetições, com intervalo de descanso entre 1-2 minutos (Pescatello et al., 2014, Heyward and Gibson, 2014). A intensidade foi medida com a escala Borg CR-10 (1982), inicialmente em 2 pontos e aumentando progressivamente para 5 pontos, conforme descrito na Tabela 3.6.6. Os exercícios do treino de resistência incluíam: levantamento terra, remada curvada com barra, *stiff*, supino e abdominais. Foram utilizadas barras de aço de 1,20 metros com discos, que foram adicionados à medida que as cargas de exercício avançavam. Todas as sessões de treino foram supervisionadas por um profissional de Educação Física, que conduziu as sessões, motivou os participantes e garantiu a correção e segurança na execução do movimento.

A intervenção do exercício aeróbio (Figura 3.6.1) foi projetada para incluir diferentes protocolos de treino aeróbio em cada grupo. Os participantes do grupo CT realizaram treino aeróbio contínuo com intensidade moderada (TAIM), composto por 25 minutos de caminhada em intensidade moderada (entre 60-70% da $FC_{máx}$). A intensidade foi controlada pela escala de PSE de Borg CR-10 (1982) e foi objetivamente medida por um dispositivo cardiofrequencímetro modelo ONRHYTHM 110, KALENJI ® (Villeneuve, França). A intensidade de 3 participantes que utilizavam betabloqueadores foram controlados apenas através da escala Borg CR-10 (Borg, 1982). A PSE começou no nível 3 e terminou no quinto nível no final da intervenção.

O grupo HIT realizou treino aeróbio intervalado de alta intensidade (TIAI), composto por períodos de caminhada rápida e corrida, interrompidos por 2 períodos de recuperação ativa em intensidade moderada descritos a seguir: os participantes correm por 3 minutos, 3 vezes por sessão (aqueles que não foram capazes de correr andaram o mais rápido possível) a 80-90% da FC_{max} . O período de alta intensidade foi intercetado por um tempo de recuperação ativa, em que os participantes caminharam moderadamente durante 3 minutos a 55-65% da FC_{max} . A escala Borg CR-10 (1982) e cardiofrequencímetros foram utilizados para controlar a intensidade no grupo HIT. No início da intervenção, a PSE começou no 5º nível e progrediu até o 7º nível no final da intervenção. Da mesma forma, a intensidade definida no período de recuperação ativa foi mantida entre 2 e 3 pontos. Nos últimos 5 minutos de cada sessão, a flexibilidade foi usada para promover o relaxamento, envolvendo movimentos estáticos dos grandes grupos musculares, mantendo cada posição entre 10 a 15 segundos, com 1 a 2 repetições a cada exercício.

4.3.2.4. Resultados

4.3.2.4.1 Antropometria

A massa corporal (MC) foi medida em quilogramas (kg) com uma balança digital portátil SECA®, modelo 770 (Hamburgo, Alemanha), com um grau de precisão de 100 gramas. A estatura (E) foi determinada com o estadiómetro portátil Harpenden, modelo 98.603 (Crosswell, Reino Unido), com precisão de 0,1 centímetros e medido em metros (m). A CC foi determinada com uma fita métrica plástica HOLTAIN® (Crosswell, Reino

Unido) com uma precisão de 0,1 centímetros (medida no ponto médio entre a costela inferior e a parte superior da crista ilíaca com abdómen relaxado). A massa gorda (percentagem e absoluta) e a massa livre de gordura foram determinadas pela densitometria radiológica de dupla energia (DEXA) com o equipamento Lunar DXA System (versão:13,6) fabricado por GE Healthcare (USA) e com os resultados mostrados em kg. O índice de massa corporal (IMC) foi obtido dividindo-se a MC em quilogramas (kg) pela altura em metros quadrados (kg/m²).

4.3.2.4.2. Hemodinâmica

A pressão arterial foi avaliada usando um esfigmomanómetro digital Sfigmomanometro digitale LCD display 4" (Moretti S.p.A.), modelo DM460 (Arezzo, Itália) e os resultados foram expressos em mmHg. Para medir, os participantes descansaram 5 minutos na posição sentada e depois foram realizadas duas medições, com intervalo de um minuto entre as duas avaliações. Os valores da PAS e PAD foram medidos com base nos valores médios entre as duas avaliações. A PAM foi calculada usando a fórmula $PAM = PAS + (PAD \times 2) / 3$.

4.3.2.4.3. Análises sanguíneas

As amostras de sangue foram coletadas por enfermeiros experientes na manhã após 12 horas de jejum e 48 horas após a última sessão de treino. As variáveis foram determinadas imediatamente após a coleta de sangue (sem congelamento) por métodos padrão realizados num laboratório credenciado de análises clínicas (Laboratório UÁLIA - Análises Clínicas). O soro sanguíneo (centrifugado a 3500 RPM) foi utilizado para quantificação do C-LDL, C-HDL, colesterol total, TG e glicemia em jejum e PCR-as, por meio dos kits comerciais Beckman Coulter AU 400 (Brea, Estados Unidos). Além disso, amostras de soro sanguíneo foram usadas para quantificar insulina e peptídeo-C, usando os kits comerciais Roche Cobas (Mannheim, Alemanha). Para a análise da hemoglobina glicada (HbA1c), foi utilizado o kit comercial Menarini – Arkray HA 8140 (Kyoto, Japão). A análise de erro foi inferior a 1 desvio padrão para todas as variáveis. A avaliação do

modelo de avaliação da homeostase da resistência à insulina (HOMA-IR) também foi usada para determinar a resistência à insulina e foi calculada por uma calculadora on-line gratuita (HOMA Calculator, Versão 2.2.3, Universidade de Oxford, Oxford, Reino Unido).

4.3.2.5. Cálculo do tamanho da amostra

Originalmente, o nosso estudo foi desenhado para avaliar alterações na ACR na combinação do TF com TIAI contra TF com TAIM. Usámos uma diferença média antecipada entre os grupos de uma revisão sistemática anterior com metanálise (Weston, Wisløff e Coombes, 2013) com uma população semelhante (isto é, em idosos hipertensos) e com uma intervenção de exercício de 4 a 16 semanas para calcular o tamanho da amostra. Portanto, para identificar uma diferença média de $3,3 \pm 3,03 \text{ mL/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$ entre os grupos CT e HIT, usando um nível de significância bilateral de 0,05 e assumindo 80% de *power* ($\beta = 0,80$), exigiríamos 17 participantes em cada grupo. Além disso, com base nos dados do estudo de Robinson et al. (2017), que identificaram um aumento de +4,4 [1,8–6,9] $\text{mL/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$ no VO_2pico numa amostra de idosos após 12 semanas de intervenção com a combinação de TF com TIAI, e usando os mesmos critérios estatísticos (alfa 0,05 e beta 0,80 com teste t pareado) para identificar uma diferença média entre os grupos, são necessários um total de 10 participantes. Recrutámos 129 voluntários (mas apenas 39 participaram na intervenção, Fig.1), Portanto, isso não foi suficiente para explicar as taxas de atrito em potencial para a diferença entre os grupos ($N = 17$; com $\alpha = 0,05$ e $\beta = 0,80$), como apenas 13 participantes permaneceram em cada grupo, o que foi suficiente para a pré e pós-intervenção ($N = 10$; com $\alpha = 0,05$ e $\beta = 0,80$).

4.3.2.8. Análise estatística

Os dados são apresentados como média seguida de desvio padrão (DP) ou quando especificado por erro padrão. As diferenças pré e pós-intervenção nos resultados clínicos foram medidas nos três grupos. As características basais dos participantes foram descritas utilizando-se diferenças entre médias e DP para as seguintes variáveis: idade, MC, CC,

IMC, VO₂pico, PAS, PAD, colesterol total, C-HDL, C-LDL, TG, glicemia, HbA1C, PCR-as, Insulina, Peptídeo-C e HOMA-IR.

Para avaliar a distribuição da normalidade dos dados, foi realizada uma análise dos histogramas visuais e confirmado se a assimetria e curtose estavam dentro da faixa aceitável (ou seja, entre +3 e -3) (Hair et al, 2005; Lomax & Schumaker, 2004). Quando as variáveis assumiram níveis de significância superiores a 0,05, também foi utilizado o teste de hipótese de Shapiro-Wilks, para confirmar a distribuição normal.

As diferenças entre os grupos, no momento inicial, foram avaliadas através da análise de variância (ANOVA) das amostras em pares e através da análise multivariada de variância (MANOVA). Quando identificado $P < 0,05$, o pós-teste de Bonferroni foi usado para identificar diferenças entre os grupos e usado para controlar comparações múltiplas. Além disso, também foi realizada a análise de covariância (ANCOVA), para explicar o efeito do sexo e idade nos grupos.

Uma ANOVA bidirecional para medidas repetidas foi usada para testar as diferenças entre os grupos e comparar os efeitos da intervenção (pré-pós-intervenção). Da mesma forma, quando $P < 0,05$ foi identificado, o teste *post-hoc* de Bonferroni foi usado para identificar diferenças entre os grupos e controlar múltiplas comparações. A magnitude do efeito foi calculada usando o d de Cohen (Cohen, 1988) para comparar as mudanças entre os grupos (pré-pós-intervenção) e Eta quadrado (η^2) para medidas repetidas ANOVA. A estimativa do tamanho do efeito foi categorizada de acordo com os seguintes critérios: pequeno ($< 0,20$), moderado (0,20 a 0,79) e grande ($> 0,80$) (Cohen, 1988). O Eta ao quadrado com 0,06, 0,06-0,14 e $> 0,14$ foi classificado como efeito pequeno, médio e grande, respectivamente.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa *Statistical Package for the Social Sciences* para *Windows* (IBM-SPSS, Inc., Chicago, IL, EUA), versão 24.0. O nível de significância foi estabelecido em 95%

4.3.3. Resultados

4.3.3.1 Características da amostra

Cento e vinte e nove potenciais participantes elegíveis foram recrutados. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 39 participantes ($67,0 \pm 6,7$ anos) foram aleatoriamente designados para um dos três grupos: a) CT ($n = 13$; 15% homens); b) HIT ($n = 13$; 31% homens); e c) CON ($n = 13$; 31% homens). Todos os participantes completaram as 12 semanas da intervenção e foram incluídos na análise (Figura 3.3).

4.3.3.2 Comparação pré contra pós intervenção e entre grupos.

As características e diferenças iniciais entre os grupos na aptidão cardiorrespiratória, variáveis antropométricas e hemodinâmicas estão descritas na Tabela 4.3.3.2. Na pré-intervenção, as características demográficas e clínicas entre os grupos foram semelhantes, exceto em idade e sexo. Os participantes do grupo HIT eram mais jovens e o grupo CT ($P \leq 0,05$).

Tabela 4.3.3.2. Características demográficas e clínicas dos participantes na linha de base e comparação entre grupos calculados a partir de uma MANOVA, controlando o efeito de sexo e idade.

	CT	HIT	CON	P
	(n = 13)	(n = 13)	(n = 13)	
	D.M. (D.P.)	D.M. (D.P.)	D.M. (D.P.)	
Mulheres, n (%)	11 (85%)	9 (69%)	9 (69%)	0,584#
Idade, anos	71,1 (4,8)	63,3 (7,2)*	67,4 (3,9)	0,001
Massa corporal, kg	70,5 (14,6)	77,9 (17,4)	76,1 (9,3)	0,596
IMC, kg/m ²	29,3 (5,5)	31,1 (5,5)	29,5 (3,2)	0,633
CC, cm	98,2 (11,5)	102,5 (14,7)	100,1 (7,9)	0,788
VO ₂ pico, mL/kg/min	19,7 (3,9)	21,4 (4,0)	20,5 (3,3)	0,577
Massa gorda, %	38,6 (4,6)	39,5 (7,3)	38,2 (6,2)	0,554
Massa gorda, Kg	27,3 (7,2)	31,0 (11,2)	28,6 (4,7)	0,529
MIG, Kg	39,9 (8,9)	43,7 (8,3)	44,3 (8,3)	0,601
PAS, mmHg	135,2 (14,1)	132,4 (19,7)	129,7 (12,1)	0,574
PAD, mmHg	75,2 (10,1)	77,7 (9,7)	70,8 (7,8)	0,114
PAM, mmHg	95,2 (10,5)	95,9 (12,4)	90,5 (8,7)	0,276
Glicose, mg/dl	89,8 (11,9)	97,2 (29,5)	95,4 (12,2)	0,548
HbA1c, %	5,4 (0,4)	5,8 (0,8)	5,4 (0,3)	0,113
Colesterol total, mg/dl	185,2 (26,9)	190,4 (34,0)	191,0 (23,7)	0,669
C-HDL, mg/dl	53,5 (19,7)	56,7 (12,2)	52,5 (8,8)	0,709
C-LDL, mg/dl	109,23 (24,7)	116,9 (27,0)	120,9 (18,9)	0,334
TG, mg/dl	113,2 (35,9)	119,4 (44,2)	116,15 (64,3)	0,980
PCR-as, mg/dl	0,32 (0,4)	0,46 (0,4)	0,15 (0,1)	0,144
Insulina, mUI/l	12,8 (8,7)	16,5 (13,1)	7,5 (3,5)	0,059
Peptídeo-C, ng/ml	2,0 (0,9)	1,9 (0,9)	2,0 (0,5)	0,751
HOMA-IR	1,65 (1,1)	2,12 (1,6)	1,10 (0,4)	0,098
SM – Critérios da IDF				
Obesidade central (37)	11	13	13	0,312#
PA elevada (24)	8	10	6	0,377#
Dislipidemia (20)	12	6	2	0,020#
Glic. jejum elevada (8)	2	3	3	1,00£
C-HDL baixo (12)	6	2	4	0,236#
TG elevado (7)	2	2	3	1,00£
IMC obesidade (18)	7	6	5	0,446#
Diabetes Melito T2 (5)	1	2	2	1,00£

Nota: Os dados são expressos como média (\pm DP) ou percentagem, conforme apropriado (%). * $P \leq 0,05$, quando comparado com os outros dois grupos; # teste qui-quadrado; £, teste de Monte Carlo. DM (diferenças de médias); DP (desvio padrão); HbA1c (Hemoglobina Glicosilada); C-HDL (colesterol lipoproteico de alta densidade); Glic (Glicose); HOMA-IR (modelo de avaliação da homeostase da resistência à insulina); SM (Síndrome Metabólica); PCR-as (proteína C reativa de alta sensibilidade); IMC (índice de massa corporal); C-LDL (colesterol lipoproteína de baixa densidade); MIG (massa isenta de gorda); PA (pressão arterial);

PAD (pressão arterial diastólica); PAM (pressão arterial média); PAS (pressão arterial sistólica); TG (Triglicerídeos).

Do pré ao pós-intervenção, houve um grande e significativo efeito principal do tempo nos resultados metabólicos da CC ($F = 23.689$, $P = 0,000$, $\eta^2 = 0,397$), C-HDL ($F = 4,766$, $P = 0,034$, $\eta^2 = 0,117$), TG ($F = 4,590$, $P = 0,053$, $\eta^2 = 0,277$), insulina ($F = 5,728$, $P = 0,034$, $\eta^2 = 0,323$), HOMA-IR ($F = 7,120$, $P = 0,020$, $\eta^2 = 0,372$) e uma tendência para glicose em jejum ($F = 3,289$, $P = 0,078$, $\eta^2 = 0,084$) e peptídeo-C ($F = 3,661$, $P = 0,080$, $\eta^2 = 0,233$). Houve uma grande interação do grupo no LDL-C ($F = 3,453$, $P = 0,042$, $\eta^2 = 0,161$). Não houve efeito do tempo ($P > 0,05$) ou interação do grupo ($P > 0,05$) para MC, IMC, PCR-as, HbA1c, TC, PAS, PAD, massa gorda (% e kg) e massa isenta de gordura.

Após a intervenção, os participantes do grupo CT e HIT reduziram moderadamente a CC ($P = 0,019$ e $P = 0,003$, respectivamente). Os participantes do grupo HIT diminuíram moderadamente o C-LDL ($P = 0,022$) e tiveram uma pequena diminuição na glicemia em jejum ($P = 0,014$), insulina ($P = 0,034$) e HOMA-IR ($P = 0,028$). Os participantes do grupo CON tiveram uma redução significativa apenas no C-LDL ($P = 0,031$). Não houve diferença ($P \geq 0,09$) entre os grupos após o período de intervenção. Os dados estatísticos são apresentados na Tabela 4.3.3.3.

Tabela 4.3.3.3. Diferenças entre pré e pós-intervenção, entre os grupos e o tamanho do efeito da intervenção nos resultados morfológicos e hemodinâmicos, calculados a partir de uma análise de variância bidirecional (ANOVA) para medidas repetidas.

	CT (n = 13)	<i>P</i> dentro dos grupos	Tamanho do efeito	HIT (n = 13)	<i>P</i> dentro dos grupos	Tamanho do efeito	CON (n = 13)	<i>P</i> dentro dos grupos	Tamanho do efeito	<i>P</i> Entre grupos	Observed Power dentro dos grupos	Observed Power Entre os grupos
	D.M. (D.P.)	<i>P</i>	ES	D.M. (D.P.)	<i>P</i>	ES	D.M. (D.P.)	<i>P</i>	ES			
MC,	-0,724 (0,5)	0,216	-0,05	-1,16 (0,6)	0,085	-0,08	0,340 (0,6)	0,558	0,01	0,418	0,249	0,349
IMC, kg/m ²	-0,16 (0,5)	0,749	-0,03	-0,44 (0,2)	0,145	-0,08	0,05 (0,1)	0,588	0,02	0,354	0,150	0,130
CC, cm	-3,61 (1,3)	0,019**	-0,31	-4,80 (1,2)	0,003**	-0,32	-2,61 (1,5)	0,111	-0,35	0,716	0,994	0,147
MG, %	-0,03 (0,3)	0,924	0,01	-0,46 (0,6)	0,480	-0,07	0,26 (0,3)	0,413	0,04	0,922	0,055	0,157
MG, kg	-0,48 (0,4)	0,335	-0,07	-0,51 (0,6)	0,436	-0,05	0,24 (0,2)	0,279	0,05	0,531	0,139	0,173
MIG, kg	0,66 (1,0)	0,519	0,08	-0,93 (0,5)	0,114	-0,11	-0,21 (0,2)	0,431	-0,03	0,445	0,445	0,236
PAS, mmHg	-3,96 (3,7)	0,312	-0,34	2,65 (6,2)	0,679	0,15	2,46 (3,7)	0,520	0,20	0,846	0,052	0,148
PAD, mmHg	-0,38 (1,9)	0,849	-0,04	-1,42 (2,5)	0,590	-0,15	3,2 (2,7)	0,255	0,43	0,576	0,063	0,212
PAM, mmHg	-1,57 (2,1)	0,486	-0,18	-0,06 (3,6)	0,986	-0,01	3,00 (2,7)	0,294	0,36	0,790	0,058	0,148
Glicose, mg/dl	-1,53 (2,2)	0,512	-0,12	-5,00 (1,7)	0,014	-0,17	-0,23 (2,4)	0,925	0,09	0,704	0,287	0,373
HbA1c, %	-0,06 (0,6)	0,312	0,14	-0,07 (0,5)	0,201	-0,09	0,02 (0,3)	0,553	-0,16	0,091	0,092	0,371
CoIT, mg/dl	-2,53, (7,4)	0,738	-0,10	-7,69 (9,2)	0,422	-0,25	-1,23 (7,3)	0,870	-0,05	0,393	0,126	0,076
C-HDL, mg/dl	-4,15 (2,1)	0,072	-0,23	-2,53 (1,5)	0,116	-0,20	-0,53 (1,5)	0,762	-0,06	0,730	0,642	0,223
C-LDL, mg/dl	4,92 (6,4)	0,393	0,20	-14,00 (5,7)	0,022**	-0,55	-12,15 (4,9)	0,031**	-0,29	0,847	0,565	0,610
TG, mg/dl	-17,61 (8,2)	0,053*	0,55	9,00 (10,5)	0,566	0,18	28,23 (15,5)	0,077	0,24	0,534	0,565	0,610
PCR-as, mg/dl	-0,14 (0,1)	0,155	-0,46	-0,03 (0,1)	0,814	-0,06	0,01 (0,1)	0,560	0,08	0,328	0,109	0,420
Insulina, mUI/l	-0,34 (1,6)	0,858	-0,04	-2,12 (0,8)	0,034**	-0,16	0,59 (1,5)	0,754	0,12	0,239	0,055	0,319
Peptídeo C, ng/ml	-0,25 (0,1)	0,080	-0,28	-0,16 (0,1)	0,193	-0,18	0,12 (0,2)	0,638	0,14	0,164	0,050	0,799
HOMA-IR	-0,05 (0,2)	0,824	-0,04	-0,28 (0,1)	0,028**	-0,18	0,07 (0,2)	0,729	0,13	0,288	0,077	0,310

Nota: Os dados são expressos como média, desvio padrão ou percentagem, conforme apropriado (%). Diferenças entre os grupos * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$. ES (tamanho do efeito); MC (massa corporal); IMC (índice de massa corporal); PAD (pressão arterial diastólica); MG (massa gorda); HbA1c (hemoglobina glicada); C-HDL (colesterol das lipoproteínas de alta densidade); HOMA-IR (Modelo de Avaliação da Homeostase); PCR-as (proteína C reativa de alta sensibilidade); C-LDL (colesterol das lipoproteínas de baixa densidade); PAM (pressão arterial média); PAS (pressão arterial sistólica); CoIT (colesterol total); TG (triglicédeos).

4.3.4. Discussão

Os benefícios para a saúde do treino físico são indiscutíveis na prevenção e tratamento de muitas doenças relacionadas com a idade (Pedersen e Saltin, 2015). De facto, o exercício também está associado a efeitos positivos na SM, a qual é uma síndrome multifatorial que engloba pelo menos três dos cinco fatores de risco mais prevalentes em DCV, incluindo hipertensão, diabetes, hipercolesterolemia, adiposidade visceral e baixo C-HDL (Ingle et al., 2017; Lakka e Laaksonen, 2007, Pedersen e Saltin, 2015). No entanto, até ao momento, existem várias lacunas no conhecimento e inconsistências na literatura a respeito do impacto do modo de exercício e dos efeitos da intensidade nos resultados da SM (Wewege et al., 2018). Assim, desenvolvemos um estudo randomizado de 12 semanas para avaliar os efeitos de dois modos e intensidades diferentes de exercícios em variáveis metabólicas.

Após a intervenção, os nossos resultados sugerem que (quando comparadas com a pré-intervenção) 12 semanas de treino concorrente impactam positivamente o perfil metabólico de indivíduos com SM. Além disso, os nossos dados também sugerem que o modo e a intensidade do treino físico podem afetar de maneira diferente os resultados metabólicos em indivíduos com SM, ou seja, apesar do efeito pequeno a moderado, o TF combinado com o TIAI pode melhorar potencialmente a CC, C-LDL, glicose em jejum, perfil de insulina e HOMA-IR, em maior extensão do que a combinação do TF e TAIM em adultos e idosos com SM. Múltiplas evidências confirmam que os idosos têm boas respostas fisiológicas, moleculares e mecânicas ao TIAI como indivíduos mais jovens (Jabbour et al., 2017; Robinson et al., 2017; Yasar et al., 2019). Portanto, apesar de serem mais jovens, o grupo HIT revelou um efeito pequeno a moderado, que pode ter sido limitado pelo curto prazo de intervenção e não pela faixa etária.

O nosso programa de curto prazo (12 semanas), realizado pelo grupo CT, promoveu várias alterações metabólicas nos marcadores de SM, que são consistentes com estudos anteriores (Robinson et al., 2017; Agner et al., 2018; Banitalebi et al., 2018; Cadore et al. ., 2018). Em contraste, Banitalebi e colegas (2018) compararam o efeito de 12 semanas (3 vezes/semana) de TF [16-18 repetições máximas (RM) a 8-10 RM] com o exercício aeróbio contínuo em bicicleta (16 a 30 minutos a 60-90% FC_{máx}), em idosas e não

encontraram diferenças significativas em várias variáveis endócrinas, incluindo o fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1, cortisol e perfil de insulina. Da mesma forma, Agner et al. (2018) não relataram alterações significativas nos resultados de colesterol e glicose no sangue após 12 semanas (2 sessões/semana) de TC (50min de TF a 40-70% 1RM e 40min de exercícios de caminhada a 70-85% da FCmax). Além disso, num estudo recente com alto volume, Robinson et al. (2017) não encontraram melhoria na sensibilidade à insulina após 12 semanas de TF combinado com TAIM (TAIM, 30 min a 70% do VO₂pico, 5 dias/semana; TF, 2-4 séries por exercício, 4 vezes/semana) (Robinson et al. 2017). Da mesma forma, numa meta-análise recente (Ostman et al., 2017) com 4 estudos usando TC com duração de 3-13 meses (TAIM seguido de TF), Ostman et al. (2017) mostraram que a TAIM + TF diminuiu a PAS, CC, aumentou o C-HDL e não houve alteração nas variáveis glicose em jejum, TG e C-LDL.

Coletivamente, esses resultados sugerem que a duração da intervenção é um importante mediador na TF + TAIM, indicando que maiores ganhos requerem treino físico a longo prazo. Notavelmente, os resultados mostrados por Balducci et al. (2010) parecem apoiar essa lógica, uma vez que o TC de longo prazo (12 meses) diminuiu HbA1c, PCR-as, HOMA-IR e aumentou o C-HDL. No entanto, não houve alterações no LDL-C. Por outro lado, nosso grupo HIT de curto prazo mostrou efeitos, de pequeno a moderado, na adiposidade abdominal, glicemia em jejum, insulina e HOMA-IR em adultos e idosos com SM. Portanto, são necessários mais estudos para esclarecer os efeitos da TF + TIAI a longo prazo em idosos com SM.

Notavelmente, quanto às evidências da área de exercício "ômicos" (isto é, epigenética, transcriptoma e metabolômica), Robinson et al. (2017) sugerem que o modo e a intensidade do TC podem regular positivamente diferentes respostas metabólicas em adultos mais velhos, com SM e podem explicar mecanismos fisiológicos e moleculares positivos em resposta à intervenção do exercício no nosso estudo. Por exemplo, o exercício aeróbio aumenta as enzimas oxidativas mitocondriais, o que foi associado a melhorias na sensibilidade à insulina com a idade (Lanza et al, 2012). Por outro lado, o TF reverte os declínios relacionados com a idade nos transcritos dos genes da cadeia pesada da miosina e aumenta as taxas de síntese de proteínas musculares, melhorando a qualidade e a função da massa muscular esquelética, o que leva a um aumento da oxidação da glicose e da

sensibilidade à insulina (Bird & Hawley, 2017). Portanto, o treino concorrente, uma modalidade que combina os dois modos de exercício, parece ter potência para regular positivamente muitos mecanismos fisiológicos de ambas as intervenções.

Apesar dos múltiplos benefícios cardiometabólicos do treino físico, as evidências sugerem que, quando comparadas com o TIAI, intensidades mais baixas podem limitar a atividade mitocondrial em populações saudáveis (Lanza et al., 2008; Robinson et al., 2017). Portanto, a intensidade do exercício desempenha um papel importante na mediação sensibilidade à insulina (Robinson et al., 2017; Liu et al., 2019). Vários estudos, usando intensidades mais baixas, confirmam a inexistência de efeitos sobre a sensibilidade à insulina com treino concorrente (Robinson et al., 2017). Os nossos resultados parecem apoiar e confirmar essa lógica, uma vez que ambos os grupos de exercícios (Grupo CT; 60-70% FCmax e grupo HIT; 80-90% FCmax) exibiram diferentes respostas à insulina. Não houve alterações significativas no grupo CT na glicose em jejum, insulina e HOMA-IR, enquanto no grupo HIT houve várias melhorias nos resultados metabólicos importantes para a regulação do metabolismo da insulina, incluindo CC, glicose em jejum, insulina e HOMA-IR. O grupo CT apenas diminuiu a CC e o TG. Fisiologicamente, menores intensidades de exercício limitam a capacidade enzimática oxidativa mitocondrial que, por sua vez, leva à diminuição da captação de glicose pelo músculo esquelético, levando ao aumento da glicose plasmática. Esses efeitos deletérios diminuem a sensibilidade à insulina e aumentam a deposição de glicose nos adipócitos (Bird e Hawley, 2017; Robinson et al., 2017). Em contraste, a alta intensidade pode reverter esse processo, levando ao aumento da sensibilidade à insulina (isto é, HOMA-IR) e a uma diminuição nos índices circulantes de glicose e na deposição de gordura. Clinicamente, esses resultados têm um efeito significativo na regressão das DCV, principalmente pela diminuição de vários marcadores metabólicos da SM e da DM2, uma morbidade predominante associada à SM (Alberti et al., 2006).

Curiosamente, os nossos protocolos de exercícios não promoveram nenhuma alteração no colesterol total, C-HDL e TG entre os grupos. O grupo HIT e CON apresentaram redução significativa no LDL-C (12% e 10%, respectivamente). Explicações potenciais podem incluir o padrão nutricional e o uso de tratamento farmacológico. Apesar das instruções para manter um padrão nutricional semelhante ao longo do estudo e do auto-

relato inalterado, os participantes tendem a ser mais descuidados com a qualidade da dieta diária e a ingestão calórica, pensando que o exercício pode compensar essas diferenças. Além disso, o uso de vários medicamentos hipolipemiantes também pode explicar, pelo menos em parte, os resultados no grupo CON, uma vez que as melhorias no C-LDL não eram visíveis noutros componentes lipídicos (ou seja, C-HDL e TG). Ademais, a duração da intervenção também pode ter contribuído como um importante fator modulador no metabolismo lipídico e pode explicar a falta de diferenças estatísticas entre os grupos de exercícios (CT e HIT) no TG e C-HDL. Estudos anteriores com um modo de exercício semelhante e um design de intensidade, mas com maior duração da intervenção (de 4-8 meses) mostraram efeitos significativos no colesterol total, LDL-C, HDL-C e TG (Choi et al., 2015; Currie et al., 2015; Theodorou et al., 2016). Da mesma forma, o nosso programa de treino não induziu nenhuma mudança significativa na PAS, PAD, PAM e PCR-as entre os grupos. Estudos com idosos hipertensos (Guirado et al., 2012; dos Santos et al., 2014; Theodorou et al., 2016) usando um desenho de exercício semelhante, mas com maior tempo de intervenção (4, 6 e 8 meses, respetivamente) melhoraram positivamente PAS, PAD e PCR-as. Portanto, a duração de curto prazo do nosso estudo pode ter limitado e confundido alguns dos resultados da pressão arterial.

Por fim, os grupos de intervenção diminuíram significativamente a CC sem nenhuma alteração significativa noutros resultados morfológicos (MC, massa gorda e massa isenta de gordura). No entanto, a diminuição da adiposidade visceral é um importante contraponto ao fator de risco para a saúde, isso devido à sua associação com o aumento da resistência à insulina - um importante marcador do desequilíbrio do metabolismo da glicose, DCV e DM2 (De Koning et al., 2007; Canoy, 2008). De facto, ambos os programas de TC (HIT ou CT) foram ineficazes para aumentar a massa isenta de gordura, possivelmente devido à baixa intensidade e volume do TF. Após 12 semanas de EF, Robinson et al. (Robinson et al., 2017) mostraram melhorias significativas na massa isenta de gordura usando volumes mais altos (TAIM, 30 min a 70% do VO_{2pico} , 5 dias/semana; TF, 2-4 séries por exercício, 4 vezes/semana). Da mesma forma, 12 semanas de programa TF + TIAI (3 vezes/semana; TIAI, 26 a 30 min, 50 metros de corrida intercalados por 350-150 metros de descanso; TF, 2 séries de 10 exercícios com a relação de trabalho de 20:40 - 40:20; e com intensidade máxima) aumentaram a massa isenta de

gordura e a massa muscular, e diminuíram a MC, a massa gorda e o IMC (García-Pinillos et al., 2019). Evidências emergentes destacam que o volume de TF (Morton et al., 2019) e TIAI (Bishop et al., 2019) são fatores-chave para evocar a resposta da massa muscular.

O presente estudo tem vários pontos fortes, incluindo o desenho da randomização, o uso de instrumentos bem validados e a ampla gama de resultados de SM avaliados objetivamente - uma questão metodológica importante numa população de alto risco. Por outro lado, o desenho de curto prazo, a falta de controlo nutricional e farmacológico e a amostra heterogénea relativa da faixa etária podem ter confundido alguns dos resultados, principalmente nos resultados de lipídios e pressão arterial. Portanto, a relação de causalidade deve ser cuidadosamente interpretada, uma vez que o pequeno tamanho da amostra em cada grupo de estudo e a ampla faixa etária podem ter causado algum viés nos nossos resultados. Tentamos mitigar essas limitações adotando procedimentos estatísticos específicos para combater esses efeitos, controlando particularmente várias covariáveis disponíveis e avaliadas como possíveis fatores de confusão. Além disso, calculamos magnitude dos efeitos por meio do *d* de Cohen, para interpretar com precisão os nossos resultados. Infelizmente, fatores de confusão residuais devido a fatores desconhecidos ou incompletamente medidos não podem ser excluídos. Assim, estudos futuros sobre esse tópico devem usar um desenho e controlo de longo prazo para o tratamento nutricional e farmacológico.

Independentemente das limitações, esses resultados têm implicações clínicas importantes, uma vez que demonstramos que ambas as formas de treino concorrente neutralizam os efeitos deletérios da SM numa população com alto risco de DCV. Além disso, os nossos resultados sugerem que o protocolo utilizado no grupo HIT pode promover ganhos mais elevados e apresentar efeitos mais pronunciados para gerir várias variáveis metabólicas importantes que o protocolo utilizado no grupo CT, embora esses resultados precisem de confirmação empírica, através de intervenções com exercícios por um longo prazo.

4.3.5. Conclusão

Os resultados do presente estudo sugerem que ambos os modos de treino concorrente (ou seja, HIT e CT) fornecem múltiplos benefícios cardiometabólicos em

adultos e idosos com SM após uma intervenção de 12 semanas. Além disso, o treino concorrente, combinando exercícios de força com treino intervalado de alta intensidade, tem potencial para proporcionar ganhos maiores, elevando a sensibilidade à insulina e reduzindo a glicose em jejum, em pessoas com SM. No entanto, mais evidências empíricas de estudos de intervenção de longo prazo são necessárias para confirmar esses resultados. Além disso, os nossos resultados sugerem que intensidade e modo de intervenção são fatores fundamentais a serem considerados ao projetar e prescrever um programa de exercícios em adultos e idosos com SM. Portanto, esses resultados podem fornecer suporte adicional e orientar os profissionais de educação física e fisiologistas do exercício no processo de prescrição de exercícios nessa população de alto risco.

5. DISCUSSÃO GERAL

Esta tese explorou os efeitos de 12 semanas de treino concorrente nas variáveis que caracterizam o risco cardiovascular, a síndrome metabólica e a percepção da qualidade de vida em adultos de meia-idade e idosos com risco cardiovascular moderado e elevado.

O ACSM (Riebe et al., 2018) apresenta evidências em relação à dose-resposta da AF e dos resultados positivos na saúde. De modo mais específico, as evidências são fortes no que diz respeito à aptidão cardiorrespiratória e moderadas no que respeita à saúde metabólica e mental; já no bem-estar, as evidências ainda são escassas.

Dentro desse contexto, de melhoria do estilo de vida, a combinação dos modos de treino (força e aeróbio) tem sido considerada uma boa estratégia para a promoção de saúde, ou até mesmo para casos de tratamento terapêutico (Riebe et al., 2018; Schumann e Rønnestad, 2019).

Porém há uma lacuna, até ao presente momento, em estudos que combinem, na mesma sessão, o treino de força com o treino aeróbio intervalado de alta intensidade, em adultos de meia-idade e idosos, que apresentam moderado a elevado risco cardiovascular. A lacuna citada anteriormente passou a ser uma sugestão nos estudos de Wewege e colaboradores (2018) e Wisløff e Coombes (2014).

Por conseguinte, este capítulo tem como objetivo reunir e integrar os resultados alcançados nos 3 estudos, de modo a efetuar uma discussão e reflexão com os resultados já existentes na literatura.

5.1 O impacto e tamanho do efeito do treino concorrente na percepção da qualidade de vida em adultos de meia-idade e idosos com risco cardiovascular moderado e elevado.

Para o controlo da percepção da qualidade de vida, os participantes preencheram o inquérito SF-36, que permitiu analisar 8 dimensões e os somatórios das componentes: saúde física, saúde mental e somatório total. Após a intervenção, houve melhorias

estatisticamente significativas entre os grupos nas dimensões DorF, SG, FS, DE, *scores* dos CSF, CSM e *score* total do SF-36.

Analisando por grupos, o grupo CT aumentou moderadamente a dimensão SG, apresentando um aumento de 14% de melhoria. O grupo HIT obteve, após a intervenção, uma moderada melhoria de 27% na FS, 7% no *score* do CSF e 12% no *score* total do SF-36. O grupo CON não apresentou melhoria significativa em nenhuma das variáveis.

Como dito no artigo 1, poucos estudos apresentam características semelhantes aos propostos nesta tese, quer seja no tempo de intervenção, na faixa etária ou até nas variáveis coletadas. Para além desses pontos, as respostas destes estudos são distintas, visto que eles foram realizados com populações com outros riscos e/ou doenças.

Alguns estudos de TC com aeróbio contínuo, realizados durante 12 semanas, utilizaram o SF-36 como instrumento. Somente Burich, R. et al. (2015) encontraram melhoria na dimensão SG, isso num estudo com idosos saudáveis. Agner e colaboradores (2018) não encontraram melhorias significativas em nenhuma dimensão quando submeteram indivíduos idosos com SM e alto risco cardiovascular. Tibana e colaboradores (2014) submeteram mulheres adultas, com SM ao TC com aeróbio contínuo, durante 10 semanas, encontraram melhorias na dimensão FF.

O CT tinha uma média de idade de $71,1 \pm 4,8$ anos, sendo assim um grupo idoso, e, de acordo com os resultados encontrados em estudos semelhantes, talvez seja interessante começar a intervenção com TC o mais cedo possível em casos de pessoas com SM estabelecida, para que as melhorias sejam significativas, visto que o estudo de Agner et al., (2018) encontrou apenas tendências de melhorias nas dimensões FF, DF, DorF, V e SaM.

Gary et al. (2012), que realizaram um estudo em idosos com insuficiência cardíaca, também com TC (com aeróbio contínuo) e com a duração de 12 semanas, encontraram melhorias significativas na percepção de qualidade de vida, a partir do instrumento *The Kansas City Cardiomyopathy Questionnaire* (Green et al., 2000).

Outros dois estudos de intervenção de TC (com aeróbio contínuo), com 12 semanas de duração, porém com instrumentos para avaliar a percepção da qualidade de vida diferentes, não encontraram resultados significativos. Foram os trabalhos de: Silva et al. (2018), com TC em meio aquático em idosas saudáveis, que utilizou o instrumento *World Health Organization Quality of Life-BREF* (World Health Organization, 1996) para avaliar

a percepção da qualidade de vida e Mandic e colaboradores (2009) que avaliaram adultos e idosos com insuficiência cardíaca e utilizaram o *MacNew Heart Disease health-related quality of life instrument* (Höfer et al., 2004), porém encontraram melhorias significativas nos que realizaram treino aeróbio contínuo isoladamente.

Para além dos estudos de curta duração (com até 12 a 14 semanas de intervenção), outros três estudos avaliaram a percepção da qualidade de vida, por um período mais longo (mais de 15 semanas de intervenção) e após intervenções de TC com aeróbio contínuo. Estes foram os estudos de: Sillanpää et al. (2012), que durou 21 semanas; Myers et al. (2013), que durou 9 meses e Baptista et al. (2017), que durou 24 meses.

Sillanpää et al. (2012) e Myers et al. (2013) encontraram melhorias na dimensão vitalidade, porém o primeiro trabalhou com adultos de meia-idade e idosos saudáveis e o segundo com adultos e idosos com DM2. Myers et al. (2013) também encontrou melhorias nas dimensões vitalidade e saúde mental dos sujeitos que foram submetidos ao TC quando comparado com os que realizaram treino aeróbio contínuo isoladamente.

O HIT, que realizou a combinação de treino de força com o treino aeróbio intervalado de alta intensidade, tinha uma média de idade de $63,3 \pm 7,2$ anos e aumentou moderadamente as seguintes dimensões: FS, CSF e no *score* total do SF-36.

O HIT apresentou melhorias em mais variáveis (FS, CSF e no *score* total do SF-36 contra SG) do que o CT, ressaltando que o grupo controlo não obteve nenhuma melhoria significativa. As melhorias do HIT aproximam-se dos resultados apresentados por Baptista et al. (2017) (FF, DF, DorF, SG, FS, DE, CSF, CSM e no *score* total do SF-36), mesmo sabendo-se das diferenças entre os estudos, principalmente no aspeto temporal (investigação de 24 meses, onde idosos com diabetes tipo 2 realizaram TC com aeróbio contínuo). Até ao presente momento, nenhum estudo com as características do HIT (populacional ou temporal) foi realizado. Com isso, o aumento da intensidade apresenta-se como um fator interessante para acelerar a percepção da qualidade de vida.

5.2 O impacto do treino concorrente na aptidão cardiorrespiratória

Os resultados relacionados sobre o impacto do TC na aptidão cardiorrespiratória demonstraram que, após 12 semanas de intervenção, melhorias estatisticamente

significativas foram alcançadas (VO_{2pico} e potência do membro inferior). Também houve melhorias na potência dos membros inferiores. Os grupos CT e HIT apresentaram melhorias significativas na velocidade máx, tempo de teste e na redução na escala de percepção de esforço do teste. Para além dessas, o HIT apresentou também melhorias com significado estatístico no VO_{2pico} e $FC_{repouso}$.

No que diz respeito à melhoria do VO_2 , estudos que realizaram intervenções com TC com aeróbio contínuo também encontraram incremento estatisticamente significativo (Burich, R. et al. 2015; Cadore et al., 2018 e Guirado, et al., 2012). Os estudos de Burich, R. et al. (2015) e Cadore et al. (2018) tiveram 12 semanas de intervenção e os participantes eram idosos saudáveis. O trabalho de Cadore et al. (2018) comparou dois protocolos de TC, um era composto por força e aeróbio contínuo e o outro por aeróbio contínuo e força, mas somente o primeiro apresentou diferenças significativas no VO_{2pico} . Guirado, et al., (2012), após uma intervenção de TC com aeróbio contínuo em pacientes cardíacos, que durou um período de 6 meses, encontraram melhorias significativas no consumo de oxigênio. Estudos que realizaram TIAI isoladamente, em participantes com risco e DCV, também apresentam melhorias significativas no VO_{2pico} (Currie et al., 2015; Helgerud et al., 2011 e Smart e Steele, 2012). O estudo de Currie et al., (2015) teve avaliações após 3 e 6 meses de intervenção, o de Helgerud et al., (2011), após 8 semanas e o de Smart e Steele (2012) após 16 semanas.

Em relação ao tempo de teste, os participantes dos grupos CT e HIT aumentaram significativamente o tempo de execução do teste de Bruce modificado (Lerman et al. 1976), apontando assim uma maior resistência cardiopulmonar. Guirado, et al. (2012), que tinham um protocolo semelhante ao que o CT realizou, também apontam esse aumento significativo no tempo de teste. Mandic, S et al. (2009), que submeteu adultos e idosos com insuficiência cardíaca ao TC com aeróbio contínuo, por 12 semanas, também encontraram incremento significativo no tempo de teste e não encontraram diferenças significativas no VO_{2pico} , como no CT.

Como dito anteriormente, o treino HIT também apresentou um decréscimo significativo na $FC_{repouso}$, da mesma forma que os trabalhos de Helgerud et al. (2011) e Caminiti et al. (2011) apontaram decréscimos após 8 e 24 semanas, respetivamente, em pacientes com DCV.

Os grupos CT e HIT também tiveram um aumento significativo na potência dos membros inferiores. O aumento da potência muscular tem sido associado à melhoria da capacidade funcional, implicando melhoria de diversos fatores, como, por exemplo, a redução do risco de queda (Cadore e Izquierdo, 2019). O treino de força foi realizado antes do aeróbio, isso pode ter contribuído para esse aumento da potência muscular, pois, de acordo com Cadore et al. (2012), esta ordem dos treinos pode otimizar as adaptações neuromusculares, principalmente em idosos.

O grupo CT apresentou reduções significativas na FCrepouso, percepção do esforço do teste, o grupo HIT também apresentou decréscimo significativo na FCrepouso e um aumento significativo na FCteste. Estes resultados mostram um condicionamento maior e melhor do sistema cardiovascular dos participantes e também uma maior resistência mental ao esforço.

O mecanismo subjacente à diminuição da FCrepouso ainda é debatido na literatura. Uma possível explicação seria o aumento da atividade vagal e redução da resposta à norepinefrina, induzidos pelo tempo de treino, que proporcionou o aumento do volume sistólico, resultando na bradicardia (Flannery et al., 2017)

Por fim, nenhum dos estudos que investigaram os efeitos do TC, citados anteriormente, realizaram a combinação de força e TIAI. Até ao presente momento da elaboração desta tese, não encontramos estudos que tenham realizado a combinação de treino que fizemos, quer seja com o tempo de intervenção semelhante ou com sujeitos com as mesmas características.

5.3. O impacto do treino concorrente na síndrome metabólica

Até ao momento, existem várias lacunas no conhecimento e inconsistências na literatura a respeito do impacto do modo de exercício e dos efeitos da intensidade nos resultados da SM (Wewege et al., 2018), por isso desenvolvemos um estudo randomizado de 12 semanas para avaliar os efeitos de dois modos e intensidades diferentes de exercícios em variáveis metabólicas, em adultos e idosos com RCV.

Após as 12 semanas de intervenção, os nossos resultados sugerem que, quando comparadas com a pré-intervenção, o TC impacta de forma positiva no perfil metabólico

de indivíduos com SM, que o modo e a intensidade do treino físico podem afetar de maneira distinta os resultados metabólicos em indivíduos com RCV e, mesmo apresentando um efeito pequeno a moderado, a combinação de TF com TIAI pode melhorar potencialmente a CC, C-LDL, glicose em jejum, perfil de insulina e HOMA-IR, em maior extensão do que a combinação do TF com TAIM em adultos e idosos com SM. Diversas evidências demonstram que os idosos têm boas respostas a nível fisiológico, molecular e mecânico ao TIAI, tal como ocorrem nas pessoas mais jovens (Jabbour et al., 2017; Robinson et al., 2017; Yasar et al., 2019).

O protocolo de treino realizado pelo grupo CT promoveu várias alterações metabólicas nos marcadores de SM, que são consistentes com estudos anteriores (Robinson et al., 2017; Agner et al., 2018; Banitalebi et al., 2018; Cadore et al., 2018). De modo contrário, Banitalebi e colegas (2018) compararam o efeito de 12 semanas (3 vezes por semana) de TF (com as intensidades de 16-18 RM a 8-10 RM) combinado com treino aeróbio contínuo em bicicleta (com a duração de 16 a 30 minutos a 60-90% FC_{máx}), em idosos e não encontraram alterações significativas em diversas variáveis endócrinas, incluindo o fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1, cortisol e perfil de insulina. Da forma semelhante, Agner et al. (2018) não relataram diferenças significativas nos resultados de colesterol e glicose no sangue após 12 semanas (2 vezes por semana) de TC (com a duração de 50min de TF a 40-70% 1RM e 40min de caminhada a 70-85% da FC_{max}). Para além dos trabalhos citados, Robinson et al. (2017) não encontraram melhoria na sensibilidade à insulina após 12 semanas de TF combinado com TAIM (em que o TAIM teve a duração de 30 min e foi realizado a 70% do VO₂pico, 5 vezes por semana; para o TF, foram realizadas 2 a 4 séries por exercício, 4 vezes por semana) (Robinson et al. 2017). De natureza semelhante, numa meta-análise recente (Ostman et al., 2017) com 4 estudos usando TC com duração de 3 a 13 meses (TAIM seguido de TF), Ostman et al. (2017) mostraram que a TAIM, combinado com TF, reduziu significativamente a PAS, CC, elevou de modo significativo o C-HDL e não encontraram alterações nas variáveis glicose em jejum, TG e C-LDL.

De forma coletiva, esses resultados indicam que a duração da intervenção é um importante mediador na TF + TAIM, sugerindo que, para a obtenção de maiores ganhos, é necessária a realização do treino físico por um prazo maior. De modo notável, os

resultados apresentados por Balducci et al. (2010) parecem apoiar essa lógica, uma vez que o TC de longo prazo (12 meses) reduziu HbA1c, PCR-as, HOMA-IR e elevou o C-HDL. Contudo, no LDL-C nenhuma alteração foi apresentada. Em contrapartida, o nosso grupo HIT mostrou efeitos (pequeno a moderado) na adiposidade abdominal, glicemia em jejum, insulina e HOMA-IR em adultos e idosos com SM. Assim, mais estudos para esclarecer os efeitos da TF + TIAI a longo prazo em idosos com SM são necessários.

No que diz respeito às evidências da área de exercício "ômicos" (isto é, epigenética, transcriptoma e metabólica), Robinson et al. (2017) propõem que o modo e a intensidade do TC podem regular positivamente diferentes respostas metabólicas em adultos mais velhos, com SM e podem explicar mecanismos fisiológicos e moleculares positivos em resposta à intervenção do exercício no nosso estudo. Por exemplo, o exercício aeróbio aumenta as enzimas oxidativas mitocondriais, o que foi associado a melhorias na sensibilidade à insulina com a idade (Lanza et al, 2012). Já o TF reverte os declínios relacionados à idade nos transcritos dos genes da cadeia pesada da miosina e aumenta as taxas de síntese de proteínas musculares, melhorando a qualidade e a função da massa muscular esquelética, o que leva a elevação da oxidação da glicose e da sensibilidade à insulina (Bird & Hawley, 2017). Assim, o TC parece ter potencial para regular de forma positiva muitos mecanismos fisiológicos de ambas as intervenções.

Apesar dos diversos benefícios cardiometabólicos do treino físico, as evidências apontam que, quando comparadas com o TIAI, treinos com intensidades mais baixas podem limitar a atividade mitocondrial em populações saudáveis (Lanza et al., 2008; Robinson et al., 2017). Por isso, a intensidade do exercício tem um importante papel na mediação sensibilidade à insulina (Robinson et al., 2017; Liu et al., 2019). Diversos estudos, usando intensidades mais baixas, confirmam a inexistência de efeitos sobre a sensibilidade à insulina com TC (Robinson et al., 2017). Os nossos resultados parecem apoiar e confirmar essa lógica, uma vez que ambos os grupos de exercícios (Grupo CT; 60-70% FCmax e grupo HIT; 80-90% FCmax) exibiram diferentes respostas à insulina. No grupo CT não houve alterações significativas na glicose em jejum, insulina e HOMA-IR, ao passo que no grupo HIT houve diversas e importantes melhorias nos resultados metabólicos para a regulação do metabolismo da insulina, incluindo CC, glicose em jejum, insulina e HOMA-IR. O grupo CT apenas reduziu a CC e o TG. Fisiologicamente,

menores intensidades de exercício limitam a capacidade enzimática oxidativa mitocondrial, a qual leva à redução da captação de glicose pelo músculo-esquelético, levando às concentrações da glicose plasmática. Esses efeitos deletérios reduzem a sensibilidade à insulina e aumentam a deposição de glicose nos adipócitos (Bird e Hawley, 2017; Robinson et al., 2017). Em contrapartida, a alta intensidade pode alterar esse processo, levando ao incremento da sensibilidade à insulina (isto é, HOMA-IR) e a uma redução nos índices circulantes de glicose e na deposição de gordura. Clinicamente, esses resultados têm um efeito significativo na regressão das DCV, principalmente pela diminuição de vários marcadores metabólicos da SM e da DM2, uma morbidade predominante associada à SM (Alberti et al., 2006).

Os nossos protocolos de exercícios não promoveram nenhuma alteração no colesterol total, C-HDL e TG entre os grupos. O grupo HIT e CON apresentaram redução significativa no LDL-C (12% e 10%, respectivamente). Potenciais explicações podem incluir o padrão nutricional e o uso de tratamento farmacológico. Apesar das instruções para manter um padrão nutricional semelhante ao longo do estudo e do auto-relato inalterado, os participantes tendem a ser mais descuidados com a qualidade da dieta diária e a ingestão calórica, pensando que o exercício pode compensar essas diferenças. Para além disso, o uso de vários medicamentos hipolipemiantes também pode explicar, pelo menos em parte, os resultados no grupo CON, uma vez que as melhorias no C-LDL não eram visíveis noutros componentes lipídicos (ou seja, C-HDL e TG). Além disso, a duração da intervenção também pode ter contribuído como um importante fator modulador no metabolismo lipídico e pode explicar a falta de diferenças estatísticas entre os grupos de exercícios (CT e HIT) no TG e C-HDL. Estudos anteriores com um desenho semelhante (modo de exercício e intensidade), mas com duração da intervenção mais prolongada (de 4-8 meses) mostraram efeitos significativos no colesterol total, LDL-C, HDL-C e TG (Choi et al., 2015; Currie et al., 2015; Theodorou et al., 2016). Da mesma forma, os nossos protocolos de treino não induziram mudanças significativas na PAS, PAD, PAM e PCR-as entre os grupos. Estudos com idosos hipertensos, com um desenho de exercício semelhante (Guirado et al., 2012; dos Santos et al., 2014; Theodorou et al., 2016), porém com maior tempo de intervenção (4, 6 e 8 meses, respectivamente), apresentaram melhorias positivas

nas variáveis PAS, PAD e PCR-as. Desse modo, o tempo de duração do nosso estudo pode ter limitado e confundido alguns dos resultados da pressão arterial.

Por fim, os grupos de intervenção reduziram significativamente a CC sem nenhuma alteração significativa noutros resultados morfológicos (MC, massa gorda e massa isenta de gordura). Contudo, a redução da adiposidade visceral é um ponto muito importante para a redução de fator de risco à saúde, isso devido à sua associação com o aumento da resistência à insulina - um importante marcador do desequilíbrio do metabolismo da glicose, DCV e DM2 (De Koning et al., 2007; Canoy, 2008). De facto, ambos os modos de treino (HIT ou CT) foram ineficazes para incrementar a massa isenta de gordura, possivelmente devido à baixa intensidade e volume do TF. Após 12 semanas de EF, Robinson et al. (Robinson et al., 2017) mostraram melhorias significativas na massa isenta de gordura usando volumes mais altos (TAIM, 30 min a 70% do VO₂pico, 5 dias/semana; TF, 2-4 séries por exercício, 4 vezes/semana). Da mesma forma, 12 semanas de programa TF combinado com TIAI (3 vezes por semana; TIAI, 26 a 30 min, 50 metros de corrida intercalados por 350-150 metros de descanso; TF, 2 séries de 10 exercícios com a relação de trabalho de 20:40 - 40:20; e com intensidade máxima) elevaram a massa isenta de gordura e a massa muscular e diminuíram a MC, a massa gorda e o IMC (García-Pinillos et al., 2019). Evidências em ascensão destacam que o volume de TF (Morton et al., 2019) e TIAI (Bishop et al., 2019) são fatores-chave para promover a resposta da massa muscular.

5.4. Pontos fortes e limitações

O desenho da presente tese tem vários pontos fortes, incluindo a randomização e tamanho igual da amostra, uma combinação de treino inovadora para a população investigada e o uso de instrumentos bem validados que mediram a aptidão cardiorrespiratória, fatores de risco cardiovascular e a qualidade de vida relacionada com a saúde.

Por outro lado, o desenho de curto prazo, a falta de controlo nutricional e farmacológico e a amostra heterogénea relativa da faixa etária podem ter confundido alguns dos resultados, principalmente nos resultados de lipídios e pressão arterial. Portanto, a relação de causalidade deve ser cuidadosamente interpretada, uma vez que o pequeno

tamanho da amostra em cada grupo de estudo e a ampla faixa etária podem ter causado algum viés nos nossos resultados. Tentámos abrandar essas limitações adotando procedimentos estatísticos específicos para combater esses efeitos, controlando particularmente várias covariáveis disponíveis e avaliadas como possíveis fatores de confusão. Além disso, calculámos a magnitude dos efeitos por meio do d de Cohen, para interpretar com precisão os nossos resultados. Infelizmente, fatores de confusão residuais devido a fatores desconhecidos ou incompletamente medidos não podem ser excluídos. Assim, estudos futuros sobre esse tópico devem usar um desenho e controlo de longo prazo para o tratamento nutricional e farmacológico.

Independentemente das limitações, esses resultados têm implicações clínicas importantes, uma vez que demonstrámos que ambas as formas de TC neutralizam os efeitos deletérios da SM numa população com alto risco de DCV. Além disso, os nossos resultados sugerem que o protocolo utilizado no grupo HIT pode promover ganhos mais elevados e apresentar efeitos mais pronunciados para gerir variáveis metabólicas da aptidão física e QVRS, em relação ao protocolo utilizado no grupo CT embora esses resultados precisem de confirmação empírica, através de intervenções com exercícios por um longo prazo.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O objetivo do presente estudo foi o de analisar os efeitos do treino concorrente em variáveis da aptidão física funcional, de parâmetros sanguíneos e na percepção da qualidade de vida relacionada com a saúde, num grupo de pessoas com idade superior a 50 anos, com moderado e elevado risco cardiovascular.

Como principal resultado deste estudo destaca-se o facto de o TC promover melhorias significativas na percepção da QVRS, aptidão física e nas variáveis que caracterizam o risco cardiovascular, em adultos de meia-idade e idosos. Com base nestes resultados, este estudo reporta mais possibilidades para intervenção com exercício físico em pessoas com alto risco cardiovascular, visto que há lacunas no saber quando se trata de protocolos de TC para essa população.

Dois grupos que realizaram a intervenção com TC. Três grupos, com 39 pessoas, participaram no estudo, em que 26 foram submetidas aos protocolos de treino (grupos CT e HIT), compostos por sessões de aproximadamente 50 minutos, 3 vezes por semana, com a combinação de treino de força e depois aeróbio, durante 12 semanas. Os outros 13 participantes (grupo CON) não realizaram nenhum tipo de AF estruturada ao longo do período. Para o controlo das variáveis, os participantes realizaram o teste de Bruce modificado (Lerman et al. 1976), preencheram questionário histórico geral de saúde e SF-36. Foi medido, ainda, o perfil antropométrico, morfológico, hemodinâmico, além de feita a realização do teste de levantar e sentar (Rikli e Jones, 1999).

Levando em consideração os resultados citados e discutidos, conclui-se que algumas das finalidades propostas para a presente tese foram alcançadas. Sabe-se também que as limitações do presente estudo devem ser superadas em futuras investigações. Como se pretende num estudo dessa natureza, tentaremos destacar as conclusões mais importantes que emergiram da análise dos dados:

- Praticar EF (mesmo que a curto prazo, como 12 semanas) na população investigada é eficaz, pois os participantes que realizaram os protocolos de treino apresentaram alterações positivas e significativas em variáveis que

caracterizam o risco cardiovascular, aptidão física e QVRS. Portanto isto reforça a importância da adesão a um estilo de vida ativo.

- Os dois tipos de treino melhoraram a QVRS, porém o protocolo do grupo HIT mostrou-se mais efetivo que o realizado pelo grupo CT na melhoria da QVRS, pois o grupo que realizou TF com TIAI apresentou melhoria na dimensão função social (a qual tem a pretensão de obter, de forma qualitativa e quantitativa, o impacto dos possíveis problemas emocionais e físicos nas atividades sociais dos inquiridos), componente da saúde física e *score* total do SF-36, enquanto o outro grupo de intervenção apresentou apenas na dimensão saúde geral (a qual mede a percepção geral de saúde, resistência à doença e aparência saudável).
- A curto prazo, ambos os protocolos de TC foram eficazes para melhorar o desempenho físico dos membros inferiores, embora os nossos resultados sugeriram que a combinação pelo grupo HIT pode ser mais eficaz em termos de tempo do que a realizada pelo grupo CT, para melhorar a aptidão cardiorrespiratória em idosos com SM, pois estes apresentaram em 12 semanas melhorias significativas no VO₂ pico, velocidade máxima de teste, aumento no tempo de teste e redução na FC_{repouso}.
- Ambos os modos de TC forneceram múltiplos benefícios cardiometabólicos (como a redução significativa na circunferência da cintura). O TF com TIAI apresentou um potencial para proporcionar a elevação da sensibilidade à insulina e reduzindo a glicose em jejum e também o C-LDL em pessoas com SM. Em contrapartida, TF combinado com TAIM apresentou uma redução nos triglicerídeos.
- Os nossos resultados sugerem que intensidade e modo de intervenção são fatores que devem ser considerados na prescrição de um programa de exercícios em adultos e idosos com SM.
- Por fim, os resultados alcançados fornecem um suporte adicional na orientação dos profissionais de educação física e fisiologistas do exercício no processo de prescrição de exercícios nessa população de alto risco cardiovascular.

6.1. Recomendações

Os resultados deste estudo têm implicações clínicas relevantes, nomeadamente o primeiro estudo que compara TC com aeróbio contínuo em intensidade moderada e aeróbio intervalado de alta intensidade em adultos de meia-idade e idosos com risco cardiovascular moderado e alto. A partir deste estudo, recomenda-se a prescrição do TF com o TIAI para que se alcancem melhorias a curto prazo – 12 semanas – na QVRS, aptidão física e redução de fatores de riscos relacionados com doenças cardiovasculares, pois os participantes do grupo HIT apresentaram uma melhor resposta em relação ao grupo CT.

A resposta obtida em 12 semanas é curta e limitada, porém recomendam-se intervenções, com o mesmo desenho, mas com maior duração, para confirmar se, a longo prazo, a combinação na mesma sessão de TF com TIAI traz mais benefícios à saúde do que TF com TAIM. Para além do tempo de intervenção mais longo, recomendam-se também estudos com amostras maiores.

Portanto, é necessário aprofundar os estudos sobre os benefícios que essas modalidades de exercício podem trazer para a população em processo de envelhecimento ou já idosa, num mundo com expectativa de vida cada vez mais elevada e com custos com a saúde (relacionados com o aumento da esperança média de vida) maiores.

7. BIBLIOGRAFIA

Aamot, I. L., Karlsen, T., Dalen, H., & Støylen, A. (2016). Long-term Exercise Adherence After High-intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation: A Randomized Study. *Physiotherapy Research International*, 21(1), 54–64. <https://doi.org/10.1002/pri.1619>

Agner, V. F. C., Garcia, M. C., Taffarel, A. A., Mourão, C. B., da Silva, I. P., da Silva, S. P., ... Lombardi, I. (2018). Effects of concurrent training on muscle strength in older adults with metabolic syndrome: A randomized controlled clinical trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 75(March 2016), 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2017.12.011>

Alberti, G., Zimmet, P., Shaw, J., & Grundy, S. M. (2006). The IDF consensus worldwide definition of the metabolic syndrome. *Brussels: International Diabetes Federation*, 23(5), 469-80.

Alberti, K. G. (2009). International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; International Association for the Study of Obesity: Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation *Circulation*, 120, 1640-1645.

American Diabetes Association. (2016). Standards of Medical Care in Diabetes - 2016. *Diabetes Care*, 39(1), S1–S112. <http://doi.org/10.2337/dc14-S014>

Appel, L. J., Brands, M. W., Daniels, S. R., Karanja, N., Elmer, P. J., & Sacks, F. M. (2006). Dietary approaches to prevent and treat hypertension: a scientific statement from the American Heart Association. *Hypertension*, 47(2), 296-308.

Balboa-Castillo, T., León-Muñoz, L. M., Graciani, A., Rodríguez-Artalejo, F., & Guallar-Castillón, P. (2011). Longitudinal association of physical activity and sedentary behavior during leisure time with health-related quality of life in community-dwelling older adults. *Health and Quality of Life Outcomes*, 9(1), 47. <https://doi.org/10.1186/1477-7525-9-47>

Banister, E. W. (1991). Modeling elite athletic performance. *Physiological testing of elite athletes*, 403, 424.

Banitalebi, E., Faramarzi, M., Bagheri, L., and Kazemi Abdol, R. (2018). "Comparison of performing 12 weeks' resistance training before, after and/or in between aerobic exercise on the hormonal status of aged women: a randomized controlled trial", in: *Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation*.

- Baptista, L. C., Machado-Rodrigues, A. M., & Martins, R. A. (2017). Exercise but not metformin improves health-related quality of life and mood states in older adults with type 2 diabetes. *European journal of sport science*, 17(6), 794-804.
- Bird, S.R., and Hawley, J.A. (2017). Update on the effects of physical activity on insulin sensitivity in humans. *BMJ open sport & exercise medicine* 2, e000143.
- Bishop, D. J., Botella, J., & Granata, C. (2019). CrossTalk opposing view: Exercise training volume is more important than training intensity to promote increases in mitochondrial content. *The Journal of physiology*, 597(16), 4115-4118.
- Blair, S. N. (2009). Physical inactivity: the biggest public health problem of the 21st century. *British journal of sports medicine*, 43(1), 1-2.
- Booth, F. W., Roberts, C. K., Thyfault, J. P., Rueggsegger, G. N., & Toedebusch, R. G. (2017). Role of inactivity in chronic diseases: evolutionary insight and pathophysiological mechanisms. *Physiological reviews*, 97(4), 1351-1402.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med sci sports exerc*, 14(5), 377-381.
- Boukabous, I., Marcotte-Chénard, A., Amamou, T., Boulay, P., Brochu, M., Tessier, D., ... & Riesco, E. (2019). Low-volume high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on body composition, cardiometabolic profile, and physical capacity in older women. *Journal of Aging and Physical Activity*, 27(6), 879-889.
- Bray, G. A., Kim, K. K., Wilding, J. P. H., & World Obesity Federation. (2017). Obesity: a chronic relapsing progressive disease process. A position statement of the World Obesity Federation. *Obesity Reviews*, 18(7), 715-723.
- Buonani, C., Rosa, C. S. D. C., Diniz, T. A., Christofaro, D. G. D., Monteiro, H. L., Rossi, F. E., & Freitas Júnior, I. F. (2013). Physical activity and body composition in menopausal women. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia*, 35(4), 153-158.
- Burich, R., Teljigović, S., Boyle, E., & Sjøgaard, G. (2015). Aerobic training alone or combined with strength training affects fitness in elderly: randomized trial. *European journal of sport science*, 15(8), 773-783.
- Bushman, B., & American College of Sports Medicine. (2017). *ACSM's Complete Guide to Fitness & Health*, 2E. Human Kinetics.
- Butcher, S. J., & Jones, R. L. (2006). The impact of exercise training intensity on change in physiological function in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Sports Medicine*, 36(4), 307–325. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636040-00003>

Cabral-Santos, C., Giacon, T. R., Campos, E. Z., Gerosa-Neto, J., Rodrigues, B., Vanderlei, L. C. M., & Lira, F. S. (2016). Impact of high-intensity intermittent and moderate-intensity continuous exercise on autonomic modulation in young men. *International Journal of Sports Medicine*, 37(06), 431-435.

Cadore, E. L., & Izquierdo, M. (2019). Concurrent Training in Elderly. In M. Schumann & B. R. Rønnestad (Eds.), *Concurrent Aerobic and Strength Training: Scientific Basics and Practical Applications* (pp. 277–291). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75547-2_18

Cadore, E. L., Izquierdo, M., Alberton, C. L., Pinto, R. S., Conceição, M., Cunha, G., ... & Krueger, L. F. M. (2012). Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men. *Experimental gerontology*, 47(2), 164-169.

Cadore, E.L., Menger, E., Teodoro, J.L., Da Silva, L.X.N., Boeno, F.P., Umpierre, D., Botton, C.E., Ferrari, R., Dos Santos Cunha, G., and Izquierdo, M. (2018). Functional and physiological adaptations following concurrent training using sets with and without concentric failure in elderly men: A randomized clinical trial. *Experimental gerontology* 110, 182-190.

Caminiti, G., Volterrani, M., Marazzi, G., Cerrito, A., Massaro, R., Sposato, B., ... & Rosano, G. (2011). Hydrotherapy added to endurance training versus endurance training alone in elderly patients with chronic heart failure: a randomized pilot study. *International journal of cardiology*, 148(2), 199-203.

Canoy, D. (2008). Distribution of body fat and risk of coronary heart disease in men and women. *Current opinion in cardiology* 23, 591-598.

Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise and physical fitness: definition and distinction for health. *Public Health Reports*, 100(2), 126–131.

Centre for Economics and Business Research. (2015). The Economic Cost of Physical Inactivity in Europe: An ISCA/Cebr Report, (June). Retrieved from [http://inactivity-time-bomb.nowwemove.com/download-report/The Economic Costs of Physical Inactivity in Europe \(June 2015\).pdf](http://inactivity-time-bomb.nowwemove.com/download-report/The Economic Costs of Physical Inactivity in Europe (June 2015).pdf)

Cheema, B. S., Davies, T. B., Stewart, M., Papalia, S., & Atlantis, E. (2015). The feasibility and effectiveness of high-intensity interval training in adults with abdominal obesity: a pilot study. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation*, 7(1), 27–44.

Chobanian, A. V., Bakris, G. L., Black, H. R., Cushman, W. C., Green, L. A., Izzo Jr, J. L., ... & Roccella, E. J. (2003). The seventh report of the joint national committee on

prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure: the JNC 7 report. *Jama*, 289(19), 2560-2571.

Choi, S.-J., Chang, J.S., and Kong, I.D. (2015). Effects of a Social Welfare Program for Health Promotion on Cardiovascular Risk Factors. *Journal of lifestyle medicine* 5, 76.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. Auflage). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Colagiuri, S., Cho, N. H., Distiller, L., Dong, B., Duning, T., Gadsby, R., ... Sinay, I. (2014). The IDF global guideline for managing older people with type 2 diabetes: Implications for nurses. *Journal of Diabetes Nursing* (Vol. 18). <http://doi.org/10.1016/j.diabres.2014.03.005>

Corica, F., Corsonello, A., Apolone, G., Mannucci, E., Lucchetti, M., Bonfiglio, C., ... & Marchesini, G. (2008). Metabolic syndrome, psychological status and quality of life in obesity: the QUOVADIS Study. *International Journal of Obesity*, 32(1), 185.

Cortez-Dias, N., Martins, S., & Fiuza, M. (2007). Metabolic syndrome: an evolving concept. *Revista portuguesa de cardiologia: orgao oficial da Sociedade Portuguesa de Cardiologia= Portuguese journal of cardiology: an official journal of the Portuguese Society of Cardiology*, 26(12), 1409-1421.

Cruz-Jentoft, A.J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A.A., (2018). Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and ageing* 48, 16-31.

Currie, K. D., Bailey, K. J., Jung, M. E., McKelvie, R. S., & MacDonald, M. J. (2015). Effects of resistance training combined with moderate-intensity endurance or low-volume high-intensity interval exercise on cardiovascular risk factors in patients with coronary artery disease. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(6), 637–642. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.013>

Da Fontoura, A. S., Formentin, C. M., & Abech, E. A. (2011). Guia prático de avaliação física: uma abordagem didática, abrangente e atualizada. *Phorte Editora LTDA*.

Da Silva, M. A., Baptista, L. C., Neves, R. S., de França, E., Loureiro, H., Lira, F. S., ... & Martins, R. A. (2020). The effects of concurrent training combining both resistance exercise and high-intensity interval training or moderate-intensity continuous training on metabolic syndrome. *Frontiers in Physiology*, 11, 572. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00572>

De Koning, L., Merchant, A.T., Pogue, J., and Anand, S.S. (2007). Waist circumference and waist-to-hip ratio as predictors of cardiovascular events: meta-regression analysis of prospective studies. *European heart journal* 28, 850-856.

Dos Santos, E.S., Asano, R.Y., Irênio Filho, G., Lopes, N.L., Panelli, P., Nascimento, D.D.C., Collier, S.R., and Prestes, J. (2014). Acute and chronic cardiovascular response to 16 weeks of combined eccentric or traditional resistance and aerobic training in elderly hypertensive women: a randomized controlled trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 28, 3073-3084.

Eurobarometer, S. (2018). 472 (2018). *Sport and Physical Activity Report*.

Farrell, S. W., Finley, C. E., & Grundy, S. M. (2012). Cardiorespiratory fitness, LDL cholesterol, and CHD mortality in men. *Med Sci Sports Exerc*, 44(11), 2132-2137.

Ferrari, R., Fuchs, S. C., Kruehl, L. F. M., Cadore, E. L., Alberton, C. L., Pinto, R. S., ... & Umpierre, D. (2016). Effects of different concurrent resistance and aerobic training frequencies on muscle power and muscle quality in trained elderly men: a randomized clinical trial. *Aging and disease*, 7(6), 697.

Ferreira, P. L. (1998). A Medição do estado de saúde: Criação da versão portuguesa do MOS SF36: Documento de Trabalho 2. Centro de Estudos e Investigação em Saúde da Universidade de Coimbra.

Fisher G, et al.(2013). Frequency of combined resistance and aerobic training in older women. *J strength cond res*,27(7),1868.

Flack, K. D., Hays, H. M., Moreland, J., & Long, D. E. (2020). Exercise for Weight Loss: Further Evaluating Energy Compensation with Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.

Flannery, D., Hughson, R. L., Leicht, A. S., Zuo, L., Howden, E. J., La Gerche, A., ... & He, F. (2017). Point: CounterpointCommentaries on Point: Counterpoint: Exercise training-induced bradycardiaINTRINSIC HEART RATE CHANGES WITH TRAINING AND AGING AFFECT RESTING AND MAXIMAL HEART RATECOMMENTARIES ON POINT: COUNTERPOINTCOMMENTARIES ON POINT: COUNTERPOINT. *Journal of Applied Physiology*, 123(3), 692-693.

Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (2017). Fundamentos do treinamento de força muscular. *Artmed Editora*.

Fletcher, G. F., Ades, P. A., Kligfield, P., Arena, R., Balady, G. J., Bittner, V. A., ... Williams, M. A. (2013). Exercise standards for testing and training: A scientific statement from the American heart association. *Circulation*, 128(8), 873–934. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e31829b5b44>.

Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., ... & Swain, D. P. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal,

and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1334-1359.

García-Pinillos, F., Laredo-Aguilera, J. A., Muñoz-Jiménez, M., & Latorre-Román, P. A. (2019). Effects of 12-Week Concurrent High-Intensity Interval Strength and Endurance Training Program on Physical Performance in Healthy Older People. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(5), 1445-1452.

Gary, R. A., Cress, M. E., Higgins, M. K., Smith, A. L., & Dunbar, S. B. (2012). A combined aerobic and resistance exercise program improves physical functional performance in patients with heart failure: a pilot study. *The Journal of cardiovascular nursing*, 27(5), 418.

Gerosa-Neto, J., Panissa, V. L. G., Monteiro, P. A., Inoue, D. S., Ribeiro, J. P. J., Figueiredo, C., ... & Lira, F. S. (2019). High-or moderate-intensity training promotes change in cardiorespiratory fitness, but not visceral fat, in obese men: A randomised trial of equal energy expenditure exercise. *Respiratory physiology & neurobiology*, 266, 150-155.

Gianoudis, J., Bailey, C. A., & Daly, R. M. (2015). Associations between sedentary behaviour and body composition, muscle function and sarcopenia in community-dwelling older adults. *Osteoporosis International*, 26(2), 571–579. <http://doi.org/10.1007/s00198-014-2895-y>

Giuli, C., Papa, R., Bevilacqua, R., Felici, E., Gagliardi, C., Marcellini, F., ... & Tirabassi, G. (2014). Correlates of perceived health related quality of life in obese, overweight and normal weight older adults: an observational study. *BMC Public Health*, 14(1), 35.

Greenland, P., Alpert, J. S., Beller, G. A., Benjamin, E. J., Budoff, M. J., Fayad, Z. A., ... & Lauer, M. S. (2010). 2010 ACCF/AHA guideline for assessment of cardiovascular risk in asymptomatic adults: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association task force on practice guidelines developed in collaboration with the American Society of Echocardiography, American Society of Nuclear Cardiology, Society of Atherosclerosis Imaging and Prevention, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, and Society for Cardiovascular *Journal of the American College of Cardiology*, 56(25), e50-e103.

Grundy, S. M., Cleeman, J. I., Merz, C. N. B., Brewer, H. B., Clark, L. T., Hunninghake, D. B., ... & Coordinating Committee of the National Cholesterol Education Program. (2004). Implications of recent clinical trials for the national cholesterol education program adult treatment panel III guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*, 44(3), 720-732.

Guadalupe-Grau, A., Aznar-Laín, S., Mañas, A., Castellanos, J., Alcázar, J., Ara, I., ... & García-García, F. J. (2017). Short-and long-term effects of concurrent strength and hiit

training in octogenarians with COPD. *Journal of aging and physical activity*, 25(1), 105-115.

Guirado, G. N., Damatto, R. L., Matsubara, B. B., Roscani, M. G., Fusco, D. R., Cicchetto, L. A., ... & Okoshi, M. P. (2012). Combined exercise training in asymptomatic elderly with controlled hypertension: effects on functional capacity and cardiac diastolic function. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 18(7), CR461.

Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2018). Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1·9 million participants. *The Lancet Global Health*, 6(10), e1077-e1086.

Guyton, A. C. & Hall, J. E. (2017). *Tratado de Fisiologia Médica*. 13ed. Elsevier.

Hair, Joseph F., Bill Black, Barry Babin, Rolph E. Anderson, and Ronald L. Tatham (2006), *Multivariate Data Analysis*, 6th ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Helgerud, J., Bjørgen, S., Karlsen, T., Husby, V. S., Steinshamn, S., Richardson, R. S., & Hoff, J. (2010). Hyperoxic interval training in chronic obstructive pulmonary disease patients with oxygen desaturation at peak exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(1), 1–8. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00937.x>

Helgerud, J., Karlsen, T., Kim, W. Y., Høydal, K. L., Støylen, A., Pedersen, H., ... Hoff, J. (2011). Interval and strength training in CAD Patients. *International Journal of Sports Medicine*, 32(1), 54–59. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1267180>

Heyward, V. H., & Gibson, A. (2014). *Advanced fitness assessment and exercise prescription 7th edition*. *Human kinetics*.

Holten, M. K., Zacho, M., Gaster, M., Juel, C., Wojtaszewski, J. F., & Dela, F. (2004). Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. *Diabetes*, 53(2), 294-305.

Huang, P. L. (2009). A comprehensive definition for metabolic syndrome. *Disease models & mechanisms*, 2(5-6), 231-237.

Ingle, L., Mellis, M., Brodie, D., & Sandercock, G. R. (2017). Associations between cardiorespiratory fitness and the metabolic syndrome in British men. *Heart*, 103(7), 524-528.

International Diabetes Federation (2005). New consensus definition of the metabolic syndrome. *British Journal of Cardiology*, 12(3), 180. <https://doi.org/10.14341/2071-8713-4854>

International Diabetes Federation. (2006). The IDF consensus worldwide definition of the metabolic syndrome. *The IDF Consensus Worldwide Definition of the Metabolic Syndrome*, 28, 1–7. <http://doi.org/10.1159/000282084>

Jabbour, G., Iancu, H. D., Mauriege, P., Joanisse, D. R., & Martin, L. J. (2017). High-intensity interval training improves performance in young and older individuals by increasing mechanical efficiency. *Physiological Reports*, 5(7), e13232.

James, P. A., Oparil, S., Carter, B. L., Cushman, W. C., Dennison-Himmelfarb, C., Handler, J., ... & Smith, S. C. (2014). 2014 evidence-based guideline for the management of high blood pressure in adults: report from the panel members appointed to the Eighth Joint National Committee (JNC 8). *Jama*, 311(5), 507-520.

Jewiss, D., Ostman, C., & NA, S. (2016). The effect of resistance training on clinical outcomes in heart failure: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Cardiology*, 221, 674–681. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.07.046>

Kannel, W. B., & Vasan, R. S. (2009). Triglycerides as vascular risk factors: new epidemiologic insights for current opinion in cardiology. *Current opinion in cardiology*, 24(4), 345.

Lakka, T. A., & Laaksonen, D. E. (2007). Physical activity in prevention and treatment of the metabolic syndrome. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 32(1), 76-88.

Lanza, I. R., Short, D. K., Short, K. R., Raghavakaimal, S., Basu, R., Joyner, M. J., ... & Nair, K. S. (2008). Endurance exercise as a countermeasure for aging. *Diabetes*, 57(11), 2933-2942.

Laukkanen, J. A., Zaccardi, F., Khan, H., Kurl, S., Jae, S. Y., & Rauramaa, R. (2016). Long-term change in cardiorespiratory fitness and all-cause mortality: a population-based follow-up study. In *Mayo Clinic Proceedings* (Vol. 91, No. 9, pp. 1183-1188). Elsevier.

Lembcke, P. A. (1952). Measuring the quality of medical care through vital statistics based on hospital service areas: 1. Comparative study of appendectomy rates. *American Journal of Public Health and the Nations Health*, 42(3), 276-286.

Lerman, J., Bruce, R. A., Sivarajan, E., Pettet, G. E., & Trimble, S. (1976). Low-level dynamic exercises for earlier cardiac rehabilitation: aerobic and hemodynamic responses. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 57(8), 355-360.

Leslie, B. R. (2005). Metabolic syndrome: historical perspectives. *The American journal of the medical sciences*, 330(6), 264-268.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*.

- Liu, Y., Ye, W., Chen, Q., Zhang, Y., Kuo, C. H., & Korivi, M. (2019). Resistance exercise intensity is correlated with attenuation of HbA1c and insulin in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *International journal of environmental research and public health*, 16(1), 140.
- Lomax, R. G., & Schumacker, R. E. (2004). A beginner's guide to structural equation modeling. Psychology press.
- Lopes, Carla. Maria. Moura. (2000). *Alimentação e Enfarte Agudo do Miocárdio Estudo caso- controlo de base comunitária*. Faculdade de Medicina da Universidade do Porto.
- Mandic, S., Tymchak, W., Kim, D., Daub, B., Quinney, H. A., Taylor, D., ... & Haykowsky, M. J. (2009). Effects of aerobic or aerobic and resistance training on cardiorespiratory and skeletal muscle function in heart failure: a randomized controlled pilot trial. *Clinical rehabilitation*, 23(3), 207-216.
- Marcellini, F., Giuli, C., Papa, R., Tirabassi, G., Faloia, E., Boscaro, M., ... & Mocchegiani, E. (2009). Obesity and body mass index (BMI) in relation to life-style and psycho-social aspects. *Archives of gerontology and geriatrics*, 49, 195-206.
- Martins, R. A., Neves, A. P., Coelho-Silva, M. J., Veríssimo, M. T., & Teixeira, A. M. (2010). The effect of aerobic versus strength-based training on high-sensitivity C-reactive protein in older adults. *European journal of applied physiology*, 110(1), 161-169.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance. 2010.
- Mikus, C. R., Oberlin, D. J., Libla, J., Boyle, L. J., & Thyfault, J. P. (2012). Glycaemic control is improved by 7 days of aerobic exercise training in patients with type 2 diabetes. *Diabetologia*, 55(5), 1417-1423.
- Miller, M., Stone, N. J., Ballantyne, C., Bittner, V., Criqui, M. H., Ginsberg, H. N., ... & Lennie, T. A. (2011). Triglycerides and cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 123(20), 2292-2333.
- Mohammadi, H. R., Khoshnam, M. S., & Khoshnam, E. (2018). Effects of different modes of exercise training on body composition and risk factors for cardiovascular disease in middle-aged men. *International journal of preventive medicine*, 9.
- Morton, R. W., Colenso-Semple, L., & Phillips, S. M. (2019). Training for strength and hypertrophy: an evidence-based approach. *Current Opinion in Physiology*, 10, 90-95.
- Myers, V. H., McVay, M. A., Brashear, M. M., Johannsen, N. M., Swift, D. L., Kramer, K., ... & Church, T. S. (2013). Exercise training and quality of life in individuals with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *Diabetes care*, DC_121153.

- Noble, J., & Robertson, J. (1996). *Perceived Exertion*, Champaign, IL: Human
- NSCA Certification Commission (2008). *Exercise technique manual for resistance training*. Human Kinetics.
- Ostman, C., Smart, N. A., Morcos, D., Duller, A., Ridley, W., & Jewiss, D. (2017). The effect of exercise training on clinical outcomes in patients with the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Cardiovascular diabetology*, 16(1), 110.
- Pedersen, B. K., & Saltin, B. (2015). Exercise as medicine—evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25, 1-72.
- Pescatello, L. S., Riebe, D., & Thompson, P. D. (Eds.). (2014). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Piepoli, M. F., Hoes, A. W., Agewall, S., Albus, C., Brotons, C., Catapano, A. L., ... Verschuren, W. M. M. (2016). 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *European Heart Journal*, 37(29), 2315–2381. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw106>
- Power, M., & Kuyken, W. (1998). World Health Organization Quality of Life Assessment (WHOQOL): Development and general psychometric properties. *Social Science and Medicine*, 46(12), 1569–1585. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(98\)00009-4](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(98)00009-4)
- Rand Corporation (1992). *Rand 36-item health survey 1.0*. Rand health sciences program. Santa Monica, CA: Rand.
- Raposo, L., Severo, M., Barros, H., & Santos, A. C. (2017). The prevalence of the metabolic syndrome in Portugal: the PORMETS study. *BMC public health*, 17(1), 555.
- Rejeski, W. J., Brawley, L. R., & Shumaker, S. A. (1996). Physical activity and health-related quality of life. *Exercise and sport sciences reviews*, 24(1), 71-108.
- Ridker, P. M., Buring, J. E., Cook, N. R., & Rifai, N. (2003). C-reactive protein, the metabolic syndrome, and risk of incident cardiovascular events: an 8-year follow-up of 14 719 initially healthy American women. *Circulation*, 107(3), 391-397.
- Ridker, P. M., Rifai, N., Rose, L., Buring, J. E., & Cook, N. R. (2002). Comparison of C-reactive protein and low-density lipoprotein cholesterol levels in the prediction of first cardiovascular events. *New England journal of medicine*, 347(20), 1557-1565.
- Riebe, D., Ehrman, J.K., Liguori, G., Magal, M., (2018). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Wolters Kluwer.

- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999). Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 7, 129–161.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *Gerontologist*, 53(2), 255–267. <http://doi.org/10.1093/geront/gns071>
- Roberts, C.K., and Barnard, R.J. (2005). Effects of exercise and diet on chronic disease. *Journal of applied physiology* 98, 3-30.
- Robinson, M. M., Dasari, S., Konopka, A. R., Johnson, M. L., Manjunatha, S., Esponda, R. R., ... & Nair, K. S. (2017). Enhanced protein translation underlies improved metabolic and physical adaptations to different exercise training modes in young and old humans. *Cell metabolism*, 25(3), 581-592.
- Sarafidis, P. A., & Nilsson, P. M. (2006). The metabolic syndrome: a glance at its history. *Journal of hypertension*, 24(4), 621-626.
- Sardinha, L., & Baptista, F. (1999). Programas de actividade física no concelho de Oeiras. Actas do seminário qualidade de vida no idoso: o papel da actividade física, 54-64.
- Schreuder TH, et al.(2015). Combined aerobic and resistance exercise training decreases peripheral but not central artery wall thickness in subjects with type 2 diabetes. *Eur J Appl Physiol*, 115(2),317-326.
- Schumann, M., & Rønnestad, B. R. (Eds.). (2019). *Concurrent aerobic and strength training: Scientific basics and practical applications*. Springer.
- Sherling, D. H., Perumareddi, P., & Hennekens, C. H. (2017). Metabolic Syndrome: Clinical and Policy Implications of the New Silent Killer. *Journal of cardiovascular pharmacology and therapeutics*, 22(4), 365-367.
- Shiotsu, Y., Watanabe, Y., Tujii, S., & Yanagita, M. (2018). Effect of exercise order of combined aerobic and resistance training on arterial stiffness in older men. *Experimental gerontology*, 111, 27-34.
- Sillanpää, E., Häkkinen, K., Holviala, J., & Häkkinen, A. (2012). Combined strength and endurance training improves health-related quality of life in healthy middle-aged and older adults. *International Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1311589>
- Silva, M. R., Alberton, C. L., Portella, E. G., Nunes, G. N., Martin, D. G., & Pinto, S. S. (2018). Water-based aerobic and combined training in elderly women: Effects on functional capacity and quality of life. *Experimental gerontology*, 106, 54-60.
- Silva, M.A.R., Baptista, L.C., Neves, R.S., De França, E., Loureiro, H., Rezende, M.D.A.C., Ferreira, V.D.S., Veríssimo, M.T., Martins, R.A., (2019). High intensity

interval training improves health-related quality of life in adults and older adults with diagnosed cardiovascular risk. *Journal of Physical Education and Sport* 19, 611-618. <https://doi.org/10.7752/jpes.2019.01089>

Silverthorn, D. U., Ober, W. C., Garrison, C. W., Silverthorn, A. C., & Johnson, B. R. (2017). Fisiologia humana: uma abordagem integrada. *Artmed editora*.

Smart, N. A., & Steele, M. (2012). A Comparison of 16 Weeks of Continuous vs Intermittent Exercise Training in Chronic Heart Failure Patients. *Congestive Heart Failure*, 18(4), 205–211. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7133.2011.00274.x>

Smith, W. N., Del Rossi, G., Adams, J. B., Abderlahman, K. Z., Asfour, S. A., Roos, B. A., & Signorile, J. F. (2010). Simple equations to predict concentric lower-body muscle power in older adults using the 30-second chair-rise test: a pilot study. *Clinical interventions in aging*, 5, 173.

Sousa N, et al., (2013). A randomized 9-month study of blood pressure and body fat responses to aerobic training versus combined aerobic and resistance training in older men. *Experimental gerontology*, 48(8), 727-733.

Stamatakis, E., Lee, I. M., Bennie, J., Freeston, J., Hamer, M., O'Donovan, G., ... & Mavros, Y. (2018). Does strength-promoting exercise confer unique health benefits? A pooled analysis of data on 11 population cohorts with all-cause, cancer, and cardiovascular mortality endpoints. *American journal of epidemiology*, 187(5), 1102-1112.

Stavrinou, P. S., Bogdanis, G. C., Giannaki, C. D., Terzis, G., & Hadjicharalambous, M. (2018). High-intensity Interval Training Frequency: Cardiometabolic Effects and Quality of Life. *International Journal of Sports Medicine*, 39(3), 210–217. <https://doi.org/10.1055/s-0043-125074>

Stensvold, D., Tjønnå, A. E., Skaug, E. A., Aspnes, S., Stølen, T., Wisløff, U., & Slørdahl, S. A. (2010). Strength training versus aerobic interval training to modify risk factors of metabolic syndrome. *Journal of applied physiology*, 108(4), 804-810.

Strasser, B. (2013). Physical activity in obesity and metabolic syndrome. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1281(1), 141-159.

Strasser, B., Siebert, U., & Schobersberger, W. (2010). Resistance training in the treatment of the metabolic syndrome. *Sports medicine*, 40(5), 397-415.

Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153-156.

The Whoqol Group. (1998). The World Health Organization quality of life assessment (WHOQOL): Development and general psychometric properties. This paper was drafted by Mick Power and Willem Kuyken on behalf of the WHOQOL Group. *The WHOQOL*

group comprises a coordinating group, colla. *Social Science & Medicine*, 46(12), 1569–1585. [http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0277-9536\(98\)00009-4](http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0277-9536(98)00009-4)

Theodorou, A.A., Panayiotou, G., Volaklis, K.A., Douda, H.T., Paschalis, V., Nikolaidis, M.G., Smilios, I., Toubekis, A., Kyprianou, D., and Papadopoulos, I. (2016). Aerobic, resistance and combined training and detraining on body composition, muscle strength, lipid profile and inflammation in coronary artery disease patients. *Research in sports medicine* 24, 171-184.

Tibana, R. A., da Cunha Nascimento, D., de Sousa, N. M. F., de Souza, V. C., Durigan, J., Vieira, A., ... & Franco, O. L. (2014). Enhancing of women functional status with metabolic syndrome by cardioprotective and anti-inflammatory effects of combined aerobic and resistance training. *PloS one*, 9(11), e110160.

Tjønnå, A. E., Lee, S. J., Rognmo, Ø., Stølen, T. O., Bye, A., Haram, P. M., ... & Kemi, O. J. (2008). Aerobic Interval Training Versus Continuous Moderate Exercise as a Treatment for the Metabolic Syndrome A Pilot Study. *Circulation*, 118(4), 346-354.

Tremblay, M. S., Aubert, S., Barnes, J. D., Saunders, T. J., Carson, V., Latimer-Cheung, A. E., ... Chinapaw, M. J. M. (2017). Sedentary behavior research network (SBRN) – Terminology consensus project process and outcome. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14, 75. <http://doi.org/10.1186/s12966-017-0525-8>

Tseng ML, et al.(2013). A simple method for increasing levels of high-density lipoprotein cholesterol: a pilot study of combination aerobic-and resistance-exercise training. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 23(3),271-281.

Umpierre, D., Ribeiro, P. A., Kramer, C. K., Leitão, C. B., Zucatti, A. T., Azevedo, M. J., ... & Schaan, B. D. (2011). Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Jama*, 305(17), 1790-1799.

United Nations (2015). World population, ageing. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). World Population Ageing (Vol. United Nat). Retrieved from http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/WPA2015_Report.pdf%5Cnwww.un.org/.../population/.../WPA2009/WPA2009

Van der Heijden, M. M. P., van Dooren, F. E., Pop, V. J. M., & Pouwer, F. (2013). Effects of exercise training on quality of life, symptoms of depression, symptoms of anxiety and emotional well-being in type 2 diabetes mellitus: a systematic review. *Diabetologia*, 56(6), 1210-1225.

Ware Jr, J. E., & Sherbourne, C. D. (1992). The MOS 36-item short-form health survey (SF-36): I. Conceptual framework and item selection. *Medical care*, 473-483.

Ware, Jr. (2000). Health Survey Update. *Spine*, 25(24), 3130–3139. <http://doi.org/10.1097/00007632-200012150-00008>

Weston, K. S., Wisløff, U., & Coombes, J. S. (2014). High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 48(16), 1227–1234. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092576>

Wewege, M. A., Thom, J. M., Rye, K. A., & Parmenter, B. J. (2018). Aerobic, resistance or combined training: A systematic review and meta-analysis of exercise to reduce cardiovascular risk in adults with metabolic syndrome. *Atherosclerosis*, 274, 162-171.

Widmaier, E. P., Raff, H., & Strang, K. T. (2006). Vander, Sherman & Luciano fisiologia humana: os mecanismos das funções corporais. *Guanabara Koogan*.

Wilhelm, E. N., & Pinto, R. S. (2019). *Concurrent Aerobic and Strength Training for Body Composition and Health*. In M. Schumann & B. R. Rønnestad (Eds.), *Concurrent Aerobic and Strength Training: Scientific Basics and Practical Applications* (pp. 293–307). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75547-2_19

Wood, R. H., Reyes, R., Welsch, M. A., Favaloro-Sabatier, J., Sabatier, M., Lee, C. M., ... & Hooper, P. F. (2001). Concurrent cardiovascular and resistance training in healthy older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(10), 1751-1758.

World Health Organization. (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic (No. 894). *World Health Organization*.

World Health Organization. (2014). Global status report on noncommunicable diseases 2014. *World Health*.

World Health Organization. (2018). WHO global report on trends in prevalence of tobacco smoking 2000–2025.

World Medical Association. (2018). 64th WMA General Assembly Fortaleza Brazil, October 2013. *WMA Declaration of Helsinki–Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects*.

Yasar, Z., Dewhurst, S., & Hayes, L. D. (2019). Peak power output is similarly recovered after three-and five-days' rest following sprint interval training in young and older adults. *Sports*, 7(4), 94.

8. ANEXOS

8.1. Folha de Registo

Folha de Registo/Protocolo de Bruce Modificado/ Data da Recolha ___/___/___

Nome _____ ID00 _____ - _____ 20 Idade _____ anos

Levantar e sentar na cadeira (em 30 segundos): _____

Circunferência Cintura: _____ cm. PAS: _____ . PAD: _____ . FCrepouso: _____ .

FCmáx predita _____ bpm Lactato _____ mMol/L

[Tanaka e col., 2001: FCmáx= 208-(0,7 x Idade) = _____] (0,85 x _____) = 85% FC MÁX: _____

PESO: _____ / ESTATURA: _____ / BETABLOQUEANTES: _____

Estágio	Velocidade (km.h ⁻¹)	Inclinação (%)	Tempo de teste (min)	FC (bpm)	VO ₂ (mm.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	QR	Escala de Borg
1	2,74	0	1				
			2				
			3				
2	2,74	5	4				
			5				
			6				
3	2,74	10	7				
			8				
			9				
4	4,02	12	10				
			11				
			12				
5	5,47	14	13				
			14				
			15				
6	6,75	16	16				
			17				
			18				
Desistiu							

OBS: _____

Marco Silva

8.2. Questionário Geral de Saúde e Atividade Física

QUESTIONÁRIO GERAL DE SAÚDE E ACTIVIDADE FÍSICA¹

Local _____ Data ____/____/____ Hora ____:____
Nome _____

Morada _____

Data de nascimento ____ / ____ / _____ Idade ____ (anos)

Estatura _____ (m) Peso _____ (kg)

Peso aproximado aos 20 anos ____ kg; Peso médio entre os 40 e os 50 anos ____ kg

Historial de actividade física

Alguma vez foi atleta? Não Sim

Se sim, em que idade iniciou? ____ (anos); Em que idade terminou? ____ (anos)

Qual a modalidade que praticou? _____

Ainda pratica alguma modalidade (ex.: caminhadas)? Não Sim

Quantas vezes/semana? ____ Durante quanto tempo? ____ (min)

Historial da função reprodutiva (sexo feminino)

Idade da menarca ____ (anos). Menopausa ____ (anos) Espontânea Cirúrgica

Usou hormonas após a menopausa? Não Sim Quantos anos? ____

Alguma vez o médico o informou que tem ou teve:

	Sim	Com que idade (aprox.)	
Ataque cardíaco	<input type="checkbox"/>		
Angina de peito	<input type="checkbox"/>	_____	
Trombose	<input type="checkbox"/>	_____	
Pressão arterial elevada	<input type="checkbox"/>	_____	
Outras doenças cardiovasculares	<input type="checkbox"/>	_____	
Diabetes	<input type="checkbox"/>	_____	
Doenças respiratórias	<input type="checkbox"/>	_____	
Doença de Parkinson	<input type="checkbox"/>	_____	
Osteoporose	<input type="checkbox"/>		
Osteoartrose	<input type="checkbox"/>		Onde
Cancro	<input type="checkbox"/>	_____	Tipo _____

¹ Questionário adaptado de:

Sardinha LB (1999). Programa de Actividade Física para a Pessoa Idosa do Concelho de Oeiras – Conceção, actividades e avaliação da aptidão física funcional. Oeiras: Câmara Municipal de Oeiras e Faculdade de Motricidade Humana. 16-22.

Alterações mentais _____ Tipo _____
 Problemas visuais _____ Tipo _____
 Outros problemas de saúde _____ Descrição _____

Razões médicas limitam frequentemente a sua actividade física? Não Sim
 Se sim, quais? _____

Tomou ou vai tomar a vacina da gripe? Já tomei Vou tomar
 Quantas gripes/constipações tem por ano? 0 2 4 5

Faça a lista dos medicamentos que toma actualmente

Tipo de medicação	Dose/dia
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Fuma cigarros actualmente? Não Sim N° cigarros/dia _____
 Se não, alguma vez fumou? Não Sim N° cigarros/dia _____
 Durante quantos anos? _____ Há quanto tempo parou? _____

Consome bebidas alcoólicas? Não Sim Tipo _____

 Se sim, quantas por semana? < 7 7-14 > 14

Que acha da sua saúde?

Excelente Muito boa Boa Razoável Má

Em geral, como avalia a sua qualidade de vida?

Péssima Má Satisfatória Boa Muito boa

Quantas vezes se sentiu deprimido no último ano?

Nenhuma 1 a 2 vezes 3 a 6 vezes 7 ou mais vezes

Está preocupado com os seus momentos "em baixo"?

Não Pouco Moderadamente Muito MUITÍSSIMO

Indique a sua capacidade para realizar algumas tarefas. A sua resposta deve indicar se normalmente consegue realizar as actividades, embora não o consiga neste momento.
Que consegue realizar?

	Consgo	Consgo com dificuldade ou com ajuda	Não consgo
Cuidar-me a mim próprio (ex.: vestir-me sozinho)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tomar banho (imersão ou duche)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subir e descer um lanço de escadas (até ao 1º andar)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Caminhar (1 ou 2 quarteirões)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tarefas domésticas leves (cozinhar, limpar o pó, lavar a loiça, varrer)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tarefas domésticas pesadas (esfregar o chão, aspirar, varrer o jardim)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Actividades fatigantes (longas caminhadas, cavar, andar de bicicleta)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fazer compras (alimentos ou vestuário)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Segurar e transportar cerca de 4,5kg (saco cheio de mercearia)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Usa uma ajuda mecânica para andar? Não Sim Às vezes Tipo _____
A actividade física que faz normalmente é suficiente? Não Sim Não sei

Da lista seguinte, indique as duas razões mais importantes para praticar actividade física (faça um círculo à volta da letra):

- | | | |
|--|---|---------------------------------------|
| a. Melhorar a saúde | b. Manter/melhorar a mobilidade | c. Manter/melhorar a aparência |
| d. Controlar o peso | e. Aumentar a força/c.física geral | f. Sentir-se bem mentalmente |
| g. Gostar de actividade | h. Reduzir o stress/ansiedade | i. Competição/desafio pessoal |
| j. Reabilitação | k. Razões sociais/divertimento | l. Recomendações médicas |
| m. Sentido de obrigação (ser bom para si) | | n. Outras _____ |
| o. Desempenhar tarefas (domésticas, jardinagem) | | |

Quais são para si os maiores impedimentos para poder praticar actividade física?

- | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|---|
| a. Falta de tempo | b. Não ser prioritário | c. Preguiça/falta de auto-disciplina |
| d. Doença/lesão | e. Má imagem do corpo | f. Falta de aulas estruturadas |
| g. Clima (quente/frio) | h. Não gostar de praticar | i. Envolvim. inseguro/perigoso |
| j. Medo de lesão | k. Falta de transporte | l. Falta de habilidade/conhecim. |
| m. Falta de confiança | n. Falta de oportunidade | o. Falta de apoio dos amigos/s.s. |
| p. Desconforto/dor | q. Falta de força de vontade | r. Outras _____ |

Qual a sua actividade física favorita (se alguma)? _____

Em geral, qual a situação que prefere para a prática de actividade? a.

Exercício/actividade estruturada (em grupo ou classe) b.

Actividade não estruturada (à sua vontade) c. Exercício com um ou

mais parceiros d. Sem preferência. De acordo com o tipo de
actividade

Nível de escolaridade (faça um círculo no ano em que terminou os estudos).

a. Primário 1 2 3 4

b. Ensino secundário 1 2 3 4 5 6 7

c. Curso técnico 1 2 3 4 5 ...

d. Ensino superior 1 2 3 4 5 ...

Raça: Branca Negra Outra _____

Estado civil: Casado Solteiro Divorciado Viúvo

PA repouso 1ª medição ____ / ____ mmHg 2ª medição ____ / ____ mmHg

FC repouso 1ª medição ____ bat.min⁻¹ 2ª medição ____ bat.min⁻¹

8.3 QUESTIONÁRIO DE ESTADO DE SAÚDE (SF-36v2)

INSTRUÇÕES: As questões que se seguem pedem-lhe opinião sobre a sua saúde, a forma como se sente e sobre a sua capacidade de desempenhar as actividades habituais.

Pedimos que leia com atenção cada pergunta e que responda o mais honestamente possível. Se não tiver a certeza sobre a resposta a dar, dê-nos a que achar mais apropriada e, se quiser, escreva um comentário a seguir à pergunta.

Para as perguntas 1 e 2, por favor coloque um círculo no número que melhor descreve a sua saúde.

1. Em geral, diria que a sua saúde é:

Ótima	Muito boa	Boa	Razoável	Fraca
1	2	3	4	5

2. Comparando com o que acontecia há um ano, como descreve o seu estado geral actual:

Muito melhor	Com algumas melhoras	Aproximadamente igual	Um pouco pior	Muito pior
1	2	3	4	5

3. As perguntas que se seguem são sobre actividades que executa no seu dia-a-dia. Será que a sua saúde o/a limita nestas actividades? Se sim, quanto?

(Por favor assinale com um círculo um número em cada linha)

	Sim, muito limitado/a	Sim, um pouco limitado/a	Não, nada limitado/a
	1	2	3

a. **Actividades violentas**, tais como correr, levantar pesos, participar em desportos extenuantes ... 1 2 3

b. **Actividades moderadas**, tais como deslocar uma mesa ou aspirar a casa..... 1 2 3

c. **Levantar ou pegar nas compras de mercearia**.... 1 2 3

d. **Subir vários** lanços de escada 1 2 3

e. **Subir um** lanço de escadas 1 2 3

f. **Inclinar-se, ajoelhar-se ou baixar-se** 1 2 3

g. **Andar mais de 1 km**..... 1 2 3

h. **Andar várias** centenas de metros 1 2 3

i. **Andar uma** centena de metros 1 2 3

j. **Tomar banho ou vestir-se sozinho/a**..... 1 2 3

Copyright © 1992, New England Medical Center Hospitals, fac All rights reserved.
 Copyright © 1997, Versão Portuguesa 2 Centro de Estudos e Investigação em Saúde. Todos os direitos reservados.

4. Durante as últimas 4 semanas teve, no seu trabalho ou actividades diárias, algum dos problemas apresentados a seguir como consequência do seu estado de saúde físico?

Quanto tempo, nas últimas quatro semanas...	Sempre	A maior parte do tempo	Algum tempo	Pouco tempo	Nunca
a. Diminuiu o tempo gasto a trabalhar ou noutras actividades.....	1	2	3	4	5
b. Fez menos do que queria?.....	1	2	3	4	5
c. Sentiu-se limitado/a no tipo de trabalho ou outras actividades.....	1	2	3	4	5
d. Teve dificuldade em executar o seu trabalho ou outras actividades (por exemplo, foi preciso mais esforço).....	1	2	3	4	5

5. Durante as últimas 4 semanas, teve com o seu trabalho ou com as suas actividades diárias, algum dos problemas apresentados a seguir devido a quaisquer problemas emocionais (tal como sentir-se deprimido/a ou ansioso/a)?

Quanto tempo, nas últimas quatro semanas...	Sempre	A maior parte do tempo	Algum tempo	Pouco tempo	Nunca
a. Diminuiu o tempo gasto a trabalhar ou noutras actividades.....	1	2	3	4	5
b. Fez menos do que queria?.....	1	2	3	4	5
c. Executou o seu trabalho ou outras actividades menos cuidadosamente do que era costume.	1	2	3	4	5

Para cada uma das perguntas 6,7 e 8, por favor ponha um círculo no número que melhor descreve a sua saúde.

6. Durante as últimas 4 semanas, em que medida é que a sua saúde física ou problemas emocionais interferiram no seu relacionamento social normal com a família, amigos, vizinhos ou outras pessoas?

Absolutamente nada	Pouco	Moderadamente	Bastante	Imenso
1	2	3	4	5

7. Durante as últimas 4 semanas teve dores?

Nenhumas	Muito fracas	Ligeiras	Moderadas	Fortes	Muito fortes
1	2	3	4	5	6

8. Durante as últimas 4 semanas, de que forma é que a dor interferiu com o seu trabalho normal (tanto o trabalho fora de casa como o trabalho doméstico)?

Absolutamente nada	Pouco	Moderadamente	Bastante	Imenso
1	2	3	4	5

9. As perguntas que se seguem pretendem avaliar a forma como se sentiu e como lhe correram as coisas nas últimas quatro semanas.

Para cada pergunta, coloque por favor um círculo à volta do número que melhor descreve a forma como se sentiu.

Certifique-se que coloca um círculo em cada linha.

Quanto tempo, nas últimas quatro semanas...	Sempre	A maior parte do tempo	Algum tempo	Pouco tempo	Nunca
a. <u>Se sentiu cheio/a de vitalidade?.....</u>	1	2	3	4	5
b. <u>Se sentiu muito nervoso/a?</u>	1	2	3	4	5
c. <u>Se sentiu tão deprimido/a que nada o/a animava?</u>	1	2	3	4	5
d. <u>Se sentiu calmo/a e tranquilo/a?</u>	1	2	3	4	5
e. <u>Se sentiu com muita energia?</u>	1	2	3	4	5
f. <u>Se sentiu deprimido/a?</u>	1	2	3	4	5
g. <u>Se sentiu estafado/a?</u>	1	2	3	4	5
h. <u>Se sentiu feliz?.....</u>	1	2	3	4	5
L. <u>Se sentiu cansado/a?</u>	1	2	3	4	5

8.4. Termo de consentimento livre e esclarecido

CONSENTIMENTO INFORMADO, LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM INVESTIGAÇÃO

de acordo com a Declaração de Helsínquia¹ e a Convenção de Oviedo²

Título do estudo: MODOS DE TREINO COMBINADO E EFEITOS EM VARIÁVEIS IMUNOINFLAMATÓRIAS E CARDIOMETABÓLICAS DE PESSOAS COM RISCO CARDIOVASCULAR

Enquadramento: As doenças cardiovasculares (DCV) representam a principal causa de morte em Portugal, sendo também uma importante causa de incapacidade. Cerca de um terço dos doentes com doença coronária (30%) morre na sequência do primeiro evento, verificando-se que 63% dos homens e 47% das mulheres desconheciam ser portadores da DCV. As DCV devem-se essencialmente à aterosclerose, que tem início numa fase precoce da vida, ocorrendo as manifestações clínicas em idades mais avançadas. O número de indivíduos com idade igual ou superior a 60 anos triplicou ao longo dos últimos 50 anos e irá provavelmente triplicar durante os próximos 50 anos. A prevalência de DCV é especialmente elevada neste grupo populacional. Prevenir e evitar eventos também neste subgrupo populacional, além de resultar em mais vida com mais qualidade, traduz-se em menos custos financeiros para a sociedade. A maior parte das DCV resulta de um estilo de vida inapropriado e de fatores de risco modificáveis incluindo o sedentarismo e a alimentação incorreta.

O presente trabalho tem simultaneamente uma vertente de investigação e de translação de conhecimento para a sociedade. Insere-se numa investigação desenvolvida pela Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, da Universidade de Coimbra, Fundação Portuguesa de Cardiologia Delegação Centro e Unidade de risco cardiovascular do Hospital Misericórdia da Mealhada 'O coração é a razão'. Tem como objetivo estudar os efeitos de modificações comportamentais em exercício físico e alimentação em vários aspetos relacionados com o risco cardiovascular, a qualidade de vida, a aptidão física, o consumo com medicamentos, a sarcopenia e a autonomia funcional.

Explicação do estudo: Na investigação que irá decorrer estão incluídos: Testes físicos (envolvem atividades como andar ou correr em tapete rolante).

- Recolha do lactato a partir de amostra do sangue capilar.
- Recolha de mostra sanguínea por meio de técnico habilitado.
- Antropometria e composição corporal (massa corporal, estatura, perímetros, DEXA).
- Medições hemodinâmicas (pressão arterial e frequência cardíaca).
- Preenchimento de questionários (Questionário geral de saúde, qualidade de vida).

Será instruído para avisar o responsável pela administração dos testes e pelas aulas caso sinta algum desconforto ou sintomas não usuais, como dores no peito, tonturas, batimentos cardíacos irregulares, perdas de equilíbrio ou náuseas. Os dados serão recolhidos presencialmente durante o decorrer das aulas durante, estando previstos dois momentos de recolha, um num momento inicial e após 12 semanas.

Condições de participação: A sua participação é inteiramente voluntária e poderá ser interrompida quando o desejar, não existindo prejuízos assistenciais ou outros, caso não queira participar. Não existirá pagamento de deslocações ou contrapartidas.

1 http://portal.arsnorte.minsaude.pt/portal/page/portal/ARSNorte/Comiss%C3%A3o%20de%20C3%89tica/Ficheiros/Declaracao_Helsinquia_2008.pdf

2 <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2001/01/002A00/00140036.pdf>

Confidencialidade e anonimato: Todos os dados recolhidos serão mantidos confidenciais, sendo utilizados unicamente para fins de investigação. Será garantido o anonimato tendo sido pedida e obtida autorização da Comissão Nacional de Proteção de Dados, garantindo, em qualquer caso, que a identificação dos participantes nunca será tornada pública. Todos os contactos serão feitos em ambiente de privacidade.

Obrigado pela sua participação.

Declaro ter lido e compreendido este documento, bem como as informações verbais que me foram fornecidas. Foi-me garantida a possibilidade de, em qualquer altura, recusar participar neste estudo sem qualquer tipo de consequências. Desta forma, aceito participar neste estudo e permito a utilização dos dados que de forma voluntária forneço, confiando em que apenas serão utilizados para esta investigação e nas garantias de confidencialidade e anonimato que me são dadas pelo/a investigador/a.

Nome:

Assinatura: Data:
/...../.....

/

SE NÃO FOR O PRÓPRIO A ASSINAR POR IDADE OU INCAPACIDADE (se o menor tiver discernimento deve também assinar em cima, se consentir)

NOME:

BI/CDNº: DATA OU VALIDADE/...../.....

GRAU DE PARENTESCO OU TIPO DE REPRESENTAÇÃO:

ASSINATURA

ESTE DOCUMENTO É COMPOSTO DE 2 PÁGINAS E FEITO EM DUPLICADO:
UMA VIA PARA O INVESTIGADOR, OUTRA PARA A PESSOA QUE CONSENTE

8.5. Treino intervalado de alta intensidade melhora a qualidade de vida relacionada com a saúde em adultos e idosos com risco cardiovascular diagnosticado.

High intensity interval training improves health-related quality of life in adults and older adults with diagnosed cardiovascular risk

MARCO ANTÔNIO RABELO DA SILVA¹, LILIANA CARINA BAPTISTA², RAFAEL SANTOS NEVES³, ELIAS DE FRANÇA⁴, HELENA LOUREIRO⁵, MONICA DOS ANJOS COSTA REZENDE⁶, VANDESON DA SILVA FERREIRA⁷, MANUEL TEIXEIRA VERÍSSIMO⁸, RAUL AGOSTINHO MARTINS⁹

^{1,3,6,7,8,9} Faculty of Sport Sciences and Physical Education, University of Coimbra, PORTUGAL

² Department of Medicine, University of Alabama at Birmingham, UNITED STATES OF AMERICA

⁴ Metabolism of exercise Research and Study group, São Judas Tadeu University, BRAZIL

⁵ Escola Superior de Tecnologias da Saúde de Coimbra, PORTUGAL

¹ Universidade da Amazônia, BRAZIL

Published online: March 31, 2019

(Accepted for publication February 24, 2019)

DOI:10.7752/jpes.2019.01089

Abstract:

Background – The purpose of this study is to analyze the effects of high intensity exercise on health-related quality of life in middle-aged and elderly people with diagnosed cardiovascular risk. Methods – 39 men and women (67.0 ± 6.7 years-old) were randomly assigned to 3 groups: a) Group 1 (CT) included strength training and continuous aerobic training; b) Group 2 (HIT) included strength training and high intensity interval aerobic training; c) Control Group (CON) included participants without formal physical exercise. Intervention lasted for 12 weeks (3 sessions/week, and 50 minutes/session). CT group used 60-70% of maximal heart rate (HRmax), while HIT group alternated between 55-65% and 80-90% HRmax. The health-related quality of life (HRQoL) was assessed using the questionnaire Medical Outcomes Short Form Health Survey 36 (SF-36). Results – CT group improved general health (P = 0.031), while HIT group improved social functioning (P = 0.022), Physical Component Score (P = 0.042) and SF-36 Total (P = 0.032). CON group did not change HRQoL (P > 0.05). Conclusion – The high intensity interval training was the most effective to improve HRQoL, although some positive changes observed also after the continuous training, in middle-aged and elderly adults with diagnosed cardiovascular risk.

Key words: health-related quality of life, concurrent training, high intensity interval training, elderly.

Introduction

Quality of life (QoL) has been defined as “an individual's perception of their position in life in the context of the culture and values system in which they live and in relation to their goals, expectations, standards and concerns” (Power & Kuyken, 1998), being also positively associated with physical activity (Rejeski et al., 1996). Additionally, health-related quality of life (HRQoL) has been conceptualized based in individual's perception on impact of diseases on the different “spheres of life” (physical, mental, social, and functional health), being treated as a multidimensional construct and global health indicator (Balboa-Castillo et al., 2011).

The aging process is associated with a decline in physical structures and capacities such as muscle mass and strength that limit and reduce physical function, which contributes to increase health costs with physical and mental illnesses, and also decreases well-being and HRQoL (Sillanpää et al., 2012).

Among the several strategies available to mitigate this deleterious process, a more active lifestyle, including regular physical exercise, contributes significantly to the improvement of the physical component, reduction of cardiovascular risk (CVR), prevention of diseases and premature death, but also for the perception of a better QoL (Gary et al., 2012; Heyward & Gibson, 2014; Jewiss et al., 2016; Sillanpää et al., 2012).

However, the improvement of the adherence rate is one of the first challenges for practicing physical exercise, with the American College of Sports Medicine (ACSM) suggesting to practice in group, which seems to be associated with better adherence, higher physiological efficacy, social interaction and HRQoL, comparing to more individualized exercise programs (ACSM, 2018).

Concurrent training (CTR) protocols, performing aerobic and strength training in the same session, have been used to increase HRQoL and prevalence of practice in general populations (ACSM, 2018; Gary et al., 2012; Myers et al., 2013; Sillanpää et al., 2012). Unfortunately, evidence has been inconsistent about the effects of CTR protocols on HRQoL in middle-aged and elderly people with chronic non-communicable diseases. In fact,

-----611

Corresponding Author: MARCO ANTÔNIO RABELO DA SILVA, E-mail: marcorabelosilva@outlook.com

while some studies have observed positive associations between CTR and HRQoL in patients with type 2 diabetes mellitus (DM2) (Myers et al., 2013) and in heart failure (Gary et al., 2012; Jewiss et al., 2016), others did not find any gains in individuals with metabolic syndrome (Agner et al., 2018).

The inconsistency of the results could be related with the specific treatments used in each pathology, with the severity of the diseases, but also with the type and intensity of the training protocols (Wilhelm & Pinto, 2019). In fact, some authors (Weston et al., 2014) have suggested CTR as the most appropriate training to improve HRQoL in participants with moderate to higher CVR and / or chronic non-communicable diseases, particularly using the high intensity interval aerobic training (HIIT); while others have also associated HIIT with greater adaptations in VO_2 peak, and systolic volume, compared to continuous aerobic training with lower intensities, in subjects with cardiovascular disease (CVD), and DM2 (Aamot et al., 2016; Butcher e Jones, 2006; Cheema et al., 2015; Currie et al., 2015; Helgerud et al., 2010; Helgerud et al., 2011; Smart et al., 2012; Stavrinou et al., 2018). Therefore, the aim of the present study is to analyze the effects of CTR with continuous aerobic, and CTR with HIIT, in HRQoL of middle-aged and elderly participants with diagnosed CVR.

Materials and methods

Overall design

This randomized controlled trial is part of a larger intervention aiming to study the effects of CTR with continuous aerobic and CTR with HIIT in several health indicators in individuals with diagnosed CVR (67.0 ± 6.7 years-old). Participants were part of the project “*O Coração é a Razão – Unidade de Risco Cardiovascular*”, developed with the support of the following institutions: *Câmara Municipal da Mealhada; Santa Casa da Misericórdia da Mealhada; Hospital da Misericórdia da Mealhada; Fundação Portuguesa de Cardiologia; Administração Regional de Saúde do Centro; Centro de Saúde da Mealhada*.

Participants were recruited from the cardiology consultations at the *Hospital da Misericórdia da Mealhada* and the inclusion criteria for the clinical characterization of CVR and to the definition of metabolic syndrome were based on the guidelines of ACSM (2014), and on the criteria of the International Diabetes Federation (2005). The exclusion criteria included decompensated heart failure, angina pectoris, history of myocardial infarction or stroke less than one year of evolution, uncontrolled hypertension and self-reported renal failure. In addition, if participants did not attend at least 2/3 of the training sessions they were excluded from the analysis.

Participants were randomly assigned to 3 groups: a) Continuous concurrent exercise group (CT), included strength training and continuous cardiovascular training ($n = 13$; 15% men); b) High intensity interval concurrent exercise group (HIT), included strength training and HIIT ($n = 13$; 31% men); c) Control group (CON), included participants without formal physical exercise ($n = 13$; 31% men). The physical exercise intervention lasted for 12 weeks (3 sessions/week; 50 minutes/session). The training intensity was set between 60-70% of the maximum heart rate (HR_{max}) in CT group, while in the HIT group the values ranged from 55-65% to 80-90% HR_{max} as measured by cardiac-telemetry devices. All the participants were instructed to maintain the same nutritional pattern during the period of the investigation. All participants signed freely an informed consent form, in accordance with the Declaration of Helsinki. The study design, methods and procedures were previously approved (Reference: CE/FCDEF-UC/00202016) by the Ethic Committee of the Faculty of Sport Sciences and Physical Education of the University of Coimbra (FCDEF).

Sample characteristics

A group of 129 people was initially selected to participate in the research. After applying inclusion and exclusion criteria, 39 participants remain. All these participants completed at least the 2/3 of the sessions in the 12 weeks of intervention. As described by the Figure 1, participants were divided into three groups: the CT group (71.1 ± 4.8 years old), HIT group (63.3 ± 7.2 years old), and CON group (67.8 ± 3.8 years old).

Interventions and procedures

The specific objective of this study is to understand the effects of CTR with continuous aerobic and CTR with HIIT on the perception of HRQoL in participants with moderate to high CVR. The HRQoL was evaluated using the Medical Outcomes Short Form Health Survey 36 (SF-36). At the FCDEF, and at the School of Health Technologies of Coimbra, after the recruitment period, participants completed the SF-36 questionnaire, collected anthropometric measurements and evaluated cardiorespiratory fitness (VO_2 peak).

All procedures were performed by a specialized technical team, composed by Nurses, Physicians, Health Technicians and Physical Education Teachers, in laboratory following the guidelines of the ACSM (2014). All the evaluations occurred between May 2016 and September 2016. The same sequence was followed for the tests, both in the initial and final evaluations, after 12 weeks, with the same team of investigation, to minimize the errors inherent to the evaluator.

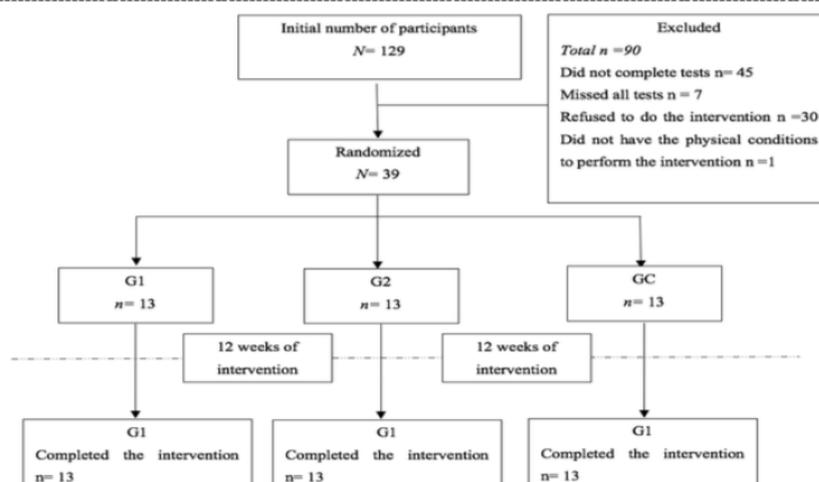


Fig. 1. Cohort flux diagram

Exercise Programs

Two CTR protocols (including strength, aerobic and flexibility exercises) were developed for the intervention groups (CT and HIT groups). The difference between protocols was based on the mode and on the intensity of the aerobic training. The sessions consisted of warm-up, strength training, aerobic training (continuous or HIIT) and flexibility, 3 times per week for 12 weeks, in a closed gymnastic pavilion.

Strength training consisted of 2 sets of 8-15 repetitions, with a recovery interval of 1 to 2 minutes (ACSM, 2014; Heyward & Gibson, 2014), totaling approximately 20 minutes per session. The strength exercises were: deadlift, barbell bent-over row, stiff-leg deadlift, bench press and crunches. The intensity was assessed through the subjective perceived exertion scale of Borg CR-10 (1982), with intensity between 2 and 5 (increased over the weeks). Also for the strength training, steel bars with 1.20 meters were used and plates were gradually increased according to the capacity to overcome the load. The periodization occurred as described in the Table 1.

Table 1. Strength training periodization.

Weeks	Intensity (Borg CR-10)	Repetitions
1 and 2	2	15
3 to 5	3	12-15
6 to 10	4	10-12
11 to 12	5	8-10

Continuous aerobic training was carried out by the participants of the CT group, having completed 25 minutes of walking respecting a moderate to vigorous intensity (60-70% HR_{max}), controlled by cardiac-telemetry devices model ONRHYTHM 110 KALENJI® (Villeneuve, France). It was also used the scale of Borg CR-10 (Borg, 1982) to control the subjective intensity (3-5 points). The HIIT was performed by HIT group. Participants ran for 3 minutes, with the intensity of 80-90% HR_{max}, 3 times/session and walking for 3 minutes with an intensity of 55-65% HR_{max}, 2 times/session, controlled by cardiac-telemetry devices model ONRHYTHM 110 KALENJI® (Villeneuve, France). It was also used the scale of Borg CR-10 (Borg, 1982) (5-7 points for high intensity, and 2-3 for low intensity).

The flexibility was trained at last 5 minutes in each session, at the final moment. The stretches were static, during 10 to 15 seconds for each movement, with 1 to 2 repetitions for the large muscle groups.

Anthropometry

The determination of the body mass was obtained through the portable digital scale SECA® model 770 (Hamburg, Germany), with a precision of 100 grams. The stature was determined by means of the portable stadiometer Harpenden, model 98.603 (Crosswell, United Kindon), with a precision of 0.1 centimeters. Waist circumference (WC) was measured using a plastic tape measure HOLTAIN® (Crosswell, United Kindon), with 2 meters and a precision of 0.1 centimeters (measurements were made at the midpoint between the lower rib and the top of the iliac crest with the relaxed abdomen). The fat mass was evaluated by dual energy radiological densitometry (DEXA), assessed by Lunar iDXA GE® (Diegem, Belgium). Body mass index (BMI) was calculated by dividing body mass in kilograms by stature squared in meters.

Cardiorespiratory Fitness

The modified Bruce protocol (Lerman et al., 1976) was performed to evaluate VO_{2peak} on an ergometric treadmill HP Cosmos[®], model Pulsar[®] (Nussdorf, Germany). The protocol is composed of stages lasting 3 minutes; HR was evaluated continuously; gas exchanges (O_2 and CO_2) were determined continuously by ergospirometry (Quark CPET COSMED[®]) (Roma, Italy), calibrated at each test and programmed to provide the average breath by breath value; the subjective perception of effort (CR-10) was determined at the end of each stage and at the end of the protocol (Borg, 1982). The first three stages have an energy expenditure between 0,5 - 1 MET, with the speed of 2,74 km/h, and the inclination varying between 0%, 5% and 10%, respectively. The fourth stage has the speed of 4,02 km/h and inclination of 12%, the fifth 5,47 km/h and 14%, the sixth 6,75 km/h and 16%, the seventh 8,04 km/h and 18%, the eighth 8,85 km/h with 20%, and the ninth 9,65 km/h and 22% (Fletcher et al., 2013). A 12-lead electrocardiogram (ECG) was conducted during all the protocols. Interruption criteria were in agreement with ACSM (2014) which were: angina symptoms, nervous system symptoms (ataxia, dizziness or near syncope), signs of poor perfusion (cyanosis or pallor), difficulty in monitoring the electrocardiogram, individual interruption, sustained ventricular tachycardia, and when HR exceeded 85% of HR_{max} predicted according to the formula $HR_{max} = 208 - 0.7 \times age$ (Tanaka et al., 2001). We considered the test valid when the individuals reached one of the following criteria: 85% HR_{max} predicted by Tanaka's (2001) formula, respiratory exchange ratio > 1.05 , or voluntary exhaustion. The VO_{2peak} was calculated as the average values registered during the last 30s of the test.

Health-related quality of life

To assess the HRQoL of the participants, the SF-36 was used before and after the 12 weeks of intervention. The SF-36 was developed by Ware e Sherbourne (1992) and was previously validated for the Portuguese population (Ferreira, 2000). The survey is composed of 36 items and the values of the scores vary between 0 and 100, and it is verified that the higher the value, the better the perception of functional health and well-being. In addition to calculating the dimensions separately, Ware et al. (2000) have elaborated calculations and methods that give results in relation to physical and mental components, in addition to the total SF-36, which is a general summation. The items are separated into eight health-related dimensions: Physical Functioning (PF), Role-Physical limitations (RP), Bodily Pain (BP), General Health (GH), Vitality (V), Social Functioning (SF), Role-Emotional limitations (RE) and Mental Health (MH). There are also the Physical Component Score (PCS) and the Mental Component Score (MCS), and the Total SF-36 Score (Ware et al., 2000).

Health history

The demographic and health history of the participants was assessed using a general questionnaire. This instrument includes questions on age, sex, level of schooling, life situation, exercise, smoking and presence of diseases such as heart disease, hypertension, stroke, diabetes, dyslipidemia, pulmonary osteoarthritis diseases, liver diseases, thyroid diseases, visual and hearing problems, cancer, Parkinson's disease, Alzheimer's disease, dementia or other comorbidities. The self-reported questionnaire also included questions on the type and amount of medications individual are taking daily.

Statistical analysis

The baseline characteristics of the participants were described using frequencies, means and standard deviations (SD) for the following variables: age, body weight, WC, BMI, fat mass, VO_{2peak} and domains of SF-36. The clinical characteristics of the participants were analyzed per group. The normality was tested by the Shapiro-Wilks test, verifying that none of the variables presented values greater than +3 or -3 in asymmetry and kurtosis (Hair et al., 2006; Lomax et al., 2004). The differences between the groups were explored using the multivariate analysis of variance (MANOVA), for a 95% level of significance. To calculate the differences within groups and between the evaluations, it was used an analysis of the variance (ANOVA) for repeated measures. The effect size was calculated using the statistical calculation *d* Cohen (1988), and the standardized effect sizes were classified as small (< 0.20), moderate (0.20 to 0.79) and large (> 0.80). All statistical analyzes used the software Statistical Package for the Social Sciences for Windows (IBM-SPSS, Inc., Chicago, IL, EUA), version 24.0.

Results

Comparisons at baseline

The results are described in the Table 2 and Table 3, being also presented the differences between groups for the variables of interest. At baseline, the three groups (CT, HIT and CON) showed similar values for the variables body mass, BMI, WC, fat mass and VO_{2peak} ($P > 0.05$). Also at baseline, the CT group was older than the HIT group ($P = 0.001$) as verified after multiple comparison (Bonferroni test). The HRQoL was also similar in the three groups, at baseline, with the exception of the dimension SF that was lower in the HIT group than in the CT group ($P = 0.025$).

Comparisons between evaluations in HRQoL

Table 4 describes the values of the dimensions of the HRQoL at the end of the intervention, after 12 weeks, for each one of the three groups. In the CT group, only the dimension GH presented a statistical significant change ($P = 0.031$) corresponding to an increase of 14%. In the HIT group, the variables SF, PCS, and SF-36 Total also changed ($P < 0.05$), corresponding to increases of 27%, 7% and 12%, respectively. In the CON group, none of the variables changed during the intervention period ($P > 0.05$).

The comparisons between groups after the 12-weeks intervention period, from a repeated-measures ANOVA, revealed similar values for the variables PF, RP, V and MH ($P > 0.05$). Differently, the variables BP, GH, SF, RE, PCS, MCS and SF-36 Total show differences between groups ($P < 0.05$) translating the gains in HRQoL observed in CT and HIT groups after the exercise intervention. Interaction between groups and variables was found in the dimension SF ($P = 0.044$), and Bonferroni test shows differences between CT and HIT group ($P = 0.039$) translating the increase observed in the HIT group after the 12-weeks intervention.

Regarding the effect size, the results were – in CT group, the variables PF and GH show medium effect ($d \geq 0.4$); in HIT group the variables SF and RE show medium effect; and in CON group RE show medium effect. All the other variables showed small effect ($d < 0.4$).

Table 2. Baseline characteristics of the participants, and comparisons between groups calculated from a MANOVA controlling for the effect of sex.

	CT Group (n = 13)	HIT Group (n = 13)	CON Group (n = 13)	P
Women, n (%)	11 (85%)	9 (69%)	9 (69%)	
Age, years	71.1 (4.8)	63.3 (7.2)	67.8 (3.8)	0.001**
Body mass, kg	70.5 (14.6)	77.9 (17.4)	76.1 (9.3)	0.596
BMI, kg/m ²	29.3 (5.5)	31.1 (5.5)	29.5 (3.2)	0.633
Waist circumference, cm	98.2 (11.5)	102.5 (14.7)	100.1 (7.9)	0.788
Fat mass, %	38.6 (4.6)	39.5 (7.3)	38.2 (6.2)	0.554
VO ₂ peak, mL/kg/min	19.7 (3.9)	21.4 (4.0)	20.5 (3.3)	0.577
History of health / Total / per group				
Arterial hypertension = 24	8	10	6	
Diabetes Melitus T2 = 5	1	2	2	
Dyslipidemia = 20	12	6	2	
Central obesity = 37	11	13	13	
BMI obesity = 18	7	6	5	

* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$.

Table 3. Health-related quality of life at baseline and comparison between groups calculated from a MANOVA controlling for the effect of sex.

	CT Group (n = 13)	HIT Group (n = 13)	CON Group (n = 13)	P
Women, n (%)	11 (85%)	9 (69%)	9 (69%)	
Physical Functioning	63 (33)	75 (19)	70 (25)	0.553
Role-Physical	73 (27)	62 (32)	72 (20)	0.520
Bodily Pain	60 (34)	55 (26)	52 (25)	0.799
General Health	54 (14)	51 (19)	58 (18)	0.596
Vitality	57 (23)	58 (27)	61 (18)	0.911
Social Functioning	91 (19)	62 (36)	80 (20)	0.027*
Role-Emotional	78 (29)	61 (31)	75 (22)	0.245
Mental Health	71 (25)	55 (29)	68 (22)	0.233
Physical Component Score	62 (22)	61 (19)	63 (16)	0.944
Mental Component Score	74 (21)	59 (28)	71 (17)	0.192
SF-36 Total	68 (20)	60 (22)	67 (18)	0.488

* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$.

Table 4. Differences between initial (pre) and final (post) evaluations in the HRQoL calculated from ANOVA for repeated measures and effect size.

	CT Group (n = 13)		ES	HIT Group (n = 13)		ES	CON Group (n = 13)		EF	B groups P
	D.M. (D.P.)	P		D.M. (D.P.)	P		D.M. (D.P.)	P		
PF	10.7 (8.3)	0.221	0.414	-3 (3.2)	0.367	0.175	2.3 (2.4)	0.363	0.109	0.289
RP	0.4 (5)	0.938	0.000	10.1 (8)	0.069	0.354	0.1 (8.0)	0.996	0.002	0.331
BP	10.6 (6.2)	0.116	0.345	8.9 (4.6)	0.082	0.353	1.3 (6.1)	0.828	0.053	0.042*
GH	8.4 (3.4)	0.031*	0.551	1.9 (2)	0.356	0.111	2.6 (4.9)	0.594	0.143	0.047*
V	3.8 (4.8)	0.443	0.202	-1.5 (4.9)	0.760	0.042	0.7 (3.3)	0.982	0.038	0.766
SF	0.1 (4.8)	0.994	0.000	17.3 (6.5)	0.022*	0.591	1.9 (3.4)	0.630	0.111	0.042*
RE	4.5 (3.6)	0.233	0.201	14.2 (6.8)	0.061	0.529	7.6 (7.1)	0.299	0.411	0.017*
MH	8 (6.1)	0.216	0.402	7.6 (5.4)	0.186	0.306	-0.3 (4.4)	0.933	0.018	0.110
PCS	7.5 (3.8)	0.072	0.407	4.4 (1.9)	0.042*	0.222	1.6 (3.7)	0.673	0.094	0.022*
MCS	4.0 (3.5)	0.287	0.224	9.6 (4.8)	0.068	0.389	2.3 (2.9)	0.456	0.147	0.023*
SF36	5.8 (2.8)	0.065	0.348	7.1 (2.9)	0.032*	0.372	1.9 (3.0)	0.529	0.129	0.006**

D.M. = Differences of means; S.D. = Standard deviation; * $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; B (Between) ES (effect size); PF (Physical Functioning); RP (Role-Physical limitations); BP (Bodily Pain); GH (General Health); V (Vitality); SF (Social Functioning); RE (Role-Emotional limitations); MH (Mental Health); PCS (Physical Component Score); MCS (Mental Component Score); SF36 (Total SF-36 Score).

Discussion

Through this study it is possible to say that 12-weeks of CTR improve HRQoL in adults and older adults with moderate to high CVR. Specifically, after the intervention, CT group moderately increased GH (8.4 (3.4); $p=0.031$). Likewise, HIT group moderately increased SF (17.3 (6.5); $P=0.022$), the PCS (4.4 (1.9); $P=0.042$) and SF-36 Total (7.1 (2.9); $P=0.032$). No statistical changes in HRQoL were found in CON group. Investigations with similar study design are scarce and the conclusions have been inconsistent. Agner et al. (2018) found, after 12-weeks of continuous aerobic CTR intervention, in elderly individuals with metabolic syndrome and high CVD, a trend of improvement in the PF, RP, BP, V and MH, although not statistically significant. Burich, R. et al. (2015), who also submitted elderly participants to a 12-weeks of continuous aerobic CTR, found an improvement of 11% in the GH dimension ($P < 0.001$), which is close to the significant improvement of 14% observed in our study by the CT group participants. On the other hand, a 12-week study in adult and elderly participants with heart failure (Mandic et al., 2009), did not find significant improvement in the HRQoL, in the participants who performed continuous aerobic CTR, and only those who underwent continuous aerobic training achieved significant gains ($P < 0.001$). Another study that applied CTR intervention with continuous aerobic during 12-weeks (Gary et al., 2012) in elderly patients with heart failure found improvements in HRQoL, with statistically significant differences ($P < 0.001$). Although they used another instrument to evaluate the HRQoL, they found a positive and significant response in the total sum, as in our study. Another study tested the effects of 12-weeks of continuous aerobic CTR in aquatic environment (Silva et al., 2018) in healthy elderly ladies, but did not find significant improvement in HRQoL ($P > 0.05$).

The results obtained in the previous studies are quite diverse. Even though the studies were carried out with participants of a similar age, though with different clinical conditions, it was not possible to obtain gains in the HRQoL as those obtained by our study. Possibly, since much of the clinical factors are chronic and have been established for some time, the period in which the intervention occurred is determinant for the results. Following this rationale, Tibana et al. (2014) performed a CTR intervention with continuous aerobic, during 10-weeks in adult women with metabolic syndrome. In this study they achieved a significant response in the PF dimension ($P = 0.011$), which lead one to believe that the sooner the intervention starts, the easier it will be to achieve significant improvements. On the other hand, in people with more advanced ages, it may be interesting to provide an intervention with greater intensity, just as our study did, so that the significant improvement of the physical functioning dimension is achieved more quickly.

Longer studies were conducted by other authors, obtaining other types of responses. Sillanpää and colleagues applied for 21-weeks a CTR program with continuous aerobic in healthy middle-aged adults and elderly, having obtained improvements in the V dimension ($P = 0.038$). Similarly, Myers et al. (2013), in a 9-months investigation in adults and elderly participants with DM2, who performed CTR with continuous aerobic, found significant improvements in the V dimension comparing with control group ($P = 0.021$) and with those who performed only continuous aerobic training ($P = 0.031$). Comparing with those who performed only continuous aerobic training, found also differences in the MH dimension ($P = 0.008$) and MCS ($P = 0.004$).

Another longitudinal investigation (24-months) was carried out by Baptista et al. (2017) who submitted elderly patients with DM2 to an intervention with CTR with continuous aerobic. Significant improvements were found in PF ($P < 0.001$), RP ($P < 0.015$), BP ($P < 0.001$), GH ($P < 0.006$), SF ($P < 0.001$), RE ($P < 0.008$), PCS ($P < 0.001$), MCS ($P \leq 0.014$), SF-36 Total ($P < 0.001$). Our randomized controlled study found significant improvements in line of the work of Baptista and colleagues (2017). However, the period of intervention and also the intensity of the training protocols were different, suggesting that it may be necessary to practice at higher intensities if the goal is to achieve significant improvements in a short period of time, since 12-weeks with lower intensities have not been able to show similar consistency in the HRQoL gains.

Conclusion

In conclusion, this study shows that the two types of training improved HRQoL. However, CTR with HIIT proved to be more effective than continuous aerobic CTR in improving HRQoL perception in middle-aged and elderly adults with moderate and high CVR. Research with a larger sample and a longer intervention period would be useful to better understand the effectiveness of this type of approach.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Faculty of Sport Sciences and Physical Education of the University of Coimbra (by technical support), *Câmara Municipal da Mealhada Santa Casa da Misericórdia da Mealhada, Hospital da Misericórdia da Mealhada, Fundação Portuguesa de Cardiologia, Administração Regional de Saúde do Centro; Centro de Saúde da Mealhada and Associação para o Estudo e Investigação em Geriatria e Nutrição clínica* (by the project "O coração é a razão")

Conflict of interest.

The authors of this article declare that there are no conflicts of interest.

References

- Aamot, I. L., Karlsen, T., Dalen, H., & Støylen, A. (2016). Long-term Exercise Adherence After High-intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation: A Randomized Study. *Physiotherapy Research International*, 21(1), 54–64. <https://doi.org/10.1002/pri.1619>.
- ACSM (2014). American College of Sports Medicine guidelines for exercise testing and prescription. Lippincott Williams & Wilkins.
- Agner, V. F. C., Garcia, M. C., Taffarel, A. A., Mourão, C. B., da Silva, I. P., da Silva, S. P., ... Lombardi, I. (2018). Effects of concurrent training on muscle strength in older adults with metabolic syndrome: A randomized controlled clinical trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 75(March 2016), 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2017.12.011>.
- Balboa-Castillo, T., León-Muñoz, L. M., Graciani, A., Rodríguez-Artalejo, F., & Guallar-Castillón, P. (2011). Longitudinal association of physical activity and sedentary behavior during leisure time with health-related quality of life in community-dwelling older adults. *Health and Quality of Life Outcomes*, 9(1), 47. <https://doi.org/10.1186/1477-7525-9-47>.
- Baptista, L. C., Machado-Rodrigues, A. M., & Martins, R. A. (2017). Exercise but not metformin improves health-related quality of life and mood states in older adults with type 2 diabetes. *European Journal of Sport Science*, 17(6), 794–804. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1310933>.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med sci sports exerc*, 14(5), 377-381.
- Burich, R., Teljigović, S., Boyle, E., & Sjøgaard, G. (2015). Aerobic training alone or combined with strength training affects fitness in elderly: Randomized trial. *European Journal of Sport Science*. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1060262>.
- Butcher, S. J., & Jones, R. L. (2006). The impact of exercise training intensity on change in physiological function in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Sports Medicine*, 36(4), 307–325. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636040-00003>.
- Cheema, B. S., Davies, T. B., Stewart, M., Papalia, S., & Atlantis, E. (2015). The feasibility and effectiveness of high-intensity interval training in adults with abdominal obesity: a pilot study. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation*, 7(1), 27–44.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. Auflage). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Currie, K. D., Bailey, K. J., Jung, M. E., McKelvie, R. S., & MacDonald, M. J. (2015). Effects of resistance training combined with moderate-intensity endurance or low-volume high-intensity interval exercise on cardiovascular risk factors in patients with coronary artery disease. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(6), 637–642. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.013>.
- Ferreira, P. L. (2000). Criação da versão portuguesa do MOS SF-36. Parte I—Adaptação cultural e linguística. *Acta Med Port*, 13(1-2), 55-66.
- Fletcher, G. F., Ades, P. A., Kligfield, P., Arena, R., Balady, G. J., Bittner, V. A., ... Williams, M. A. (2013). Exercise standards for testing and training: A scientific statement from the American heart association. *Circulation*, 128(8), 873–934. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e31829b5b44>.
- Gary, Rebecca A, Cress, M Elaine, Higgins, M. K., & Smith, Andrew L, Dunbar, S. B. (2012). NIH Public Access. *Journal of Cardiovascular Nursing*, 27(5), 418–430. <https://doi.org/10.1097/JCN.0b013e31822ad3c3.A>.
- Hair, Joseph F., Black, Barry Babin, Rolph E. Anderson, and Ronald L. Tatham (2006), *Multivariate Data Analysis*, 6th ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Helgerud, J., Bjørgen, S., Karlsen, T., Husby, V. S., Steinshamn, S., Richardson, R. S., & Hoff, J. (2010). Hyperoxic interval training in chronic obstructive pulmonary disease patients with oxygen desaturation at peak exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(1), 1–8. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00937.x>.
- Helgerud, J., Karlsen, T., Kim, W. Y., Høydal, K. L., Støylen, A., Pedersen, H., ... Hoff, J. (2011). Interval and strength training in CAD Patients. *International Journal of Sports Medicine*, 32(1), 54–59. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1267180>.
- Heyward, V. H., & Gibson, A. (2014). *Advanced fitness assessment and exercise prescription 7th edition*. Human kinetics.
- Idf, T. (2005). New consensus definition of the metabolic syndrome. *British Journal of Cardiology*, 12(3), 180. <https://doi.org/10.14341/2071-8713-4854>.
- Jewiss, D., Ostman, C., & NA, S. (2016). The effect of resistance training on clinical outcomes in heart failure: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Cardiology*, 221, 674–681. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.07.046>.
- Lerman, J., Bruce, R. A., Sivarajan, E., Pettet, G. E., & Trimble, S. (1976). Low-level dynamic exercises for earlier cardiac rehabilitation: aerobic and hemodynamic responses. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 57(8), 355-360.

8.6. Os efeitos do treino concorrente, combinando exercício resistido e treino intervalado de alta intensidade ou treino contínuo de intensidade moderada, na síndrome metabólica.



The Effects of Concurrent Training Combining Both Resistance Exercise and High-Intensity Interval Training or Moderate-Intensity Continuous Training on Metabolic Syndrome

OPEN ACCESS

Edited by:

Jinlei Nie,
Macao Polytechnic Institute, Macau

Reviewed by:

Rodrigo Ramirez-Campillo,
University of Los Lagos, Chile
Shohn Gerhard Wormgoor,
Universal College of Learning,
New Zealand
Fang Hui Li,
Nanjing Normal University, China

*Correspondence:

Marco Antônio R. Da Silva
marcorabelosilva@outlook.com
Elias De França
elias.de.f@hotmail.com

† Present address:

Manuel T. Veríssimo,
Faculty of Medicine, University of
Coimbra, Coimbra, Portugal

Specialty section:

This article was submitted to
Exercise Physiology,
a section of the journal
Frontiers in Physiology

Received: 16 January 2020

Accepted: 07 May 2020

Published: 11 June 2020

Citation:

Da Silva MAR, Baptista LC,
Neves RS, De França E, Loureiro H,
Lira FS, Caperuto EC, Veríssimo MT
and Martins RA (2020) The Effects
of Concurrent Training Combining
Both Resistance Exercise
and High-Intensity Interval Training or
Moderate-Intensity Continuous
Training on Metabolic Syndrome.
Front. Physiol. 11:572.
doi: 10.3389/fphys.2020.00572

Marco Antônio R. Da Silva^{1,2*}, Líliliana C. Baptista³, Rafael S. Neves¹, Elias De França^{4*}, Helena Loureiro^{1,5}, Fabio Santos Lira⁶, Erico C. Caperuto⁴, Manuel T. Veríssimo[†] and Raul A. Martins[†]

¹ Faculty of Sport Sciences and Physical Education, University of Coimbra, Coimbra, Portugal, ² Department of Physical Education, Universidade da Amazônia, Belém, Brazil, ³ Department of Medicine, The University of Alabama at Birmingham, Birmingham, AL, United States, ⁴ Human Movement Laboratory, São Judas Tadeu University, São Paulo, Brazil, ⁵ School of Health Technologies, Polytechnic Institute of Coimbra, Coimbra, Portugal, ⁶ Exercise and Immunometabolism Research Group, Department of Physical Education, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente, Brazil

To date, there are several knowledge gaps on how to properly prescribe concurrent training to achieve the best dose-response, especially regarding the optimal intensity or volume of the aerobic component. Thus, the objective of this study is to analyze the effects of different aerobic exercise modes and intensities [i.e. aerobic high-intensity interval training (HIIT) versus moderate-intensity continuous aerobic training (MICT) combined with a resistance training (RT) program] on metabolic outcomes in participants with metabolic syndrome (MetS). Thirty-nine men and women (67.0 ± 6.7 years) volunteered to a 12-weeks exercise intervention (3 week⁻¹, 50 min/session) and were randomly assigned to one of three groups: (a) RT plus MICT (RT+MICT) (2 males; 11 females); (b) RT plus HIIT (RT+HIIT) (4 males; 9 females); and (c) control group (CON) – without formal exercise (4 males; 9 females). Intensity was established between 60 and 70% of maximum heart rate (HRmax) in RT+MICT and ranged from 55–65% to 80–90% HRmax in the RT+HIIT group. Dependent outcomes included morphological, metabolic and hemodynamic variables. Both training groups improved waist circumference (RT+MICT: $P = 0.019$; RT+HIIT: $P = 0.003$), but not body weight, fat mass or fat-free mass ($P \geq 0.114$). RT+HIIT group improved fasting glucose ($P = 0.014$), low density lipoprotein [LDL ($P = 0.022$)], insulin ($P = 0.034$) and homeostatic model assessment ($P = 0.028$). RT+MICT group reduced triglycerides ($P = 0.053$). Both exercise interventions did not change high sensitivity C-reactive protein, glycated hemoglobin, high density lipoprotein and total cholesterol, systolic, diastolic or mean arterial blood pressure ($P \geq 0.05$). The CON group reduced the LDL ($P = 0.031$). This trial suggests that short-term exercise mode and intensity may differently impact the metabolic profile of individuals with MetS. Further, our data suggests that both concurrent trainings promote important cardiometabolic gains,

particularly in the RT+HIIT. Nonetheless, due to the small-to-moderate effect size and the short-term intervention length, our data suggests that the intervention length also has an important modulating role in these benefits in older adults with MetS. Therefore, more research is needed to confirm our results using longer exercise interventions and larger groups.

Keywords: age groups, high-intensity interval training, resistance training, endurance training, metabolic syndrome

INTRODUCTION

Metabolic syndrome (MetS) is a combination of the most dangerous cardiovascular risk (CVR) factors including hyperglycemia, low density lipoprotein cholesterol (LDL-C), elevated triglycerides (TG), elevated systolic blood pressure (SBP) and increased waist circumference (WC) (Alberti et al., 2006). According to the International Diabetes Federation (IDF) MetS definition, almost 20–25% of the adult's world population have MetS (Alberti et al., 2006) and those with MetS have an increased risk (~ three times higher) of heart attack, stroke, type 2 diabetes (T2D), all-cause and cardiovascular death (Alberti et al., 2006; Sherling et al., 2017). Further, modifiable risk factors such as physical inactivity, diet and sedentary behavior have all been associated with the increase in MetS prevalence (Roberts and Barnard, 2005). Given the demographic shift (United Nations, 2009) and the prevalence of MetS in older adults, there is an urgent need of effective interventions to target MetS outcomes.

The increase in physical exercise has been recommended in prevention, primary treatment of cardiovascular disease (CVD) and MetS due to the cardioprotective benefits associated with the improvement of cardiorespiratory fitness (CRF) (Lakka and Laaksonen, 2007; Pedersen and Saltin, 2015; Ingle et al., 2017). On one hand, aerobic exercise promotes significant improvements in WC, fasting glucose, high density lipoprotein cholesterol (HDL-C), TG, diastolic blood pressure (DBP) and CRF in middle-aged and older adults (Wewege et al., 2018). On the other hand, resistance training (RT), an exercise regimen that increases muscle mass and strength, improves insulin sensitivity, enhances glucose oxidation (Bird and Hawley, 2017) and reduces the risk of premature death (Stamatakis et al., 2017). Notably, concurrent training, an integrative exercise modality that combines RT plus aerobic exercise may provide the benefits of both interventions (Stamatakis et al., 2017). When compared to control (no exercise) groups, concurrent training decreased WC, SBP and increased HDL-C and peak oxygen consumption (VO_2 peak) in patients with MetS (Ostman et al., 2017). However, a recent meta-analysis (Wewege et al., 2018) concluded that is required more studies with concurrent training to improve the quality of evidence on MetS risk factors.

Intensity is an important exercise prescription outcome, although to date, few studies using high-intensity interval aerobic training (HIIT) (Guadalupe-Grau et al., 2017; García-Pinillos et al., 2019) and moderate intensity continuous training [MICT (Ferrari et al., 2016)] have successfully been combined with resistance training (RT) program to improve neuromuscular

and cardiorespiratory functions. However, to the best of our knowledge, there are no studies with RT+HIIT on MetS risk factors in older adults. Therefore, there is no empirical evidence to prescribe HIIT in detriment to MICT (or vice-versa) to improve MetS risk factors when associated to RT in older adults with MetS. Consequently, the aim of this study is to analyze the effects of different aerobic exercise modes and intensities (RT+HIIT versus RT+MICT) on metabolic outcomes in adults and older adults with MetS.

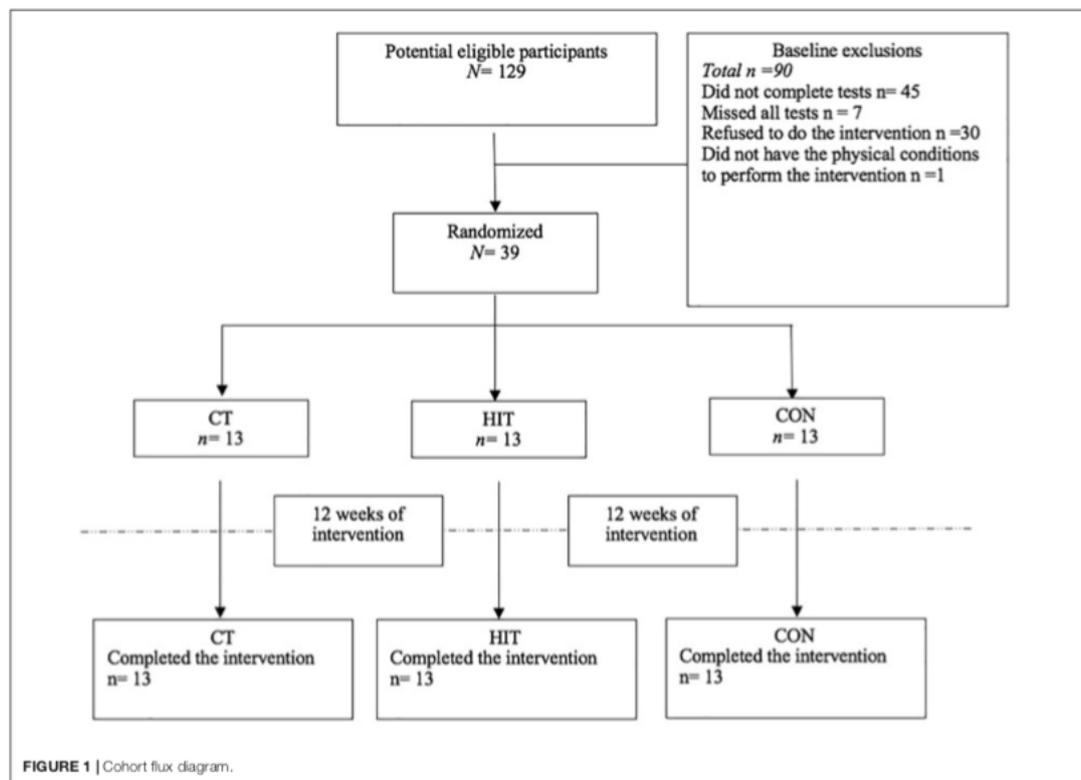
MATERIALS AND METHODS

Study Design and Procedures

This clinical trial was conducted between May and September 2016 and the primary aim was to evaluate the effects of two modes and intensities of exercise, in MetS outcomes, in adults and older adults. This trial was developed at the Mealhada region, Portugal. Participants that agreed to participate in this study signed the informed consent form prior to study entry, consistent with the Declaration of Helsinki and later amendments (WMA, 2018). Furthermore, all methods and procedures were approved by the Ethic Committee of the Faculty of Sport Sciences and Physical Education of the University of Coimbra (FCDEF), Reference: CE/FCDEF-UC/00202016).

Participants, were recruited from a public cardiology institution and were randomly assigned into one of 3 groups: (1) moderate-intensity continuous aerobic training (MICT) associate to resistance training (RT) ($n = 13$; 15% men); (2) High-intensity interval training (HIIT) associated to RT ($n = 13$; 31% men); and (3) Control group (CON), did not perform any formal exercise program ($n = 13$; 31% men) (Figure 1). Participants' age ranged between 48 and 77 years old. All participants were sedentary (≤ 2 physical activity day per week ≤ 30 min per session), did not participate in structured training and presented at least 3 of the 5 MetS attributes.

The total exercise intervention length was of 12-weeks (3 sessions/week, 50 min/session). Intensity was established between 60 and 70% of maximal heart rate (HRmax) in RT+MICT group and varied between 55–65% and 80–90% of HRmax in the RT+HIIT group. The HRmax was estimated using Tanaka et al. (2001) equation (i.e. $(208 - \text{age}) * 0.7$). Outcomes were evaluated at baseline and at the end of the intervention (12-weeks). Participants of the CON group did not engage in a formal exercise program during the intervention period and physical activity levels were self-reported by questionnaire at baseline and



at the end of the intervention. Similarly, a self-reported dietary questionnaire was used to assess the food intake at baseline and after the intervention. All groups were instructed to maintain the same nutritional pattern throughout the trial and no changes in energy intake nor in macronutrients were reported.

After the recruitment period, participants completed the baseline testing including the measurement of the anthropometric and the hemodynamic profile, functional tests and CRF. All procedures were performed by specialized technical staff (nurses, physicians, health technicians and exercise physiologists), in appropriate facilities according to ACSM guidelines (Pescatello et al., 2014). Throughout the intervention, the same team of evaluators performed the measurements in the same order at baseline and after the 12-weeks of the intervention, to avoid evaluation errors and maintain the consistency of procedures. The technical staff was blinded for the post measurements once data was centralized in our laboratory and the staff responsible for the assessments was different from those responsible for running the exercise programs.

MetS was defined according to IDF criteria (Alberti et al., 2006). All participants had MetS according to IDF definition (IDF, 2006) and thus, had at least three or more of the following five attributes: (i) WC ≥ 94 cm for men or ≥ 80 cm for women;

(ii) blood pressure above 130/85 mmHg; (iii) fasting blood glucose (FBG) ≥ 100 mg/dL; (iv) blood TG ≥ 150 mg/dL; and (v) HDL-C < 40 mg/dL for men and < 50 mg/dL for women (Table 2). Participants were excluded according with the following criteria: (i) decompensated heart failure; (ii) angina pectoris; (iii) history of myocardial infarction or stroke with less than 1 year of evolution; and (iv) uncontrolled hypertension and self-reported renal failure.

Intervention

The goal of this study is to determine the effect of different exercise modes and intensities of concurrent training (RT+MICT versus RT+HIIT) on MetS outcomes in adults and older adults. Exercise intervention occurred 3 times/week for approximately 50 min/session over 12 weeks in an enclosed gymnastic pavilion and the intervention combined RT followed by aerobic training (MICT or HIIT). The exercise sessions ended with a stretching session to promote cool-down.

The RT lasted approximately 20 min per session and included two sets of 8–15 repetitions, with a 1–2 min a rest interval (Pescatello et al., 2014). Intensity was measured with the Borg CR-10 scale (Borg, 1982), initially starting at 2 points and progressively increasing to five points weekly as described in

TABLE 1 | Periodization of strength training.

Weeks	Intensity (Borg CR-10)	Repetitions
1 and 2	2	15
3–5	3	12–15
6–10	4	10–12
11–12	5	8–10

Table 1. The RT exercises included: deadlift, barbell bent-over row, stiff-leg deadlift, bench press and crunches. It was used 1.20 m steel bars with plates, which were added as the exercise loads progressed. All the training sessions were supervised by an exercise physiologist who conducted the exercise sessions, motivated the participants and assured the correction and safety of movement execution.

The aerobic exercise intervention (**Figure 2**) was designed to include different aerobic training protocols in each group. Participants in the RT+MICT group performed continuous aerobic training composed of 25 min of walking at moderate intensity (between 60 and 70% of the HRmax). Intensity was controlled by the rate of perceived exertion (RPE) using Borg CR-10 scale (Borg, 1982) and was objectively measured by a cardiac-telemetry device model ONRHYTHM 110, KALENJI® (Villeneuve, France). The intensity of three participants under beta-blockers was controlled only through Borg CR-10 scale (Borg, 1982). The RPE started at level 3 and ended on 5th level at the end of the intervention. The RT+HIIT group performed aerobic exercise at a high-intensity interval composed of fast walking and running periods intercepted by 2 active recovery periods at moderate intensity, described as follow: participants run for 3 min, 3 times/session (those that were not able to run walked as fast as they could) at 80–90% of HRmax. The high-intensity period was intercepted by an active recovery time in which participants walked moderately during 3 min at 55–65% of HRmax. Similarly, both the Borg CR-10 scale (Borg, 1982) and the cardiac-telemetry device were used to control the intensity in the RT+HIIT group. In the beginning of the intervention, the RPE started on 5th level and progressed until the 7th level in the end of the intervention. Similarly, the intensity set in the active recovery period was maintained between 2 and 3 points. In the last 5 min of each session, flexibility was used to promote cool-down and involved static movements of the large muscle groups, holding each position between 10 and 15 s, with 1–2 repetitions each exercise.

Outcomes

Anthropometry

Body mass (BM) was measured in kilograms (kg) with a portable digital scale SECA®, model 770 (Hamburg, Germany), with a degree of accuracy of 100 g. Stature (S) was determined with the portable Harpenden stadiometer, model 98.603 (Crosswell, United Kindon), with a precision of 0.1 cm, and measured in meters (m). WC was determined with a plastic measuring tape HOLTAIN® (Crosswell, United Kindon) with an accuracy of 0.1 cm (measured at the midpoint between the lower rib and the top of the iliac crest with relaxed abdomen). Relative and absolute

fat mass (FM) and fat free mass (FFM) were determined using the dual energy radiological densitometry (DEXA) with a Lunar DEXA System (version:13,6) manufactured by GE Healthcare (United States), and with the results expressed in kg. Body mass index (BMI) was calculated dividing the BM in kilograms by S in square meters (kg/m²).

Hemodynamics

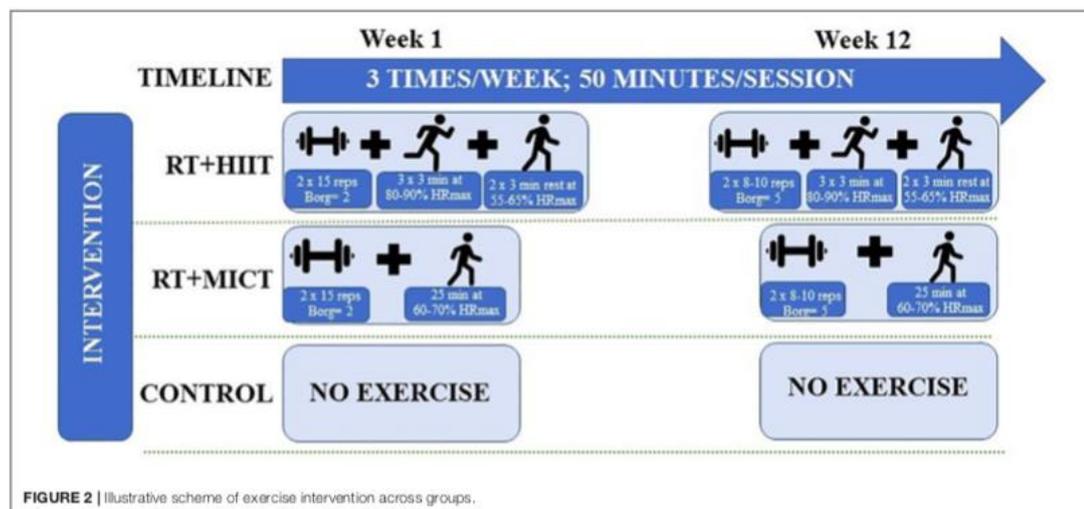
Blood pressure was measured using a digital sphygmomanometer tavolo with a 4" LCD display (Moretti Sp.A.), model DM460 (Arezzo, Italy) and the results were expressed in millimeters of mercury (mmHg). Participants rested 5 min in the sitting position and afterward, two measurements were performed with 1-min interval between both evaluations. SBP and DBP were calculated using the mean values of the 2 evaluations. Mean arterial pressure (MAP) was calculated using the formula $MAP = SBP + (DBP \times 2)/3$.

Blood Analysis

The blood samples were collected by trained nurses in the morning after 12 h of fasting and 48 h after the last training session. The variables were determined immediately after blood collection (without freezing) by standard methods performed in an accredited laboratory of clinical analysis (Laboratório UÁLIA – Análises Clínicas). Blood serum (centrifugate at 3500 RPM) were used for LDL-C, HDL-C, total cholesterol (TC), TG, FBG and high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP) quantification using Beckman Coulter AU 400 (Brea, United States) commercial kits. Further, blood serum samples were used to quantify insulin and C-peptide (CP) using the Roche Cobas (Mannheim, Germany) commercial kits. Whole blood was used for glycated hemoglobin (HbA1c) using Menarini-Arkray HA 8140 (Kyoto, Japan) commercial kit. Error analysis was less than 1 standard deviation for all variables (LDL-C, HDL-C, TC, TG, hs-CRP, CP, FBG and HbA1C). The evaluation of the homeostasis model of insulin resistance (HOMA-IR) was also used to determine insulin resistance and was calculated by a free online calculator (HOMA Calculator, Version 2.2.3, University of Oxford, Oxford, United Kingdom).

Sample Size Calculation

Originally, our study was designed to assess changes in CRF in RT+HIIT versus MICT+RT. We used an anticipated mean difference between groups from a prior systematic review with meta-analysis (Weston et al., 2014) with a similar population (i.e. in hypertensive older adults) and with an exercise intervention length of 4 to 16 weeks to calculate our sample size. Therefore, to identify a mean difference of $3.3 \pm 3.03 \text{ mL/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$ between MICT and HIIT groups using a two-sided significance level of 0.05 and assuming 80% power ($\beta = 0.80$), we would require 17 participants in each group. Further, based on data from the study of Robinson et al. (2017) that identified an increase of $+4.4 [1.8-6.9] \text{ mL/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$ in VO_2 peak in an older adult sample after 12 weeks of RT + HIIT, and using the same statistical criteria (alpha 0.05 and beta 0.80 with paired t-test) to identify a mean difference between groups, a total of 10 participants are required. We recruited 129 volunteers (but only 39 participated in



the intervention, see **Figure 1**), therefore that was not enough to account for potential attrition rates for between groups difference ($N = 17$; with $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$), as only 13 participants remained in each group this was sufficient for pre- to post intervention ($N = 10$; with $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$).

Statistical Analysis

Data are presented as mean followed by standard deviation (SD) or when specified by standard error. Pre- to post-intervention differences on clinical outcomes were measured in the three groups. Participants baseline characteristics were described using differences between means and SD for the following variables: age, BM, WC, BMI, VO_{2peak} , SBP, DBP, TC, HDL-C, LDL-C, TG, FBG, HbA1C.

The assumption of normality was checked using visual histogram analysis and confirming if the asymmetry and kurtosis were within the acceptable range (i.e. between +3 and -3) (Lomax and Schumacker, 2004; Hair et al., 2006). When variables assumed levels of significance higher than 0.05 it was also used the Shapiro-Wilks hypothesis test, to confirm normal distribution.

Differences between groups at baseline were assessed through analysis of variance (ANOVA) using pairwise comparisons and through multivariate analysis of variance (MANOVA). When a significance level of $P < 0.05$ was identified, the Bonferroni *post hoc* test was used to identify differences between groups and to correct for multiple comparisons. In addition, the analysis of covariance (ANCOVA) was also performed to adjust for the effect of sex and age between groups.

A two-way ANOVA for repeated measures was used to test the differences between groups and to compare the effects of pre- to post-intervention. Similarly, when $P < 0.05$ was identified, the Bonferroni *post hoc* test was used to identify differences between groups and to control for multiple comparisons. The magnitude of the effect was calculated using Cohen's d effect

size (Cohen, 1988) to compare within groups changes (pre to post-intervention) and eta squared (η^2) for ANOVA repeated measures. The estimation of the Cohen's d effect size was categorized according to the following criteria: small (<0.20), moderate (0.20–0.79), and large (>0.80) (Cohen, 1988). Eta squared with 0.06, 0.06–0.14, and >0.14 was categorized as small, medium, and large effect, respectively.

All statistical analyzes were performed using the software Statistical Package for the Social Sciences for Windows (IBM-SPSS, Inc., Chicago, IL, United States, EUA), version 24.0. The significance level was set at 95%.

RESULTS

Sample Characteristics

One hundred and twenty-nine potential eligible participants were recruited. After applying the inclusion and exclusion screening criteria, 39 participants (67.0 ± 6.7 years) were randomly assigned to one of three groups: a) RT+MICT ($n = 13$; 15% Men); b) RT+HIIT+ RT ($n = 13$; 31% Men); and c) CON ($n = 13$; 31% Men). All participants completed the 12-weeks of the intervention and were included in the analysis (**Figure 1**).

Within and Between Group Comparison

The demographic characteristics and differences between groups at baseline in CRF, anthropometric and hemodynamic variables are described in **Table 2**. At baseline, the demographic and clinical characteristics between groups were similar, except in age and gender. Participants in the RT+HIIT group were younger than the RT+MICT group ($P \leq 0.05$).

From pre- to post-intervention, there were a large and significant main effect of time in the metabolic outcomes for WC ($F = 23.689$, $P = 0.000$, $\eta^2 = 0.397$), HDL-C ($F = 4.766$, $P = 0.034$, $\eta^2 = 0.117$), TG ($F = 4.590$, $P = 0.053$, $\eta^2 = 0.277$),

TABLE 2 | Demographic and clinical characteristics of participant's at baseline and comparison between groups calculated from a MANOVA controlling for the effect of sex and age.

	RT+MICT (n = 13)	RT+HIIT (n = 13)	CON (n = 13)	P
Women, n (%)	11 (85%)	9 (69%)	9 (69%)	0.584 [#]
Age, years	71.1(4.8)	63.3 (7.2)*	67.4(3.9)	0.001
Body mass, kg	70.5(14.6)	77.9(17.4)	76.1(9.3)	0.596
BMI, kg/m ²	29.3(5.5)	31.1(5.5)	29.5(3.2)	0.633
WC, cm	98.2(11.5)	102.5(14.7)	99.8(9.0)	0.788
VO ₂ peak, mL/kg ⁻¹ /min ⁻¹	19.7(3.9)	21.4(4.0)	20.5(3.3)	0.577
Fat mass, %	38.6(4.6)	39.5(7.3)	38.2(6.2)	0.554
Fat mass, Kg	27.3(7.2)	31.0(11.2)	28.6(4.7)	0.529
Fat free mass, Kg	39.9(8.9)	43.7(8.3)	44.3(8.3)	0.601
SBP, mmHg	135.2(14.1)	132.4(19.7)	129.7(12.1)	0.574
DBP, mmHg	75.2(10.1)	77.7(9.7)	70.8(7.8)	0.114
MAP, mmHg	95.2(10.5)	95.9(12.4)	90.5(8.7)	0.276
Glucose, mg/dl	89.8(11.9)	97.2(29.5)	95.4(12.2)	0.548
HbA1c, %	5.4(0.4)	5.8(0.8)	5.4(0.3)	0.096
Total cholesterol, mg/dl	185.2(26.9)	190.4(34.0)	191.0(23.7)	0.669
HDL, mg/dl	53.5(19.7)	56.7(12.2)	54.9(8.8)	0.709
LDL, mg/dl	109.23(24.7)	116.9(27.0)	120.9(18.9)	0.334
TG, mg/dl	113.2(35.9)	119.4(44.2)	119.2(62.8)	0.980
hsCRP, mg/dl	0.32(0.4)	0.46(0.4)	0.15(0.1)	0.144
Insulin, mU/l	12.8(8.7)	16.5(13.1)	8.8(3.5)	0.126
Peptide C, ng/ml	2.0(0.9)	1.9(0.9)	2.0(0.5)	0.751
HOMA-IR	1.65(1.1)	2.12(1.6)	1.10(0.4)	0.098
Metabolic syndrome – IDF criteria				
Central obesity (37)	11	13	13	0.312 [#]
Raised blood pressure (24)	8	10	6	0.377 [#]
Dyslipidemia (20)	12	6	2	0.020[#]
Raised fasting plasma glucose (FPG) (8)	2	3	3	1.00 [£]
Reduced HDL (12)	6	2	4	0.236 [#]
Raised TG (7)	2	2	3	1.00 [£]
BMI obesity (18)	7	6	5	0.446 [#]
Diabetes Mellitus T2 (5)	1	2	2	1.00 [£]

Data are expressed as mean (±SD) or percentage as appropriate (%). * $P \leq 0.05$, when compared to other two groups; [#]chi-square test; [£] Monte Carlo test. BM (Body mass); BMI (Body mass index); DBP (Diastolic blood pressure); FM (Fat mass); FPG (Fasting plasma glucose); HbA1c (Glycosylated Hemoglobin); HDL (High Density Lipoprotein Cholesterol); HOMA-IR (homeostasis model of insulin resistance); hsCRP (high-sensitivity C-reactive protein); LDL (Low Density Lipoprotein Cholesterol); MAP (Mean arterial pressure); SBP (Systolic blood pressure); TC (Total cholesterol); TG (Triglycerides).

insulin ($F = 5.728$, $P = 0.034$, $\eta^2 = 0.323$), HOMA-IR ($F = 7.120$, $P = 0.020$, $\eta^2 = 0.372$) and a trend for FBG ($F = 3.289$, $P = 0.078$, $\eta^2 = 0.084$), CP ($F = 3.651$, $P = 0.080$, $\eta^2 = 0.233$). There was a large group interaction in LDL-C ($F = 3.453$, $P = 0.042$, $\eta^2 = 0.161$). There was no effect of time ($P > 0.05$) or group interaction ($P > 0.05$) for BM, BMI, hs-CRP, HbA1c, TC, SBP, DBP, FM (% and kg) and FFM. After the intervention, participants in the RT+MICT and RT+HIIT group

moderately decreased WC ($P = 0.019$ and $P = 0.003$, respectively). Participants in the RT+HIIT group moderately decreased LDL-C ($P = 0.022$) and had a small decrease in fasting glucose ($P = 0.014$), insulin ($P = 0.034$) and HOMA-IR ($P = 0.028$). Furthermore, in the RT+MICT group, there was a trend to reduce HDL-C ($P = 0.072$) and CP ($P = 0.080$) and a significant decrease in TG ($P = 0.053$). Participants in the CON group had a significant reduction only in LDL-C ($P = 0.031$). There was no difference ($P \geq 0.09$) between groups after the period of intervention. Statistical data are presented in **Table 3** and as scatterplots in **Supplementary Datasheet 1**.

DISCUSSION

The health benefits of exercise training are indisputable in the prevention and management of many age-related diseases (Pedersen and Saltin, 2015). Exercise was also associated to positive effects on MetS, a multifactorial syndrome that encompasses at least three of the five most prevalent CVD risk factors including hypertension, diabetes, hypercholesterolemia, visceral adiposity and low HDL-C (Lakka and Laaksonen, 2007; Pedersen and Saltin, 2015; Ingle et al., 2017). However, to date there are several knowledge gaps and inconsistencies in the literature regarding the impact of exercise mode and intensity effects on MetS outcomes (Wewege et al., 2018). Thus, we developed a 12-week randomized trial to evaluate the effects of two different exercise modes and intensities on metabolic outcomes. After the intervention, our results suggest that when compared to pre-intervention, 12-weeks of concurrent training positively impact the metabolic profile of individuals with MetS. Further, our data also suggests that the mode and intensity of exercise training may differently impact the metabolic outcomes in individuals with MetS, i.e. despite the small-to-moderate-effect, RT+HIIT may potentially improve WC, LDL-C, FBG, insulin and HOMA-IR profile at greater extension than RT+MICT in adults and older adults with MetS. Multiple evidence confirms that older adults have good physiological, molecular and mechanical responses to HIIT as younger individuals (Jabbour et al., 2017; Robinson et al., 2017; Yasar et al., 2019). Therefore, despite youngers, the RT+HIIT revealed a small to moderate effect which might have been limited by the short-term intervention rather than by the age range.

Our short-term (12 week) RT+MICT program promoted several metabolic changes in MetS markers that are consistent with previous studies (Robinson et al., 2017; Agner et al., 2018; Banitalebi et al., 2018; Cadore et al., 2018). In contrast, Banitalebi et al. (2018) compared the effect of 12-weeks (3 times/week) of RT (16–18 RM to 8–10 RM) with cycling continuous aerobic exercise (16 to 30 min at 60–90% HRmax) in older women and did not found any significant difference in several endocrine outcomes including insulin like growth factor-1, cortisol and insulin profile. Similarly, Agner et al. (2018) reported no significant change in blood cholesterol and glucose outcomes after 12 weeks (2 sessions/week) of concurrent training (50 min of RT at 40–70% 1RM and 40 min of walking exercises at 70–85% HRmax). Further, in a recent study with high

TABLE 3 | Differences between pre- and post-intervention and between groups of the morphological and hemodynamic outcomes calculated with two-way analyses of variance (ANOVA) for repeated measures.

	RT+MICT (n = 13)	P within group	ES	RT+HIIT (n = 13)	P within group	ES	CON (n = 13)	P within group	ES	P between groups	Observed Power within group	Observed Power between groups
BM	-0.724(0.5)	0.216	-0.05	-1.16(0.6)	0.085	-0.08	0.340(0.6)	0.558	0.01	0.418	0.249	0.349
BMI, kg/m ²	-0.16(0.5)	0.749	-0.03	-0.44(0.2)	0.145	-0.08	0.05(0.1)	0.588	0.02	0.354	0.150	0.130
WC, cm	-3.61(1.3)	0.019	-0.31	-4.80(1.2)	0.003	-0.32	-2.61(1.5)	0.111	-0.35	0.716	0.994	0.147
FM, %	-0.03(0.3)	0.924	0.01	-0.46(0.6)	0.480	-0.07	0.26(0.3)	0.413	0.04	0.922	0.055	0.157
FM, kg	-0.48(0.4)	0.335	-0.07	-0.51(0.6)	0.436	-0.05	0.24(0.2)	0.279	0.05	0.531	0.139	0.173
FFM, kg	0.66(1.0)	0.519	0.08	-0.93(0.5)	0.114	-0.11	-0.21(0.2)	0.431	-0.03	0.445	0.445	0.236
SBP, mmHg	-3.96(3.7)	0.312	-0.34	2.65(6.2)	0.679	0.15	2.46(3.7)	0.520	0.20	0.846	0.052	0.148
DBP, mmHg	-0.38(1.9)	0.849	-0.04	-1.42(2.5)	0.590	-0.15	3.2(2.7)	0.255	0.43	0.576	0.063	0.212
MAP, mmHg	-1.57(2.1)	0.486	-0.18	-0.06(3.6)	0.986	-0.01	3.00(2.7)	0.294	0.36	0.790	0.058	0.148
Glucose, mg/dl	-1.53(2.2)	0.512	-0.12	-5.00(1.7)	0.014	-0.17	-0.23(2.4)	0.925	0.09	0.704	0.287	0.373
HbA1c, %	-0.06(0.6)	0.312	0.14	-0.07(0.5)	0.201	-0.09	0.02(0.3)	0.553	-0.16	0.091	0.092	0.371
TC, mg/dl	-2.53(7.4)	0.738	-0.10	-7.69(9.2)	0.422	-0.25	-1.23(7.3)	0.870	-0.05	0.393	0.126	0.076
HDL, mg/dl	-4.15(2.1)	0.072	-0.23	-2.53(1.5)	0.116	-0.20	-0.53(1.5)	0.762	-0.06	0.730	0.642	0.223
LDL, mg/dl	4.92(6.4)	0.393	0.20	-14.00(5.7)	0.022	-0.55	-12.15(4.9)	0.031	-0.29	0.847	0.565	0.610
TG, mg/dl	-17.61(8.2)	0.053	0.55	9.00(10.5)	0.566	0.18	28.23(15.5)	0.077	0.24	0.534	0.565	0.610
hsCRP, mg/dl	-0.14(0.1)	0.155	-0.46	-0.03(0.1)	0.814	-0.06	0.01(0.1)	0.560	0.08	0.328	0.109	0.420
Insulin, mIU/l	-0.34(1.6)	0.858	-0.04	-2.12(0.8)	0.034	-0.16	0.59(1.5)	0.754	0.12	0.239	0.055	0.319
Peptide C, ng/ml	-0.25(0.1)	0.080	-0.28	-0.16(0.1)	0.193	-0.18	0.12(0.2)	0.638	0.14	0.164	0.050	0.799
HOMA-IR	-0.05(0.2)	0.824	-0.04	-0.28(0.1)	0.028	-0.18	0.07(0.2)	0.729	0.13	0.288	0.077	0.310

Data are expressed as differences of means followed by standard error; ES (Effect size); BM (Body mass); BMI (Body mass index); DBP (Diastolic blood pressure); FFM (Free fat mass)/FM (Fat mass); HbA1c (Glycosylated Hemoglobin); HDL (High Density Lipoprotein Cholesterol); HOMA-IR (homeostasis model of insulin resistance); hsCRP (high-sensitivity C-reactive protein); LDL (Low Density Lipoprotein Cholesterol); MAP (Mean arterial pressure); SBP (Systolic blood pressure); TC (Total cholesterol); TG (Triglycerides).

volume, Robinson et al. (2017) did not find any improvement in insulin sensitivity after 12 weeks of RT+ MICT (MICT, 30 min at 70% VO₂peak, 5 day/week; RT, 2–4 sets per exercise, 4 times/week) (Robinson et al., 2017). Similarly, in a recent meta-analysis (Ostman et al., 2017) with 4 studies using concurrent training with a 3–13 months duration (MICT followed by RT), Ostman et al. (2017) showed that RT+MICT decreased SBP and WC, increased HDL-C, and unchanged FPG, TG and LDL-C. Collectively, these results suggest that the intervention length is an important mediator in RT+MICT, indicating that greater gains require long-term exercise training. Notably, the results shown by Balducci et al. (2010) seem to support this rationale once the long-term (12-months) concurrent training decreased HbA1c, hs-CRP, HOMA-IR and increased HDL-C. However, there were no changes in LDL-C. In contrast, our short-term RT+HIIT (but not RT+MICT) showed small-to moderate effects on abdominal adiposity, FBG, insulin and HOMA-IR in older adults with MetS. Therefore, more studies are needed to clarify effects of long-term RT+HIIT in older adults with MetS.

Remarkable evidence from the “omics” exercise area (i.e. epigenetics, transcriptome and metabolomics) (Robinson et al., 2017) suggest that the mode and intensity of concurrent training may up-regulate different metabolic responses in older adults with MetS and may explain the positive physiological and molecular mechanisms in response to exercise intervention in our trial. For instance, aerobic exercise enhances mitochondrial oxidative enzymes, which in turn are associated with improvements in insulin sensitivity with age

(Lanza et al., 2008). On the other hand, RT reverses age-related declines in myosin heavy-chain gene transcripts and increases muscle protein synthesis rates, improves skeletal muscle mass quality and function leading to enhanced glucose oxidation and improved insulin sensitivity (Bird and Hawley, 2017). Therefore, concurrent training, an exercise modality that combines both modes of exercise, can potentially upregulate many physiological mechanisms of both interventions.

Despite multiple cardiometabolic benefits of exercise training, evidence suggests that when compared to HIIT, lower intensities may limit mitochondrial activity in healthy populations (Lanza et al., 2008; Robinson et al., 2017). Thus, exercise intensity plays an important role mediating insulin sensitivity (Robinson et al., 2017; Liu et al., 2019). Several studies using lower intensities confirm the inexistence of effects on insulin sensitivity with concurrent training (Robinson et al., 2017). Notably, our results seem to support and confirm this rationale once both exercise groups (RT+MICT; 60–70% HRmax and RT+HIIT; 80–90% HRmax) exhibited different insulin responses. There were no significant changes on RT+MICT in FBG, insulin and HOMA-IR while in the RT+HIIT there were several improvements on metabolic outcomes important to the regulation of insulin metabolism including WC, FBG, insulin and HOMA-IR. Notably, the RT+MICT group only decreased WC and TG. Physiologically, lower exercise intensities limit mitochondrial oxidative enzymatic capacity which in turn, lead to the decrease in glucose uptake by skeletal muscle leading to the increase in plasmatic glucose. These deleterious effects decrease insulin

sensitivity and increase glucose deposition in adipocytes (Bird and Hawley, 2017; Robinson et al., 2017). In contrast, high intensity may revert this process leading to the increase in insulin sensitivity (i.e. HOMA-IR) and to a decrease in circulating indices of glucose and, in fat deposition. Clinically, these results have a significant effect on CVD regression, particularly by decreasing several metabolic markers of MetS and of T2D, a prevalent morbidity associated with MetS (Alberti et al., 2006).

Interestingly, our exercise protocols did not promote any change in TC, HDL-C and TG across groups. The RT+HIIT and CON group only decreased LDL-C (12 and 10%, respectively). Potential explanations may include the nutritional pattern and use of pharmacological treatment (Supplementary Table S1). Despite instructions to maintain a similar nutritional pattern throughout the study, and the self-reported unchanged, participants tend to be more careless with daily dietary quality and calorie ingestion thinking that exercise may compensate for these differences. In addition, the use of several lipid lowering drugs may also explain, at least in part, the results in the CON group once the improvements in LDL-C were not visible in other lipid components (i.e. HDL-C and TG). Further, the intervention length may have also contributed as an important modulator factor in lipid metabolism and may explain the lack of the statistical differences within exercise groups (RT+MICT and RT+HIIT) on TG and HDL-C. Previous studies with a similar exercise mode and intensity design but with higher intervention length (from 4 to 8 months) showed significant effects on TC, LDL-C, HDL-C and TG (Choi et al., 2015; Currie et al., 2015; Theodorou et al., 2016). Similarly, our training program did not induce any significant change in SBP, DBP, MBP, and hs-CRP across groups. Previous studies with hypertensive older adults (Guirado et al., 2012; Dos Santos et al., 2014; Theodorou et al., 2016) using a similar exercise design but with higher intervention lengths (4, 6, and 8 months, respectively), positively improved SBP, DBP and hs-CRP. Therefore, the short-term length in our trial may have limited and confounded some of the blood pressure outcomes.

Lastly, the intervention groups significantly decreased WC without any significant change in other morphologic outcomes (BW, FM, and FFM). Nevertheless, the decrease in visceral adiposity is an important health risk factor due to its association with the increase in insulin resistance- a major marker of the unbalance of glucose metabolism, CVD and T2D (De Koning et al., 2007; Canoy, 2008). Notably, both concurrent training programs (RT+HIIT or RT+MICT) were ineffective to increase FFM, possibly due to the low RT intensity and RT volume. After 12-weeks of exercise training, Robinson et al. (2017) showed significant improvements in FFM using higher volumes (MICT, 30 min at 70% VO₂peak, 5 days/week; RT, 2–4 sets per exercise, 4 times/week). Similarly, 12-weeks of RT+HIIT program (3 times/week; HIIT, 26–30 min, 50 m running interleaved by 350–150 ms of rest; RT, 2 sets of 10 exercises at 20:40–40:20 work ratio; and with maximal intensity) increased FFM and muscle mass, and decreased BM, FM and BMI (García-Pinillos et al., 2019). Emerging evidence highlight that RT (Morton et al., 2019) and HIIT (Bishop et al., 2019) volume are key factors to evoke muscle mass response.

The present study has several strengths including the randomized design, the use of well-validated instruments and the wide range of MetS outcomes objectively measured- an important methodological issue in a high-risk population. In contrast, the short-term design, the scarce nutritional and pharmacological control (Supplementary Table S1) and the relative heterogeneous age range sample may have confounded some of the results, particularly on lipid and blood pressure outcomes. Therefore, the causality relationship should be carefully interpreted due to the small sample size within each group and to the wide age range. We tried to mitigate these limitations adopting specific statistical procedures to counteract these effects, controlling for several covariates that were available and evaluated as potential confounders. In addition, we calculated the magnitude of the effects size with the Cohen *d* effect size to accurately interpret our results. Unfortunately, residual confounding factors due to unknown or incompletely measured factors cannot be excluded. Thus, future studies on this topic should use a long-term design and control for nutritional and pharmacological treatment. Despite these limitations, our results have important clinical implications once we showed that both forms of concurrent training counteract the deleterious effects of MetS in older adults. Further, our results suggest that RT+HIIT may promote higher gains and present more pronounced effects to manage several important metabolic outcomes than RT+MICT, although these results need empirical confirmation of long-term exercise interventions.

CONCLUSION

The findings of the present study suggest that both modes of concurrent training (i.e. RT+HIIT and RT+MICT) provide multiple cardiometabolic benefits in adults and older adults with MetS after a 12-week intervention. Further, concurrent training combining both aerobic and RT at high intensity interval training can potentially provide higher gains, enhance FBG and insulin sensitivity in people with MetS. However, more empirical evidence from long-term intervention studies is needed to confirm these results. Moreover our results suggest that both intensity and mode of intervention are fundamental factors to consider when designing and prescribing an exercise programs in adults and older adults with MetS. Therefore, these results may provide further support and may guide fitness professionals and exercise physiologists on exercise prescription process in this high-risk population.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The datasets generated for this study are available on request to the corresponding author.

ETHICS STATEMENT

All methods and procedures were approved by the Ethic Committee of the Faculty of Sport Sciences and Physical

Education of the University of Coimbra (FCDEF, reference: CE/FCDEF-UC/00202016). The patients/participants provided their written informed consent to participate in this study.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

MD, HL, MV, and RM designed the study, analyzed the data, and wrote the manuscript. LB, RN, ED, FL, and EC added important intellectual content by criticizing and correcting previous versions of the manuscript. All authors approved the final version of the manuscript.

FUNDING

This study is included in the project “*The Heart is the Reason – CVR Unit*” and was funded by the Portuguese Health Ministry – Regional Health Administration, Portuguese Institute of Employment and Vocational Training, Municipality

of Mealhada, Portuguese Heart Foundation, Mealhada Hospital, Faculty of Sport Sciences and Physical Education of the University of Coimbra, and School of Health Technologies of the Polytechnic Institute of Coimbra.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank all the support of the following institutions: Mealhada Holy House of Mercy, Portugal, Mealhada Health Care Unit, Portugal, and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brazil.

SUPPLEMENTARY MATERIAL

The Supplementary Material for this article can be found online at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2020.00572/full#supplementary-material>

REFERENCES

- Agner, V. F. C., Garcia, M. C., Taffarel, A. A., Mourão, C. B., Da Silva, I. P., Da Silva, S. P., et al. (2018). Effects of concurrent training on muscle strength in older adults with metabolic syndrome: a randomized controlled clinical trial. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 75, 158–164. doi: 10.1016/j.archger.2017.12.011
- Alberti, G., Shaw, J., and Grundy, S. (2006). *The IDF Consensus Worldwide Definition of the Metabolic Syndrome*. Brussels: International Diabetes Federation.
- Balducci, S., Zanuso, S., Nicolucci, A., Fernando, F., Cavallo, S., Cardelli, P., et al. (2010). Anti-inflammatory effect of exercise training in subjects with type 2 diabetes and the metabolic syndrome is dependent on exercise modalities and independent of weight loss. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 20, 608–617. doi: 10.1016/j.numecd.2009.04.015
- Banitalebi, E., Faramarzi, M., Bagheri, L., and Kazemi Abdol, R. (2018). Comparison of performing 12 weeks' resistance training before, after and/or in between aerobic exercise on the hormonal status of aged women: a randomized controlled trial. *Horm. Mol. Biol. Clin. Invest.* 35:20180020. doi: 10.1515/hmbci-2018-0020
- Bird, S. R., and Hawley, J. A. (2017). Update on the effects of physical activity on insulin sensitivity in humans. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 2:e000143. doi: 10.1136/bmjsem-2016-000143
- Bishop, D. J., Botella, J., and Granata, C. (2019). CrossTalk opposing view: exercise training volume is more important than training intensity to promote increases in mitochondrial content. *J. Physiol.* 597, 4115–4118. doi: 10.1113/JP277634
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.* 14, 377–381.
- Cadore, E. L., Menger, E., Teodoro, J. L., Da Silva, L. X. N., Boeno, F. P., Umpierre, D., et al. (2018). Functional and physiological adaptations following concurrent training using sets with and without concentric failure in elderly men: a randomized clinical trial. *Exp. Gerontol.* 110, 182–190. doi: 10.1016/j.exger.2018.06.011
- Canoy, D. (2008). Distribution of body fat and risk of coronary heart disease in men and women. *Curr. Opin. Cardiol.* 23, 591–598. doi: 10.1097/HCO.0b013e328313133a
- Choi, S.-J., Chang, J. S., and Kong, I. D. (2015). Effects of a social welfare program for health promotion on cardiovascular risk factors. *J. Lifestyle Med.* 5:76. doi: 10.15280/jlm.2015.5.2.76
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Cambridge, MA: Academic Press.
- Currie, K. D., Bailey, K. J., Jung, M. E., Mckelvie, R. S., and Macdonald, M. J. (2015). Effects of resistance training combined with moderate-intensity endurance or low-volume high-intensity interval exercise on cardiovascular risk factors in patients with coronary artery disease. *J. Sci. Med. Sport* 18, 637–642. doi: 10.1016/j.jsams.2014.09.013
- De Koning, L., Merchant, A. T., Pogue, J., and Anand, S. S. (2007). Waist circumference and waist-to-hip ratio as predictors of cardiovascular events: meta-regression analysis of prospective studies. *Eur. Heart J.* 28, 850–856. doi: 10.1093/eurheartj/ehm026
- Dos Santos, E. S., Asano, R. Y., Irênio Filho, G., Lopes, N. L., Panelli, P., Nascimento, D. D. C., et al. (2014). Acute and chronic cardiovascular response to 16 weeks of combined eccentric or traditional resistance and aerobic training in elderly hypertensive women: a randomized controlled trial. *J. Strength Cond. Res.* 28, 3073–3084. doi: 10.1519/JSC.0000000000000537
- Ferrari, R., Fuchs, S. C., Kruehl, L. F. M., Cadore, E. L., Alberton, C. L., Pinto, R. S., et al. (2016). Effects of different concurrent resistance and aerobic training frequencies on muscle power and muscle quality in trained elderly men: a randomized clinical trial. *Aging Dis.* 7:697. doi: 10.14336/AD.2016.0504
- García-Pinillos, F., Laredo-Agullera, J. A., Muñoz-Jiménez, M., and Latorre-Román, P. A. (2019). Effects of 12-week concurrent high-intensity interval strength and endurance training program on physical performance in healthy older people. *J. Strength Cond. Res.* 33, 1445–1452. doi: 10.1519/JSC.0000000000001895
- Guadalupe-Grau, A., Aznar-Lain, S., Mañas, A., Castellanos, J., Alcázar, J., Ara, L., et al. (2017). Short- and long-term effects of concurrent strength and HIIT training in octogenarians with COPD. *J. Aging Phys. Act.* 25, 105–115. doi: 10.1123/japa.2015-0307
- Guirado, G. N., Damatto, R. L., Matsubara, B. B., Roscani, M. G., Fusco, D. R., Cicchetto, L. A., et al. (2012). Combined exercise training in asymptomatic elderly with controlled hypertension: effects on functional capacity and cardiac diastolic function. *Med. Sci. Monit.* 18:CR461. doi: 10.12659/msm.883215
- Hair, B., Black, W. C., Babin, B., and Anderson, R. E. (2006). *Tatham, Multivariate Data Analysis*. Cranbury, NJ: Pearson Education.
- Ingle, L., Mellis, M., Brodie, D., and Sandercock, G. R. (2017). Associations between cardiorespiratory fitness and the metabolic syndrome in British men. *Heart* 103, 524–528. doi: 10.1136/heartjnl-2016-310142
- Jabbour, G., Iancu, H. D., Mauriege, P., Joannise, D. R., and Martin, L. J. (2017). High-intensity interval training improves performance in young and older individuals by increasing mechanical efficiency. *Physiol. Rep.* 5:e13232. doi: 10.14814/phy2.13232
- Lakka, T. A., and Laaksonen, D. E. (2007). Physical activity in prevention and treatment of the metabolic syndrome. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 32, 76–88. doi: 10.1139/h06-113
- Lanza, I. R., Short, D. K., Short, K. R., Raghavakaimal, S., Basu, R., Joyner, M. J., et al. (2008). Endurance exercise as a countermeasure for aging. *Diabetes* 57, 2933–2942. doi: 10.2337/db08-0349

