



Efeitos do treino combinado de baixo volume em jovens adultos ativos

Impacto na condição física e composição corporal durante 6 semanas de treino
em jovens adultos ativos

Ricardo Jorge Costa Martins

**Beja
Maio de 2022**

Instituto Politécnico de Beja
Escola Superior de Educação
Mestrado em Atividade Física e Saúde

**Efeitos do treino combinado de baixo volume em
jovens adultos ativos**

Impacto na condição física e composição corporal durante 6 semanas de treino
em jovens adultos ativos

**Dissertação de Mestrado, apresentada na
Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Beja**

Elaborado por:

Ricardo Jorge Costa Martins

Orientado por:

Professor Doutor Nuno Loureiro

Beja
Maio de 2021

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Beja para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Atividade Física e Saúde, realizada sob a orientação científica do Professoro Doutor Nuno Loureiro, Professor Adjunto do Departamento de Artes, Humanidades e Desporto da Escola Superior de Educação de Beja.

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Instituto Politécnico de Beja, e particularmente ao mestrado em Atividade física e saúde por me proporcionar esta experiência prática de investigação. Agradecer também aos docentes que de algum modo contribuíram para a realização desta dissertação e para o meu processo de aprendizagem. Especialmente, ao professor doutor Nuno Loureiro pela orientação prestada, disponibilidade e capacidade de resolução de problemas. Ao professor João Caçoila pela disponibilidade e ajuda na realização de tarefas relacionadas com os processos avaliativos.

Gostaria de agradecer imenso a todos os intervenientes no processo de recolha de dados nomeadamente aos alunos que fizeram parte da amostra pela disponibilidade, entrega, compreensão e dedicação em todos os treinos, processos avaliativos e compreensão de todos os processos solicitados. Ao técnico Miguel Rosa pela ajuda na realização da supervisão dos treinos.

Ainda reconhecer quem me ajudou em termos de logística para conseguir estar sempre disponível para dar treinos, realizar avaliações e dar toda a atenção para um bom decorrer do período experimental. Um muito obrigado à gerência e equipa Fit4you pela enorme flexibilidade dada.

Dar uma palavra de gratidão a todos os que, de um modo direto ou indireto, me ajudaram na realização deste trabalho. Por fim, quero dedicar esta dissertação à minha família, o meu um grande obrigado por me ajudarem bastante na realização deste mestrado e pelo apoio e motivação para continuar a evoluir como pessoa e profissional.

Espero que sintam o mesmo prazer a ler esta tese, como o que eu tive em fazer cada processo da sua realização.

Coloca-te à prova todos os dias
e um dia as provas vão chegar

Índice Geral

Agradecimentos	IV
Índice Geral	V
Índice de Figuras	VIII
Índice de Tabelas	IX
Abreviaturas	X
Resumo	XIII
Abstract	XIV
Capítulo I - Introdução	1
1. Definição do problema de investigação e objetivos	3
1.1. Problema	3
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo Geral	3
1.2.2. Objetivo específicos	4
1.3. Hipóteses	4
Capítulo II – Enquadramento teórico	5
1. Atividade física e exercício físico	5
1.1. Inatividade física	6
2. Condição física	7
2.1. Força muscular	7
2.2. Potência muscular	8
2.3. Capacidade cardiorrespiratória	9
2.4. Composição corporal	10

3. Indicadores psicofisiológicos.....	12
3.1. Carga de treino	12
3.1.1. Carga externa	13
3.1.2. Carga interna	13
3.2. Resposta afetiva	14
4. Treino combinado	15
4.1. Exercício de baixo volume	18
4.2. Treino de força.....	19
4.2.1. Variáveis do treino de força	21
4.3. Treino intervalado de alta intensidade	23
4.3.1. Variáveis do treino intervalado de alta intensidade.....	26
Capítulo III – Metodologia de investigação.....	27
1. Desenho e procedimentos de investigação	27
1.1. Desenho do estudo	27
1.2. Procedimentos	28
2. Contexto de investigação e participantes.....	29
2.1. Descrição do contexto.....	29
2.2. População	29
2.3. Amostra.....	30
3. Instrumentos de investigação.....	32
3.1. Avaliação da composição corporal e antropometria	32
3.1.1. Altura, massa corporal e índice de massa corporal.	32
3.1.2. Composição corporal por dois compartimentos.....	33
3.2. Avaliação da condição física.....	33
3.2.1. Força de preensão manual	33
3.2.2. Potência muscular	34

3.2.3. Força máxima	34
3.2.4. Capacidade cardiorrespiratória.....	36
3.3. Avaliação do volume total de treino	36
3.4. Avaliação dos indicadores psicofisiológicos.....	37
3.4.1. Carga interna	37
3.4.2. Resposta afetiva ao exercício.....	37
3.5. Procedimentos e considerações éticas.....	38
4. Protocolo de exercício.....	38
5. Análise dos dados.....	39
5.1. Análise das variáveis	39
6. Análise estatística	39
Capítulo IV – Resultados.....	40
Estudo 1 – Os efeitos do treino combinado de baixo volume na condição física relacionada à saúde em jovens adultos ativos. A controlled clinical trial.....	40
Estudo 2 – Os efeitos do treino combinado de baixo volume durante 6 semanas na potência, força muscular e capacidade aeróbia em jovens adultos ativos. A controlled clinical trial	59
Capítulo V – Discussão geral	79
Limitações globais do estudo	82
Perspetivas futuras de estudo.....	83
Capítulo VI – Conclusões	84
Referências	86
Anexos	i

Índice de Figuras

Figura 1 - Modelo da investigação. GE = Grupo experimental; GC = Grupo controlo.	28
Figura 2 - Fluxograma descritivo do processo de recrutamento da amostra. GE = Grupo experimental; GC = Grupo controlo.....	30
Figura 3 - FPM entre a medida pré e pós de ambos os grupos. * representa $p < 0.01$ vs. pré do mesmo grupo. GC = Grupo controlo; GE = Grupo experimental; FPM = força de preensão manual.	50
Figura 4 - VO ₂ max entre a medida pré e pós de ambos os grupos. * representa $p < 0.01$ vs. pré do mesmo grupo. GC = Grupo controlo; GE = Grupo experimental; VO ₂ max = consumo máximo de oxigénio.....	51
Figura 5 - FS semanal durante as semanas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 no GE. FS = Feeling scale; GE = grupo experimental.	51
Figura 6 - Altura do salto entre a medida pré e pós de ambos os grupos. * representa $p < 0.05$ vs. pré do mesmo grupo. GC = Grupo controlo; GE = Grupo experimental;.....	69
Figura 7 - 1RM no supino entre a medida pré e pós de ambos os grupos. * representa $p < 0.001$ vs. pré do mesmo grupo. GC = Grupo controlo; GE = Grupo experimental; 1RM = 1 repetição máxima.	70
Figura 8 - 1RM no agachamento entre a medida pré e pós de ambos os grupos. * representa $p < 0.001$ vs. pré do mesmo grupo. GC = Grupo controlo; GE = Grupo experimental; 1RM = 1 repetição máxima.	71
Figura 9 - W _{max} na bicicleta entre a medida pré e pós de ambos os grupos. * representa $p < 0.01$ vs. pré do mesmo grupo. GC = Grupo controlo; GE = Grupo experimental; W _{max} = Potência aeróbia máxima.....	72
Figura 10 - VTT semanal durante as semanas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 no grupo experimental. * representa $p < 0,05$, ** representa $p < 0,01$ e *** representa $p < 0,001$ ambos vs. Semana 1. § representa $p < 0,05$ vs. semana anterior. VTT = Volume total de treino.	73

Índice de Tabelas

Tabela 1. Características descritivas da amostra no início (pré).	31
Tabela 2 - Características descritivas da amostra no início (pré), estudo 1.	48
Tabela 3 - Medidas pré e pós da composição corporal, estudo 1.	49
Tabela 4 - Características descritivas da amostra no início (pré), estudo 2.	68

Abreviaturas

%	Percentagem
1RM	1 <i>Maximal repetition</i>
ACSM	<i>American College of Sport Medicine</i>
AMP	Adenosina monofosfato
AMPK	Proteína quinase ativada pela adenosina monofosfato
BIA	Bioimpedância
CF	Condição física
cm	Centímetros
CRF	Cardiorespiratory fitness
CT	<i>Combined training</i>
DEXA	<i>Dual-energy X-ray Absorptiometry</i>
DP	Desvio-padrão
EF	Exercício físico
ESEB	Escola Superior de Educação de Beja
FE	feeling scale (escala de afetos)
FOXO	Fator de transcrição de classe O da caixa <i>forkhead</i>
GC	Grupo controlo
GE	Grupo experimental
GLUT4	Transportador de glicose do tipo 4
GXT	Teste contínuo, máximo e incremental

HbA1	Hemoglobina glicada
HDL	Lipoproteína de alta densidade
HIIT	Treino intervalado de alta intensidade
HS	<i>Handgrip strength</i>
IGF-1	Fator de crescimento semelhante à insulina
IMC	Índice de massa corporal
IPBeja	Instituto Politécnico de Beja
Kg	Quilogramas
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
m	Metros
m/s	Metros por segundo
MC	Massa corporal
MET	Equivalente metabólico
MG	Massa gorda
min	Minutos
ml	Mililitros
MMT	Massa Magra Total
MS	Membros superiores
mTOR	Ativação da proteína alvo de rapamicina em mamíferos
OMS	Organização Mundial de Saúde
p	Valor de p

PF	Physical fitness
PGC1- α	Coativador-1 alfa do recetor gama ativado por proliferador de peroxissoma
PSE	Perceção subjetiva de esforço
RER	Repetição em reserva
RM	Repetição máxima
RT	Resistance training
SIT	Treino de “ <i>sprint</i> ” intervalado
SPSS	<i>Statistical Package for Social Sciences</i>
TC	Treino combinado
TCR	Treino cardiorrespiratório
TF	Treino de força
u.a	Unidades arbitrárias
UM	Unidades motoras
VO _{2max}	Consumo máximo de oxigénio
VTT	Volume total de treino
W	Watts
W _{max}	Potência aeróbia máxima

Resumo

Enquadramento: O treino combinado (TC) tem efeitos positivos na condição física (CF) e promove melhorias no estado geral de saúde. No entanto, poucos estudos investigaram os efeitos do TC realizado com um baixo volume semanal.

Metodologia: Este estudo teve como objetivo identificar os efeitos do TC de baixo volume realizado durante 6 semanas na composição corporal, na força de preensão manual (FPM), na potência muscular, na força máxima, na capacidade cardiorrespiratória e a resposta afetiva ao exercício. Dezoito jovens adultos ativos (média \pm DV: 20.06 \pm 1.66 anos; 22.23 \pm 2.76 kg/m²) foram divididos em dois grupos, o grupo experimental (GE, n=9) e o grupo controlo (GC, n=9). O TC realizado 2 vezes por semana consistiu num treino de força (TF, 2 séries de 3 exercícios com 80 a 85% 1RM) seguido de um treino intervalado de alta intensidade na bicicleta (HIIT, 5 séries de 60" a 95% W_{max}). Foram avaliadas a composição corporal, a FPM, a altura do salto, a força máxima no supino e agachamento, o consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}), a potência aeróbia máxima (W_{max}) e a resposta afetiva semanal no início (pré) e após 6 semanas de treino (pós). Foi utilizado o teste de ANOVA de medidas repetidas para realizar a análise do tempo, entre grupos e intra grupos.

Resultados: Na composição corporal não se registaram diferenças significativas em todas as medidas ($p > 0.05$) em ambos os grupos. Verificou-se que diversos indicadores como GE melhorou significativamente a FPM ($p < 0.01$), a altura do salto ($p < 0.05$), a força máxima no supino e agachamento ($p < 0.001$), o VO_{2max} ($p < 0.01$) e a W_{max} ($p < 0.01$). A resposta afetiva foi positiva, mas sem diferenças significativas entre semanas ($p > 0.05$).

Conclusões: Os resultados sugerem que TC de baixo volume melhora a FPM, a potência, a força máxima e a capacidade cardiorrespiratória, com uma resposta afetiva positiva ao exercício e sem gerar um aumento na carga interna. No entanto é insuficiente para provocar alterações na composição corporal em jovens adultos ativos.

Palavras-chave: Exercício, Treino concorrente, Exercício combinado, Saúde, Rendimento, Força muscular, VO_{2max} , Capacidade cardiorrespiratória, Não treinados.

Abstract

Background: The combined training (CT) has positive effects on physical fitness (PF) and is considered a health promoter. Nevertheless, there is a lack of studies that propose to investigate the impact of low-volume CT.

Methodology: The aim of this study was analysing the effects of low volume CT performed during 6 weeks on body composition, handgrip strength (HS), muscle power, muscular strength, cardiorespiratory fitness (CRF) and affective response to exercise. Eighteen healthy, active young adults man (mean \pm SD, 20.06 \pm 1.66 years; 22.23 \pm 2.76 kg⁻¹m²) performed either a low-volume CT (GE, n=9), or maintain their normal life (CG, n=9) over 6 weeks. The CT was composite by a resistance training (RT, 2 sets of 3 exercises with 80 a 85% 1RM) followed by a high intensity-interval training (HIIT, 5 sets of 60" with 95% W_{max}). The measures of body composition, HS, jump height, 1 maximal-repetition (1RM) in bench press and back squat, maximal oxygen uptake (VO_{2max}), aerobic power (W_{max}) and affective response to exercise were obtained before (pre) and after (post) training to analysis. ANOVA of repeated measures was used to analyze the effect time and the effects between and intra groups.

Results: In body composition there were no significant differences in all measurements ($p > 0.05$) in both groups. EG had significantly improved the FPM ($p < 0.01$), the jump height ($p < 0.05$), the maximal strength in the bench press and squat ($p < 0.001$), VO_{2max} ($p < 0.01$) and W_{max} ($p < 0.01$). The affective response was positive, but without significant differences between weeks ($p > 0.05$).

Conclusions: In healthy, active young adults man the low-volume CT is effective to improve HS, jump height, 1RM in bench press and back squat, VO_{2max}, W_{max} with a positive affective response to exercise and without increase internal load. However, the CT was not enough to cause significative changes in body composition.

Keywords: Exercise, Concurrent training, Combined exercise, Health, Performance, Muscular strength, VO_{2max}, Cardiorespiratory fitness, Untrained.

Capítulo I - Introdução

A inatividade física (IF) pode ser considerada como a quarta causa de mortalidade mundial e está associada à prevalência de doenças crônicas, cardíacas, ao estado geral de saúde e até consequências ambientais de saúde pública (Bull et al., 2020; Kohl et al., 2012). A não adesão aos programas de exercício físico pode contribuir para IF, uma vez que as principais barreiras são a ocupação diária relatada e as restrições de tempo (Galvim et al., 2019; Wen et al., 2011). Neste contexto, pode ser difícil cumprir as recomendações estipuladas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para a prática de atividade física (AF) diária (Bull et al., 2020) e conseqüentemente implicações para a saúde (Bull et al., 2020; Kohl et al., 2012; Lavie et al., 2019). Os protocolos de exercício mais curtos (cerca de 90 minutos semanais) e logo mais atingíveis para indivíduos com pouco tempo são suficientes para diminuir o risco de mortalidade por diversas causas em 14% e aumentar a esperança de vida em 3 anos, em comparação com indivíduos inativos (Wen et al., 2011).

Torna-se assim de máxima importância combater os efeitos da IF e os problemas que dela advêm, aumentando os níveis de AF através de programas organizados e estruturados de exercício físico que tentem reter e cativar os indivíduos, de modo a melhorar a condição física (CF) relacionada à saúde.

Esta investigação é importante porque possibilita que se investiguem estratégias mais práticas e realizáveis, tendo em conta as principais limitações relatadas pela população em geral. Permitindo assim que seja mais verosímil a promoção de estilos de vida ativos. Neste sentido, pretende-se demonstrar benefícios ao nível do estado de saúde e da CF em várias vertentes quando se utiliza um protocolo de TC de baixo volume de 6 semanas.

A dissertação enquadra-se no âmbito do Mestrado em Atividade Física e Saúde e propõem analisar os efeitos do treino combinado (TC) de baixo volume durante 6 semanas, na composição corporal, potência e força muscular, resistência cardiorrespiratória e a resposta afetiva ao exercício em jovens adultos ativos.

O documento está estruturado em seis capítulos, a saber: introdução, enquadramento teórico, metodologia de investigação, resultados, discussão

geral e conclusões. Na introdução, é apresentado o problema de investigação, o que a literatura já tem sobre o tema e os objetivos propostos do estudo. No enquadramento teórico, procura-se contextualizar os temas que são abordados na dissertação, nomeadamente, o TC e as variáveis dependentes (i.e., composição corporal, CF e variáveis de controlo do treino). Na metodologia de investigação está inserida o desenho e procedimentos de investigação, onde se mostra o contexto em que foi realizada a investigação, qual a população alvo e que amostra foi selecionada, os instrumentos utilizados e como foi realizada a análise dos dados. Nos resultados, são apresentados os resultados dos dados recolhidos. Na discussão dos resultados, é feita uma reflexão entre sobre os resultados obtidos e os dados evidenciados na literatura científica e expõem-se as limitações e futuras investigações da investigação. Por fim, na conclusão apresenta-se as principais conclusões obtidas de toda a investigação. Importa ainda referir que todos os autores citados, para evidenciar um tema estão presentes nas referências no final da dissertação.

1. Definição do problema de investigação e objetivos

1.1. Problema

Cada vez temos assistido mais à adoção de comportamentos sedentários por parte de diversas populações, o que torna a IF um possível problema de saúde pública, devido às diversas complicações de saúde que ela acarreta. Assim sendo, devemos olhar para as causas deste tipo de comportamento para conseguir delinear uma estratégia para o melhorar, têm-se percebido que essas principais barreiras são ocupação do dia a dia, falta de tempo e motivação.

Já está bem documentado que uma possível e boa estratégia para melhorar a qualidade de vida, saúde, CF e composição corporal é o TC, no entanto os programas de TC tradicionalmente acabam por ter grandes durações, o que vai de encontro a uma das principais barreiras para a IF. No entanto, sabe-se pouco em relação a qual será a dose mínima de exercício combinado que resulte em melhorias significativas nos vários indicadores de CF relacionada à saúde e quais as implicações psicofisiológicas adjacentes.

Com base nas informações anteriores, justifica-se a importância da adaptação das metodologias capazes de continuar a promover resultados positivos. Assim, a proposta apresentada remete para a pertinência de compreender e aumentar o conhecimento sobre os efeitos do TC de baixo volume semanal na CF, composição corporal e aspetos psicofisiológicos em jovens adultos ativos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo analisar os efeitos do TC de baixo volume durante 6 semanas na composição corporal, CF e em aspetos psicofisiológicos em jovens adultos ativos.

Posto isto e através da literatura científica, foram elaborados objetivos específicos que fundamentam a realização do presente trabalho.

1.2.2. Objetivo específicos

Para uma melhor concretização do trabalho idealizamos os seguintes objetivos:

1. Analisar os efeitos do TC de baixo volume nos indicadores da composição corporal, como a massa corporal (MC), a percentagem (%) de massa gorda (MG) e a massa magra total (MMT) em jovens adultos ativos.

2. Analisar os efeitos do TC de baixo volume nos aspetos neuromusculares, como a força de preensão manual (FPM), a potência de membros inferiores e a força máxima nos exercício supino e agachamento em jovens adultos ativos.

3. Analisar os efeitos do TC de baixo volume na condição cardiorrespiratória através do consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}) e da potência aeróbia máxima (W_{max}) em jovens adultos ativos.

4. Analisar os efeitos do TC de baixo volume nos aspetos psicofisiológicos, incluindo a carga interna e a resposta afetiva ao exercício em jovens adultos ativos.

1.3. Hipóteses

As hipóteses servem para tentar ter uma resposta prévia ao problema de investigação, no entanto são previsões realizadas com base em estudos prévios relacionados com o tema.

Dentro desta dissertação foram realizadas as seguintes hipóteses:

H1 – O TC de baixo volume melhora significativamente a CF de jovens adultos ativos.

H2 – O TC de baixo volume não é suficiente para melhorar significativamente a composição corporal de jovens adultos ativos.

H3 – O TC de baixo volume não aumenta de forma significativa os indicadores psicofisiológicos nem afeta negativamente a resposta afetiva ao exercício.

Capítulo II – Enquadramento teórico

1. Atividade física e exercício físico

A AF é definida como qualquer movimento corporal promovido pelo músculo-esquelético que requeira um dispêndio energético, sem qualquer planeamento e realizado diariamente (Bull et al., 2020; Caspersen et al., 1985). Já o exercício físico é uma AF que é planeada, estruturada e repetida com um objetivo final, ou como intermediário para aumentar ou manter a CF ou uma componente específica da CF (Caspersen et al., 1985). Tais condições apresentam diversos benefícios a nível de saúde para várias populações, como crianças e adolescentes, adultos sedentários e ativos, idosos, grávidas e pessoas com doenças crónicas e deficiências (Bull et al., 2020). Para além disto, a AF tem uma ação preventiva contra pelo menos 25 problemas crónicos de saúde de vários tipos, considerando que algumas doenças crónicas podem ser atrasadas ou mesmo evitadas ao longo da vida (Booth et al., 2012; Warburton & Bredin, 2017).

As recomendações internacionais mais recentes de AF para adultos entre os 18 e os 65 anos, sugerem que se realize AF regularmente e de preferência que se cumpra entre os 150 e 300 minutos de AF de intensidade moderada semanal, ou entre os 75 e 150 minutos de AF de intensidade vigorosa. Juntamente com treino de força (TF) para os principais grupos musculares pelo menos 2 dias por semana (Bull et al., 2020). Apesar de todos os benefícios apontados, algumas evidências sugerem que para se ter todos estes benefícios para a saúde têm de se cumprir as recomendações da OMS de AF diária, no entanto a realização de menos AF do que essas recomendações geram também benefícios à saúde (Bull et al., 2020; Warburton & Bredin, 2017; Wen et al., 2011), associando um efeito de dose-resposta entre a quantidade de AF e saúde (Warburton & Bredin, 2016; Wen et al., 2011). Os protocolos de exercício mais curtos (cerca de 90 minutos semanais) e logo mais atingíveis para indivíduos com pouco tempo são suficientes para diminuir o risco de mortalidade por diversas causas em 14% e aumentar a esperança de vida em 3 anos, em comparação com indivíduos inativos (Wen et al., 2011).

1.1. Inatividade física

A IF é definida como um nível insuficiente de AF caracterizada por não cumprir as recomendações internacionais de AF (Bull et al., 2020). Já o comportamento sedentário caracterizado por períodos onde o gasto energético é inferior a 1.5 equivalentes metabólicos (MET) (Bull et al., 2020) e é considerado uma forma de IF, estando associado em dose-resposta a um maior risco de diversas patologias crónicas e a uma morte prematura (Warburton & Bredin, 2016). A IF é considerada como a quarta causa de mortalidade mundial e está associada à prevalência de doenças crónicas, cardíacas, ao estado geral de saúde e até consequências ambientais de saúde pública (Bull et al., 2020; Kohl et al., 2012), sendo até considerada com a principal causa de diversas doenças crónicas (Booth et al., 2012). A não adesão aos programas de exercício físico pode contribuir para IF, uma vez que as principais barreiras são a ocupação e as restrições de tempo (Galvim et al., 2019; Wen et al., 2011). Neste contexto, pode ser difícil cumprir as recomendações estipuladas pela OMS para a prática de AF diária (Bull et al., 2020) e consequentemente implicações na saúde (Bull et al., 2020; Kohl et al., 2012; Lavie et al., 2019).

No rendimento desportivo, o termo usado para a IF é o destreino, caracterizado pela perda parcial ou total das adaptações crónicas geradas pelo exercício físico realizado previamente. Esta redução da CF acontece em resposta de um estímulo de treino insuficiente de curta ou longa duração (Mujika & Padilla, 2000b, 2000a).

Em Portugal 65% (cerca de 2 em cada 3 indivíduos) da população portuguesa indica que não pratica qualquer tipo de AF ao longo da semana (Programa Nacional para a Promoção da Atividade Física, 2020), estes valores estão muito acima dos valores de documentados na europa que é de 36% (cerca de 1 em cada 3 indivíduos) (Nikitara et al., 2021). Alguns fatores que podem explicar esses valores elevados de IF são as principais barreiras apontadas para não praticar AF, entre elas estão a falta de motivação, falta de tempo, os custos (Ashton et al., 2017) e a grande ocupação diária reportada (Galvim et al., 2019).

2. Condição física

A CF é caracterizada por uma série de atributos físicos presentes ou adquiridos. Ter uma boa CF é definida pela capacidade de realizar atividades diárias com vigor e estado de alerta, sem fadiga indevida e com muita energia para desfrutar de atividades de lazer e para atender a emergências imprevistas. A CF é ainda dividida em dois grupos, a CF relacionada à saúde e a CF relacionada com as habilidades motoras (Caspersen et al., 1985). A CF relacionada às habilidades motoras engloba a agilidade, o equilíbrio, a coordenação, a velocidade, a potência e o tempo de reação, estas componentes são importantes para o rendimento desportivo. A CF relacionada à saúde engloba a força muscular, a resistência cardiorrespiratória, a composição corporal e a flexibilidade são importantes para a saúde em geral e estão associados com um baixo risco de desenvolver, prematuramente, doenças relacionadas à IF (Caspersen et al., 1985; Garber et al., 2011; Vanhees et al., 2005). A CF relacionada à saúde é mais importante em termos de saúde pública que a CF relacionada às habilidades motoras (Caspersen et al., 1985).

A CF pode ser considerado ainda um forte preditor de mortalidade e quando existe uma melhoria geral da CF, ocorre uma diminuição significativa do risco de morte. Sendo assim considerada um fator importante na saúde pública (Erikssen et al., 1998). Em relação ao rendimento desportivo, a CF pode ser um indicador para identificar os atletas que se encontram em melhor forma para competir em alto rendimento (Villaseca-Vicuña et al., 2021).

2.1. Força muscular

É uma capacidade da CF relacionada à saúde que quantifica a força externa máxima que um músculo ou grupo muscular consegue realizar em apenas uma ocasião (American College of Sport Medicine, 2018; Caspersen et al., 1985; Vanhees et al., 2005), normalmente é expressa em “newtons” ou em quilogramas (American College of Sport Medicine, 2018). A produção de força é influenciada pela combinação de fatores morfológicos como a área de secção transversa do músculo, a sua arquitetura e rigidez músculo-tendinosa (Suchomel et al., 2018) e fatores neurais como o recrutamento, sincronização e a taxa de

unidades motoras UM, a inibição neuromuscular, a velocidade de condução nervosa e a excitabilidade de moto neurónios (Rodríguez-Rosell et al., 2018; Suchomel et al., 2018) A força muscular pode ser medida de diferentes formas, de modo isométrico usando dinamómetros manuais e tensímetros ou de modo dinâmico por testes diretos ou indiretos de 1 repetição máxima (RM) (American College of Sport Medicine, 2018; Caspersen et al., 1985).

Esta capacidade está associada à melhoria ou manutenção de características importantes relacionadas à saúde, como a densidade óssea relacionada à osteoporose, a massa muscular relacionada à sarcopenia, à glicemia em jejum relacionada à diabetes, à integridade músculo-tendinosa relacionada à prevenção de lesões, à CF física em geral e à MMT relacionada ao controlo do peso (American College of Sport Medicine, 2018). Para além destes benefícios, uma maior força muscular está associada a uma melhoria do risco cardiometabólico, diminui a mortalidade por diversas causas e reduz a probabilidade de desenvolver limitações funcionais (Garber et al., 2011).

Para um melhor rendimento físico e desportivo individual a força muscular parece ser imprescindível, porque uma maior força muscular está associada a uma melhoria na potência, na melhoria de várias habilidades motoras desportivas gerais (i.e., saltar, sprints e mudanças de direção) e específicas de certas modalidades (Suchomel et al., 2016). Para além disto reduz a incidências de lesões desportivas (American College of Sport Medicine, 2018; Suchomel et al., 2016), e melhora o custo energético de locomoção de várias modalidades (Berryman et al., 2018, 2019; Denadai et al., 2017).

2.2. Potência muscular

A potência é uma capacidade da CF relacionada às habilidades motoras, definida pela habilidade máxima de produção de força, numa contração dinâmica no menor tempo possível (i.e., rácio trabalho/tempo) por um músculo ou grupo muscular (American College of Sport Medicine, 2018; Cormie et al., 2011a; Vanhees et al., 2005), normalmente expressa em “watts” (W) ou em outra unidade que mensure a força produzida por unidade de tempo (Sapega & Drillings, 1983). Esta capacidade é afetada por fatores morfológicos, como o tipo

de fibra predominante, a arquitetura muscular e as propriedades do tendão e por fatores neurais, como o recrutamento, sincronização e frequência de disparo de UM e a coordenação intermuscular. É ainda afetada pelo tipo de ação muscular que se está a realizar e o tempo que se demora a executar devido à energia elástica (Cormie et al., 2011a). A potência é medida através de um esforço único, como um salto vertical ou horizontal (Sapega & Drillings, 1983; Vanhees et al., 2005), ou noutro movimento específico requerido para a testagem (Sapega & Drillings, 1983).

A capacidade de gerar a máxima potência durante certas habilidades motoras é de extrema importância para o sucesso do rendimento desportivo de várias modalidades (Cormie et al., 2011b). Para além de que várias evidências já suportam que esta capacidade normalmente resulta numa melhoria do rendimento desportivo (Cormie et al., 2011a). A melhoria na potência parece melhorar o custo energético de locomoção de várias modalidades de média e longa distância, o que aumenta o rendimento desportivo dessa modalidade (Berryman et al., 2018, 2019; Denadai et al., 2017).

2.3. Capacidade cardiorrespiratória

A capacidade cardiorrespiratória pertence à CF relacionada à saúde e define-se pela habilidade de movimentar grandes grupos musculares de forma dinâmica numa intensidade moderada a alta durante longos períodos de tempo (American College of Sport Medicine, 2018; Vanhees et al., 2005). Esta capacidade depende de uma boa funcionalidade e interação dos sistemas respiratórios, circulatório e muscular, onde se procura satisfazer as necessidades energéticas e eliminar os produtos resultantes da fadiga gerada pela produção de energia (American College of Sport Medicine, 2018; Caspersen et al., 1985; Vanhees et al., 2005). Normalmente, expressa pelo VO_{2max} , de forma absoluta (ml/min) ou relativo (ml/kg/min), medido de modo direto pela espirometria de circuito aberto em testes máximos incrementais ou rampeados, ou pode ainda ser estimada através de outros testes máximos ou submáximo com várias metodologias (American College of Sport Medicine, 2018). O VO_{2max} é afetado por fatores biológico não modificáveis, como a idade, sexo, condição

cardiorrespiratória prévia e a genética e por fatores metodológicos modificáveis, como o método de prescrição, a intensidade, o volume e o tipo de exercício (Meyler et al., 2021).

A nível da saúde os incrementos na capacidade cardiorrespiratória estão associados à redução do risco de mortalidade por diversas causas, doenças cardiovasculares e de cancro (Fardman et al., 2021; Han et al., 2022; Imboden et al., 2018; Qiu et al., 2021), além disto está relacionada com maiores níveis de AF, associado a vários benefícios na saúde (American College of Sport Medicine, 2018). Existe ainda uma relação de dose-resposta do VO_{2max} para a redução do risco de mortalidade de 5 a 12% a cada 1 MET (Fardman et al., 2021; Imboden et al., 2018),

Em relação ao rendimento uma maior capacidade cardiorespiratória está associada a um melhor rendimento desportivo, porque permite que os atletas mantenham a intensidade do exercício durante mais tempo ou que aguentem uma maior velocidade num maior período de tempo (Jones & Carter, 2000). Antigamente, reportou-se que os atletas de topo mundial tinham altos valores de VO_{2max} , considerando-o um importante marcador de alto rendimento (Joyner & Coyle, 2008). Apesar disto, a capacidade aeróbia geral é influenciada por outros fatores associados ao VO_{2max} , como o limiar anaeróbio, a economia do movimento, a cinética do consumo de oxigénio e a velocidade crítica, que acabam por gerar uma melhoria no rendimento desportivo (Burnley & Jones, 2007; Jones & Carter, 2000).

2.4. Composição corporal

A composição corporal faz parte da CF relacionada à saúde (American College of Sport Medicine, 2018; Caspersen et al., 1985; Vanhees et al., 2005) e reflete o estado nutricional que é o resultado da ingestão, absorção e utilização de nutrientes capazes de afetar condições fisiológicas e patológicas (Andreoli et al., 2016; Thibault et al., 2012). Existem vários modos de medir a composição corporal baseadas em divisões compartimentais, 2 compartimentos, 3 compartimentos e 4 compartimentos ou multicompartimentar (Andreoli et al., 2016; Kuriyan, 2018). Em relação as formas de medir a composição corporal, a

referência é o “*Dual-energy X-ray Absorptiometry*” (DEXA), no entanto existem outros métodos de campo, como a antropometria, os perímetros corporais, pregas adiposas e a bioimpedância (BIA) e outros métodos laboratoriais, como a pesagem hidrostática, a topografia computadorizada, a pletismografia por deslocamento de ar entre outras (Kuriyan, 2018; Thibault et al., 2012).

O método usado nesta dissertação foi a BIA, que se caracteriza por ser um método não invasivo e seguro onde se mede o estado de hidratação do indivíduo através de uma pequena frequência elétrica lançada para medir a condutividade dos tecidos corporais (Andreoli et al., 2016; Kuriyan, 2018). O principal objetivo desta medida é avaliarmos a MMT e a MG, para além da MC (Andreoli et al., 2016; Kuriyan, 2018; Thibault et al., 2012).

A composição corporal ao refletir o estado nutricional do indivíduo permite que se avalie também a capacidade funcional, está ainda associada a diversas patologias, como doenças cardiovasculares, diabetes, cancro, osteoporose e osteoartrites, assim como à qualidade de vida (Kuriyan, 2018; Thibault et al., 2012). O controlo da composição corporal permite ainda monitorizar doenças relacionadas à obesidade (Andreoli et al., 2016), detetar a perda de MMT e a subnutrição e problemas adjacentes a essas condições, como morbilidade, mortalidade, má qualidade de vida e até reduzir os custos globais de saúde (Thibault et al., 2012). Além disto permite a monitorização da MG (Andreoli et al., 2016; Kuriyan, 2018; Thibault et al., 2012), que em excesso e centralizada (obesidade central) acaba por ser um fator determinante para aquisição de várias doenças não comunicáveis, como a hipertensão, síndrome metabólica, diabetes tipo II, acidentes vasculares cerebrais, doenças cardíacas e dislipidemia (American College of Sport Medicine, 2018).

Em relação ao rendimento, os vários atributos do físico (i.e., tamanho, aparência e composição), são considerados aspetos chave para vários desportos, além de que várias modalidades desportivas necessitam de manipular a composição corporal para auxiliar o rendimento e deve ser considerada na preparação dos atletas. Dependendo do tipo de modalidade desportiva, um bom rácio entre a MC e a força/potência é essencial para um melhor desempenho nos movimentos desportivos ou outros desportos onde se prioriza o aumento da MMT pela hipertrofia muscular (Thomas et al., 2016).

3. Indicadores psicofisiológicos

Os indicadores psicofisiológicos são usados como medida do stress psicológico e fisiológico experienciado pelo atleta quando exposto a uma carga externa. Existem diversas medidas para aferir o stress psicofisiológico, através de medidas fisiológicas como a frequência cardíaca e o lactato sanguíneo e através de medidas psicológicas relacionadas aos indicadores de esforço periféricos, como a percepção subjetiva de esforço (PSE) (Kalkhoven et al., 2021). Além de que, existe uma relação entre o stress psicofisiológico vivenciado e os resultados do treino, assim como a fadiga psicofisiológica para alguns tipos de lesões. Contudo, a validade destas afirmações depende do contexto em que se está a usar certo indicador, por exemplo a frequência cardíaca pode ser uma medida de carga interna para exercícios aeróbios, mas não para exercício resistidos, como o TF (Kalkhoven et al., 2021). Nos tópicos abaixo estão referidos os indicadores de carga de treino, carga interna, carga externa e resposta afetiva que foram usados para mensurar a resposta psicofisiológica do TC.

3.1. Carga de treino

A carga de treino é um termo usada por cientistas desportivos, treinadores e atletas como a manipulação de variáveis do treino, a fim de conseguir um resultado desejado (Kalkhoven et al., 2021), refere-se ainda ao stress colocado ao corpo do atleta por uma dada atividade (Jones et al., 2016). Engloba-se dentro da carga de treino as medidas externas e internas em conjunto, envolvendo o trabalho físico e o stress biomecânico e bioquímico respetivamente (McLaren et al., 2018). Apesar do termo carga ser normalmente associado a uma força física externa, não deve interpretar-se dessa forma porque este termo engloba muitas outras variáveis e métricas (Kalkhoven et al., 2021; McLaren et al., 2018).

A monitorização da carga de treino torna-se de suma importância porque está associada em dose-resposta a lesões, doenças (i.e., doenças do trato respiratório), dores musculares e a um estado de “*overreaching*” (sobrecarga) não funcional (Drew & Finch, 2016; Halson, 2014; Jones et al., 2016; Kalkhoven et al., 2021). Esta relação pode ser explicada pela resposta à carga mecânica

exposta e à carga psicofisiológica (Kalkhoven et al., 2021), visto que existe uma maior prevalência de lesões e doenças nos períodos onde a carga de treino é intensificada, acumulando assim mais stress (Jones et al., 2016). No entanto, a carga de treino pode ter também resultados positivos nestes aspetos, desde que seja monitorada e controlada (Drew & Finch, 2016), evidenciado assim a importância do controlo da carga para a saúde fisiológica, psicológica e bem-estar do atleta (Halsen, 2014).

3.1.1. Carga externa

A carga externa é definida pela medida quantitativa do trabalho/volume total de treino (VTT) completo pelo atleta, medido independentemente das características internas (Drew & Finch, 2016; Halsen, 2014; Jones et al., 2016). Isto geralmente refere-se ao trabalho físico de forma global, usado para prescrever e quantificar de diversas formas (Kalkhoven et al., 2021). O controlo da carga externa realiza-se de diferentes modos e consoante as características da modalidade, a potência gerada, a aceleração, a distância percorrida e a função neuromuscular são exemplos de cargas externas nas modalidades, ciclismo e desportos coletivos (Halsen, 2014).

Para o TF, a aferição da carga externa é feita através do volume de treino total, que consiste na quantidade de carga levantada num dado período (i.e., sessão de treino, microciclo) (Fleck & Kraemer, 2017), calculada através da soma da carga absoluta levantada a cada repetição de cada exercício realizado (Scott et al., 2016). Através da fórmula, *carga total levantada* = n° de séries \times n° de repetições \times carga levantada (kg); (Scott et al., 2016).

3.1.2. Carga interna

A carga interna ou carga interna de treino, refere-se ao stress psicofisiológico vivenciado a uma dada carga externa e a forma como o atleta lida com esse stress, independentemente como esta é mensurada (Kalkhoven et al., 2021). Esta medida quantifica a carga física experienciada pelo sujeito, submetido a uma carga externa (Drew & Finch, 2016). Apesar disto, a carga interna é complexa e de caráter multifatorial dificultando assim a sua medição,

propondo-se um conjunto de medições individuais para um melhor monitoramento do atleta (McLaren et al., 2018). Existem várias formas de mensurar a carga interna, através de indicadores fisiológicos como o consumo de oxigênio, a frequência cardíaca, o lactato sanguíneo, indicadores biomecânicos como a carga articular e muscular, a dor muscular, indicadores psicofisiológicos como a PSE e indicadores bioquímicos, hormonais e imunológicos como a creatina quinase, o cortisol, a testosterona e a imunoglobulina (Halson, 2014; Vanrenterghem et al., 2017). Todas estas medidas permitem avaliar a capacidade dos tecidos biológicos e adaptações fisiológicas do atleta, podendo ser boas ou más (Vanrenterghem et al., 2017).

A medida usada para mensurar a carga interna no TC foi a escala de PSE de 0 a 10 adaptada (CR-10 RPE), onde o 0 representa o repouso e o 10 o esforço máximo (Day et al., 2004; Foster, 1998). O cálculo da carga interna usado foi resultado da escala de PSE multiplicada pelo tempo total da sessão em min. (PSE × tempo total da sessão em min.) (Foster, 1998; Scott et al., 2016). Este método tem ganho popularidade por ser uma medida simples da intensidade da carga interna, onde é dada pelo sujeito uma autoavaliação global do esforço de uma sessão total de TF (Scott et al., 2016). Este método é considerado válido (Sweet et al., 2004) e fidedigno (Day et al., 2004).

3.2. Resposta afetiva

A mensuração da resposta afetiva ao exercício (prazer/desprazer) permite uma avaliação a nível dos valores afetivos gerais do exercício, associados a sentimentos bons ou maus durante o exercício (Hardy & Rejeski, 1989). Na época de 80, um modelo teórico e empírico encontrou uma grande importância no papel das emoções durante a prática de exercícios e desporto e ainda dentro deste modelo, sabe-se que os sentimentos desempenham um papel central em tudo o que realizamos. Na sequência destas premissas desenvolveu-se uma escala que se destinou apenas a aferir a resposta afetiva durante o exercício, a “*Feeling Scale*” (FE), sem envolver outras emoções, apenas o centro das emoções (i.e., prazer e desprazer) (Hardy & Rejeski, 1989).

Quando se pensa em benefícios para a saúde necessitamos de adesão a programas de exercício físico para obtê-los e um dos princípios básicos para a prescrição deve ser o “*enjoyment*” (prazer) que aumenta as chances de adesão aos programas (National Academy of Sports Medicine, 2013). A resposta afetiva positiva ao exercício é um importante indicador de retenção, de comportamento futuro e participação futura na prática de exercício físico (Rhodes & Kates, 2015; Weyland et al., 2020). Este indicador torna-se mais confiável quando é medido durante o exercício (Rhodes & Kates, 2015). A resposta afetiva, pode ser importante tanto para exercícios de caráter aeróbio (Williams et al., 2008) e para o TF (Rhodes et al., 2017).

4. Treino combinado

O planeamento de um programa de exercício que envolva ambas as tipologias de exercício, o TF e o treino cardiorrespiratório (TCR) é apelidado de treino concorrente (Dudley & Djamil, 1985; Hickson, 1980), no entanto pode ser chamado de TC, na pela combinação de ambos os estímulos de treino (Ribeiro et al., 2021). Estas sessões de treino podem ser realizadas na mesma sessão, de forma tempo eficiente ou separadas por horas ou dias de recuperação entre ambos os estímulos de treino (Murlasits et al., 2018). Esta estratégia pode ser utilizada por atletas de alto rendimento ou amadores, sujeitos ativos de forma recreacional e indivíduos inativos para desenvolver em simultâneas capacidades distintas do músculo-esquelético, como a força e capacidade cardiorrespiratória (Berryman et al., 2019; Fyfe et al., 2014; Gäbler et al., 2018; Murlasits et al., 2018; Petré et al., 2021). Contudo, o TC não é apenas usado para melhorar o rendimento desportivo, mas também para ajudar a prevenir e combater diversas patologias metabólicas e musculares que estão presentes nos sistemas de saúde (Fyfe et al., 2014). Permite ainda uma redução do tempo total de treino gasto na realização do TF e TCR de modo separado (Markov et al., 2021), sem que as adaptações crónicas ao treino sejam afetadas (Berryman et al., 2019; Gäbler et al., 2018; Jha et al., 2017; Murlasits et al., 2018; Sabag et al., 2018; Schumann et al., 2021).

Apesar desta estratégia ser muito usada e eficiente, relata-se em termos moleculares um efeito de interferência entre ambos os estímulos (Coffey & Hawley, 2017; Fyfe et al., 2014; Hawley, 2009; Methenitis, 2018; Nader, 2006).

O TF é de caráter resistido e apresenta uma ativação da proteína alvo da rapamicina em mamíferos (mTOR), através de uma cascata de ativação de proteínas intracelulares ativadas pela tensão mecânica e pela hormona fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-1) (Methenitis, 2018), o que vai gerar uma biogénese ribossomal e um aumento de forma aguda na síntese proteica muscular, o que de forma crónica vai dar origem à hipertrofia muscular (Coffey & Hawley, 2017; Fyfe et al., 2014; Hawley, 2009; Methenitis, 2018; Nader, 2006).

Já o treino aeróbio, apresenta uma ativação da proteína quinase ativada pela adenosina monofosfato (AMPK), através de uma cascata de ativação de proteínas intracelulares ativadas pelo aumento das concentrações de adenosina monofosfato (AMP) provocadas pela contração muscular contínua presente no treino aeróbio, levando à ativação do fator de transcrição coativador-1 alfa do receptor gama ativado por proliferador de peroxissoma (PGC1- α) o que leva à biogénese mitocondrial e cronicamente ao aumento da capacidade aeróbia (Coffey & Hawley, 2017; Fyfe et al., 2014; Hawley, 2009; Methenitis, 2018; Nader, 2006). No entanto, a via ativada pela AMPK inibe a atividade de mTOR, por ser um regulador de homeostase energética celular e ativa fatores de transcrição que aumentam a degradação proteica muscular, como o fator de transcrição de classe O da caixa “*forkhead*” (FOXO). Esta série de vias moleculares afeta as adaptações musculares do TF, surgindo o efeito de interferências entre as modalidades de exercícios (Coffey & Hawley, 2017; Fyfe et al., 2014; Hawley, 2009; Methenitis, 2018; Nader, 2006).

No entanto, o efeito depende de muitas variáveis, como a experiência de treino, o aporte nutricional, a ordem dos treinos dentro da sessão, a proximidade dos treinos e a intensidade e volume do exercício aeróbio (Fyfe et al., 2014).

Existem formas de minimizar esse efeito através da manipulação das variáveis acima descritas (Fyfe et al., 2014). De acordo com as características dos praticantes, indivíduos com pouco ou sem experiência de treino revelam menores níveis de interferência (Fyfe et al., 2014; Petré et al., 2021). Um aporte adequado de hidratos de carbono para repor os estoques de glicogénio muscular

(Fyfe et al., 2014). A ordem do exercício, que se recomenda que seja o TF de força em primeiro para não afetar os efeitos deste caso seja colocado em segundo lugar (Eddens et al., 2018; Fyfe et al., 2014; Murlasits et al., 2018; Petré et al., 2021; Pito et al., 2021; Sabag et al., 2018). A distância entre os dois treinos, que o mais provável de causar o menor efeito de interferência é afastá-los ao máximo (i.e., mais de 6 a 8h até 24h), mas que por vezes não é possível devido ao contexto dos indivíduos (Murlasits et al., 2018). A intensidade e o volume do exercício aeróbio, onde o método contínuo moderado com um volume alto parece interferir mais nas adaptações do TF, sugerindo-se que os protocolos de treino intervalado de alta intensidade (HIIT) e treino de *sprint* intervalado (SIT) são os que causam menos impacto nessas adaptações (Fyfe et al., 2014; Methenitis, 2018; Sabag et al., 2018).

Várias modalidades desportivas beneficiam do desenvolvimento da capacidade aeróbia (i.e., condição cardiorrespiratória) e anaeróbia (i.e., força e potência) para otimizar o rendimento desportivo (Balsalobre-Fernández et al., 2016; Chaabene et al., 2019; Doma et al., 2019; García-Pallars & Izquierdo, 2011; Ribeiro et al., 2021).

O TC é uma estratégia de preparação física usada para desenvolver vários aspetos da aptidão física associada ao rendimento desportivo (Balabinis et al., 2003; Berryman et al., 2019; Gäbler et al., 2018; Jha et al., 2017). O TC melhora a força muscular (Balabinis et al., 2003; Berryman et al., 2019; Gäbler et al., 2018; Jha et al., 2017; Murlasits et al., 2018; Sabag et al., 2018; Schumann et al., 2021), a hipertrofia muscular (Balabinis et al., 2003; Jha et al., 2017; Sabag et al., 2018), a resistência cardiorrespiratória (Balabinis et al., 2003; Berryman et al., 2019; Gäbler et al., 2018; Jha et al., 2017; Murlasits et al., 2018; Wong et al., 2010), o desempenho anaeróbio (Balabinis et al., 2003; Berryman et al., 2019; Jha et al., 2017) e a potência (Balabinis et al., 2003; Berryman et al., 2019; Gäbler et al., 2018; Jha et al., 2017; Schumann et al., 2021; Wong et al., 2010).

Apesar de melhorar o rendimento desportivo, tem sido muito estudado em diversas patologias como diabetes, hipertensão, doenças pulmonares, renais, oncológicas, acidentes vasculares cerebrais, doenças cardíacas e na redução da obesidade, a fim de melhorar o quadro patológico (Gomes Neto et al., 2013; Huang et al., 2019; Lopes et al., 2021; Pan et al., 2018; Röhlings et al.,

2016; Voet et al., 2019; M. Zhao et al., 2020; X. Zhao et al., 2021). Mostra-se igualmente eficaz na prevenção de doenças crônicas e para o estado geral de saúde (Khalafi et al., 2021; Schumann et al., 2021), melhorando a esperança média de vida mesmo em pessoas com atividades de risco com o uso de tabaco e álcool (M. Zhao et al., 2020). Um outro indicador bastante apelativo à inserção do TC numa rotina de treino, é ser mais eficaz na redução da mortalidade por diversas causas, do que o apenas TF ou o TCR (Zhao et al., 2020).

Em relação à prescrição do TC como forma de melhorar a CF relacionada à saúde e indicadores bioquímicos de saúde, algumas revisões apontam que a intensidade do exercício, quer do aeróbio quer do TF, é um fator chave para se obter mais melhorias nesses aspetos em populações com sobrepeso (Clark, 2015) e ou obesidade (O'Donoghue et al., 2021). Recorrendo a protocolos que usam uma intensidade vigorosa ou superior (i.e., >65-70% VO_{2max}) para o exercício aeróbio, independentemente do tipo de exercício que é realizado. Para o TF, são utilizados programas com uma intensidade mais alta (i.e., >75% 1RM) do que aquela que é geralmente recomendada, independentemente do tipo de exercícios (Clark, 2015; O'Donoghue et al., 2021).

4.1. Exercício de baixo volume

As recomendações gerais do “*American College of Sport Medicine*” (ACSM) e da OMS de AF para os adultos já são conhecidas e os seus benefícios para a saúde e CF (American College of Sport Medicine, 2018; Bull et al., 2020). No entanto, para atingir essas recomendações é preciso alcançar, independentemente da intensidade do exercício (i.e., moderada ou vigorosa), um dispêndio total energético maior que 500 MET/min por semana e abaixo dos 1000 MET/min por semana (Garber et al., 2011). Posto isto, considerou-se que o baixo volume de exercício seria abaixo desse valor recomendado pela ACSM (Garber et al., 2011; Sultana et al., 2019).

O exercício aeróbio de baixo volume, nomeadamente o HIIT parece ser capaz de melhorar a condição cardiorrespiratória em indivíduos com peso normal, em excesso de peso e em obesos, no entanto não são suficientes para se obter mudanças na composição corporal, nessas populações (Sultana et al.,

2019). Esta metodologia mais curta traz resultados a nível da W_{max} em indivíduos ativos e sedentários (Weston et al., 2014). Além disso, o HIIT de baixo volume pode ser uma forma promissora de aumentar o VO_{2max} em atletas (Gibala et al., 2012; Nugent et al., 2017) e melhorar a saúde em pessoas com, ou sem risco de doenças cardiometabólicas (Gibala et al., 2012), em populações com patologias clínicas diagnosticadas (Sabag et al., 2022) e em sujeitos saudáveis (Liu et al., 2015; Sabag et al., 2022).

Em relação ao TF o baixo volume é caracterizado por séries únicas, baixa frequência semanal e poucas repetições com cargas mais altas (American College of Sports Medicine, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004), recurso capaz de aumentar a força em indivíduos destreinados (American College of Sports Medicine, 2009; Fyfe et al., 2022; Garber et al., 2011) e em treinados quando a frequência semanal é de 2 a 3 vezes por semana (Androulakis-Korakakis et al., 2020; Fyfe et al., 2022; Krieger, 2009). Apresenta ainda outras vantagens, como a praticidade, ter uma melhor resposta afetiva, ser eficiente mesmo com tempo mais curto e mais adaptável à rotina diária, o que vai levar a uma maior adesão e aderência ao exercício, culminando num aumento da qualidade e da esperança de vida (Fyfe et al., 2022).

Concluindo, o baixo volume pode ser uma estratégia para aumentar a qualidade de vida, a condição cardiorrespiratória e a força muscular em diversas populações e com um menor tempo investido em exercício que as recomendações tradicionais (Androulakis-Korakakis et al., 2020; Fyfe et al., 2022; Garber et al., 2011; Gibala et al., 2012; Krieger, 2009; Nugent et al., 2017; Sultana et al., 2019; Weston et al., 2014). Visto que a maior parte da população não consegue cumprir as recomendações na totalidade (Garber et al., 2011).

4.2. Treino de força

O TF é uma das modalidades de exercício mais conhecidas e populares para melhorar a CF e o rendimento em atletas (Kraemer & Ratamess, 2004). O termo TF ou treino resistido é caracterizado por qualquer tipo de exercício que o corpo realize contra uma força oposta, geralmente exercida por qualquer equipamento, peso corporal, resistência elástica, do ar etc... mais

especificamente o TF, é caracterizado por existir uma carga externa facilmente mensurável o que possibilita um maior controlo das variáveis, principalmente a intensidade (Fleck & Kraemer, 2017).

Algumas revisões sugerem que o TF tem uma grande influência no rendimento atlético (Suchomel et al., 2016, 2018). A força muscular, gerada pelo TF, tem um efeito positivo na taxa de produção de força e potência (Maffiuletti et al., 2016; Suchomel et al., 2016), na capacidade de salto (Suchomel et al., 2016), na velocidade “*sprint*” (Seitz et al., 2014), nas mudanças de direção (Keiner et al., 2014) e na economia do movimento (Balsalobre-Fernández et al., 2016; Denadai et al., 2017). Além disso, o TF pode reduzir as lesões desportivas agudas até um terço e as lesões por excesso de repetição até quase metade (Lauersen et al., 2014). Existe ainda um corpo sólido de referências que indicam que o TF tem um papel fundamental na quantidade de força produzida, na manutenção e aumento da força (Cormie et al., 2011a, 2011b; Spiering et al., 2021; Suchomel et al., 2016, 2018).

Em relação à saúde, o TF parece gerar benefícios únicos ao sistema músculo-esquelético em indivíduos com patologias e saudáveis (Maestroni et al., 2020). Já são reportados benefícios para diversas patologias, como o cancro, doenças cardiovasculares, doenças metabólicas, demência, depressão e problemas relativos ao sono e adaptações positivas em vários tecidos corporais, como o músculo-esquelético, o osso, o tendão e a cartilagem (Maestroni et al., 2020). Em relação à diabetes, o TF pode prevenir e melhorar o controlo da doença, por reduzir a gordura visceral, baixar a hemoglobina glicada (HbA1), aumenta a densidade do transportador de glicose tipo 4 (GLUT4) e melhora a sensibilidade à insulina. Para a saúde cardiovascular, o TF baixa a pressão arterial em repouso, diminui a lipoproteína de baixa densidade (LDL) e os triglicéridos, aumenta a lipoproteína de alta densidade (HDL). Aumenta a densidade mineral óssea em cerca de 1 a 3%, melhora a dor lombar crónica e o desconforto associado à artrite e a fibromialgia (Westcott, 2012). Além disso, melhora a funcionalidade autónoma, a cognição e a autoestima (Westcott, 2012), está ainda associada à diminuição do processo de envelhecimento muscular (Ciolac & Rodrigues-da-Silva, 2016; Westcott, 2012) e à melhoria da saúde e qualidade de vida dos idosos (Ciolac & Rodrigues-da-Silva, 2016). Parece que a

tensão mecânica gerada pelo TF é um ponto chave para a obtenção desses benefícios. Posto isto, deve-se promover o TF em toda a população de forma multidisciplinar, individualizada e específica (Maestroni et al., 2020).

4.2.1. Variáveis do treino de força

Um programa de TF é composto por várias variáveis agudas, como as ações musculares, a carga externa usada, o volume, os exercícios, a sequência de exercícios, a frequência de treino, a velocidade de execução entre outras. Estas variáveis afetam o estímulo de treino e favorecem diversas condições para manter ou aumentar a motivação dos participantes. A sua correta manipulação e prescrição permite que seja alcançado o objetivo final (Kraemer & Ratamess, 2004). Dentro desta dissertação apenas vamos abordar a seleção de exercícios e organização da sessão de treino, a intensidade, o volume, o intervalo de repouso e a velocidade de execução.

De uma forma geral, é recomendado que se realize um treino de corpo inteiro, passando pelos principais grupos musculares, quando a frequência semanal é baixa e se pretende aumentar a CF em geral. Deste modo é recomendado o uso prioritário de exercícios multiarticulares e bilaterais (American College of Sports Medicine, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004).

A intensidade do treino descreve a quantidade de carga levantada ou o tipo de resistência que se está a aplicar num exercício (Kraemer & Ratamess, 2004). Acaba por ser afetada por outras variáveis de treino e afeta de forma aguda as respostas metabólicas, hormonais e cardiovasculares ao treino (American College of Sports Medicine, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004). A intensidade recomendada, depende do objetivo pretendido com o treino e das características do indivíduo, no entanto e de forma geral são usadas intensidades mais baixas (i.e., > 12-15RM / >65% 1RM) quando o objetivo é aumentar a resistência muscular localizada (Hackett et al., 2022; Kraemer & Ratamess, 2004; Schoenfeld, Grgic, et al., 2021). Para a hipertrofia muscular, recomenda-se o uso de cargas intermédias (i.e., 6 -12RM / 85 -70% 1RM) por ser a melhor combinação entre intensidade e volume de repetições (Kraemer & Ratamess, 2004) no entanto, novas evidências mostram que cargas acima dos 30% 1RM

podem ser usadas quando o objetivo é o aumento da massa muscular, mas deve-se periodizar cargas intermédias (Schoenfeld, Fisher, et al., 2021; Schoenfeld, Grgic, et al., 2021). Quando o objetivo é aumentar a força é recomendado o uso de intensidades altas (i.e., entre 1 - 6RM >85% 1RM) (American College of Sports Medicine, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004; Schoenfeld, Grgic, et al., 2021), apesar de que para indivíduos não treinados ou iniciantes o uso de cargas moderadas seja suficiente para esse fim e até recomendado para a aprendizagem motora do movimento (American College of Sports Medicine, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004).

O volume de treino é a soma do número total de repetições realizadas durante o treino e multiplicadas pela carga usada, sendo uma forma de controlar o tempo que os músculos estão a ser submetidos a um stress mecânico (American College of Sports Medicine, 2009). Esse volume de treino afeta as repostas neurais, nervosas, hormonais, metabólicas, hipertróficas e consequentemente as adaptações ao TF (American College of Sports Medicine, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004). Normalmente, designado por número de séries, as recomendações de volume caem sobre a utilização de séries múltiplas (i.e., entre 2 a 3 séries) por exercício para indivíduos não treinados e para indivíduos com experiência de treino (American College of Sports Medicine, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004), no entanto, os mais treinados beneficiam mais de um maior volume de treino (American College of Sports Medicine, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004; Schoenfeld, Fisher, et al., 2021). Apesar de existir evidências que apontam que séries únicas são também efetivas para o aumento da força (Androulakis-Korakakis et al., 2020; Fyfe et al., 2022; Garber et al., 2011; Krieger, 2009).

O intervalo de repouso é o tempo de recuperação muscular entre séries ou exercícios (Schoenfeld, Fisher, et al., 2021). A duração do tempo de repouso afeta significativamente as repostas agudas hormonais, metabólicas, cardiovasculares, o rendimento das séries seguintes e as adaptações ao TF (American College of Sports Medicine, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004). Intervalos mais curtos prejudicam de forma aguda e crónica a produção de força e potência (American College of Sports Medicine, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004) e apresentam uma tendência a menores resultados hipertróficos

(Schoenfeld, Fisher, et al., 2021). Segunda estas informações, recomenda-se de forma geral intervalos mais longos (i.e., 2 a 3 min), especialmente para exercícios multiarticulares e com cargas mais altas (American College of Sports Medicine, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004; Schoenfeld, Fisher, et al., 2021).

A velocidade de execução do exercício refere-se à duração de cada contração muscular (i.e., concêntrica e excêntrica) quando um exercício é feito de forma dinâmica (American College of Sports Medicine, 2009). A velocidade com que é realizado o exercício afeta de forma aguda as respostas metabólicas, neurais e hipertróficas ao treino (American College of Sports Medicine, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004), sendo que velocidades concêntricas intencionalmente lentas parecem afetar a capacidade neural e a produção de força, contrariamente ao que é verificado quando essa fase é realizada à máxima velocidade possível (American College of Sports Medicine, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004; Wilk et al., 2021). Em relação à fase excêntrica, realizá-la intencionalmente lenta parece resultar em maiores ganhos de força do que a realizar de modo mais rápido (Kojić et al., 2021), no entanto outras evidências não verificaram diferenças entre grupos (Azevedo et al., 2022; Mike et al., 2017; Shibata et al., 2021) o que acaba por resultar numa controvérsia de resultados. Apesar destes resultados, para indivíduos não treinados recomenda-se velocidades moderadas a lentas (American College of Sports Medicine, 2009).

4.3. Treino intervalado de alta intensidade

O HIIT é definido por intervalos de trabalho repetidos de curta (i.e., < 45 segundos) a longa (i.e., 2 a 4 min) duração com de alta intensidade, mas não de máxima intensidade, ou então intervalos de trabalho curtos (i.e., <10 segundos) ou mais longos (i.e., <30 segundos) de “*sprint all out*” (a máxima intensidade possível) intercalados por intervalos de recuperação. As sessões normalmente variam entre os 5 e os 40 minutos, incluindo os intervalos de trabalho e de recuperação (Buchheit & Laursen, 2013b).

Em relação aos efeitos do HIIT na saúde, existe um corpo robusto de evidências que apontam para uma melhoria em vários indicadores de saúde (Atakan et al., 2021; Ito, 2019; Liu et al., 2015; Martin-Smith et al., 2020; Martland

et al., 2019; Ross et al., 2016; Sabag et al., 2022). Além disto, estes efeitos são verificados em várias populações, como adultos saudáveis sedentários ou ativos (Atakan et al., 2021; Liu et al., 2015; Martland et al., 2019; Sabag et al., 2022), adolescentes saudáveis, com sobrepeso e obesidade (Martin-Smith et al., 2020), em indivíduos com algum tipo de complicação clínica ou patologia diagnosticada (Ito, 2019; Martland et al., 2019; Ross et al., 2016; Sabag et al., 2022) e em todos os estádios da vida (Martland et al., 2019). Além de melhorar a saúde, serve como medida preventiva de diversos cancros, doenças cardíacas, síndrome metabólica, diabetes tipo II, osteoartrites e quedas em idosos (Atakan et al., 2021).

Dentro dos efeitos benéficos do HIIT, podemos destacar a melhoria na condição cardiorrespiratória (Atakan et al., 2021; Ito, 2019; Liu et al., 2015; Martin-Smith et al., 2020; Martland et al., 2019; Ross et al., 2016; Sabag et al., 2022), na composição corporal (Atakan et al., 2021; Ito, 2019; Liu et al., 2015; Martland et al., 2019; Ross et al., 2016), no controlo glicémico, na melhoria da sensibilidade à insulina, na ação do GLUT4 e redução da HbA1 (Atakan et al., 2021; Ito, 2019; Martland et al., 2019; Ross et al., 2016; Sabag et al., 2022). Apresenta ainda uma melhoria na função cardíaca, vascular e arterial, na frequência cardíaca e de marcadores inflamatórios (Atakan et al., 2021; Ito, 2019; Martland et al., 2019; Ross et al., 2016; Sabag et al., 2022), no aumento da capacidade de exercício (Ito, 2019; Martland et al., 2019; Ross et al., 2016), na saúde mental, controlo da ansiedade e depressão (Atakan et al., 2021; Martland et al., 2019).

Além destes benefícios acima referidos, este método parece estar relacionado com a melhora da qualidade de vida (Ito, 2019; Ross et al., 2016) e o exercício de intensidade vigorosa está associado a uma maior redução da mortalidade por diversas causas, quando comparado ao exercício de moderada intensidade (Wen et al., 2011). Importa ainda referir que esta modalidade de exercício é segura para populações saudáveis, em risco de adquirir patologias e com patologias diagnosticadas (Ito, 2019; Martland et al., 2019; Ross et al., 2016; Sabag et al., 2022).

Para o rendimento, já vários estudos demonstram que o HIIT é uma das formas mais eficazes de se obter melhorias no VO_{2max} (Atakan et al., 2021;

Buchheit & Laursen, 2013a, 2013b; Cao et al., 2019; Crowley et al., 2022; Gibala et al., 2012; Ito, 2019; Martin-Smith et al., 2020; Martland et al., 2019; Milanović et al., 2015; Ross et al., 2016; Sabag et al., 2022; Sultana et al., 2019; Weston et al., 2014) e algumas evidências sugerem uma ligeira superioridade para o HIIT em relação ao exercício contínuo moderado (Atakan et al., 2021; Crowley et al., 2022; Milanović et al., 2015), especialmente se for o HIIT longo (i.e., ≥ 60 segundos de intervalo de trabalho) (Buchheit & Laursen, 2013a; Crowley et al., 2022) e nas modalidades corrida e ciclismo (Buchheit & Laursen, 2013a).

Estas melhorias ocorrem devido às adaptações crônicas ao exercício, onde o HIIT obtém ambas as adaptações relativas ao treino aeróbio contínuo e ao TF (Atakan et al., 2021; Buchheit & Laursen, 2013b). O HIIT tem a capacidade de aumentar a condição cardiorrespiratória devido às adaptações centrais e periféricas ao exercício (Atakan et al., 2021), onde são englobadas as adaptações pulmonares, cardiovasculares e musculares (Buchheit & Laursen, 2013a, 2013b). Dentro as adaptações centrais incluem-se as respostas cardíacas, como o aumento do débito cardíaco, do volume sistólico e da fase final diastólica, do volume de hemoglobina e melhoria na diferença arteriovenosa de oxigênio. Nas adaptações periféricas incluem-se as adaptações musculares como, a melhoria da densidade e eficiência mitocondrial, da densidade capilar (angiogênese capilar) e o aumento da tolerância ao lactato, à capacidade de tampão muscular e da atividade enzimática oxidativa (Atakan et al., 2021).

Apesar dos benefícios do HIIT na capacidade cardiorrespiratória, uma dose excessiva pode resultar em efeitos metabólicos adversos (Atakan et al., 2021), como fadiga excessiva, lesões e doenças (Buchheit & Laursen, 2013b).

Outras vantagens para a utilização do HIIT é a boa adesão por parte dos participantes aos programas de HIIT (Martland et al., 2019) e consegue-se obter resultados com menor tempo gasto em exercício, sendo uma metodologia tempo eficiente (Atakan et al., 2021; Buchheit & Laursen, 2013a, 2013b; Cao et al., 2019; Eddolls et al., 2017; Gibala et al., 2012; Liu et al., 2015; Martland et al., 2019; Milanović et al., 2015; Ross et al., 2016; Sabag et al., 2022).

4.3.1. Variáveis do treino intervalado de alta intensidade

Vários fatores determinam as respostas fisiológicas agudas de uma sessão de HIIT. Onde esse stress fisiológico precisa de ser considerado em relação a outras atividades ou desportos para evitar uma sobrecarga excessiva e prejudicar as adaptações pretendidas (Buchheit & Laursen, 2013a). Esses fatores são no mínimo nove, correspondendo às nove variáveis que podem ser manipuladas no treino de HIIT.

Podemos destacar, a intensidade do intervalo de trabalho que corresponde à intensidade a que se realiza o exercício e a duração do intervalo de trabalho, bem como a intensidade do intervalo de repouso e a duração desse intervalo, que são considerados fatores chave (Buchheit & Laursen, 2013a). Além disso temos as séries que correspondem à junção do intervalo de trabalho e repouso, o número de séries que são as séries realizadas, e o descanso entre as séries que corresponde ao tempo de recuperação entre as séries, e a junção de todas estas variáveis é a duração das séries (Buchheit & Laursen, 2013a). Todas estas variáveis influenciam sobretudo o trabalho total realizado.

Além destas variáveis temos ainda o tipo de exercício que se refere à modalidade de exercício que se está a realizar (Buchheit & Laursen, 2013a). A manipulação de cada uma destas variáveis tem um impacto direto nas respostas metabólicas, cardiopulmonares e neuromusculares, e quantas mais variáveis são manipuladas em simultâneo mais difícil se torna a previsão dessas respostas, porque todas as variáveis então interligadas (Buchheit & Laursen, 2013a).

Capítulo III – Metodologia de investigação

Este capítulo serve para explicar como foi realizada a metodologia de investigação. Engloba nesta explicação o desenho e procedimentos da investigação, o contexto e os participantes assim como os instrumentos utilizados e os procedimentos adotados.

1. Desenho e procedimentos de investigação

O estudo é de caráter longitudinal, experimental e quantitativo, onde se pretendeu conhecer os efeitos do TC baixo volume na CF, composição corporal e indicadores psicofisiológicos em jovens adultos ativos. Recorreu-se à utilização de um conjunto de instrumentos para avaliar os efeitos do período experimental de 6 semanas.

1.1. Desenho do estudo

Trata-se de um estudo quantitativo longitudinal com um grupo experimental (GE) (n = 9) e um grupo controlo (GC, n = 9). Onde se pretendeu estudar o efeito do TC de baixo volume na CF relacionada à saúde (composição corporal, força e resistência cardiorrespiratória) e em indicadores psicofisiológicos em jovens adultos ativos de forma recreativa. A investigação decorreu entre de 25 de outubro a 19 de dezembro de 2021, onde a primeira semana serviu para realizar a avaliação inicial (pré) e uma sessão de familiarização ao treino, as seis semanas seguintes foram dedicadas ao período de treino e na última semana decorreu avaliação final (pós). O GE foi submetido a dois treinos por semana de 45 minutos, o treino era composto por uma parte de TF e posteriormente uma parte de HIIT na bicicleta. A distribuição da investigação está representada na Figura 1.

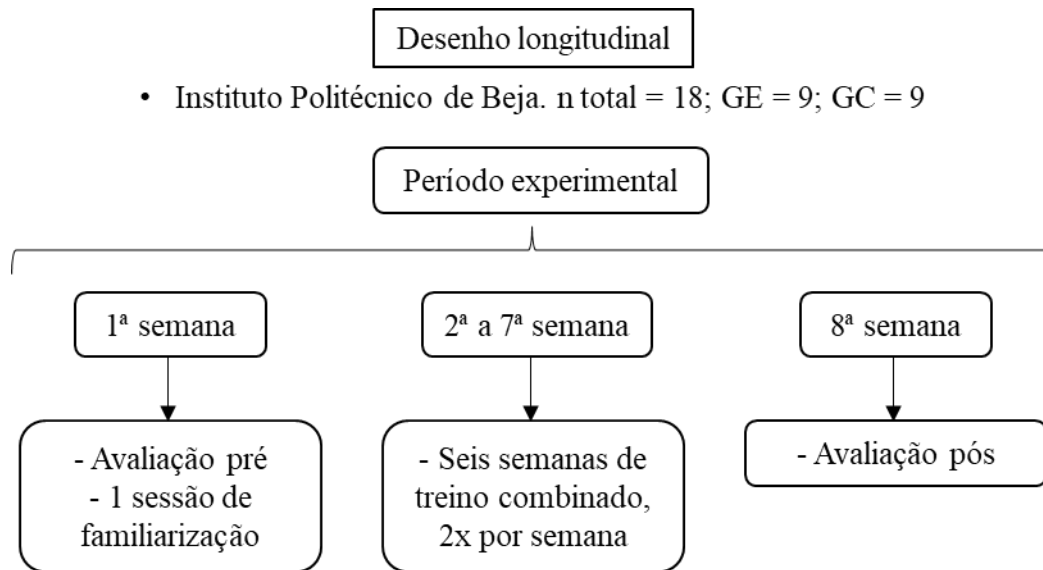


Figura 1 - Modelo da investigação. GE = Grupo experimental; GC = Grupo controlo.

1.2. Procedimentos

A investigação iniciou-se com a apresentação do projeto à comissão de coordenação do mestrado em Atividade Física e saúde para obter a sua aprovação e decorreu durante 4 fases distintas que conduziram até à execução desta dissertação.

Na primeira fase, elaborou-se a questão de partida “Quais os efeitos do TC de baixo volume na composição corporal, na CF e nos indicadores psicofisiológicos em jovens adultos ativos?”. A partir desta questão recorreu-se a diversas bases de dados (i.e. *Google scholar*, *Web of science*, *Pubmed*, *Scopus*) para pesquisar o que existia na literatura sobre o tema. Com base nessa pesquisa extensiva definiu-se os objetivos gerais e as hipóteses da dissertação.

Na segunda fase, elaborou-se o projeto de investigação, definiu-se o calendário do período experimental e o protocolo de treino que o GE iria realizar com base na pesquisa realizada anteriormente. Seguidamente realizou-se a seleção dos instrumentos para recolher os dados de interesse, estes instrumentos estão documentados em detalhe mais à frente dentro neste capítulo. Apresentou-se o projeto e solicitou-se a autorização à direção do IPBeja e posteriormente divulgou-se o estudo junto da comunidade académica, dos

alunos da licenciatura do curso de Desporto e acabaram por integrar no estudo 18 alunos, de forma voluntária e consentida.

Na quarta fase, decorreu o período de recolha de dados, entre outubro e dezembro de 2021, onde se garantiu a confidencialidade dos dados.

A última fase serviu para tratar e analisar os dados para a elaboração de dois artigos científicos, a fim de discutir os dados obtidos.

Artigo 1 – Os efeitos do treino combinado de baixo volume na condição física relacionada à saúde em jovens adultos ativos. A controlled clinical trial.

Artigo 2 – Os efeitos do treino combinado de baixo volume durante 6 semanas na potência, força muscular e capacidade aeróbia em jovens adultos ativos. A controlled clinical trial.

2. Contexto de investigação e participantes

Nesta secção é exposto o contexto em que foi elaborada a investigação e a população envolvida.

2.1. Descrição do contexto

Este estudo foi realizado no contexto académico e com alunos do curso de Desporto no ginásio da Escola Superior de Educação de Beja (ESEB). A fim de cumprir os objetivos da investigação e para dar a conhecer aos alunos a parte prática da investigação e para terem contacto com uma experiência nova e construtora. Para além disto, promover o TC de baixo volume como uma estratégia de promoção de saúde, manutenção de estilos ativos e para desenvolver a CF.

2.2. População

A população está inserida em todos os jovens adultos ativos que pratiquem de forma recreativa e sem planeamento algum tipo de exercício físico.

2.3. Amostra

A amostra é uma amostragem por conveniência, onde foi selecionada através de alguns critérios. Um total de 49 estudantes de ensino superior da licenciatura em Desporto do IPBeja foram selecionados para participar na investigação, no entanto apenas 18 cumpriram os critérios de inclusão (Figura 2). A Tabela 1 representa as características iniciais da amostra para as diversas variáveis avaliadas.

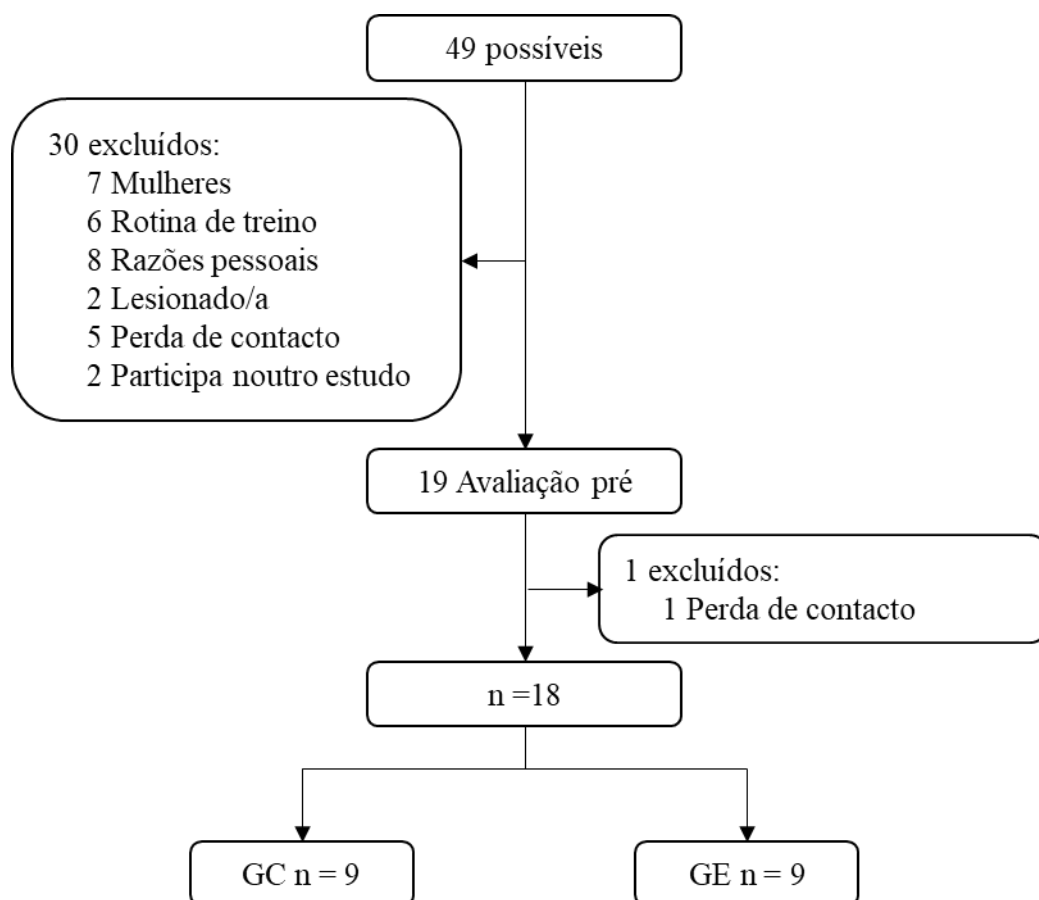


Figura 2 - Fluxograma descritivo do processo de recrutamento da amostra. GE = Grupo experimental; GC = Grupo controlo.

Foi garantida a participação de forma voluntária e consentida à cerca da intervenção experimental, das avaliações, e dos possíveis riscos e efeitos do exercício a que estariam sujeitos. Os participantes não estavam envolvidos em nenhuma rotina de treino, quer TF ou TCR há pelo menos 6 meses antes do início do estudo, mas participavam em atividades práticas envolvidas no plano

de estudos da licenciatura como futebol, andebol e atividades fitness até 4 horas semanais. Durante o período experimental os participantes não estavam envolvidos em mais nenhuma atividade recreacional ou qualquer tipo de exercício físico. Nenhum deles tinha lesões músculo-esqueléticas, ou outro problema de saúde, nem necessitavam de medicação e não usavam qualquer tipo suplementação ou substâncias ergogénicas durante o período de treino. Foi pedido aos participantes que mantivessem os seus hábitos nutricionais e não foi dada nenhuma suplementação aos participantes durante a intervenção. Nenhuma desistência foi registada no período de treino.

Tabela 1. Características descritivas da amostra no início (pré).

Variáveis	TODOS (n = 18)		GE (n = 9)		GC (n = 9)		p
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	
Idade (anos)	20.06	1.67	20.56	1.67	19.56	1.59	.211
MC (kg)	69.94	10.32	69.51	10.59	70.36	10.67	.868
Altura (m)	1.78	0.07	1.76	0.07	1.79	0.08	.386
IMC (kg/m²)	22.28	2.76	22.46	2.88	21.99	2.78	.729
MG (%)	13.26	4.49	13.42	3.77	13.09	5.35	.880
MMT (kg)	60.29	6.38	59.87	6.79	60.72	6.32	.786
FPM (kg)	45.28	9.69	45.67	11.84	44.89	7.67	.871
Altura do salto (cm)	30.05	4.04	29.28	3.81	30.82	4.35	.435
1RM agachamento (kg)	64.50	12.16	63.11	12.23	65.89	12.66	.642
1RM supino (kg)	54.22	13.59	56.11	11.35	52.33	15.99	.571
VO_{2max} relativo (ml/kg/min)	42.07	4.93	41.36	5.16	42.79	4.91	.554
W_{max} (watts)	205.83	32.46	200	30	211.67	35.53	.463

Nota: Os dados são apresentados com a média \pm DP. MC = Massa corporal; IMC = Índice de massa corporal; MG = Massa gorda; MMT = Massa magra total; FPM = Força de prensão manual; 1RM = 1 repetição máxima; VO_{2max} = Consumo máximo de oxigénio; W_{max} = Potência aeróbia máxima. Os valores estatisticamente significativos ($p < 0.05$) apresentam-se com *.

Na Tabela 1 estão apresentadas as características iniciais da amostra que é composta por dois grupos, sendo o GC (n = 9) que não realizou qualquer procedimento experimental e seguiu a sua rotina quotidiana e o GE (n = 9) que

foi submetido a um TF seguido de um treino HIIT na bicicleta. A amostra apresenta uma idade média de 20.06 ± 1.67 anos, 1.78 ± 0.07 metros de altura, 69.94 ± 10.32 kg de MC e 22.28 ± 2.76 kg/m² de índice de massa corporal (IMC). Já o GE tem uma idade média de 20.56 ± 1.67 anos, uma altura de 1.76 ± 0.07 metros, a MC 69.51 ± 10.59 kg e 22.46 ± 2.88 kg/m². Para o GC a idade média e de 19.56 ± 1.59 anos, 1.79 ± 0.08 metros, 70.36 ± 10.67 kg de MC e 21.99 ± 2.78 kg/m² de IMC. As restantes variáveis apresentadas na Tabela 1, são relativas às avaliações pré e vão ser abordadas mais à frente na análise dos dados.

3. Instrumentos de investigação

Neste tópico descreve-se os instrumentos que foram usados para recolher os dados que foram necessários para a investigação decorrer de forma coerente e fidedigna. Numa primeira fase, procurou-se entender quais eram os instrumentos que mediam melhor as variáveis em estudo e quais os que tínhamos disponíveis para usar. Seguidamente, procedeu-se a seleção dos instrumentos, que serão descritos abaixo.

3.1. Avaliação da composição corporal e antropometria

A recolha dos dados da composição corporal e de antropometria foi realizada primeiramente através da antropometria e seguidamente pela composição corporal. Para evitar erros relativos com estado de hidratação, foi pedido aos sujeitos que não tivessem a bexiga cheia antes da avaliação e para não beber álcool, bebidas com cafeína ou outros diuréticos 24 horas antes do teste. As medidas foram realizadas durante o período da manhã num normal estado de hidratação e após o jejum noturno (Schoenfeld et al., 2020).

3.1.1. Altura, massa corporal e índice de massa corporal.

A altura foi medida através de um estadiómetro com uma precisão de 1 cm (Seca mod. 213), os sujeitos foram medidos descalços. A MC foi medida

através de uma balança SC-330 calibrada com uma precisão de 0.1kg (Tanita corp, Tokyo, Japan). O IMC, foi calculado através da divisão da MC total pela altura em metros ao quadrado (kg/m^2), segundo o índice de *Quetelet* (Davies & Lucas, 1989).

3.1.2. Composição corporal por dois compartimentos

A composição corporal foi analisada através do método de BIA elétrica com a balança (Tanita SC-330 corp, Tokyo, Japan), de acordo com as instruções do fabricante. Segundo a divisão da MC em dois compartimentos a MG e a massa magra, assim sendo foram avaliadas a %MG e a MMT.

3.2. Avaliação da condição física

As medidas da CF foram medidas através de testes específicos, fidedignos e validados para cada uma das componentes da CF, nomeadamente, a FPM (i.e., prensão manual de um dinamómetro hidráulico) a potência (i.e., *squat jump*), a força máxima (i.e., 1RM agachamento com barra e 1RM supino plano com barra), e a capacidade cardiorrespiratória (i.e., $\text{VO}_{2\text{max}}$ no ciclo ergómetro), pela respetiva ordem de testagem (McGuigan, 2016).

Para a recolha dos dados da CF solicitou-se a todos os participantes que evitassem 48 horas antes dos testes, exercícios físicos de grandes intensidades ou aulas práticas que causem muito desgaste, para não condicionar os resultados nem rendimento na avaliação das capacidades físicas mensuradas.

3.2.1. Força de prensão manual

A FPM foi medida através de um dinamómetro manual hidráulico (JAMAR® Performance Health Supply, inc, China), de acordo com as instruções do fabricante. Os sujeitos foram colocados sentados a com os ombros a aduzidos e naturalmente rotacionados, com o cotovelo flexionado a 90° graus e com a mão numa posição neutral. Antes de realizar a medida foi ensinado aos sujeitos como fazer o teste corretamente, encorajando a máxima força, e como usar o dinamómetro. Foram feitas três medidas com cerca de 60 segundos de descanso

entre elas, foi registado o valor mais alto obtido (Cronin et al., 2017; Innes, 1999). Apenas foi avaliada a mão dominante.

3.2.2. Potência muscular

A potência dos membros inferiores foi testada através da altura do salto mensurada pelo teste *squat jump*, com base em equações cinemáticas que usam o tempo de voo medido através do Optojump (Microgate Co., Bolzano, Italy) (Lehance et al., 2005) e de acordo com o protocolo do (Glatthorn et al., 2011). Antes de iniciarem o teste foi realizado um aquecimento de 5 min. com exercícios com o peso corporal de baixa intensidade e um salto submáximo pré teste. O teste iniciava-se com o sujeito numa posição de meio agachamento (90° de flexão de joelhos) durante cerca de 3 segundos e posteriormente realizaram um salto máximo vertical sem qualquer movimento de contrabalanço e com os joelhos e calcanhares em completa extensão. Foram feitos 3 saltos com 2 min. de descanso entre eles e o maior valor foi anotado (Glatthorn et al., 2011).

3.2.3. Força máxima

A testagem da força máxima foi realizada por um teste indireto e preditivo de 1RM no agachamento livre com barra nas costas e no supino plano com barra. Foi utilizado um transdutor de velocidade linear (T-Force System Version 3.60, Ergotech, Murcia, Spain) para a predição de 1RM em ambos os exercícios. Este equipamento faz a cálculo automático da cinemática de cada repetição realizada e fornece feedbacks visuais e auditivos, da % 1RM, e da velocidade média propulsiva com grande precisão (Courel-Ibáñez et al., 2019; Martínez-Cava et al., 2020; Pérez-Castilla et al., 2019) e ambos são usados para o cálculo da 1RM (González-Badillo & Serna, 2020). Apenas cargas acima dos 60% de 1RM foram usadas para a avaliação pré, para aumentar a fiabilidade da medida e na avaliação pós foi usada a mesma carga estabelecida na avaliação pós (Courel-Ibáñez et al., 2019; González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Martínez-Cava et al., 2019, 2020; Sánchez-Medina et al., 2017).

O aquecimento consistiu em realizar 5 minutos de exercícios com o peso corporal (i.e., *jumping jacks* e *splits jacks*) de baixa intensidade 2 séries de 20

repetições cada, seguido de uma mobilização articular, a parte específica do aquecimento foram 2 séries de 5 repetições com 30 e 20 kg para o agachamento e supino, respectivamente. Posteriormente foi realizada 1 série de 3 repetições, onde a carga foi progressivamente aumentada com pequenos incrementos e individuais (2.5 a 10kg) até passar dos % 60 de 1RM. A fase excêntrica foi realizada de modo controlado (~ 0.50 to 0.70 m/s) para auxiliar na estabilização do movimento e por questões de segurança. A fase concêntrica foi realizada a máxima velocidade possível e os sujeitos foram verbalmente e fortemente encorajados, em termos de força e velocidade, a fim de os motivar a dar o seu esforço máximo.

Apenas foram analisadas a fases concêntricas e somente foram contadas as repetições que cumpriam toda a amplitude do movimento, tocar no peito e cerca de 60° graus de flexão do joelho, para o supino e agachamento, respectivamente. O descanso entre tentativas foi de 3 a 5 minutos.

A técnica usada no supino realizou-se com os sujeitos em decúbito dorsal num banco plano (180°), com os pés no solo e com as mãos colocadas ligeiramente mais afastadas do que a largura dos ombros (5 a 7 cm). Cada praticante foi instruído a descer a barra até tocar no peito, ao nível dos mamilos e realizar uma pausa de cerca de 1.5 segundos, seguidamente empurrar a barra em direção ao teto. Não foi permitida que a barra batesse no peito de modo dinâmico para não dar impulso na barra (Pallarés et al., 2014) e nem retirar os ombros nem as costas do banco no final da fase concêntrica (Courel-Ibáñez et al., 2019; Martínez-Cava et al., 2019).

Para o agachamento, iniciavam na posição bípede com os joelhos e tronco em total extensão, a base dos pés era aproximadamente à largura dos ombros e com uma ligeira rotação externa (<15°). Cada sujeito foi instruído a descer de forma contínua até as coxas chegarem ao plano horizontal, com os joelhos fletidos na articulação femorotibial entre 55 e 65° no plano sagital, após era revertida a fase para a concêntrica (ascendente) até à posição inicial. A barra era colocada na parte de cima do trapézio e segurada com as mãos em pronação. A amplitude do movimento foi garantida através de um banco colocado à retaguarda e os sujeitos eram incentivados a tocar no banco, e não

foi permitido sentar no banco (Courel-Ibáñez et al., 2019; Martínez-Cava et al., 2019).

3.2.4. Capacidade cardiorrespiratória

A resistência cardiorrespiratória foi medida através de um teste contínuo, progressivo, máximo e incremental (GXT) num ciclo ergómetro de calibração mecânica (Ergomedic 828E, Monark, Sweden), com a supervisão do investigador e de acordo com o protocolo de Storer et al. (1990). Após 2 minutos de aquecimento a 60 repetições por minuto (RPM) com uma carga de 60W, a intensidade foi incrementada em 15W a cada minuto. O teste foi interrompido quando já não era possível manter os 60RPM ou até ao limite de tolerância máxima. O protocolo foi adaptado no aquecimento, para não causar testes muito longos e evitar erro de predição (Beltz et al., 2016). Os sujeitos foram encorajados verbalmente antes e durante o teste para chegarem realmente à fadiga voluntária máxima. A W_{max} gerada foi registada no final, desde que cumprissem completamente o estágio. A predição do (VO_{2max}) (ml/min), foi calculado através de uma equação validada, que usava a W_{max} , a MC e a idade do sujeito (Storer et al., 1990). Posteriormente, foi realizada a divisão do valor obtido do VO_{2max} (ml/min) pela sua MC atual, para obter o valor do VO_{2max} em (ml/kg/min).

3.3. Avaliação do volume total de treino

O VTT é uma extensão do método de repetições, que serve para determinar o volume de treino através do cálculo da carga total levantada para um dado exercício, sessão de treino, semana ou ciclo de treino (Scott et al., 2016). O VTT foi calculado através da seguinte fórmula: (n° de séries \times n° de repetições \times carga externa em kg). Para calcular o volume total semanal, somou-se o volume total de todos os exercícios dessa mesma semana. Apenas as repetições realizadas com toda a amplitude do movimento e com uma técnica adequada foram incluídas na análise. Os dados são expressos em quilogramas (Scott et al., 2016).

3.4. Avaliação dos indicadores psicofisiológicos

Estes indicadores referem-se ao stress psicofisiológicos sentido pelo praticante em resposta a uma dada carga de treino (Kalkhoven et al., 2021). Para a mensuração destes indicadores recorreu-se à carga interna do treino e à resposta afetiva ao exercício.

3.4.1. Carga interna

Para o controlo da carga interna usou-se a escala de PSE de 0 a 10 adaptada (CR-10 RPE), onde o 0 representa o repouso e o 10 o esforço máximo (Day et al., 2004; Foster, 1998). O cálculo da carga interna usado foi resultado da escala de PSE multiplicada pelo tempo total da sessão em min. (PSE × tempo total da sessão em min.) (Scott et al., 2016). Para o cálculo da carga interna semanal somou-se a carga interna das sessões dessa semana, os valores são exibidos em unidades arbitrárias (u.a). Para evitar erros de medição, antes de iniciar foi explicado em que consistia a ferramenta e uma familiarização com a escala. Foi pedido aos sujeitos que avaliassem o esforço total da sessão, a pergunta feita para a medida foi “De 0 a 10, quão difícil/intenso foi o treino?” (Foster, 1998). Os valores foram apontados após cerca de 15 min. do fim da sessão (Scott et al., 2016).

3.4.2. Resposta afetiva ao exercício

A mensuração da resposta afetiva ao exercício (prazer/desprazer) permite uma avaliação a nível dos valores afetivos gerais gerados pelo exercício, associados a sentimentos bons ou maus durante o exercício (Hardy & Rejeski, 1989).

A resposta afetiva (prazer/desprazer) ao exercício foi medida pela escala “*The Feeling Scale*” tal como recomendado por Hardy & Rejeski (1989). Esta escala tem 11 pontos de avaliação, entre os -5 e o +5, e é apresentada como o -5 representando o muito mau, o -3 o mau, o 0 é neutro, o +3 é bom e o +5 é muito bom. Antes de iniciar as sessões os sujeitos foram devidamente instruídos de como usar a escala. Os valores foram apontados imediatamente após a

sessão e calculou-se a média da resposta afetiva dos dois treinos semanais para obter um valor semanal.

3.5. Procedimentos e considerações éticas

A investigação iniciou-se com a apresentação do projeto à comissão de coordenação do mestrado em Atividade Física e saúde para obter a sua aprovação. A concretização do projeto de intervenção foi realizada com base em evidências científicas e na experiência prévia de professores e investigadores da área.

Foi garantida a participação de forma voluntária e consentida à cerca da intervenção experimental, das avaliações, e dos possíveis riscos e efeitos do exercício a que estariam sujeitos. Os participantes foram ainda informados os objetivos da investigação, que podiam abandonar o estudo a qualquer momento e de livre vontade e tiveram acesso aos seus resultados. O nome dos participantes foi codificado para garantir o seu anonimato e confidencialidade.

4. Protocolo de exercício

Neste tópico será apresentado o modelo e o programa de exercício experimental a que o GE foi submetido.

O TC era composto por um TF seguido de um HIIT na bicicleta, a duração total do treino foi de 45 minutos. No TF foram realizadas 2 séries de 3 exercícios, agachamento com barra hexagonal, supino plano com barra e remada em decúbito ventral no banco com barra, nesta ordem. A intensidade de cada série foi de 80 a 85% de 1RM realizada até ou perto (i.e., menos de 2 repetições em reserva) à falha concêntrica com 2 minutos de intervalo entre séries e com uma velocidade de execução de 3 a 4 segundos na fase excêntrica e máxima velocidade na fase concêntrica. Após um intervalo de 3 minutos iniciavam o HIIT, que consistia em 5 séries de 60 segundos a 95% da W_{max} entre 80 e 90 RPM com 90 segundos de pausa ativa com uma carga auto selecionada entre 50 e 60 RPM. No final de cada treino eram anotadas as cargas e repetições realizadas, a PSE e a FE.

5. Análise dos dados

Neste tópico serão apresentadas as variáveis analisadas no estudo.

5.1. Análise das variáveis

Estudo de caráter experimental, quantitativo e longitudinal. A avaliação consistiu na análise do efeito do TC de baixo na composição corporal (i.e., %MG e MMT), na FPM (i.e., FPM do braço dominante), na potência, na força máxima (i.e., 1RM supino e agachamento), na capacidade cardiorrespiratória (i.e., W_{max} e VO_{2max}) e em indicadores psicofisiológicos (i.e., carga interna e FE) em jovens adultos ativos.

6. Análise estatística

Para realizar a análise dos dados recolhidos recorreu-se ao *Statistical Package for Social Sciences* (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA). A distribuição normal e a homoscedasticidade foram verificadas através dos testes Shapiro–Wilk e Levene test, respetivamente (Levene, 1960; Shapiro & Wilk, 1965). As médias e o desvio-padrão (DP) foram calculados para todas as variáveis e foram adotados intervalos de confiança de 95%. Para a comparação inicial entre os grupos usou-se o teste T para amostras independentes. O método de medidas repetidas do modelo linear geral: ANOVA 2 (Grupos) x 2 (Tempo) foram usados para analisar os efeitos tempo (pré e pós), grupo e tempo x grupo, as variáveis dependentes, MC, %MG, MMT, FPM, altura do salto, 1RM supino, 1RM agachamento, VO_{2max} . Para a análise do VTT, carga interna e FE, usou-se o método de medidas repetidas do modelo linear geral: ANOVA 1 (Grupo) x 6 (Tempo) para analisar o efeito tempo x grupo (semana 1 – semana 6). O teste T para medidas relacionadas foi usado para comparar as médias entre grupos nas medidas pré e pós. Considerou-se estatisticamente significativo quando o valor de $p < 0.05$.

Capítulo IV – Resultados

Estudo 1 – Os efeitos do treino combinado de baixo volume na condição física relacionada à saúde em jovens adultos ativos. A controlled clinical trial

Ricardo Martins^{1*}

1- Escola Superior de Educação de Beja, Instituto Politécnico de Beja, 7800 – 000 Beja, Portugal; ricardo1999jcm@gmail.com (RM)

* Autor correspondente: ricardo1999jcm@gmail.com; Tel.: +351-284-315-000

Abstract. Os efeitos do treino combinado (TC) estão identificados como promotores de melhorias no estado geral de saúde. No entanto, poucos estudos investigaram os efeitos do TC realizado com um baixo volume semanal. Este estudo tem como objetivo identificar os efeitos do TC de baixo volume realizado durante 6 semanas na composição corporal, na força de preensão manual (FPM), na capacidade cardiorrespiratória e a resposta afetiva ao exercício. Dezoito jovens adultos ativos (média \pm DV: 20.06 \pm 1.66 anos; 22.23 \pm 2.76 kg/m²; 13.26 \pm 4.49 %MG) foram divididos em dois grupos, o grupo experimental (n=9) e o grupo controlo (n=9). O TC consistiu num treino de força (TF, 2 séries de 3 exercícios com 80 a 85% 1RM) seguido de um treino intervalado de alta intensidade na bicicleta (HIIT, 5 séries de 60" a 95% W_{max}), o treino foi realizado 2 vezes por semana. Foram avaliadas a composição corporal por bioimpedância (BIA), a FPM a capacidade cardiorrespiratória pelo consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}) e a resposta afetiva semanal pela “*Feeling scale*” (FE) no início (pré) e após 6 semanas de treino (pós). Foi utilizado o teste de ANOVA de medidas repetidas para realizar a análise do tempo, entre grupos e intra grupos. Na composição corporal não se registaram diferenças significativas em todas as medidas ($p > 0.05$). A FPM melhorou significativamente para o GE (pré: 45.67 \pm 11.84 kg vs. pós: 52.44 \pm 11.90 kg, $p < 0.01$) e sem mudanças para o GC, nem diferenças entre os grupos ($p > 0.05$). O VO_{2max} aumentou de forma significativa no GE (pré: 41.36 \pm 5.16 ml/kg/min vs. pós: 44.07 \pm 5.98 ml/kg/min, $p < 0.01$) e sem alterações para o GC, nem entre os grupos ($p > 0.05$). A FE foi positiva e sem diferenças significativas entre semanas ($p > 0.05$). Concluimos que o TC de baixo volume melhora significativamente a FPM, a capacidade

cardiorrespiratória e tem uma resposta positiva na resposta afetiva, mas é insuficiente para provocar alterações na composição corporal em jovens adultos ativos.

Palavras-chave: treino concorrente, exercício combinado, força de preensão manual, capacidade cardiorrespiratória, VO_{2max} , resposta afetiva, não treinados.

Introdução

A inatividade física (IF) é considerada como a quarta causa de mortalidade mundial e está associada à prevalência de doenças crônicas, cardíacas, ao estado geral de saúde e até consequências ambientais de saúde pública (Bull et al., 2020; Kohl et al., 2012). A não adesão aos programas de exercício físico pode contribuir para IF, uma vez que as principais barreiras são a ocupação e as restrições de tempo (Ashton et al., 2017; Galvim et al., 2019; Wen et al., 2011). Neste contexto, pode ser difícil cumprir as recomendações estipuladas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para a prática de atividade física (AF) diária (Bull et al., 2020) e conseqüentemente implicações na saúde (Bull et al., 2020; Kohl et al., 2012; Lavie et al., 2019). Os protocolos de exercício mais curtos (cerca de 90 minutos semanais) e logo mais atingíveis para indivíduos com pouco tempo são suficientes para diminuir o risco de mortalidade por diversas causas em 14% e aumentar a esperança de vida em 3 anos, em comparação com indivíduos inativos (Wen et al., 2011).

O treino combinado (TC) é definido pela realização do treino de força (TF) com o treino cardiorrespiratório (TCR) na mesma sessão, é uma estratégia de preparação física usada para desenvolver vários aspectos da aptidão física associada ao rendimento desportivo (Balabinis et al., 2003; Berryman et al., 2019; Gäbler et al., 2018; Jha et al., 2017), como a força muscular (Balabinis et al., 2003; Berryman et al., 2019; Gäbler et al., 2018; Jha et al., 2017; Murlasits et al., 2018; Sabag et al., 2018; Schumann et al., 2021), a hipertrofia muscular (Balabinis et al., 2003; Jha et al., 2017; Sabag et al., 2018), a resistência cardiorrespiratória (Balabinis et al., 2003; Berryman et al., 2019; Gäbler et al., 2018; Jha et al., 2017; Murlasits et al., 2018; Wong et al., 2010). Apesar de

melhorar o rendimento desportivo, tem sido muito estudada em diversas patologias como diabetes, hipertensão, doenças pulmonares e renais entre outras, a fim de melhorar o quadro patológico (Gomes Neto et al., 2013; Huang et al., 2019; Lopes et al., 2021; Pan et al., 2018; Röhling et al., 2016; Voet et al., 2019; X. Zhao et al., 2021). Mostra-se igualmente eficaz na prevenção de doenças crónicas e para o estado geral de saúde (Khalafi et al., 2021; Schumann et al., 2021). Um outro indicador bastante apelativo à inserção do TC numa rotina de treino, é ser mais eficaz na redução da mortalidade por diversas causas, do que o apenas TF ou o TCR (Zhao et al., 2020). Esta estratégia permite ainda uma redução do tempo total de treino gasto na realização do TF e TCR de modo separado (Markov et al., 2021), sem que as adaptações crónicas ao treino sejam afetadas (Berryman et al., 2019; Gäbler et al., 2018; Jha et al., 2017; Murlasits et al., 2018; Sabag et al., 2018; Schumann et al., 2021).

O exercício aeróbio, nomeadamente o treino intervalado de alta intensidade (HIIT), de baixo volume é caracterizado por protocolos de treino que se encontrem abaixo do volume semanal recomendado pela ACSM (i.e. ≥ 500 equivalentes metabólicos - MET/min por semana) (Garber et al., 2011). Estes protocolos parecem ser capazes de melhorar a condição cardiorrespiratória, no entanto não são suficientes para se obter mudanças na composição corporal (Sultana et al., 2019), além de potenciais estratégias promotoras de melhoria na saúde em indivíduos com doenças cardíacas e metabólicas (Gibala et al., 2012). Em relação ao TF o baixo volume é caracterizado por séries únicas, carga elevada e poucas repetições (American College of Sports Medicine, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004) com uma baixa frequência semanal (American College of Sports Medicine, 2009), recurso capaz de aumentar a força em indivíduos destreinados (American College of Sports Medicine, 2009; Fyfe et al., 2022; Garber et al., 2011) e em treinados quando a frequência semanal é de 2 a 3 vezes por semana (Androulakis-Korakakis et al., 2020; Fyfe et al., 2022; Krieger, 2009). Apresenta ainda outras vantagens, como ser mais prática, ter uma melhor resposta afetiva, ser eficiente mesmo com tempo mais curto e mais adaptável à rotina diária, o que vai levar a uma maior adesão e aderência ao exercício, culminando num aumento da qualidade e da esperança de vida (Fyfe et al., 2022).

O TC é reconhecido como um excelente estímulo para a melhorar o estado de saúde e o rendimento desportivo, assim como os bons resultados gerados por programas de treino de baixo volume. Contudo, existem poucas evidências que analisem os efeitos de TC de baixo volume semanal em indicadores indiretos de saúde e na resposta afetiva ao exercício. Assim, o objetivo deste estudo foi verificar os efeitos do TC de baixo volume durante 6 semanas, na composição corporal, na força de prensão manual (FPM), na condição cardiorrespiratória e a resposta afetiva ao exercício em jovens adultos ativos.

Metodologia

Participantes

Um total de 49 estudantes de ensino superior da licenciatura em Desporto do Instituto Politécnico de Beja (IPBeja) foram selecionados para participar na investigação, no entanto apenas 18 cumpriram os critérios de inclusão. Os participantes apresentavam uma média de idade 20 ± 1.7 anos; altura 1.77 ± 0.1 metros; massa corporal (MC) pré 69.9 ± 10.3 kg; IMC 22.2 ± 2.8 kg/m² (ver Tabela 2 para conhecer as características iniciais da amostra ver).

Foi garantida a participação de forma voluntária e consentida à cerca da intervenção experimental, das avaliações, e dos possíveis riscos e efeitos do exercício a que estariam sujeitos. Os participantes não estavam envolvidos em nenhuma rotina de treino, quer TF ou TCR há pelo menos 6 meses antes do início do estudo, mas participavam em atividades práticas envolvidas no plano de estudos da licenciatura como futebol, andebol e atividades fitness até 4 horas semanais. Durante o período experimental os participantes não estavam envolvidos em mais nenhuma atividade recreacional ou qualquer tipo de exercício físico. Nenhum deles tinha lesões músculo-esqueléticas, ou outro problema de saúde, nem necessitavam de medicação e não usavam qualquer tipo suplementação ou substâncias ergogénicas durante o período de treino.

Os participantes foram inseridos em dois grupos, sendo o grupo de controlo (GC) (n = 9) que não realizou qualquer procedimento experimental e seguiu a sua rotina quotidiana e o GE (n = 9) que foi submetido a um TF seguido

de um treino HIIT na bicicleta. Nenhuma desistência foi registada no período de treino. Foi pedido aos participantes que mantivessem os seus hábitos nutricionais e não foi dado nenhuma suplementação aos participantes durante a intervenção.

Procedimentos

Trata-se de um estudo quantitativo longitudinal com um GE e um GC. Onde se pretendeu identificar o efeito do exercício combinado de baixo volume na condição física (CF) relacionada à saúde (i.e., composição corporal, força e resistência cardiorrespiratória) em estudantes do ensino superior recreacionalmente ativos. A investigação decorreu de 25 de outubro a 19 de dezembro de 2021. A primeira semana serviu para realizar a avaliação inicial (pré) e uma sessão de familiarização ao treino, para garantir a técnica correta dos exercícios e o bom funcionamento do treino no período experimental. As seis semanas seguintes foram dedicadas ao período de treino e na última semana decorreu avaliação final (pós). O GE foi submetido a dois treinos por semana de 45 minutos, o treino era composto por uma parte de TF e posteriormente uma parte de HIIT na bicicleta. O modelo da investigação é apresentado na Figura 1.

Antes de se iniciar o estudo foi solicitado a autorização à direção do IPBeja. Posteriormente divulgou-se o estudo junto da comunidade académica dos alunos de licenciatura do curso de desporto. Uma vez identificada a amostra de acordo com os critérios de inclusão, estabeleceu-se um horário de ocupação do ginásio para os treinos. O nome dos participantes foi codificado para garantir o seu anonimato e confidencialidade.

Antes de ambas as avaliações (pré e pós) foi pedido aos participantes para evitarem esforços físicos vigorosos e intensos 48 horas antes. Estabeleceu-se uma ordem de avaliações, igual para todos os sujeitos, em primeiro lugar a FPM e por fim a avaliação da condição cardiorrespiratória no ciclo ergómetro (McGuigan, 2016).

Protocolo de treino

O protocolo de treino realizou-se 2 vezes por semanas com 48 horas de intervalo entre eles, durante 6 semanas seguidas e de forma supervisionada por um técnico de exercício físico. O aquecimento consistia em realizar 5 minutos de exercícios com o peso corporal (jumping jacks e splits jacks) de baixa intensidade executado em 2 séries de 20 repetições cada, seguido de uma mobilização articular. Realizou-se ainda uma série de aquecimento de 6 repetições com 60% RM, de modo a potencializar a produção de força e potência durante as séries de trabalho (B. Ribeiro et al., 2020, 2021). O GE realizou um TC de TF e posteriormente HIIT na bicicleta. O material usado foi barras olímpicas de 20kg com 220 x 5cm de dimensões (TOORX BO-220) e barra hexagonal (XFIT) com 20kg, discos (BOXPT), bancos de musculação (BH FITNESS L825), suportes para a barra (BOXPT) e bicicletas ergométricas estáticas (Monark 828E). O protocolo do TF consistiu na realização de 2 séries de 3 exercícios dinâmicos de resistência externa constante, agachamento com barra hexagonal, supino plano com barra e remada com barra em decúbito ventral no banco, pela respetiva ordem, com 2 minutos de descanso passivo entre séries e exercícios. A velocidade de execução das ações musculares estabelecida foi 3 a 4 segundos para a ação excêntrica e a máxima velocidade possível na ação concêntrica. A intensidade foi ajustada a 80 a 85%RM durante toda intervenção, de modo a manter a margem de repetições de 6 a 8 e todos os sujeitos foram instruídos para realizarem o máximo de repetições até à falha concêntrica voluntária, ou próximo (2 a 0 repetições em reserva) (Helms et al., 2016). A progressão de cargas foi feita de acordo com a regra de 2 por 2 (2 a 5% para membros superiores e 5 a 10% para membros inferiores) (Baechle & Earle, 2011). As cargas usadas e repetições realizadas de todos os participantes foram anotadas para o cálculo do volume de treino. Após 3 minutos de pausa passiva iniciavam o HIIT longo (Buchheit & Laursen, 2013a) na bicicleta que consistiu em 2 minutos de aquecimento a 60 repetições por minuto (RPM) com 15 a 45W de carga. Seguidamente, realizavam 5 séries de 60 segundos a 80 a 90RPM com 95% potência aeróbia máxima (W_{max}) com 90 segundos de pausa ativa a 50-60RPM com uma carga auto sugerida até 60W. O rácio de trabalho e descanso foi de 1 para 1.5. No final, tinham 2 a 3 minutos de retorno à calma a 50 a 60 RPM com

uma carga auto sugerida. Não foram reportadas lesões nem desistências e a adesão ao treino foi de 100%.

Medidas

Antropometria e composição corporal

A altura foi medida através de um estadiômetro com uma precisão de 1 cm (Seca mod. 213), os sujeitos foram medidos descalços. A MC foi medida através de uma balança SC-330 calibrada com uma precisão de 0.1kg (Tanita corp, Tokyo, Japan). O IMC, foi calculado através da divisão da MC total pela altura em metros ao quadrado (kg/m^2) (Davies & Lucas, 1989).

A composição corporal foi analisada através do método de bioimpedância (BIA) elétrica com a balança, de acordo com as instruções do fabricante (Tanita SC-330 corp, Tokyo, Japan). Apenas foram analisados a % de massa gorda (MG) e massa magra total (MMT). Para evitar erros relativos com estado de hidratação, foi pedido aos sujeitos que não tivessem a bexiga cheia antes da avaliação e para não beber álcool, bebidas com cafeína ou outros diuréticos 24 horas antes do teste. As medidas foram realizadas durante o período da manhã num normal estado de hidratação e após o jejum noturno (Schoenfeld et al., 2020).

Força de preensão manual

A FPM foi medida através de um dinamómetro manual hidráulico (JAMAR® Performance Health Supply, inc, China), de acordo com as instruções do fabricante. Os sujeitos foram colocados sentados com os ombros aduzidos e naturalmente rodados, com o cotovelo flexionado a 90° graus e com a mão numa posição neutra. Antes de realizar a medida foi ensinado aos sujeitos como fazer o teste corretamente, encorajando a máxima força, e como usar o dinamómetro. Foram feitas três medidas com cerca de 60 segundos de descanso entre elas, foi registado o valor mais obtido (Cronin et al., 2017; Innes, 1999). Apenas foi avaliada a mão dominante.

Capacidade cardiorrespiratória

A capacidade cardiorrespiratória foi medida através de um teste contínuo, progressivo, máximo e incremental (GXT) num ciclo ergómetro de calibração mecânica (Ergomedic 828E, Monark, Sweden), com a supervisão do investigador e de acordo com o protocolo sugerido por Storer et al. (1990). Após 2 minutos de aquecimento a 60RPM com uma carga de 60W, a intensidade foi incrementada em 15W a cada minuto. O teste foi interrompido quando já não era possível manter os 60RPM ou até ao limite de tolerância máxima. O protocolo foi adaptado no aquecimento, para não causar testes muitos longos e evitar erro de predição (Beltz et al., 2016). Os sujeitos foram encorajados verbalmente antes e durante o teste para chegarem realmente à fadiga voluntária máxima. A potência aeróbia máxima (W_{max}) gerada foi registada no final, desde que cumprissem completamente o estágio. A predição do consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}) (ml/min), foi calculado através de uma equação validada, que usava a W_{max} , a MC e a idade do sujeito (Storer et al., 1990). Posteriormente, foi realizada a divisão do valor obtido do VO_{2max} (ml/min) pela sua MC atual, para obter o valor relativo do VO_{2max} em (ml/kg/min).

Resposta afetiva

A resposta afetiva (prazer/desprazer) ao exercício foi medida pela escala “The Feeling Scale” (FS), tal como recomendado por Hardy & Rejeski (1989). Esta escala tem 11 pontos de avaliação, entre os -5 e o +5, e é apresentada como o -5 representando o muito mau, o -3 o mau, o 0 é neutro, o +3 é bom e o +5 é muito bom. Antes de iniciar as sessões os sujeitos foram devidamente instruídos de como usar a escala. Os valores foram apontados imediatamente após a sessão e calculou-se a média da resposta afetiva dos dois treinos semanais para obter um valor semanal.

Análise estatística

A distribuição normal e a homoscedasticidade foram verificadas através dos testes Shapiro–Wilk e Levene test, respetivamente (Levene, 1960; Shapiro & Wilk, 1965). As médias e o desvio-padrão (DP) foram calculados para todas

as variáveis e foram adotados intervalos de confiança de 95%. Para a comparação inicial entre os grupos usou-se o teste T para amostras independentes. O método de medidas repetidas do modelo linear geral: ANOVA 2 (Grupos) x 2 (Tempo) foram usados para analisar os efeitos tempo (pré e pós), grupo e tempo x grupo, as variáveis dependentes, MC, %MG, MMT, FPM e VO_{2max}. Para a análise da FS, usou-se o método de medidas repetidas do modelo linear geral: ANOVA 1 (Grupo) x 6 (Tempo) para analisar o efeito tempo x grupo (semana 1 – semana 6). O teste T para medidas relacionadas foi usado para comparar as médias entre grupos nas medidas pré e pós. Considerou-se estatisticamente significativo quando o valor de $p < 0.05$. Todos os tratamentos de dados foram realizados no *Statistical Package for Social Sciences* (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Resultados

As características gerais de ambos os grupos estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Características descritivas da amostra no início (pré), estudo 1.

Variáveis	GE (n = 9)		GC (n = 9)		p
	Média	DP	Média	DP	
Idade (anos)	20.56	1.67	19.56	1.59	0.21
MC (kg)	69.51	10.59	70.36	10.67	0.87
Altura (m)	1.76	0.07	1.79	0.08	0.39
IMC (kg/m ²)	22.46	2.88	21.99	2.78	0.73
MG (%)	13.42	3.77	13.09	5.35	0.88
MMT (kg)	59.87	6.79	60.72	6.32	0.79
FPM (kg)	45.67	11.84	44.89	7.67	.871
VO _{2max} relativo (ml/kg/min)	41.36	5.16	42.79	4.91	0.55

Nota: Os dados são apresentados com a média \pm DP. MC = Massa corporal; IMC = Índice de massa corporal; MG = Massa gorda; MMT = Massa magra; FPM = Força de prensão manual; VO_{2max} = consumo máximo de oxigénio. Os valores estatisticamente significativos ($p < 0.05$) apresentam-se com *.

Verificamos que a idade média dos participantes é 20.56 ± 1.67 anos no GE e 19.56 ± 1.59 anos no GC, a MC do GE é 69.21 ± 10.59 kg e do GC 70.36 ± 10.67 kg, a altura é 1.76 ± 0.07 m no GE e no GC 1.79 ± 0.08 m. Ao realizar o cálculo do IMC o GE apresenta 22.46 ± 2.88 kg/m² e o GC 21.99 ± 2.78 kg/m². Em relação às medidas de composição corporal o GE tem um % MG de 13.42 ± 3.77 e o GC de 13.09 ± 5.35 , a MMT do GE é 59.87 ± 6.79 kg e o GC tem 60.72 ± 6.32 kg. Para as medidas de CF, o GE na FPM tem 45.67 ± 11.84 kg de força e o GC tem 44.89 ± 7.67 kg, no VO_{2max} o GE apresenta 41.36 ± 5.16 ml/kg/min e o GC 42.79 ± 4.91 ml/kg/min. Dentro das medidas iniciais entre ambos os grupos não se verificaram diferenças significativas ($p > 0.05$) nas variáveis analisadas.

No que se refere à composição corporal os valores registados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Medidas pré e pós da composição corporal, estudo 1.

Variáveis	GC			GE			p		
	Pré	Pós	Δ (%)	Pré	Pós	Δ (%)	Tempo	G x T	Grupo
MC (kg)	70.36 ± 10.67	70.29 ± 10.32	0.09	69.51 ± 10.59	70.37 ± 10.68	1.23	0.17	0.16	0.94
MG (%)	13.09 ± 5.35	13.40 ± 5.32	2.38	13.42 ± 3.77	13.97 ± 4.13	4.06	0.04	0.55	0.84
MMT (kg)	60.72 ± 6.32	60.46 ± 6.41	0.44	59.87 ± 6.79	60.31 ± 6.71	0.74	0.69	0.12	0.87

Nota: Análise estatística ANOVA de medidas relacionadas 2(grupo) x 2(tempo) nas medidas massa corporal, % de massa gorda e kg de massa magra. Os dados são apresentados em média e desvio-padrão (\pm). GC = Grupo controlo; GE = Grupo experimental; MC = Massa corporal; MG = Massa gorda; MMT = Massa magra total;

A análise ANOVA realizada nas medidas de MC, %MG e MMT (Tabela 3). Para a %MG houve um efeito principal Tempo $Z(1,16) = 5.062$, $p=0.039$. Todas as outras medidas não apresentaram diferenças significativas ($p > 0.05$) para ambos os grupos.

Para a FPM, a análise ANOVA realizada na medida de FPM mostrou um efeito principal Tempo $Z(1,16) = 5.398$, $p = 0.034$, uma interação Tempo \times Grupo $Z(1,16) = 13.745$, $p = 0.002$, mas não apresentou um efeito principal Grupo ($p > 0.05$). Uma análise mais detalhada dos efeitos de interesse (ver na Figura 3) mostraram que, depois de 6 semanas de treino o GE melhorou significativamente a FPM (Pré: 45.67 ± 11.84 kg vs. Pós: 52.44 ± 11.90 kg, $p < 0.01$), já para o GC as diferenças não foram significativas (Pré: 44.89 ± 7.67 kg vs. Pós: 43.33 ± 10.45 kg, $p > 0.05$).

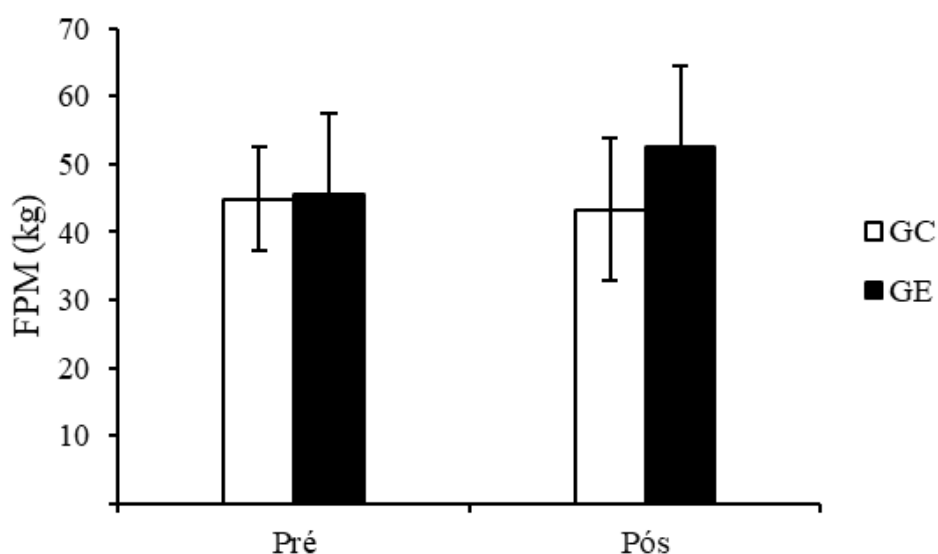


Figura 3 - FPM entre a medida pré e pós de ambos os grupos. * representa $p < 0.01$ vs. pré do mesmo grupo. GC = Grupo controle; GE = Grupo experimental; FPM = força de preensão manual.

Quanto ao VO_{2max} , a análise ANOVA demonstrou, uma interação Tempo \times Grupo $Z(1,16) = 12.049$, $p = 0.003$, mas não apresentou um efeito principal Tempo nem um efeito principal Grupo ($p > 0.05$). A Figura 4 mostra que, depois de 6 semanas de treino o GE melhorou significativamente o VO_{2max} (Pré: 41.36 ± 5.16 vs. Pós: 44.07 ± 5.98 ml/kg/min, $p < 0.01$), já para o GC não se encontraram diferenças significativas (Pré: 42.79 ± 4.91 vs. Pós: 42.12 ± 5.01 kg, $p > 0.05$).

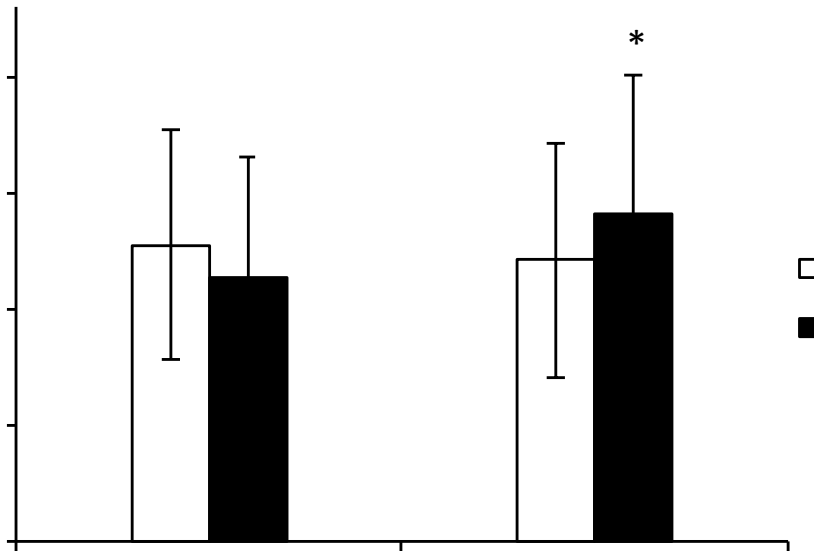


Figura 4 - VO2max entre a medida pré e pós de ambos os grupos. * representa $p < 0.01$ vs. pré do mesmo grupo. GC = Grupo control; GE = Grupo experimental; VO2max = consumo máximo de oxigénio.

Para a FS, a análise ANOVA não mostrou um efeito principal Tempo significativo ($p > 0.05$), como podemos observar na Figura 5.

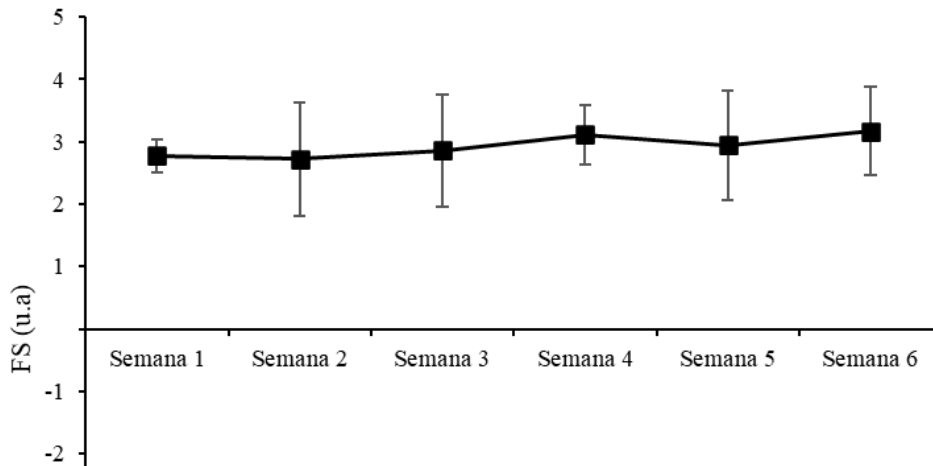


Figura 5 - FS semanal durante as semanas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 no GE. FS = Feeling scale; GE = grupo experimental.

Discussão de resultados

O presente artigo analisou o efeito crônico do TC de baixo volume de 6 semanas na composição corporal, FPM e capacidade cardiorrespiratória de jovens adultos ativos. Os principais resultados demonstraram que o TC de baixo volume foi relevante para melhorar a FPM e a condição cardiorrespiratória e sem provocar uma resposta afetiva negativa ao exercício, no entanto nas medidas de composição corporal não se verificaram alterações significativas.

Em relação à composição corporal, a literatura (O'Donoghue et al., 2021; Yarizadeh et al., 2021) verificou que o TC foi capaz de baixar a gordura subcutânea abdominal, a % MG e a MC em relação às condições de controle. No entanto, esses estudos usaram populações com sobrepeso ou obesidade, sedentárias ou inativas, os protocolos de treino tinham maiores volumes semanais de treino e em alguns estudos foi controlada e prescrita uma dieta. Todas estas condições podem ser mais favoráveis para se obter esses resultados (Barakat et al., 2020; Campa et al., 2020; Clark, 2015; Cunha et al., 2021; Johns et al., 2014; Rankin, 2013; Swift et al., 2018). Os resultados da nossa investigação vão ao encontro aos resultados apurados por Kerksick et al. (2009) onde não se verificaram diferenças significativas na medida de % MG no grupo que apenas fez TC e não foi prescrita uma dieta. Nesta sequência e sem a prescrição nutricional, dois estudos com sujeitos ativos (Cantrell et al., 2014; Fyfe et al., 2016) realizaram TC e não também não verificaram diferenças significativas na % MG e na MMT após o período de treino. Uma investigação realizada por Winett et al. (2003) que estudou o TC de baixo volume durante 12 semanas em indivíduos não treinados, não obteve resultados significativos em termos de composição corporal (i.e., MC e % MG) no final da intervenção. No entanto, Ghahramanloo et al. (2009) relatou melhorias significativas na % MG e na MMT para o grupo que realizou TC em estudantes do ensino superior. Uma possível explicação para estes resultados pode ter sido a maior duração da investigação (i.e., 8 semanas) e o maior volume de treino semanal utilizado.

Em termos de TF de baixo volume de forma isolada em jovens adultos inativos, os resultados também não apresentam diferenças em 6 meses de treino para a %MG e MMT (Kirk et al., 2007). Uma revisão sistemática de Sultana et al. (2019), que incluiu 11 estudos que avaliaram a composição corporal, não

encontrou diferenças significativas entre os grupos que realizaram exercício e os grupos controlo na % MG e MMT, através da aplicação de protocolos de treino HIIT com baixo volume semanal. Os resultados sugerem que para a composição corporal o TC de baixo volume mostrou-se insuficiente, possivelmente por não ter sido atribuída uma dieta com um aporte recomendado de proteína (Jäger et al., 2017; Tagawa et al., 2021; Wirth et al., 2020), e pelo baixo volume de treino semanal (Schoenfeld et al., 2017; Swift et al., 2018).

Uma das capacidades da CF relacionada à saúde mais estudada é a força muscular. A FPM é um indicador da força dos membros superiores (Bohannon, 2008) válido e preditivo do estado de saúde, de várias patologias, de mortalidade e da esperança média de vida (Bohannon, 2019; Celis-Morales et al., 2018; Sayer & Kirkwood, 2015; Vermeulen et al., 2015), sendo até considerado como um biomarcador e um sinal vital relacionado à saúde (Bohannon, 2019; Sayer & Kirkwood, 2015). Para além disto, há evidências que quanto maior é o pico de força muscular na idade jovem-adulta menor é o seu decréscimo ao longo da vida (Cruz-Jentoft & Sayer, 2019) e essa força muscular em adolescentes e adultos, associada à FPM, está relacionado inversamente com a mortalidade e a esperança média de vida (Ortega et al., 2012; Rantanen et al., 2000). Apesar de ser diversamente investigada, de acordo com o nosso conhecimento este foi o primeiro estudo que investigou os efeitos do TC de baixo volume semanal em jovens adultos ativos na FPM. Existem evidências que favorecem o uso do TC em outras populações para a melhoria da FPM, como idosos medicamente estáveis (Timmons et al., 2018), problemas renais (Lima et al., 2019), idosos com obesidade (Park et al., 2020), idosos com resistência arterial (Shiotsu et al., 2018) e mulheres adultas com fibromialgia (Saudo et al., 2010). Um estudo de 12 semanas com adultos pré-obesos, mostrou que o TC realizado 4 vezes por semanas, melhorou de forma significativa a FPM (Moon et al., 2010). Uma investigação demonstrou que realizar TC através da dança como TCR e exercícios calisténicos como TF, é possível melhorar a FPM em mulheres saudáveis de meia-idade não treinadas (Karatrantou et al., 2017). Em relação a artigos que estudaram o baixo volume de TC na força muscular, mesurada através de outros recursos, podemos verificar que (Winett et al., 2003) após 12 semanas de TC relataram um aumento significativo no teste de 6RM em vários

exercícios resistidos, em homens e mulheres adultas não treinadas. Outro estudo liderado por Pérez-Bilbao et al. (2021) investigou os efeitos do TC realizando apenas metade das repetições alvo de cada série no TF, “*effort character*” de 50%, que culminou num menor volume de treino no final das 8 semanas, todavia os resultados revelaram um aumento significativo na 1RM na *leg press*, *vertical chest press* e *lateral pulldown* em trabalhadores hospitalares não treinados. Apesar da falta de evidências sobre a FPM e o TC de baixo volume, a realização do TC tradicional em jovens adultos ativos gera aumentos significativos na força muscular (Fyfe et al., 2016; Lee et al., 2020; Shamim et al., 2018; Tsitkanou et al., 2017). Através dos resultados obtidos no presente artigo, sugere-se que o TC pode ser uma boa estratégia para aumentar os níveis de força muscular relacionados à saúde, devido à melhoria significativa da FPM.

A condição cardiorrespiratória, segundo várias evidências, é a componente da aptidão física que melhor responde ao TC independentemente da ordem, devido à pouca influência do “*interference effect*” nas adaptações crônicas de VO_{2max} (Eddens et al., 2018; Gäbler et al., 2018; Murlasits et al., 2018; O’Donoghue et al., 2021; Pito et al., 2021; Wilson et al., 2012) e na melhoria do custo energético de locomoção (Berryman et al., 2019). De acordo com essas informações, os resultados obtidos na melhoria do VO_{2max} com o TC são verossímeis. Estas respostas podem ser explicadas especialmente para indivíduos inativos, devido um aumento na síntese proteica miofibrilar e mitocondrial e na biogénese mitocondrial após o TC (Fyfe et al., 2014), pela ativação da via da proteína quinase ativada pela adenosina monofosfato (AMPK) pelas sessões de exercício (Coffey & Hawley, 2017) e pela angiogénese capilar (Bell et al., 2000; Tsitkanou et al., 2017). Um estudo (Winett et al., 2003) que realizou um protocolo de TC de baixo volume também obteve melhorias significativas no VO_{2max} e de magnitude semelhantes em indivíduos destreinados durante 12 semanas de treino. Quando se aborda o TC com um volume mais alto existe uma vasta literatura que aponta para a melhoria significativa do VO_{2max} (Bell et al., 2000; Chtara et al., 2005; Collins & Snow, 1993; Davitt et al., 2014; Eklund et al., 2015; Hickson, 1980; Jin et al., 2018; Kraemer et al., 1995; MacNeil et al., 2014; Michell et al., 2014; Schaun et al., 2011; Schroeder et al., 2019; Schumann et al., 2015; Shaw & Shaw, 2009). Em relação à margem de melhoria

em jovens adultos não treinados entre TC com maiores volumes do que o presente estudo, podemos verificar que os TC de maior volume em ambos os protocolos (TF + TCR) apresentam uma tendência de maiores ganhos de VO_{2max} (9.95%) (Chtara et al., 2005; Collins & Snow, 1993; Hickson, 1980; Kraemer et al., 1995; MacNeil et al., 2014; Michell et al., 2014; Schumann et al., 2015) do que a melhoria obtida neste estudo 6.56%. A nível da saúde os incrementos na capacidade cardiorrespiratória estão associados à redução do risco de mortalidade por diversas causas, doenças cardiovasculares e de cancro (Fardman et al., 2021; Han et al., 2022; Imboden et al., 2018; Qiu et al., 2021). Algumas evidências sugerem que o uso do VO_{2max} estimado por algoritmos sem um teste submáximo ou máximo, é uma boa ferramenta para predição do risco de mortalidade (Qiu et al., 2021). Para além dos benefícios já apontados, parece existir uma relação de dose-resposta do VO_{2max} para a redução do risco de mortalidade de 5 a 12% a cada 1 MET (Fardman et al., 2021; Imboden et al., 2018), mas quando o VO_{2max} é estimado essa redução chega a ser 20% por 1MET (Qiu et al., 2021). Incluir esta informação à melhoria de forma significativa do VO_{2max} pelo TC de baixo volume em 6 semanas, pode ser uma forma eficaz de reduzir a mortalidade pelo incremento do VO_{2max} (Fardman et al., 2021; Imboden et al., 2018), visto que a melhoria obtida foi de 0.78 MET.

Programas de exercício que ambicionem a retenção com o objetivo de melhorar a saúde através do exercício, devem gerar repostas afetivas positivas ao exercício (Weyland et al., 2020). A resposta afetiva a um exercício, especialmente do tipo aeróbio, pode ter uma relação positiva com a participação futura em programas de exercício físico (Williams et al., 2008). Para o TF, a resposta afetiva pode ser um fator interpessoal importante para promover comportamentos de adesão ao treino (Rhodes et al., 2017). Em relação ao uso de diferentes intensidades no TF (i.e., 40%, 60% e 80% de 1RM) a resposta afetiva não parece ser diferente entre ambas e mantém-se positiva (Portugal et al., 2015; Richardson et al., 2018), sugerindo assim que a resposta afetiva não é influenciada pela intensidade do TF (Portugal et al., 2015).

Para o TCR a literatura analisada (Oliveira et al., 2013; Tavares et al., 2021) parece indicar uma ligeira vantagem para o treino contínuo de intensidade moderada em relação ao HIIT na resposta afetiva. No entanto, o HIIT parece

proporcionar um maior divertimento (Oliveira et al., 2018; Tavares et al., 2021) contudo, ambos os protocolos obtêm respostas positivas (Oliveira et al., 2018).

Todavia, as intensidades acima do ponto de compensação respiratória (limiar anaeróbio) parecem afetar negativamente a resposta afetiva, devido às respostas fisiológicas do metabolismo anaeróbio (Oliveira et al., 2013), assim como muitas séries de HIIT realizadas sucessivamente (Frazão et al., 2016). Porém, essa resposta negativa pode ser atenuada com um maior intervalo de repouso entre séries (Oliveira et al., 2018), e reduzindo as séries realizadas na mesma sessão de treino (Frazão et al., 2016). Segundo estas informações os resultados positivos da FE ao longo de todas as semanas do nosso estudo são plausíveis. Apesar de não termos conhecimento de estudos que avaliem a resposta afetiva do TC de baixo volume em jovens adultos, um artigo conduzido por Lacharité-Lemieux et al. (2015) em mulheres na menopausa, analisou a resposta afetiva a um protocolo de TC realizado em circuito com exercício aeróbios e com exercícios resistidos com elásticos e os resultados foram positivos ao longo da 1^a, 6^a e 12^a semana. Com base nestes resultados podemos considerar o TC de baixo volume uma forma de gerar uma resposta afetiva positiva e esperar um melhor comportamento de retenção neste programa, com o intuito de melhorar o estado de saúde.

Esta investigação tem limitações e devem ser consideradas. A amostra é pequena que afeta o poder estatístico e está associada a um grupo de estudantes da licenciatura de Desporto que já praticava AF antes e durante o período experimental. No entanto, existia um GC que tinha as mesmas características do GE a única diferença é que não realizou o protocolo de treino. A duração foi apenas de 6 semanas, apesar disto já foi possível observar diferenças significativas na CF. Na avaliação do VO_{2max} , o protocolo foi adaptado às características da amostra, mas apenas foi adaptado no aquecimento para não prejudicar os incrementos no teste. Apesar disto, esta adaptação foi pensada para não prejudicar os resultados, devido à maior duração do teste (Beltz et al., 2016). Não foi controlada a alimentação, a ingestão de bebidas alcoólicas nem de tabaco o que pode ter influenciado nos resultados de composição corporal, apesar de ter sido solicitado para os participantes manterem as suas rotinas habituais e não alterarem nenhum hábito alimentar ou outro, nem fazer uso de

suplementação nem recursos ergogénicos. Os treinos não foram dados sempre nos mesmos dias nem no mesmo horário, mas tentou-se garantir sempre um intervalo de 48h entre os treinos para garantir uma boa recuperação. Todas as avaliações e treinos foram realizados pelo investigador. Por fim, todos os resultados obtidos apenas podem ser levados em conta para a população investigada e não se deve retirar conclusões para populações com outras características.

Em futuras investigações seria importante considerar uma amostra maior e com outro tipo de características para conseguirmos tirar mais conclusões. Talvez em indivíduos com excesso de peso ou obesidade, sedentários já seja possível verificar alterações na composição corporal e maiores magnitudes de resultados mesmo com baixos volumes de treino. Pode ser interessante criar um grupo extra que realize ainda menos volume para tirar mais conclusões à cerca de dose mínima de exercício. Inserir na análise indicadores sanguíneos de saúde cardiovasculares e metabólica, como marcadores inflamatórios, perfil lipídico, controlo da glicose sanguínea, pressão arterial entre outros, para se obter uma resposta mais precisa em relação aos efeitos na saúde do TC de baixo volume. Dentro destas hipóteses seria benéfico o controle da alimentação e prescrição de uma dieta rica em proteínas (Jäger et al., 2017; Ormsbee et al., 2018; Tagawa et al., 2021; Wirth et al., 2020) e hipocalórica para a redução da %MG (Aragon et al., 2017) durante o período de treino. Investigações com maiores durações talvez deem origem a resultados mais significativos (Ghahramanloo et al., 2009; Ormsbee et al., 2018). No entanto, isto continua hipotético e necessita de mais investigações para elucidar estes temas.

Conclusão

Este estudo verificou que 6 semanas de TC com um baixo volume é suficiente para melhorar significativamente a FPM e a condição cardiorrespiratória em jovens adultos ativos. Sugere-se que o baixo volume semanal pode ser uma estratégia eficiente para aumentar estas capacidades físicas, com menos tempo investido do que as recomendações tradicionais e gerar uma resposta afetiva positiva ao exercício ao longo das semanas. Em contrapartida, o baixo volume semanal não foi suficiente para gerar, de modo

significativo, uma perda de gordura, nem um aumento da MMT. O baixo volume semanal de TC pode ser utilizado como recurso para aumentar a CF, melhorar a saúde e ainda gerar prazer na prática de exercício em jovens adultos ativos podendo aumentar a adesão ao programa, no entanto mais estudos são necessários para confirmar estes resultados.

Estudo 2 – Os efeitos do treino combinado de baixo volume durante 6 semanas na potência, força muscular e capacidade aeróbia em jovens adultos ativos. A controlled clinical trial

Ricardo Martins^{1*}

1- Escola Superior de Educação de Beja, Instituto Politécnico de Beja, 7800 – 000 Beja, Portugal; ricardo1999jcm@gmail.com (RM)

* Autor correspondente: ricardo1999jcm@gmail.com; Tel.: +351-284-315-000

Abstract. Os efeitos benéficos do treino combinado (TC) na condição física (CF) já são bem conhecidos. No entanto, poucos estudos investigaram os efeitos do TC realizado com um baixo volume semanal. Este estudo investigou os efeitos do TC de baixo volume na potência muscular, força máxima e na capacidade aeróbia em jovens adultos ativos durante 6 semanas. Dezoito jovens adultos ativos (média \pm DV: 20.06 \pm 1.66 anos; 22.23 \pm 2.76 kg/m²; 13.26 \pm 4.49 %MG) foram divididos em dois grupos, o grupo experimental (n=9) e o grupo controlo (n=9). O TC consistiu num treino de força (TF, 2 séries de 3 exercícios com 80 a 85% 1RM) seguido de um treino intervalado de alta intensidade na bicicleta (HIIT, 5 séries de 60" a 95% W_{max}), com uma frequência de 2 vezes por semana. Foi avaliado a altura do salto, a força máxima no supino e no agachamento (1RM), da potência aeróbia máxima (W_{max}) no início da investigação (pré) e após 6 semanas de treino (pós). Foi usada a ANOVA de medidas repetidas para realizar a análise do tempo, entre grupos e intra grupos. Houve melhorias significativas apenas no GE na altura do salto (*pré*: 29.28 \pm 3.81 cm vs. *pós*: 32.02 \pm 3.09 cm, $p < 0.05$). A força máxima no supino e agachamento melhorou significativamente para o GE (*pré*: 56.11 \pm 11.35 kg vs. *pós*: 67.67 \pm 13.36 kg e *pré*: 63.11 \pm 12.25 kg vs. *pós*: 74.00 \pm 12.02 kg, $p < 0.001$, respetivamente). A W_{max} aumentou de forma significativa no GE (*pré*: 200.00 \pm 30.00 W vs. *pós*: 220.00 \pm 30.92 W, $p < 0.01$). Os resultados sugerem que TC de baixo volume melhora a potência, a força máxima e a capacidade aeróbia em jovens adultos ativos, sem gerar um aumento na carga interna.

Palavras-chave: treino concorrente, exercício combinado, condição física, rendimento, VO_{2max} , não treinados.

Introdução

Várias modalidades desportivas beneficiam do desenvolvimento da capacidade aeróbia (i.e., condição cardiorrespiratória) e anaeróbia (i.e., força e potência) para otimizar o rendimento desportivo (Balsalobre-Fernández et al., 2016; Chaabene et al., 2019; Doma et al., 2019; García-Pallars & Izquierdo, 2011; Ribeiro et al., 2021). A realização do treino de força (TF) mais o treino cardiorrespiratório (TCR) na mesma sessão é definido como treino combinado (TC) ou treino concorrente. A literatura considera o TC uma estratégia usada por preparadores físicos em diversas modalidades a fim de desenvolver, durante o mesmo período de treino, vários aspetos da aptidão física associada ao rendimento desportivo (Balabinis et al., 2003; Berryman et al., 2019; Gäbler et al., 2018; Jha et al., 2017). O TC melhora a força muscular (Balabinis et al., 2003; Berryman et al., 2019; Gäbler et al., 2018; Jha et al., 2017; Murlasits et al., 2018; Sabag et al., 2018; Schumann et al., 2021), a hipertrofia muscular (Balabinis et al., 2003; Jha et al., 2017; Sabag et al., 2018), a resistência cardiorrespiratória (Balabinis et al., 2003; Berryman et al., 2019; Gäbler et al., 2018; Jha et al., 2017; Murlasits et al., 2018; Wong et al., 2010), o desempenho anaeróbio (Balabinis et al., 2003; Berryman et al., 2019; Jha et al., 2017) e a potência (Balabinis et al., 2003; Berryman et al., 2019; Gäbler et al., 2018; Jha et al., 2017; Schumann et al., 2021; Wong et al., 2010). Apesar de todos estes benefícios para a condição física (CF), estas sessões de treino podem-se tornar muito longas (i.e., > 60 min), o que pode ser considerado uma limitação desta estratégia (Ashton et al., 2017; Galvim et al., 2019). Contudo, parece permitir uma redução do tempo total de treino gasto na realização do TF e TCR de modo separado (Markov et al., 2021), sem que as adaptações crónicas ao treino sejam afetadas (Berryman et al., 2019; Gäbler et al., 2018; Jha et al., 2017; Murlasits et al., 2018; Sabag et al., 2018; Schumann et al., 2021).

O exercício aeróbio, nomeadamente o treino intervalado de alta intensidade (HIIT), de baixo volume é caracterizado por protocolos de treino que se encontrem abaixo do volume semanal recomendado pela ACSM (i.e. ≥ 500 equivalentes metabólicos - MET/min por semana) (Garber et al., 2011). Estes protocolos parecem ser capazes de melhorar a condição cardiorrespiratória, no entanto não são suficientes para se obter mudanças na composição corporal

(Sultana et al., 2019), são ainda estratégias promissoras na melhoria do rendimento em atletas (Nugent et al., 2017). Em relação ao TF o baixo volume é caracterizado por séries únicas, poucas repetições e carga alta (American College of Sports Medicine, 2009; Kraemer & Ratamess, 2004) com uma baixa frequência semanal (American College of Sports Medicine, 2009), recurso capaz de aumentar a força em indivíduos destreinados (American College of Sports Medicine, 2009; Fyfe et al., 2022; Garber et al., 2011) e em treinados quando a frequência semanal é de 2 a 3 vezes por semana (Androulakis-Korakakis et al., 2020; Fyfe et al., 2022; Krieger, 2009). O baixo volume de TF tem capacidade para aumentar a potência e a função muscular (Fyfe et al., 2022).

Já são conhecidos os benefícios do TC para o rendimento desportivo, bem como a capacidade dos treinos de baixo volume em melhorar alguns indicadores de CF. No entanto, a literatura carece de estudos que avaliem todas essas vertentes inseridas num só protocolo de treino, a fim de reduzir o tempo de treino semanal e diário, de modo a obter os mesmos benefícios de ambos os protocolos de treino. Posto isto, o objetivo deste estudo foi verificar os efeitos do TC de baixo volume durante 6 semanas na potência e força muscular e na capacidade aeróbia máxima em jovens adultos ativos.

Metodologia

Participantes

Um total de 49 estudantes de ensino superior da licenciatura em Desporto do Instituto Politécnico de Beja (IPBeja) foram selecionados para participar na investigação, no entanto apenas 18 cumpriram os critérios de inclusão. Os participantes apresentavam uma média de idade 20 ± 1.7 anos; altura 1.77 ± 0.1 metros; massa corporal (MC) pré 69.9 ± 10.3 kg; IMC 22.2 ± 2.8 kg/m² (ver Tabela 4 para conhecer as características iniciais da amostra).

Foi garantida a participação de forma voluntária e consentida à cerca da intervenção experimental, das avaliações, e dos possíveis riscos e efeitos do exercício a que estariam sujeitos. Os participantes não estavam envolvidos em nenhuma rotina de treino, quer TF ou TCR há pelo menos 6 meses antes do início do estudo, mas participavam em atividades práticas envolvidas no plano

de estudos da licenciatura como futebol, andebol e atividades fitness até 4 horas semanais. Durante o período experimental os participantes não estavam envolvidos em mais nenhuma atividade recreacional ou qualquer tipo de exercício físico. Nenhum deles tinha lesões músculo-esqueléticas, ou outro problema de saúde, nem necessitavam de medicação e não usavam qualquer tipo suplementação ou substâncias ergogénicas durante o período de treino.

Os participantes foram inseridos em dois grupos, sendo o grupo de controlo (GC) (n = 9) que não realizou qualquer procedimento experimental e seguiu a sua rotina quotidiana e o grupo experimental GE (n = 9) que foi submetido a um TF seguido de um treino HIIT na bicicleta. Nenhuma desistência foi registada no período de treino. Foi pedido aos participantes que mantivessem os seus hábitos nutricionais e não foi dada nenhuma suplementação aos participantes durante a intervenção.

Procedimentos

Trata-se de um estudo quantitativo longitudinal com um GE e um GC. Onde se pretendeu identificar o efeito do exercício combinado de baixo volume na CF e na carga interna em estudantes do ensino superior recreacionalmente ativos. A investigação decorreu de 25 de outubro a 19 de dezembro de 2021. A primeira semana serviu para realizar a avaliação inicial (pré) e uma sessão de familiarização ao treino, para garantir a técnica correta dos exercícios e o bom funcionamento do treino no período experimental. As seis semanas seguintes foram dedicadas ao período de treino e na última semana decorreu avaliação final (pós). O GE foi submetido a dois treinos por semana de 45min., o treino era composto por uma parte de TF e posteriormente uma parte de HIIT na bicicleta. O modelo da investigação é apresentado na Figura 1.

Antes de se iniciar o estudo foi solicitado a autorização à direção do IPBeja. Posteriormente divulgou-se o estudo junto da comunidade académica dos alunos de licenciatura do curso de desporto. Uma vez identificada a amostra de acordo com os critérios de inclusão, estabeleceu-se um horário de ocupação do ginásio para os treinos. O nome dos participantes foi codificado para garantir o seu anonimato e confidencialidade.

Antes de ambas as avaliações (pré e pós) foi pedido aos participantes para evitarem esforços físicos vigorosos e intensos 48 horas antes. Estabeleceu-se uma ordem de avaliações, igual para todos os sujeitos a saber: altura do salto, 1RM no agachamento, 1RM no supino e por fim a avaliação da condição cardiorrespiratória no ciclo ergómetro (McGuigan, 2016).

Protocolo de treino

O protocolo de treino realizou-se 2 vezes por semanas com 48 horas de intervalo entre eles, durante 6 semanas seguidas e de forma supervisionada por um técnico de exercício físico. O aquecimento consistia em realizar 5 min. de exercícios com o peso corporal (jumping jacks e splits jacks) de baixa intensidade executado em 2 séries de 20 repetições cada, seguido de uma mobilização articular. Realizou-se ainda uma série de aquecimento de 6 repetições com 60% RM, de modo a potencializar a produção de força e potência durante as séries de trabalho (Ribeiro et al., 2020, 2021). O GE realizou um TC de TF e posteriormente HIIT na bicicleta. O material usado foi barras olímpicas de 20kg com 220 x 5cm de dimensões (TOORX BO-220) e barra hexagonal (XFIT) com 20kg, discos (BOXPT), bancos de musculação (BH FITNESS L825), suportes para a barra (BOXPT) e bicicletas ergométricas estáticas (Monark 828E). O protocolo do TF consistiu na realização de 2 séries de 3 exercícios dinâmicos de resistência externa constante, agachamento com barra hexagonal, supino plano com barra e remada com barra em decúbito ventral no banco, pela respetiva ordem, com 2 min. de descanso passivo entre séries e exercícios. A velocidade de execução das ações musculares estabelecida foi 3 a 4 segundos para a ação excêntrica e a máxima velocidade possível na ação concêntrica. A intensidade foi ajustada a 80 a 85%RM durante toda intervenção, de modo a manter a margem de repetições de 6 a 8 e todos os sujeitos foram instruídos para realizarem o máximo de repetições até à falha concêntrica voluntária, ou próximo (2 a 0 repetições em reserva) (Helms et al., 2016). A progressão de cargas foi feita de acordo com a regra de 2 por 2 (2 a 5% para membros superiores e 5 a 10% para membros inferiores) (Baechle & Earle, 2011). As cargas usadas e repetições realizadas de todos os participantes foram registadas para o cálculo do volume de treino. Após 3 min. de pausa passiva iniciavam o HIIT longo

(Buchheit & Laursen, 2013a) na bicicleta que consistiu em 2 min. de aquecimento a 60 repetições por minuto (RPM) com 15 a 45W de carga. Seguidamente, realizavam 5 séries de 60 segundos a 80 a 90RPM com 95% potência aeróbia máxima (W_{max}) com 90 segundos de pausa ativa a 50-60RPM com uma carga auto sugerida até 60W. O rácio de trabalho e descanso foi de 1 para 1.5. No final, tinham 2 a 3 min. de retorno à calma a 50 a 60 RPM com uma carga auto sugerida. Não foram reportadas lesões nem desistências e a adesão ao treino foi de 100%.

Medidas

Antropometria

A altura foi medida através de um estadiómetro com uma precisão de 1 cm (Seca mod. 213), os sujeitos foram medidos descalços. A MC foi medida através de uma balança SC-330 calibrada com uma precisão de 0.1kg (Tanita corp, Tokyo, Japan). O IMC, foi calculado através da divisão da MC total pela altura em metros ao quadrado (kg/m^2) (Davies & Lucas, 1989).

Altura do salto

A altura do salto foi medida através do teste *squat jump*, com base em equações cinemáticas que usam o tempo de voo medido através Optojump (Microgate Co., Bolzano, Italy) (Lehance et al., 2005) e de acordo com o protocolo do (Glatthorn et al., 2011). Antes de iniciarem o teste foi realizado um aquecimento de 5 min. com exercícios com o peso corporal de baixa intensidade e um salto submáximo pré teste. O teste iniciava-se com o sujeito numa posição de meio agachamento (90° de flexão de joelhos) durante cerca de 3 segundos e posteriormente realizaram um salto máximo vertical sem qualquer movimento de contrabalanço e com os joelhos e calcanhares em completa extensão. Foram feitos 3 saltos com 2 min. de descanso entre eles e o maior valor foi anotado (Glatthorn et al., 2011).

Força máxima

O agachamento e o supino plano ambos foram realizados com a barra olímpica (20kg) e com um suporte fixo para a barra. Um transdutor de velocidade linear (T-Force System Version 3.60, Ergotech, Murcia, Spain) foi utilizado para a predição de 1RM em ambos os exercícios. Este equipamento faz a cálculo automático da cinemática de cada repetição realizada e fornece feedbacks visuais e auditivos, da % 1RM, e da velocidade média propulsiva e ambos são usados para o cálculo da 1RM (González-Badillo & Serna, 2020). Apenas cargas acima dos 60% de 1RM foram usadas para a avaliação pré, para aumentar a fiabilidade da medida e na avaliação pós foi usada a mesma carga estabelecida na avaliação pós (Courel-Ibáñez et al., 2019; González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Martínez-Cava et al., 2019, 2020; Sánchez-Medina et al., 2017). O aquecimento consistiu em realizar 5 min. de exercícios com o peso corporal (jumping jacks e splits jacks) de baixa intensidade 2 séries de 20 repetições cada, seguido de uma mobilização articular, a parte específica do aquecimento foram 2 séries de 5 repetições com 30 e 20 kg para o agachamento e supino, respetivamente. Posteriormente foi realizada 1 série de 3 repetições, onde a carga foi progressivamente aumentada com pequenos incrementos e individuais (2.5 a 10kg) até passar dos % 60 RM. A fase excêntrica foi realizada de modo controlado (~ 0.50 to 0.70 m/s) para auxiliar na estabilização do movimento e por questões de segurança. A fase concêntrica foi realizada a máxima velocidade possível e os sujeitos foram verbalmente e fortemente encorajados, em termos de força e velocidade, a fim de os motivar a dar o seu esforço máximo. Apenas foram analisadas a fases concêntricas e somente foram contadas as repetições que cumpriam toda a amplitude do movimento, tocar no peito e cerca de 60° graus de flexão do joelho, para o supino e agachamento, respetivamente. O descanso entre tentativas foi de 3 a 5 min. No supino os sujeitos encontravam-se em decúbito dorsal num banco plano (180°), com os pés no solo e com as mãos colocadas ligeiramente mais afastadas do que a largura dos ombros (5 a 7 cm). Cada praticante foi instruído a descer a barra até tocar no peito, ao nível dos mamilos e realizar uma pausa de cerca de 1.5 segundos, seguidamente empurrar a barra em direção ao teto. Não foi permitida que a barra batesse no peito de modo dinâmico para não dar impulso na barra (Pallarés et al., 2014) e

nem retirar os ombros nem as costas do banco no final da fase concêntrica. Para o agachamento, iniciavam na posição bípede com os joelhos e tronco em total extensão, a base dos pés era aproximadamente à largura dos ombros e com uma ligeira rotação externa ($<15^\circ$). Cada sujeito foi instruído a descer de forma contínua até as coxas chegarem ao plano horizontal, com os joelhos fletidos na articulação femorotibial entre 55 e 65° no plano sagital, após era revertida a fase para a concêntrica (ascendente) até à posição inicial. A barra era colocada na parte de cima do trapézio e segurada com as mãos em pronação. A amplitude do movimento foi garantida através de um banco colocado à retaguarda e os sujeitos eram incentivados a tocar no banco, e não foi permitido sentar no banco (Courel-Ibáñez et al., 2019; Martínez-Cava et al., 2019).

Capacidade aeróbia

A capacidade de trabalho aeróbia máxima foi medida através de um teste contínuo, progressivo, máximo e incremental (GXT) num ciclo ergómetro de calibração mecânica (Ergomedic 828E, Monark, Sweden), com a supervisão do investigador e de acordo com o protocolo de Storer et al. (1990). Após 2min. de aquecimento a 60RPM com uma carga de 60W, a intensidade foi incrementada em 15W a cada minuto. O teste foi interrompido quando já não era possível manter os 60RPM ou até ao limite de tolerância máxima. O protocolo foi adaptado no aquecimento, para não causar testes muitos longos e evitar erro de predição (Beltz et al., 2016). Os sujeitos foram encorajados verbalmente antes e durante o teste para chegarem realmente à fadiga voluntária máxima. A W_{max} gerada foi registada no final, desde que cumprissem completamente o estágio.

Volume total de treino

O volume total de treino (VTT) foi calculado, em todas as sessões, através da seguinte fórmula: (nº de séries \times nº de repetições \times carga externa em kg). Para calcular o volume total semanal, somou-se o volume total de todos os exercícios dessa mesma semana. Apenas as repetições realizadas com toda a amplitude do movimento e com uma técnica adequada foram incluídas na análise. Os dados são expressos em quilogramas (kg) (Scott et al., 2016).

Carga interna

Para o controlo da carga interna usou-se a escala de perceção de esforço (PSE) de 0 a 10 adaptada (CR-10 RPE), onde o 0 representa o repouso e o 10 o esforço máximo (Day et al., 2004; Foster, 1998). O cálculo da carga interna usado foi resultado da escala de PSE multiplicada pelo tempo total da sessão em min. ($PSE \times \text{tempo total da sessão em min.}$) (Foster, 1998; Scott et al., 2016). Para o cálculo da carga interna semanal somou-se a carga interna das sessões dessa semana, os valores são exibidos em unidades arbitrárias (u.a). Para evitar erros de medição, antes de iniciar foi explicado em que consistia a ferramenta e foi realizada uma familiarização com a escala. Foi pedido aos sujeitos que avaliassem o esforço total da sessão, a pergunta feita para a medida foi “De 0 a 10, quão difícil/intenso foi o treino?” (Foster, 1998). Os valores foram apontados após cerca de 15 min. do fim da sessão (Scott et al., 2016).

Análise estatística

A distribuição normal e a homoscedasticidade foram verificadas através dos testes Shapiro–Wilk e Levene test, respetivamente (Levene, 1960; Shapiro & Wilk, 1965). As médias e o desvio-padrão (DP) foram calculados para todas as variáveis e foram adotados intervalos de confiança de 95%. Para a comparação inicial entre os grupos usou-se o teste T para amostras independentes. O método de medidas repetidas do modelo linear geral: ANOVA 2 (Grupos) x 2 (Tempo) foram usados para analisar os efeitos tempo (pré e pós), grupo e tempo x grupo, as variáveis dependentes, altura do salto, 1RM supino, 1RM agachamento, W_{max} . Para a análise do VTT e da carga interna, usou-se o método de medidas repetidas do modelo linear geral: ANOVA 1 (Grupo) x 6 (Tempo) para analisar o efeito tempo x grupo (semana 1 – semana 6). O teste T para medidas relacionadas foi usado para comparar as médias entre grupos nas medidas pré e pós. Considerou-se estatisticamente significativo quando o valor de $p < 0.05$. Todos os tratamentos de dados foram realizados no *Statistical Package for Social Sciences* (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Resultados

As características gerais de ambos os grupos estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Características descritivas da amostra no início (pré), estudo 2.

Variáveis	GE (n = 9)		GC (n = 9)		p
	Média	DP	Média	DP	
Idade (anos)	20.56	1.67	19.56	1.59	0.21
MC (kg)	69.51	10.59	70.36	10.67	0.87
Altura (m)	1.76	0.07	1.79	0.08	0.39
IMC (kg/m ²)	22.46	2.88	21.99	2.78	0.73
Altura do salto (cm)	29.28	3.81	30.82	4.35	0.44
1RM agachamento (kg)	63.11	12.23	65.89	12.66	0.64
1RM supino (kg)	56.11	11.35	52.33	15.99	0.57
W _{max} (watts)	200	30	211.67	35.53	.463

Nota: Os dados são apresentados com a média \pm DP. MC = Massa corporal; IMC = Índice de massa corporal; 1RM = 1 repetição máxima; W_{max} = Potência aeróbia máxima. Os valores estatisticamente significativos ($p < 0.05$) apresentam-se com *.

Verificamos que a idade média dos participantes é 20.56 ± 1.67 anos no GE e 19.56 ± 1.59 anos no GC, a MC do GE é 69.21 ± 10.59 kg e do GC 70.36 ± 10.67 kg, a altura é 1.76 ± 0.07 m no GE e no GC 1.79 ± 0.08 m. Ao realizar o cálculo do IMC o GE apresenta 22.46 ± 2.88 kg/m² e o GC 21.99 ± 2.78 kg/m². Em relação às medidas de CF, a altura do salto do GE é de 29.28 ± 3.81 cm e do GC é de 30.82 ± 4.35 cm, no 1RM do agachamento o GE tem 63.11 ± 12.23 kg de força e o GC tem 65.89 ± 12.66 kg, já para o 1RM no supino o GE tem 56.11 ± 11.35 kg e o GC tem 52.33 ± 15.99 kg. Na W_{max} o GE apresenta 200 ± 30 W de potência e o GC 211.67 ± 35.53 W. Para as medidas iniciais entre ambos os grupos não se verificaram diferenças significativas ($p > 0.05$) nas variáveis analisadas.

Para a altura do salto, a análise ANOVA demonstrou, uma interação Tempo \times Grupo $Z(1,16) = 5.703$, $p = 0.030$, mas não apresentou um efeito principal Tempo nem um efeito principal Grupo ($p > 0.05$). Uma análise mais detalhada dos efeitos de interesse (ver na Figura 6) mostra que depois de 6 semanas de treino o GE melhorou significativamente a altura do salto (Pré: 29.28

± 3.81 cm vs. Pós: 32.02 ± 3.09 cm, $p < 0.05$), já o GC não apresentou diferenças significativas (Pré: 30.82 ± 4.35 cm vs. Pós: 29.63 ± 6.54 cm, $p > 0.05$).

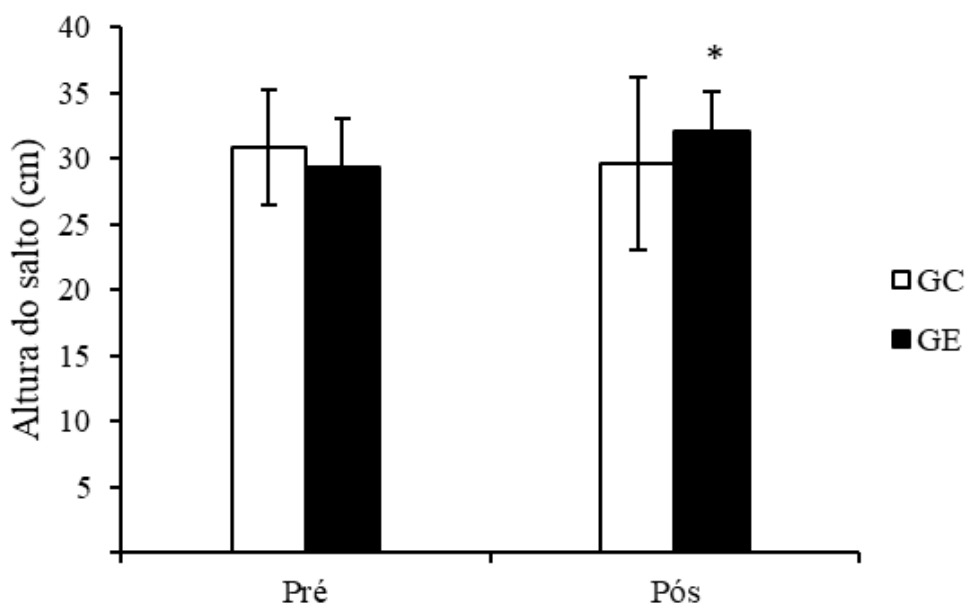


Figura 6 - Altura do salto entre a medida pré e pós de ambos os grupos. * representa $p < 0.05$ vs. pré do mesmo grupo. GC = Grupo controlo; GE = Grupo experimental;

Quanto ao 1 RM de supino, a análise ANOVA mostrou um efeito principal Tempo $Z(1,16) = 36.389$, $p < 0.001$, uma interação Tempo \times Grupo $Z(1,16) = 14.214$, $p < 0.01$, mas não apresentou um efeito principal Grupo ($p > 0.05$). Uma análise mais detalhada dos efeitos de interesse mostra que, depois de 6 semanas de treino o GE melhorou significativamente a 1RM no supino (Pré: 56.11 ± 11.35 kg vs. Pós: 67.67 ± 13.36 kg, $p < 0.001$), já para o GC não se mostrou significativo (Pré: 52.33 ± 15.99 kg vs. Pós: 55.00 ± 15.47 kg, $p > 0.05$) conforme é possível ver na Figura 7.

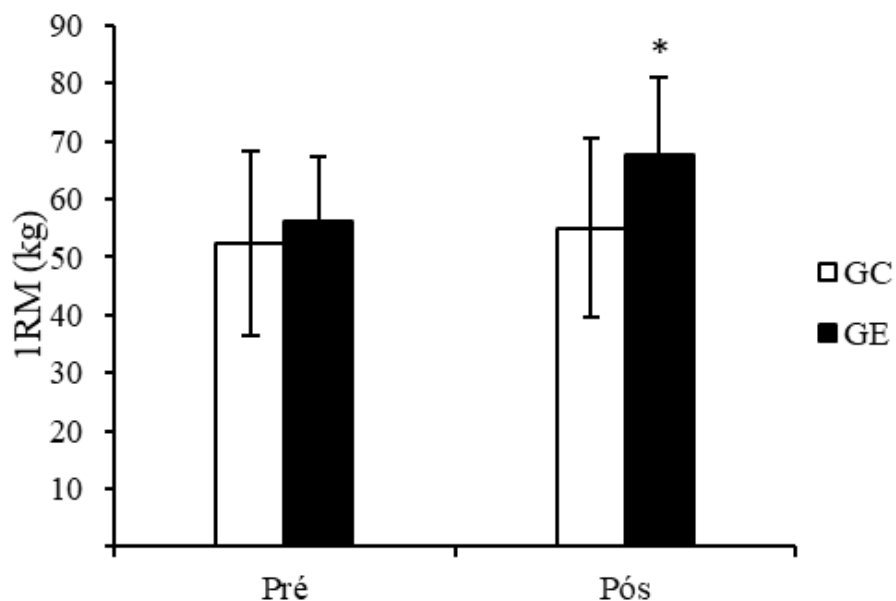


Figura 7 - 1RM no supino entre a medida pré e pós de ambos os grupos. * representa $p < 0.001$ vs. pré do mesmo grupo. GC = Grupo controlo; GE = Grupo experimental; 1RM = 1 repetição máxima.

Na dimensão de força máxima (1RM) no movimento de agachamento, a análise ANOVA mostrou um efeito principal Tempo $Z(1,16) = 27.168$, $p < 0.001$, uma interação Tempo \times Grupo $Z(1,16) = 22.149$, $p < 0.001$, mas não apresentou um efeito principal Grupo ($p > 0.05$). A Figura 8 mostra que, depois de 6 semanas de treino o GE melhorou significativamente a 1RM no agachamento (Pré: 63.11 ± 12.25 kg vs. Pós: 74.00 ± 12.02 kg, $p < 0.001$), já para o GC não se mostrou significativo (Pré: 65.89 ± 12.66 kg vs. Pós: 66.44 ± 13.87 kg, $p > 0.05$).

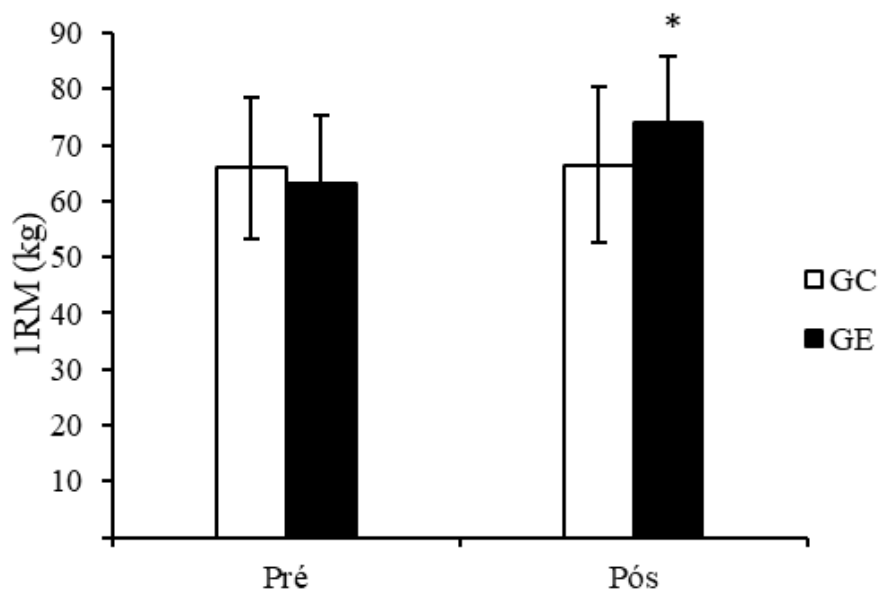


Figura 8 - 1RM no agachamento entre a medida pré e pós de ambos os grupos. * representa $p < 0.001$ vs. pré do mesmo grupo. GC = Grupo controle; GE = Grupo experimental; 1RM = 1 repetição máxima.

Quanto à W_{max} , a análise ANOVA demonstrou, um efeito principal Tempo $Z(1,16) = 5.143$, $p = 0.038$, uma interação Tempo \times Grupo $Z(1,16) = 14.286$, $p < 0.01$, mas não apresentou um efeito principal Grupo ($p > 0.05$). A análise mais detalhada aos efeitos de interesse (ver Figura 9) mostra que, depois de 6 semanas de treino o GE melhorou significativamente a W_{max} (Pré: 200.00 ± 30.00 W vs. Pós: 220.00 ± 30.92 W, $p < 0.01$), já o GC não apresentou diferenças significativas (Pré: 211.00 ± 35.53 W vs. Pós: 206.67 ± 33.35 W, $p > 0.05$).

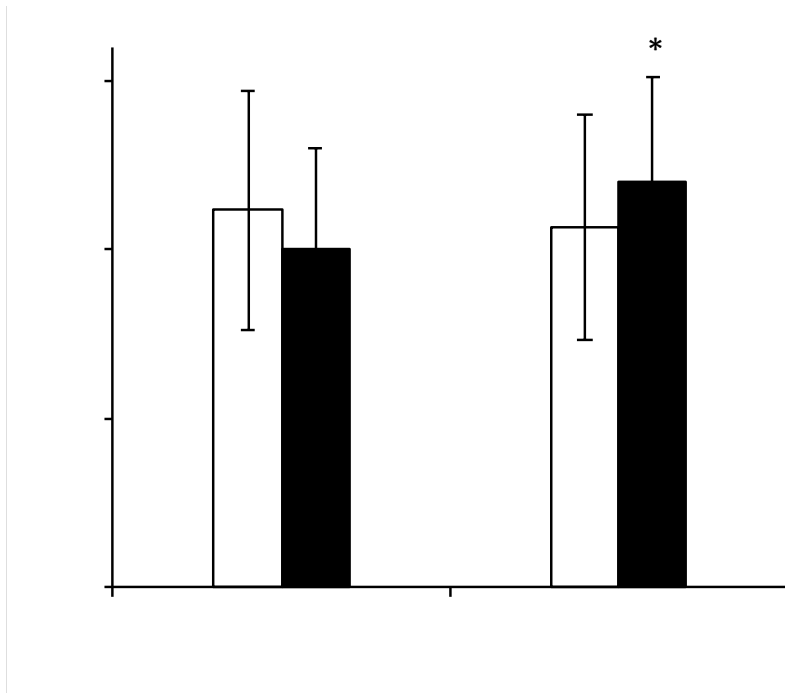


Figura 9 - W_{max} na bicicleta entre a medida pré e pós de ambos os grupos. * representa $p < 0.01$ vs. pré do mesmo grupo. GC = Grupo controle; GE = Grupo experimental; W_{max} = Potência aeróbia máxima.

A análise ANOVA realizada nas medidas de VTT mostrou um efeito principal Tempo $Z(5,40) = 14.446$, ($p < 0.001$). Na Figura 10 demonstra diferenças significativas entre a semana 1 (5248.06 ± 941.69 kg) com a semana 4 (5601.94 ± 767.07 kg, $p < 0.05$), com a semana 5 (5903.33 ± 698.30 kg, $p < 0.01$) e com a semana 6 (6212.76 ± 795.23 kg, $p < 0.001$). As restantes comparações não foram significativas ($p > 0.05$). Em relação à comparação entre semanas adjacentes (1 vs. 2; 2 vs. 3; 3 vs. 4; 4 vs. 5; 5 vs. 6), apenas as seguintes semanas foram significativas (semana 4: 5601.94 ± 767.27 kg vs. semana 5: 5903.33 ± 698.30 kg, $p < 0.05$) e (semana 5: 5903.33 ± 698.30 kg vs. semana 6: 6212.78 ± 795.23 kg, $p < 0.05$), as restantes comparações não foram significativas ($p > 0.05$).

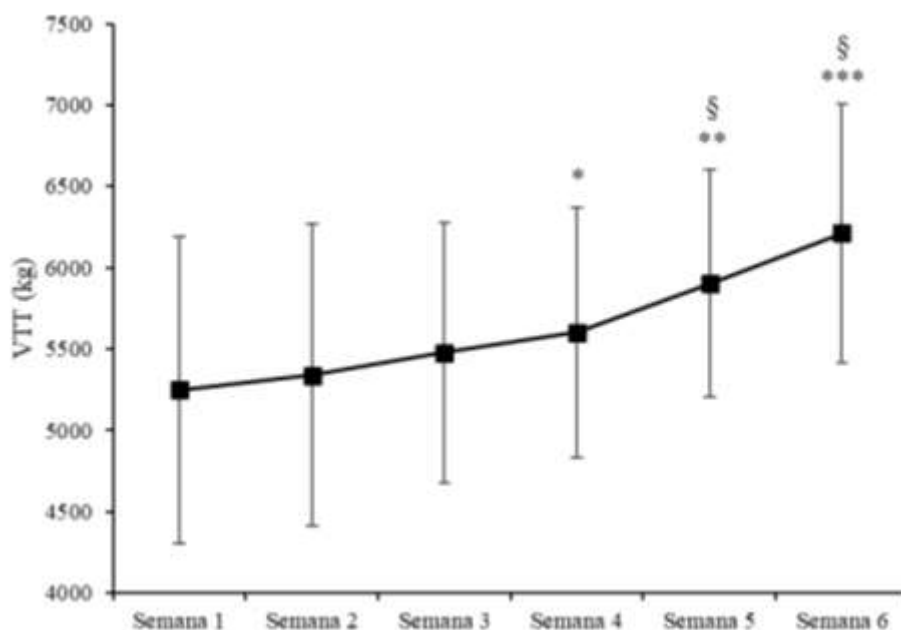


Figura 10 - VTT semanal durante as semanas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 no grupo experimental. * representa $p < 0,05$, ** representa $p < 0,01$ e *** representa $p < 0,001$ ambos vs. Semana 1. § representa $p < 0,05$ vs. semana anterior. VTT = Volume total de treino.

Para a carga interna, a análise ANOVA não mostrou um efeito principal Tempo significativo ($p > 0.05$).

Discussão de resultados

O presente artigo estudou o efeito crônico do TC de baixo volume de 6 semanas na potência muscular, forma máxima e capacidade aeróbia de jovens adultos ativos. Os principais resultados demonstraram que todas as componentes da CF, potência muscular, força máxima e a capacidade aeróbia máxima melhoraram significativamente através do TC de baixo volume. Em termos de volume de treino total o TC também gerou aumentos semanais progressivos e significativos, e sem diferenças significativas para a carga interna entre as semanas.

A componente neuromuscular que parece ser mais atenuada pelo treino concorrente é a potência ou força rápida/explosiva, isto devido a um fenômeno chamado “*interference effect*” (efeito de interferência), que afeta parcialmente as adaptações crônicas na potência (Chtara et al., 2008; Fyfe et al., 2016; Häkkinen et al., 2003; Schumann et al., 2021; Wilson et al., 2012). Apesar do maior efeito

de interferência, devido à possível limitação da velocidade de ativação neural (Häkkinen et al., 2003), o TC é capaz de aumentar de forma significativa a potência (Chtara et al., 2008; Fyfe et al., 2016; Häkkinen et al., 2003; Schumann et al., 2021; Wilson et al., 2012). Contudo, (Balabinis et al., 2003) não reportaram qualquer efeito de prejudicial na altura do salto entre o grupo que realizou o TC em relação ao que fez apenas TF. Uma investigação (Shamim et al., 2018) que avaliou a altura do salto pelo *squat jump* também verificou uma melhoria significativa de 6.6% após 12 semanas de TC, no entanto o TCR e o TF foram realizados em dias alternados, que é uma estratégia usada para minimizar o efeito de interferência entre as adaptações aeróbias e neuromusculares (Eddens et al., 2018; Schumann et al., 2021). O nosso estudo, em relação à altura do salto, também se verificou melhorias significativas de 9.4%. Esta situação sugere que para jovens adultos ativos o TC de baixo volume pode ser suficiente para aumentar a capacidade de salto vertical, que está relacionada com a potência anaeróbia de membros inferiores (Gross & Lüthy, 2020). Esta adaptação crónica pode ser explicada através da melhoria da velocidade de ativação neural voluntária, relacionada com a velocidade de recrutamento dos neurónios motores e da taxa máxima de descarga de unidades motoras (UM) (del Vecchio et al., 2019).

Para a força muscular, já esta bem documentado na literatura, que o TC aumenta a força máxima quer nos membros superiores quer nos membros inferiores (Berryman et al., 2019; Eddens et al., 2018; Jha et al., 2017; Murlasits et al., 2018; Petré et al., 2021; Pito et al., 2021; Sabag et al., 2018; Schumann et al., 2021; Wilson et al., 2012), o que vai de encontro aos resultados obtidos neste estudo quer para 1RM no supino quer para 1RM no agachamento. Em relação à ordem usada no estudo, a literatura (Berryman et al., 2019; Eddens et al., 2018; Murlasits et al., 2018; Petré et al., 2021) parece entrar em consenso que realizar o TF antes do TCR resulta em melhores resultados. Esta situação verifica melhorias na força máxima especialmente em indivíduos ativos e não treinados, no entanto em indivíduos treinados parece existir um efeito de interferência, que limita os ganhos de força no TC (Petré et al., 2021). Um estudo de Winnett et al. (2003) verificou que mesmo o TC de baixo volume foi capaz de melhorar a força muscular em vários exercícios, em praticantes não treinados. Outra investigação

(Tsitkanou et al., 2017) metodologicamente semelhante ao nosso estudo, onde se prescreveu um maior volume diário, tanto de TF quanto de TCR, e onde se verificou melhorias na força do exercício do meio agachamento. O baixo volume semanal apresentado no nosso estudo aparenta ser suficiente para criar adaptações crônicas neuromusculares e este resultado é suportado por outros artigos que através de prescrição de séries únicas e com baixo volume semanal de TF foram suficientes para aumentar a força máxima (Androulakis-Korakakis et al., 2020; Fyfe et al., 2022; Kirk et al., 2007; Krieger, 2009; Suchomel et al., 2018). Esta melhoria pode ser explicada por adaptações, sobretudo neurais, em relação a adaptações estruturais, devido à duração do período de intervenção (Pearcey et al., 2021). Algumas das adaptações poderão estar relacionadas com o aumento do disparo de UM, sincronização e ativação de UM, aumento da velocidade de condução nervosa, ativação de UM de alto limiar, maior excitabilidade dos moto neurónios e uma melhoria na coordenação agonista antagonista (Rodríguez-Rosell et al., 2018; Suchomel et al., 2018).

Outro dado interessante foi a magnitude das melhorias na nossa investigação (20.59% no supino e 17.25% no agachamento) em relação a outros estudos de TC, 16.55% de incremento no supino (Fyfe et al., 2016; Silva et al., 2012), e 23.6% de incremento no agachamento (Hickson, 1980; Hunter et al., 1987; McCarthy et al., 1995). Uma possível interpretação destes resultados é que para força de membros superiores o TC de menor volume pode ser tão efetivo para aumentar a força quanto o TC de maior volume, no entanto para os membros inferiores o maior volume parece ser mais eficaz para indivíduos ativos destreinados em força. Apesar destes resultados, são necessários mais estudos que comparem os efeitos do TC de diferentes volumes na força muscular.

A capacidade cardiorrespiratória, parece ser a capacidade que mais se beneficia com o TC, devido à pouca influência do “*interference effect*” nas adaptações crônicas de VO_{2max} , independentemente da ordem imposta entre os estímulos (Eddens et al., 2018; Gäbler et al., 2018; Murlasits et al., 2018; O’Donoghue et al., 2021; Pito et al., 2021; Wilson et al., 2012) e na melhoria do custo energético de locomoção (Berryman et al., 2018, 2019; Denadai et al., 2017). A W_{max} é a máxima capacidade para gerar energia através do sistema aeróbio (Hill & Lupton, 1923). Os resultados obtidos na melhoria da W_{max} são

sustentados de acordo com essas informações e com a associação positiva verificada entre a capacidade cardiorrespiratória e a W_{max} (Beltrame et al., 2020). As melhorias verificadas podem ser explicadas, especialmente para indivíduos inativos, devido a um aumento na síntese proteica miofibrilar e mitocondrial, assim como na biogénese mitocondrial após o TC (Fyfe et al., 2014), pela ativação da via da proteína quinase ativada pela adenosina monofosfato (AMPK), pelas sessões de exercício (Coffey & Hawley, 2017) e pela angiogénese capilar (Bell et al., 2000; Tsitkanou et al., 2017). Uma investigação liderada por Lee et al. (2020), verificou que após 9 semanas de treino TC com um volume semanal maior, jovens adultos moderadamente ativos aumentaram 7.1% a W_{max} . O incremento da W_{max} em 8.8% também foi obtido por Fyfe et al. (2016) em 8 semanas de TC com um protocolo de treino com maior volume realizado por indivíduos ativos. Outro estudo com uma duração de 12 semanas de TC conduzido por Shamim et al. (2018) em jovens adultos ativos, resultou num aumento de 14% da W_{max} . Os resultados relatados nestes artigos são relevantes quando comparadas com a melhoria de 10% na W_{max} obtida neste estudo com um menor volume de treino semanal do que os artigos acima mencionados. Tal facto sugere que um menor volume de treino pode ser tão efetivo para aumentar a capacidade aeróbia em jovens adultos ativos.

Quando se mensura a capacidade aeróbia através do VO_{2max} , existem mais evidências que apontam no mesmo sentido. Um estudo Winett et al. (2003) que realizou um protocolo de TC de baixo volume obteve melhorias significativas no VO_{2max} em indivíduos destreinados durante 12 semanas de treino. Quando se aborda o TC com um volume mais elevado existe uma vasta literatura que aponta para a melhoria significativa do VO_{2max} (Bell et al., 2000; Chtara et al., 2005; Collins & Snow, 1993; Davitt et al., 2014; Eklund et al., 2015; Hickson, 1980; Jin et al., 2018; Kraemer et al., 1995; MacNeil et al., 2014; Michell et al., 2014; Schaun et al., 2011; Schroeder et al., 2019; Schumann et al., 2015; Shaw & Shaw, 2009).

Em relação às medidas da carga de treino, o incremento verificado através do VTT é suportado devido ao sistema de progressão de cargas utilizado no estudo, que permite o aumento da carga total levantada ao longo das semanas de treino (Baechle & Earle, 2011). O aumento do VTT pode estar associado com

o aumento da força em homens destreinados (Peterson et al., 2011), esta relação pode explicar o incremento da força muscular obtido, devido ao incremento no VTT verificado na semana 8. Apesar deste incremento do VTT a carga interna não sofreu um aumento e apresentou ainda uma tendência decrescente, o que não se verificou no estudo de (Fyfe et al., 2016), que existiu oscilações na carga interna. Uma razão para isto ter acontecido foi o desenho do estudo, porque foram variando a zona de intensidade da carga semanalmente, bem como sua resposta multifatorial (McLaren et al., 2018). A carga interna é um indicador psicofisiológico onde é medida de forma relativa o esforço de toda a sessão de treino (Scott et al., 2016) e uma maior carga interna de treino pode aumentar a suscetibilidade a contrair doenças ou lesões (Jones et al., 2016). Esta situação dá-nos a informação que existiu um menor esforço e menos stress fisiológico percebido no decorrer nos treinos e uma possível menor probabilidade ter uma lesão ou doença.

Esta investigação contém limitações e devem ser consideradas antes de tirar conclusões. A amostra é pequena que afeta o poder estatístico e está associada a um grupo de estudantes da licenciatura de Desporto que já praticava AF antes e durante o período experimental. No entanto, existia um GC que tinha as mesmas características do GE a diferença é que não realizou o treino. A duração foi apenas de 6 semanas, apesar disto já foi possível observar diferenças significativas na CF. Não foi controlada a alimentação, a ingestão de bebidas alcoólicas nem de tabaco o que pode ter influenciado nos resultados, apesar de ter sido solicitado para os participantes manterem as suas rotinas habituais e não alterarem nenhum hábito alimentar ou outro, nem fazer uso de suplementação nem recursos ergogénicos. Os treinos não foram dados sempre nos mesmos dias nem no mesmo horário, mas tentou-se garantir sempre um intervalo de 48h entre os treinos para garantir uma boa recuperação. Todas as avaliações e treinos foram realizados pelo investigador. Por fim todos os resultados obtidos apenas podem ser levados em conta para a população em investigação e não se deve retirar conclusões para populações com outras características.

Em futuras investigações será necessário usar uma amostra mais representativa e com outro tipo de amostra para conseguirmos tirar mais

conclusões. Talvez em indivíduos com experiência de treino para verificar se mesmo com baixos volumes de treino se consegue obter melhorias. Pode ser interessante criar um grupo extra que realize ainda menos volume para tirar mais conclusões à cerca de dose mínima de exercício. Investigações com maiores durações talvez deem origem a resultados mais significativos (Ghahramanloo et al., 2009; Ormsbee et al., 2018). No entanto, isto continua hipotético e necessita de mais investigações para elucidar estes temas. Pode ser interessante usar avaliações morfológicas que permitam avaliar a resposta hipertrófica ao TC de baixo volume.

Conclusão

Este estudo verificou que em 6 semanas de TC com um baixo volume de treino, jovens adultos ativos, conseguem melhorar significativamente a potência muscular dos membros inferiores, a força máxima no supino e no agachamento e a capacidade aeróbia, sugerindo que o baixo volume semanal pode ser uma estratégia eficiente para aumentar estas capacidades físicas com menos tempo investido do que as recomendações tradicionais, sem aumentar a carga interna do treino. O baixo volume semanal de TC pode ser utilizado como recurso para aumentar a capacidade física e conseqüentemente o rendimento desportivo em vários desportos recreacionais, sem aumentar a probabilidade de *overtraining*, no entanto mais estudos são necessários para confirmar estes resultados.

Capítulo V – Discussão geral

A presente dissertação teve como principal propósito estudar e analisar os efeitos do TC de baixo volume durante 6 semanas na composição corporal, na FPM, na potência, na força máxima, na condição cardiorrespiratória e capacidade aeróbia máxima, assim como a carga interna e a resposta afetiva ao exercício em jovens adultos ativos. Os principais resultados desta dissertação corroboram com as hipóteses formuladas inicialmente, que de modo geral o TC de baixo volume demonstrou uma melhoria significativa após 6 semanas de treino em todas as componentes da CF analisadas, no entanto na composição corporal não se obtiveram diferenças. Chegou-se a estes resultados com um aumento no VTT semanal, sem aumentar a carga interna e com uma resposta afetiva ao exercício positiva ao longo das semanas.

As evidências científicas já provaram que o TC é a uma excelente estratégia para melhorar a composição corporal, nomeadamente a MG (O'Donoghue et al., 2021; Yarizadeh et al., 2021). No entanto, temos de ter atenção a algumas variáveis que podem influenciar esses resultados, como o tipo de população, o controlo alimentar, o volume de treino e a duração da intervenção (Barakat et al., 2020; Campa et al., 2020; Clark, 2015; Cunha et al., 2021; Johns et al., 2014; Rankin, 2013; Swift et al., 2018). Desta forma estudos que usaram indivíduos ativos, com um IMC normal ou até obesos sem a prescrição de uma dieta ou com um baixo volume semanal, não obtiveram diferenças nos indicadores de composição corporal, como a %MG e a MMT (Cantrell et al., 2014; Fyfe et al., 2016; Kerksick et al., 2009; Winett et al., 2003). Desta forma parece que protocolos de exercício com baixo volume não sejam os ideais, pelo menos com esta duração de 6 semanas, quando o objetivo é a melhoria da composição corporal (Sultana et al., 2019). Devendo-se incentivar estratégias com um controlo alimentar (Jäger et al., 2017; Tagawa et al., 2021; Wirth et al., 2020) e com um volume semanal de exercício maior (Ghahramanloo et al., 2009; Schoenfeld et al., 2017; Swift et al., 2018).

A FPM é um indicador da força dos membros superiores (Bohannon, 2008) válido e preditivo do estado de saúde, de várias patologias, de mortalidade e da esperança média de vida (Bohannon, 2019; Celis-Morales et al., 2018;

Sayer & Kirkwood, 2015; Vermeulen et al., 2015). No entanto, e de acordo com o nosso conhecimento, não existem estudos que se propusessem avaliar a FPM em jovens adultos após um período de TC de baixo volume. Existem outras evidências que mostram que o TC é efetivo para aumentar a FPM em outros tipos de populações e com um TC com outras características metodológicas (Karatrantou et al., 2017; Lima et al., 2019; Moon et al., 2010; Park et al., 2020; Saudo et al., 2010; Shamim et al., 2018; Shiotsu et al., 2018). Apesar da falta de evidências à cerca da FPM e o TC de baixo volume, a realização do TC tradicional em jovens adultos ativos gera aumentos significativos na força muscular (Fyfe et al., 2016; Lee et al., 2020; Shamim et al., 2018; Tsitkanou et al., 2017).

Em relação à potência, que é uma componente neuromuscular relacionada à potência anaeróbia (Gross & Lüthy, 2020), o TC é um recurso capaz de aumentar de forma significativa este indicador (Chtara et al., 2008; Fyfe et al., 2016; Häkkinen et al., 2003; Schumann et al., 2021; Wilson et al., 2012). Estudos que se comprometeram a investigar o efeito do TC na altura do salto, comprovaram que o TC é um estímulo capaz de promover adaptação crônicas positivas em jovens adultos (Balabinis et al., 2003; Shamim et al., 2018). Desta forma, os resultados do nosso estudo vão ao encontro dos demais estudos (Balabinis et al., 2003; Shamim et al., 2018), acrescentando que o baixo volume de treino pode ser uma estratégia eficaz.

A melhoria da força muscular com o TC é suportada por uma vasta literatura, tanto para membros superiores ou membros inferiores (Berryman et al., 2019; Eddens et al., 2018; Jha et al., 2017; Murlasits et al., 2018; Petré et al., 2021; Pito et al., 2021; Sabag et al., 2018; Schumann et al., 2021; Wilson et al., 2012), o que vai de encontro aos resultados obtidos neste estudo para o 1RM no supino e no 1RM no agachamento. Em relação ao baixo volume de exercício Winett et al. (2003) verificaram um aumento na força muscular em vários exercícios em praticantes não treinados. Além de que a prescrição de séries únicas ou de baixo volume semanal de TF é suficiente para gerar essa melhoria (Androulakis-Korakakis et al., 2020; Fyfe et al., 2022; Kirk et al., 2007; Krieger, 2009; Suchomel et al., 2018). Assim, o baixo volume semanal pode ser uma possível forma de aumentar a força máxima em jovens adultos ativos.

A condição cardiorrespiratória e aeróbia é a componente da aptidão física que melhor responde ao TC (Eddens et al., 2018; Gäbler et al., 2018; Murlasits et al., 2018; O'Donoghue et al., 2021; Pito et al., 2021; Wilson et al., 2012). O TC de baixo volume também se engloba nessa adaptação crónica, tal como foi relatado por Winett et al. (2003), que em 12 semanas de TC de baixo volume, indivíduos não treinados melhoraram a sua capacidade cardiorrespiratória. Sendo que o TC com um maior volume já tem uma vasta literatura a confirmar a sua eficácia neste aspeto (Bell et al., 2000; Chtara et al., 2005; Collins & Snow, 1993; Davitt et al., 2014; Eklund et al., 2015; Hickson, 1980; Jin et al., 2018; Kraemer et al., 1995; MacNeil et al., 2014; Michell et al., 2014; Schaun et al., 2011; Schroeder et al., 2019; Schumann et al., 2015; Shaw & Shaw, 2009). Em relação à W_{max} , existem artigos (Fyfe et al., 2016; Lee et al., 2020; Shamim et al., 2018) que mostram que jovens adultos ativos aumentam a sua capacidade aeróbia máxima com protocolos de TC, apesar de recorrerem a volumes maiores de exercício. De acordo com essas informações, os resultados obtidos na melhoria do VO_{2max} e W_{max} , ou seja, capacidade cardiorrespiratória e aeróbia, são verossímeis. Um outro dado importante referir é a importância do VO_{2max} na saúde, que um baixo nível pode aumentar o risco de morte e de adquirir doenças, como cancro e doenças cardiovasculares (Fardman et al., 2021; Han et al., 2022; Imboden et al., 2018; Qiu et al., 2021). Sabe-se ainda que aumentos no VO_{2max} reduz o risco de mortalidade (Fardman et al., 2021; Imboden et al., 2018), desta forma o TC de baixo volume pode ainda contribuir para a redução do risco de mortalidade pelo incremento na capacidade cardiorrespiratória.

Através da medição da carga de treino, o aumento do VTT pode estar associado com o aumento da força em homens não treinados (Peterson et al., 2011). Em relação à carga interna não se verificaram aumentos significativos, apresentando ainda uma tendência decrescente. A carga interna é um indicador psicofisiológico que o seu aumento descontrolado pode aumentar a suscetibilidade a contrair doenças ou lesões (Jones et al., 2016). Esta situação dá-nos a informação que existiu um menor esforço e menos stress fisiológico percebido no decorrer nos treinos e uma possível menor probabilidade ter uma lesão ou doença.

Uma resposta afetiva positiva ao exercício pode significar uma maior retenção com o objetivo de melhorar a saúde (Weyland et al., 2020) e uma maior participação futura em programas de exercício físico (Williams et al., 2008). Contudo, a forma como são manipulados as variáveis de treino e o tipo de treino que é utilizado influencia a resposta afetiva (Frazão et al., 2016; Oliveira et al., 2018; Tavares et al., 2021). Os resultados do nosso estudo indicam que houve uma resposta positiva entre as diversas semanas, o que também se verificou num estudo realizado em mulheres com a menopausa na resposta a um TC em circuito (Lacharité-Lemieux et al., 2015). Sugere-se que o TC de baixo volume seja uma alternativa viável para aumentar a retenção com base nestas informações.

Limitações globais do estudo

Esta investigação apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. A amostra é pequena o que afeta o poder estatístico e está associada a um grupo de estudantes da licenciatura de Desporto que já praticava AF antes e durante o período experimental. No entanto, existia um GC que tinha as mesmas características do GE a diferença é que não realizou o treino. A duração foi apenas de 6 semanas, apesar disto já foi possível observar diferenças significativas na CF. Na avaliação do VO_{2max} o protocolo foi adaptado às características da amostra, mas apenas foi adaptado no aquecimento para não prejudicar os incrementos no teste. Apesar disto, esta adaptação foi pensada para não prejudicar os resultados, devido à maior duração do teste (Beltz et al., 2016). Não foi controlada a alimentação, a ingestão de bebidas alcoólicas nem de tabaco o que pode ter influenciado nos resultados, apesar de ter sido solicitado para os participantes manterem as suas rotinas habituais e não alterarem nenhum hábito alimentar ou outro, nem fazer uso de suplementação nem recursos ergogénicos. Os treinos não foram dados sempre nos mesmos dias nem no mesmo horário, mas tentou-se garantir sempre um intervalo de 48h entre os treinos para garantir uma boa recuperação. Todas as avaliações e treinos foram realizados pelo investigador. Por fim todos os resultados obtidos apenas

podem ser levados em conta para a população em investigação e não se deve retirar conclusões para populações com outras características.

Perspetivas futuras de estudo

Em futuras investigações será necessário usar uma amostra mais representativa e com outro tipo de populações para conseguirmos tirar mais conclusões.

Ao recorrer a indivíduos com experiência de treino para verificar se mesmo com baixos volumes de treino se consegue obter melhorias, ou em indivíduos com excesso de peso ou obesidade, sedentários que talvez já seja possível verificar alterações na composição corporal e maiores magnitudes de resultados mesmo com baixos volumes de treino. Inserir na análise indicadores sanguíneos de saúde cardiovasculares e metabólica, como marcadores inflamatórios, perfil lipídico, controlo da glicose sanguínea, pressão arterial entre outros, para se obter uma resposta mais precisa em relação aos efeitos na saúde do TC de baixo volume. Pode ser interessante usar avaliações morfológicas que permitam avaliar a resposta hipertrófica ao TC de baixo volume.

Dentro das hipóteses em consideração seria benéfico o controlo da alimentação e prescrição de uma dieta rica em proteínas (Jäger et al., 2017; Ormsbee et al., 2018; Tagawa et al., 2021; Wirth et al., 2020) e hipocalórica para a redução da %MG (Aragon et al., 2017) durante o período de treino. Pode ser interessante criar um outro grupo que possa realizar ainda menos volume para tirar mais conclusões à cerca de dose mínima de exercício. Investigações com maiores durações talvez deem origem a resultados mais significativos (Ghahramanloo et al., 2009; Ormsbee et al., 2018). Estes cenários demonstram que se trata de um tema amplo e com necessidade de mais investigações para elucidar estes temas.

Capítulo VI – Conclusões

Para compreender os efeitos do TC de baixo volume na CF relacionada à saúde, na potência e indicadores psicofisiológicos ao exercício diferentes estudos foram desenvolvidos. Com o objetivo principal de analisar os efeitos de um programa de TC de baixo volume na FPM e força máxima, potência de membros inferiores, condição cardiorrespiratória e W_{max} , composição corporal, carga interna, resposta afetiva em jovens adultos ativos.

Com base nos resultados do estudo 1 e tendo em conta a hipótese 1, verificou-se que em 6 semanas de TC com um baixo volume de treino, jovens adultos ativos, conseguem melhorar significativamente a potência muscular dos membros inferiores, a força máxima no supino e no agachamento e a capacidade aeróbia, sugerindo que o baixo volume semanal pode ser uma estratégia eficiente para aumentar estas capacidades físicas com menos tempo investido do que as recomendações tradicionais, sem aumentar a carga interna do treino. O baixo volume semanal de TC pode ser utilizado como recurso para aumentar a capacidade física e conseqüentemente o rendimento desportivo em vários desportos recreacionais, sem aumentar a probabilidade de *overtraining*, no entanto mais estudos são necessários para confirmar estes resultados.

Os resultados do estudo 2 vão ao encontro das hipóteses 1 e 3, onde se verificou que 6 semanas de TC com um baixo volume é suficiente para melhorar significativamente a FPM e a condição cardiorrespiratória em jovens adultos ativos. Sugere-se que o baixo volume semanal pode ser uma estratégia eficiente para aumentar estas capacidades físicas, com menos tempo investido do que as recomendações tradicionais e gerar uma resposta afetiva positiva ao exercício ao longo das semanas. Em contrapartida e a aceitar a hipótese 2, o baixo volume semanal não foi suficiente para gerar, de modo significativo, uma perda de gordura, nem um aumento da MMT. O baixo volume semanal de TC pode ser utilizado como recurso para aumentar a CF, melhorar a saúde e ainda gerar prazer na prática de exercício em jovens adultos ativos podendo aumentar a adesão ao programa, no entanto mais estudos são necessários para confirmar estes resultados.

Por fim, representado como conclusão final o uso do TC de baixo volume é considerado viável e efetivo em jovens adultos ativos, aceitando assim todas as hipóteses propostas no início desta dissertação. Esta metodologia mostrou-se capaz de proporcionar melhorias na FPM, na força máxima, na potência, na capacidade aeróbia, sem qualquer efeito negativo para a carga interna ao longo das semanas e com uma resposta afetiva positiva estável ao longo do tempo. Desta forma, o TC de baixo volume pode ser utilizado para aumentar os níveis de AF e criar adaptações positivas na CF e saúde, sem que ocorra um desgaste físico e psicológico, e aumentar a probabilidade de adesão pela resposta afetiva ao exercício.

Referências

1. American College of Sport Medicine. (2018). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (10th ed.). Wolters Kluwer Health.
2. American College of Sports Medicine. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0B013E3181915670>
3. Andreoli, A., Garaci, F., Cafarelli, F. P., & Guglielmi, G. (2016). Body composition in clinical practice. *European Journal of Radiology*, 85(8), 1461–1468. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.02.005>
4. Androulakis-Korakakis, P., Fisher, J. P., & Steele, J. (2020). The Minimum Effective Training Dose Required to Increase 1RM Strength in Resistance-Trained Men: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 50(4), 751–765. <https://doi.org/10.1007/S40279-019-01236-0>
5. Aragon, A. A., Schoenfeld, B. J., Wildman, R., Kleiner, S., VanDusseldorp, T., Taylor, L., Earnest, C. P., Arciero, P. J., Wilborn, C., Kalman, D. S., Stout, J. R., Willoughby, D. S., Campbell, B., Arent, S. M., Bannock, L., Smith-Ryan, A. E., & Antonio, J. (2017). International society of sports nutrition position stand: diets and body composition. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/S12970-017-0174-Y>
6. Ashton, L. M., Hutchesson, M. J., Rollo, M. E., Morgan, P. J., & Collins, C. E. (2017). Motivators and Barriers to Engaging in Healthy Eating and Physical Activity. *American Journal of Men's Health*, 11(2), 330–343. <https://doi.org/10.1177/1557988316680936>
7. Atakan, M. M., Li, Y., Koşar, Ş. N., Turnagöl, H. H., & Yan, X. (2021). Evidence-Based Effects of High-Intensity Interval Training on Exercise Capacity and Health: A Review with Historical Perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13). <https://doi.org/10.3390/IJERPH18137201>
8. Azevedo, P. H. S. M., Oliveira, M. G. D., & Schoenfeld, B. J. (2022). Effect of different eccentric tempos on hypertrophy and strength of the

- lower limbs. *Biology of Sport*, 39(2), 443–449. <https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2022.105335>
9. Baechle, T., & Earle, R. (2011). Learning how to manipulate training variables to maximize results. In *Weight Training: Steps to Success* (4th ed., pp. 177–188). Human Kinetics, Inc.
 10. Balabinis, C. P., Psarakis, C. H., Moukas, M., Vassiliou, M. P., & Behrakis, P. K. (2003). Early phase changes by concurrent endurance and strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 393–401. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0393:epcbce>2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0393:epcbce>2.0.co;2)
 11. Balsalobre-Fernández, C., Santos-Concejero, J., & Grivas, G. v. (2016). Effects of Strength Training on Running Economy in Highly Trained Runners: A Systematic Review with Meta-Analysis of Controlled Trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(8), 2361–2368. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001316>
 12. Barakat, C., Pearson, J., Escalante, G., Campbell, B., & de Souza, E. O. (2020). Body Recomposition: Can Trained Individuals Build Muscle and Lose Fat at the Same Time? *Strength & Conditioning Journal*, 42(5), 7–21. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000584>
 13. Bell, G. J., Syrotuik, D., Martin, T. P., Burnham, R., & Quinney, H. A. (2000). Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 81(5), 418–427. <https://doi.org/10.1007/S004210050063>
 14. Beltrame, T., Gois, M. O., Hoffmann, U., Koschate, J., Richard, X., Hughson, L., Cecília, M., Frade, M., Linares, S. N., Da, R., Torres, S., & Catai, A. M. (2020). Relationship between maximal aerobic power with aerobic fitness as a function of signal-to-noise ratio. *Journal of Applied Physiology*, 129(3), 522–532. <https://doi.org/10.1152/JAPPLPHYSIOL.00310.2020>
 15. Beltz, N. M., Gibson, A. L., Janot, J. M., Kravitz, L., Mermier, C. M., & Dalleck, L. C. (2016). Graded Exercise Testing Protocols for the Determination of VO₂max: Historical Perspectives, Progress, and

- Future Considerations. *Journal of Sports Medicine*, 2016, 1–12.
<https://doi.org/10.1155/2016/3968393>
16. Berryman, N., Mujika, I., Arvisais, D., Roubeix, M., Binet, C., & Bosquet, L. (2018). Strength Training for Middle- and Long-Distance Performance: A Meta-Analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(1), 57–63.
<https://doi.org/10.1123/IJSP.2017-0032>
17. Berryman, N., Mujika, I., & Bosquet, L. (2019). Concurrent Training for Sports Performance: The 2 Sides of the Medal. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(3), 279–285.
<https://doi.org/10.1123/IJSP.2018-0103>
18. Bohannon, R. W. (2008). Is it legitimate to characterize muscle strength using a limited number of measures? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 166–173.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E31815F993D>
19. Bohannon, R. W. (2019). Grip Strength: An Indispensable Biomarker For Older Adults. *Clinical Interventions in Aging*, 14, 1681–1691.
<https://doi.org/10.2147/CIA.S194543>
20. Booth, F. W., Roberts, C. K., & Laye, M. J. (2012). Lack of Exercise Is a Major Cause of Chronic Diseases. *Comprehensive Physiology*, 2(2), 1143–1211. <https://doi.org/10.1002/CPHY.C110025>
21. Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013a). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313–338.
<https://doi.org/10.1007/S40279-013-0029-X>
22. Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013b). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Medicine*, 43(10), 927–954. <https://doi.org/10.1007/S40279-013-0066-5>
23. Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S., Chou, R., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., Lambert, E., Leitzmann, M., Milton, K., Ortega, F. B., ... Willumsen,

- J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*, *54*, 1451–1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
24. Burnley, M., & Jones, A. M. (2007). Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. *European Journal of Sport Science*, *7*(2), 63–79. <https://doi.org/10.1080/17461390701456148>
25. Campa, F., Latessa, P. M., Greco, G., Mauro, M., Mazzuca, P., Spiga, F., & Toselli, S. (2020). Effects of Different Resistance Training Frequencies on Body Composition, Cardiometabolic Risk Factors, and Handgrip Strength in Overweight and Obese Women: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *5*(3). <https://doi.org/10.3390/JFMK5030051>
26. Cantrell, G. S., Schilling, B. K., Paquette, M. R., & Murlasits, Z. (2014). Maximal strength, power, and aerobic endurance adaptations to concurrent strength and sprint interval training. *European Journal of Applied Physiology*, *114*(4), 763–771. <https://doi.org/10.1007/S00421-013-2811-8/TABLES/1>
27. Cao, M., Quan, M., & Zhuang, J. (2019). Effect of High-Intensity Interval Training versus Moderate-Intensity Continuous Training on Cardiorespiratory Fitness in Children and Adolescents: A Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*, *16*(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph16091533>
28. Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*, *100*(2), 126–131. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3920711>
29. Celis-Morales, C. A., Welsh, P., Lyall, D. M., Steell, L., Petermann, F., Anderson, J., Iliodromiti, S., Sillars, A., Graham, N., MacKay, D. F., Pell, J. P., Gill, J. M. R., Sattar, N., & Gray, S. R. (2018). Associations of grip strength with cardiovascular, respiratory, and cancer outcomes and all cause mortality: prospective cohort study of half a million UK Biobank participants. *BMJ*, *361*. <https://doi.org/10.1136/BMJ.K1651>
30. Chaabene, H., Negra, Y., Capranica, L., Prieske, O., & Granacher, U. (2019). A needs analysis of karate kumite with recommendations for

- performance testing and training. *Strength and Conditioning Journal*, 41(3), 35–46. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000445>
31. Chtara, M., Chamari, K., Chaouachi, M., Chaouachi, A., Koubaa, D., Feki, Y., Millet, G. P., & Amri, M. (2005). Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *British Journal of Sports Medicine*, 39(8), 555–560. <https://doi.org/10.1136/BJSM.2004.015248>
32. Chtara, M., Chaouachi, A., Levin, G. T., Chaouachi, M., Chamari, K., Amri, M., & Laursen, P. B. (2008). Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1037–1045. <https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E31816A4419>
33. Ciolac, E. G., & Rodrigues-da-Silva, J. M. (2016). Resistance Training as a Tool for Preventing and Treating Musculoskeletal Disorders. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(9), 1239–1248. <https://doi.org/10.1007/S40279-016-0507-Z>
34. Clark, J. E. (2015). Diet, exercise or diet with exercise: comparing the effectiveness of treatment options for weight-loss and changes in fitness for adults (18–65 years old) who are overfat, or obese; systematic review and meta-analysis. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 14(1), 1–28. <https://doi.org/10.1186/S40200-015-0154-1>
35. Coffey, V. G., & Hawley, J. A. (2017). Concurrent exercise training: do opposites distract? *The Journal of Physiology*, 595(9), 2883–2896. <https://doi.org/10.1113/JP272270>
36. Collins, M. A., & Snow, T. K. (1993). Are adaptations to combined endurance and strength training affected by the sequence of training? *Journal of Sports Sciences*, 11(6), 485–491. <https://doi.org/10.1080/02640419308730017>
37. Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011a). Developing Maximal Neuromuscular Power. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
38. Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011b). Developing maximal neuromuscular power: Part 2 training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125–

146. <https://doi.org/10.2165/11538500-000000000-00000/FIGURES/TAB2>
39. Courel-Ibáñez, J., Martínez-Cava, A., Morán-Navarro, R., Escribano-Peñas, P., Chavarren-Cabrero, J., González-Badillo, J. J., & Pallarés, J. G. (2019). Reproducibility and Repeatability of Five Different Technologies for Bar Velocity Measurement in Resistance Training. *Annals of Biomedical Engineering*, 47(7), 1523–1538. <https://doi.org/10.1007/S10439-019-02265-6>
40. Cronin, J., Lawton, T., Harris, N., Kilding, A., & McMaster, D. T. (2017). A brief review of handgrip strength and sport performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(11), 3187–3217. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002149>
41. Crowley, E., Powell, C., Carson, B. P., & W. Davies, R. (2022). The Effect of Exercise Training Intensity on VO₂max in Healthy Adults: An Overview of Systematic Reviews and Meta-Analyses. *Translational Sports Medicine*, 2022, 9310710. <https://doi.org/10.1155/2022/9310710>
42. Cruz-Jentoft, A., & Sayer, A. (2019). Sarcopenia. *Lancet (London, England)*, 393(10191), 2636–2646. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31138-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31138-9)
43. Cunha, P. M., Tomeleri, C. M., Nascimento, M. A., Mayhew, J. L., Fungari, E., Cyrino, L. T., Barbosa, D. S., Venturini, D., & Cyrino, E. S. (2021). Comparison of Low and High Volume of Resistance Training on Body Fat and Blood Biomarkers in Untrained Older Women: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(1), 1–8. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003245>
44. Davies, P. S. W., & Lucas, A. (1989). Quetelet's index as a measure of body fatness in young infants. *Early Human Development*, 20(2), 135–141. [https://doi.org/10.1016/0378-3782\(89\)90054-6](https://doi.org/10.1016/0378-3782(89)90054-6)
45. Davitt, P. M., Pellegrino, J. K., Schanzer, J. R., Tjionas, H., & Arent, S. M. (2014). The effects of a combined resistance training and endurance exercise program in inactive college female subjects:

- Does order matter? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(7), 1937–1945. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000355>
46. Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G., & Foster, C. (2004). Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 353–358. <https://doi.org/10.1519/R-13113.1>
47. del Vecchio, A., Negro, F., Holobar, A., Casolo, A., Folland, J. P., Felici, F., & Farina, D. (2019). You are as fast as your motor neurons: speed of recruitment and maximal discharge of motor neurons determine the maximal rate of force development in humans. *The Journal of Physiology*, 597(9), 2445–2456. <https://doi.org/10.1113/JP277396>
48. Denadai, B. S., de Aguiar, R. A., de Lima, L. C. R., Greco, C. C., & Caputo, F. (2017). Explosive Training and Heavy Weight Training are Effective for Improving Running Economy in Endurance Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 47(3), 545–554. <https://doi.org/10.1007/S40279-016-0604-Z>
49. Doma, K., Deakin, G. B., Schumann, M., & Bentley, D. J. (2019). Training Considerations for Optimising Endurance Development: An Alternate Concurrent Training Perspective. *Sports Medicine*, 49(5), 669–682. <https://doi.org/10.1007/S40279-019-01072-2>
50. Drew, M. K., & Finch, C. F. (2016). The Relationship Between Training Load and Injury, Illness and Soreness: A Systematic and Literature Review. *Sports Medicine*, 46(6), 861–883. <https://doi.org/10.1007/S40279-015-0459-8/TABLES/4>
51. Dudley, G. A., & Djamil, R. (1985). Incompatibility of endurance- and strength-training modes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 59(5), 1446–1451. <https://doi.org/10.1152/JAPPL.1985.59.5.1446>
52. Eddens, L., van Someren, K., & Howatson, G. (2018). The Role of Intra-Session Exercise Sequence in the Interference Effect: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 48(1), 177–188. <https://doi.org/10.1007/S40279-017-0784-1>
53. Eddolls, W. T. B., McNarry, M. A., Stratton, G., Winn, C. O. N., & Mackintosh, K. A. (2017). High-Intensity Interval Training

- Interventions in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(11), 2363–2374. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0753-8>
54. Eklund, D., Pulverenti, T., Bankers, S., Avela, J., Newton, R., Schumann, M., & Häkkinen, K. (2015). Neuromuscular adaptations to different modes of combined strength and endurance training. *International Journal of Sports Medicine*, 36(2), 120–129. <https://doi.org/10.1055/S-0034-1385883>
55. Erikssen, G., Liestøl, K., Bjørnholt, J., Thaulow, E., Sandvik, L., & Mrikssen, J. (1998). Changes in physical fitness and changes in mortality. *Lancet*, 352(9130), 759–762. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(98\)02268-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(98)02268-5)
56. Fardman, A., Banschick, G. D., Rabia, R., Percik, R., Segev, S., Klempfner, R., Grossman, E., & Maor, E. (2021). Cardiorespiratory Fitness Is an Independent Predictor of Cardiovascular Morbidity and Mortality and Improves Accuracy of Prediction Models. *Canadian Journal of Cardiology*, 37(2), 241–250. <https://doi.org/10.1016/J.CJCA.2020.05.017>
57. Fleck, S., & Kraemer, W. (2017). Princípios Básicos do Treinamento Resistido e Prescrição de Exercícios. In *Fundamentos do Treinamento de Força Muscular* (4th ed., pp. 1–7). Artmed.
58. Foster, C. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7), 1164–1168. <https://doi.org/10.1097/00005768-199807000-00023>
59. Frazão, D. T., de Farias, L. F., Dantas, T. C. B., Krinski, K., Elsangedy, H. M., Prestes, J., Hardcastle, S. J., & Costa, E. C. (2016). Feeling of Pleasure to High-Intensity Interval Exercise Is Dependent of the Number of Work Bouts and Physical Activity Status. *PLoS ONE*, 11(3). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0152752>
60. Fyfe, J. J., Bartlett, J. D., Hanson, E. D., Stepto, N. K., & Bishop, D. J. (2016). Endurance training intensity does not mediate interference to maximal lower-body strength gain during short-term concurrent

- training. *Frontiers in Physiology*, 7(487).
<https://doi.org/10.3389/FPHYS.2016.00487/FULL>
61. Fyfe, J. J., Bishop, D. J., & Stepto, N. K. (2014). Interference between concurrent resistance and endurance exercise: Molecular bases and the role of individual training variables. *Sports Medicine*, 44(6), 743–762. <https://doi.org/10.1007/S40279-014-0162-1/FIGURES/2>
62. Fyfe, J. J., Hamilton, D. L., & Daly, R. M. (2022). Minimal-Dose Resistance Training for Improving Muscle Mass, Strength, and Function: A Narrative Review of Current Evidence and Practical Considerations. *Sports Medicine*, 52(3), 463–479. <https://doi.org/10.1007/S40279-021-01605-8/FIGURES/3>
63. Gäbler, M., Prieske, O., Hortobágyi, T., & Granacher, U. (2018). The effects of concurrent strength and endurance training on physical fitness and athletic performance in youth: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 9(1057). <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2018.01057/BIBTEX>
64. Galvim, A. L., Oliveira, I. M., Martins, T. V., Vieira, L. M., Cerri, N. C., de Castro Cezar, N. O., Pedroso, R. V., & de Oliveira Gomes, G. A. (2019). Adherence, Adhesion, and Dropout Reasons of a Physical Activity Program in a High Social Vulnerability Context. *Journal of Physical Activity and Health*, 16(2), 149–156. <https://doi.org/10.1123/JPAH.2017-0606>
65. Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., Nieman, D. C., & Swain, D. P. (2011). 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. <https://doi.org/10.1249/MSS.0B013E318213FEFB>
66. García-Pallars, J., & Izquierdo, M. (2011). Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Medicine*, 41(4), 329–343. <https://doi.org/10.2165/11539690-000000000-00000/FIGURES/6>

67. Ghahramanloo, E., Midgley, A. W., & Bentley, D. J. (2009). The effect of concurrent training on blood lipid profile and anthropometrical characteristics of previously untrained men. *Journal of Physical Activity & Health*, 6(6), 760–766. <https://doi.org/10.1123/JPAH.6.6.760>
68. Gibala, M. J., Little, J. P., Macdonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(5), 1077–1084. <https://doi.org/10.1113/JPHYSIOL.2011.224725>
69. Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 556–560. <https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E3181CCB18D>
70. Gomes Neto, M., Ogalha, C., Andrade, A. M., & Brites, C. (2013). A systematic review of effects of concurrent strength and endurance training on the health-related quality of life and cardiopulmonary status in patients with HIV/AIDS. *BioMed Research International*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/319524>
71. González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347–352. <https://doi.org/10.1055/S-0030-1248333>
72. González-Badillo, J. J., & Serna, J. (2020). *FUERZA, VELOCIDAD Y RENDIMIENTO FÍSICO Y DEPORTIVO* (2nd ed.). ESM.
73. Gross, M., & Lüthy, F. (2020). Anaerobic Power Assessment in Athletes: Are Cycling and Vertical Jump Tests Interchangeable? *Sports (Basel, Switzerland)*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/SPORTS8050060>
74. Hackett, D. A., Ghayomzadeh, M., Farrell, S. N., Davies, T. B., & Sabag, A. (2022). Influence of total repetitions per set on local muscular endurance: A systematic review with meta-analysis and meta-regression. *Science & Sports*. <https://doi.org/10.1016/J.SCISPO.2021.11.002>

75. Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W. J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., Mikkola, J., Häkkinen, A., Valkeinen, H., Kaarakainen, E., Romu, S., Erola, V., Ahtiainen, J., & Paavolainen, L. (2003). Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology*, *89*(1), 42–52. <https://doi.org/10.1007/S00421-002-0751-9/FIGURES/7>
76. Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, *44*(Suppl 2), 139. <https://doi.org/10.1007/S40279-014-0253-Z>
77. Han, M., Qie, R., Shi, X., Yang, Y., Lu, J., Hu, F., Zhang, M., Zhang, Z., Hu, D., & Zhao, Y. (2022). Cardiorespiratory fitness and mortality from all causes, cardiovascular disease and cancer: dose-response meta-analysis of cohort studies. *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2021-104876>
78. Hardy, C. J., & Rejeski, W. J. (1989). Not What, but How One Feels: The Measurement of Affect during Exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *11*(3), 304–317. <https://doi.org/10.1123/JSEP.11.3.304>
79. Hawley, J. A. (2009). Molecular responses to strength and endurance training: are they incompatible? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*, *34*(3), 355–361. <https://doi.org/10.1139/H09-023>
80. Helms, E. R., Cronin, J., Storey, A., & Zourdos, M. C. (2016). Application of the Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion Scale for Resistance Training. *Strength and Conditioning Journal*, *38*(4), 42. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000218>
81. Hickson, R. C. (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *45*(2), 255–263. <https://doi.org/10.1007/BF00421333>
82. Hill, A. v., & Lupton, H. (1923). Muscular Exercise, Lactic Acid, and the Supply and Utilization of Oxygen. *An International Journal of*

- Medicine*, 16(62), 135–171. <https://doi.org/10.1093/QJMED/OS-16.62.135>
83. Huang, M., Lv, A., Wang, J., Xu, N., Ma, G., Zhai, Z., Zhang, B., Gao, J., & Ni, C. (2019). Exercise Training and Outcomes in Hemodialysis Patients: Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Nephrology*, 50(4), 240–254. <https://doi.org/10.1159/000502447>
84. Hunter, G., Demment, R., & Miller, D. (1987). Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 27(3), 269–275. <https://europepmc.org/article/med/3431108>
85. Imboden, M. T., Harber, M. P., Whaley, M. H., Finch, W. H., Bishop, D. L., & Kaminsky, L. A. (2018). Cardiorespiratory Fitness and Mortality in Healthy Men and Women. *Journal of the American College of Cardiology*, 72(19), 2283–2292. <https://doi.org/10.1016/J.JACC.2018.08.2166>
86. Innes, E. (1999). Handgrip strength testing: A review of the literature. *Australian Occupational Therapy Journal*, 46(3), 120–140. <https://doi.org/10.1046/J.1440-1630.1999.00182.X>
87. Ito, S. (2019). High-intensity interval training for health benefits and care of cardiac diseases - The key to an efficient exercise protocol. *World Journal of Cardiology*, 11(7), 171. <https://doi.org/10.4330/WJC.V11.I7.171>
88. Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., Purpura, M., Ziegenfuss, T. N., Ferrando, A. A., Arent, S. M., Smith-Ryan, A. E., Stout, J. R., Arciero, P. J., Ormsbee, M. J., Taylor, L. W., Wilborn, C. D., Kalman, D. S., Kreider, R. B., Willoughby, D. S., ... Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 20. <https://doi.org/10.1186/S12970-017-0177-8>
89. Jha, P., Khurana, S., Ali, K., Ahmad, I., & Verma, S. (2017). Effects of concurrent training on physical health and performance. *Comparative Exercise Physiology*, 14(1), 63–68. <https://doi.org/10.3920/CEP170013>

90. Jin, C. H., Rhyu, H. S., & Kim, J. Y. (2018). The effects of combined aerobic and resistance training on inflammatory markers in obese men. *Journal of Exercise Rehabilitation*, *14*(4), 660–665. <https://doi.org/10.12965/JER.1836294.147>
91. Johns, D. J., Hartmann-Boyce, J., Jebb, S. A., & Aveyard, P. (2014). Diet or Exercise Interventions vs Combined Behavioral Weight Management Programs: A Systematic Review and Meta-Analysis of Direct Comparisons. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, *114*(10), 1557. <https://doi.org/10.1016/J.JAND.2014.07.005>
92. Jones, A. M., & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, *29*(6), 373–386. <https://doi.org/10.2165/00007256-200029060-00001/FIGURES/3>
93. Jones, C., Griffiths, P., & Mellalieu, S. (2016). Training Load and Fatigue Marker Associations with Injury and Illness: A Systematic Review of Longitudinal Studies. *Sports Medicine*, *47*(5), 943–974. <https://doi.org/10.1007/S40279-016-0619-5>
94. Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of Physiology*, *586*(1), 35–44. <https://doi.org/10.1113/JPHYSIOL.2007.143834>
95. Kalkhoven, J. T., Watsford, M. L., Coutts, A. J., Edwards, W. B., & Impellizzeri, F. M. (2021). Training Load and Injury: Causal Pathways and Future Directions. *Sports Medicine*, *51*(6), 1137–1150. <https://doi.org/10.1007/S40279-020-01413-6>
96. Karatrantou, K., Gerodimos, V., Häkkinen, K., & Zafeiridis, A. (2017). Health-Promoting Effects of Serial vs Integrated Combined Strength and Aerobic Training. *International Journal of Sports Medicine*, *38*(1), 55–64. <https://doi.org/10.1055/S-0042-116495/ID/R5679-0027>
97. Keiner, M., Sander, A., Wirth, K., & Schmidtbleicher, D. (2014). Long-term strength training effects on change-of-direction sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *28*(1), 223–231. <https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E318295644B>
98. Kerksick, C., Thomas, A., Campbell, B., Taylor, L., Wilborn, C., Marcello, B., Roberts, M., Pfau, E., Grimstvedt, M., Opusunju, J.,

- Magrans-Courtney, T., Rasmussen, C., Wilson, R., & Kreider, R. B. (2009). Effects of a popular exercise and weight loss program on weight loss, body composition, energy expenditure and health in obese women. *Nutrition & Metabolism*, 6, 23. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-6-23>
99. Khalafi, M., Malandish, A., & Rosenkranz, S. K. (2021). The impact of exercise training on inflammatory markers in postmenopausal women: A systemic review and meta-analysis. *Experimental Gerontology*, 150. <https://doi.org/10.1016/J.EXGER.2021.111398>
100. Kirk, E. P., Washburn, R. A., Bailey, B. W., LeCheminant, J. D., & Donnelly, J. E. (2007). Six months of supervised high-intensity low-volume resistance training improves strength independent of changes in muscle mass in young overweight men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 151–156. <https://doi.org/10.1519/00124278-200702000-00027>
101. Kohl, H. W., Craig, C. L., Lambert, E. V., Inoue, S., Alkandari, J. R., Leetongin, G., Kahlmeier, S., Andersen, L. B., Bauman, A. E., Blair, S. N., Brownson, R. C., Bull, F. C., Ekelund, U., Goenka, S., Guthold, R., Hallal, P. C., Haskell, W. L., Heath, G. W., Katzmarzyk, P. T., ... Wells, J. C. (2012). The pandemic of physical inactivity: Global action for public health. *The Lancet*, 380(9838), 294–305. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60898-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60898-8)
102. Kojić, F., Ranisavljev, I., Cosić, D., Popović, D., Stojiljković, S., & Ilić, V. (2021). Effects of resistance training on hypertrophy, strength and tensiomyography parameters of elbow flexors: role of eccentric phase duration. *Biology of Sport*, 38(4), 587–594. <https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2021.99323>
103. Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K., Newton, R. U., Triplett, N. T., & Dziados, J. E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 78(3), 976–989. <https://doi.org/10.1152/JAPPL.1995.78.3.976>

104. Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(4), 674–688. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61>
105. Krieger, J. W. (2009). Single versus multiple sets of resistance exercise: a meta-regression. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1890–1901. <https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E3181B370BE>
106. Kuriyan, R. (2018). Body composition techniques. *Indian Journal of Medical Research*, 148(5), 648–658. https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR_1777_18
107. Lacharité-Lemieux, M., Brunelle, J. P., & Dionne, I. J. (2015). Adherence to exercise and affective responses: comparison between outdoor and indoor training. *Menopause*, 22(7), 731–740. <https://doi.org/10.1097/GME.0000000000000366>
108. Lauersen, J. B., Bertelsen, D. M., & Andersen, L. B. (2014). The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, 48(11), 871–877. <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2013-092538>
109. Lavie, C. J., Ozemek, C., Carbone, S., Katzmarzyk, P. T., & Blair, S. N. (2019). Sedentary Behavior, Exercise, and Cardiovascular Health. *Circulation Research*, 124(5), 799–815. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.118.312669>
110. Lee, M. J. C., Ballantyne, J. K., Chagolla, J., Hopkins, W. G., Fyfe, J. J., Phillips, S. M., Bishop, D. J., & Bartlett, J. D. (2020). Order of same-day concurrent training influences some indices of power development, but not strength, lean mass, or aerobic fitness in healthy, moderately-active men after 9 weeks of training. *PLoS ONE*, 15(5). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0233134>
111. Lehance, C., Croisier, J. L., & Bury, T. (2005). Validation du système Optojump en tant qu'outil d'évaluation de la force-vitesse (puissance) des membres inférieurs. *Science & Sports*, 20(3), 131–135. <https://doi.org/10.1016/J.SCISPO.2005.01.001>

112. Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. In *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling* (I. Olkin, pp. 278–292). Stanford Univ. Press. <http://www.ams.org/mathscinet-getitem?mr=0120709>
113. Lima, P. S., de Campos, A. S., de Faria Neto, O., Ferreira, T. C. A., Amorim, C. E. N., Stone, W. J., Prestes, J., Garcia, A. M. C., & Urtado, C. B. (2019). Effects of Combined Resistance Plus Aerobic Training on Body Composition, Muscle Strength, Aerobic Capacity, and Renal Function in Kidney Transplantation Subjects. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(11), 3243–3250. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003274>
114. Liu, L., Zhang, J., Lu, Y., Fang, C., Li, S., & Lin, J. (2015). Low-Volume High-Intensity Interval Training in a Gym Setting Improves Cardio-Metabolic and Psychological Health. *PLoS ONE*, 10(9). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0139056>
115. Lopes, S., Afreixo, V., Teixeira, M., Garcia, C., Leitao, C., Gouveia, M., Figueiredo, D., Alves, A. J., Polonia, J., Oliveira, J., Mesquita-Bastos, J., & Ribeiro, F. (2021). Exercise training reduces arterial stiffness in adults with hypertension: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Hypertension*, 39(2), 214–222. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000002619>
116. MacNeil, L. G., Glover, E., Bergstra, T. G., Safdar, A., & Tarnopolsky, M. A. (2014). The Order of Exercise during Concurrent Training for Rehabilitation Does Not Alter Acute Genetic Expression, Mitochondrial Enzyme Activity or Improvements in Muscle Function. *PLoS ONE*, 9(10). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0109189>
117. Maestroni, L., Read, P., Bishop, C., Papadopoulos, K., Suchomel, T. J., Comfort, P., & Turner, A. (2020). The Benefits of Strength Training on Musculoskeletal System Health: Practical Applications for Interdisciplinary Care. *Sports Medicine*, 50(8), 1431–1450. <https://doi.org/10.1007/S40279-020-01309-5>
118. Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied*

Physiology, 116(6), 1091. <https://doi.org/10.1007/S00421-016-3346-6>

119. Markov, A., Chaabene, H., Hauser, L., Behm, S., Bloch, W., Puta, C., & Granacher, U. (2021). Acute Effects of Aerobic Exercise on Muscle Strength and Power in Trained Male Individuals: A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/S40279-021-01615-6>
120. Martínez-Cava, A., Hernández-Belmonte, A., Courel-Ibáñez, J., Morán-Navarro, R., González-Badillo, J. J., & Pallarés, J. G. (2020). Reliability of technologies to measure the barbell velocity: Implications for monitoring resistance training. *PLoS ONE*, 15(6). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0232465>
121. Martínez-Cava, A., Morán-Navarro, R., Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J. J., & Pallarés, J. G. (2019). Velocity- and power-load relationships in the half, parallel and full back squat. *Journal of Sports Sciences*, 37(10), 1088–1096. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1544187>
122. Martin-Smith, R., Cox, A., Buchan, D. S., Baker, J. S., Grace, F., & Sculthorpe, N. (2020). High Intensity Interval Training (HIIT) Improves Cardiorespiratory Fitness (CRF) in Healthy, Overweight and Obese Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8). <https://doi.org/10.3390/IJERPH17082955>
123. Martland, R., Mondelli, V., Gaughran, F., & Stubbs, B. (2019). Can high-intensity interval training improve physical and mental health outcomes? A meta-review of 33 systematic reviews across the lifespan. *Journal of Sports Sciences*, 38(4), 430–469. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1706829>
124. McCarthy, J. P., Agre, J. C., Graf, B. K., Pozniak, M. A., & Vailas, A. C. (1995). Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27(3), 429–436. <https://doi.org/10.1249/00005768-199503000-00021>

125. McGuigan, M. (2016). Principles of Test Selection and Administration. In *Essentials of strength training and conditioning* (4th ed., pp. 255–257). Human Kinetics, Inc.
126. McLaren, S. J., Macpherson, T. W., Coutts, A. J., Hurst, C., Spears, I. R., & Weston, M. (2018). The Relationships Between Internal and External Measures of Training Load and Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, *48*(3), 641–658. <https://doi.org/10.1007/S40279-017-0830-Z>
127. Methenitis, S. (2018). A Brief Review on Concurrent Training: From Laboratory to the Field. *Sports*, *6*(4). <https://doi.org/10.3390/SPORTS6040127>
128. Meyler, S., Bottoms, L., & Muniz-Pumares, D. (2021). Biological and methodological factors affecting response variability to endurance training and the influence of exercise intensity prescription. *Experimental Physiology*, *106*(7), 1410–1424. <https://doi.org/10.1113/EP089565>
129. Michell, V., Samaria, C., Júnior Rudy, N., Danyela, V., & Dantas, E. (2014). Effects of a concurrent physical exercise program on aerobic power and body composition in adults. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *54*(4), 441–446. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3181b117ca>
130. Mike, J. N., Cole, N., Herrera, C., Vandusseldorp, T., Kravitz, L., & Kerkick, C. M. (2017). The Effects of Eccentric Contraction Duration on Muscle Strength, Power Production, Vertical Jump, and Soreness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(3), 773–786. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001675>
131. Milanović, Z., Sporiš, G., & Weston, M. (2015). Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO₂max Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Medicine*, *45*(10), 1469–1481. <https://doi.org/10.1007/S40279-015-0365-0>
132. Moon, Park, & Kwon. (2010). The effects of combined exercise on cardiac function and adipocytokine concentration according to ACE genotype in abdominal obese middle aged men. *Japanese Journal of*

- Physical Fitness and Sports Medicine*, 59(4), 363–374.
<https://doi.org/https://doi.org/10.7600/jspfsm.59.363>
133. Mujika, I., & Padilla, S. (2000a). Detraining: Loss of Training-Induced Physiological and Performance Adaptations. Part I Short Term Insufficient Training Stimulus. *Sports Medicine*, 30(2), 79–87.
134. Mujika, I., & Padilla, S. (2000b). Detraining: Loss of Training-Induced Physiological and Performance Adaptations. Part II Long Term Insufficient Training Stimulus. *Sports Medicine*, 30(3), 145–154.
135. Murlasits, Z., Kneffel, Z., & Thalib, L. (2018). The physiological effects of concurrent strength and endurance training sequence: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 36(11), 1212–1219. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1364405>
136. Nader, G. A. (2006). Concurrent strength and endurance training: From molecules to man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(11), 1965–1970.
<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000233795.39282.33>
137. National Academy of Sports Medicine. (2013). *NASM essentials of personal fitness training* (4th ed.). Jones & Bartlett Learning.
138. Nikitara, K., Odani, S., Demenagas, N., Rachiotis, G., Symvoulakis, E., & Vardavas, C. (2021). Prevalence and correlates of physical inactivity in adults across 28 European countries. *European Journal of Public Health*, 31(4), 840–845.
<https://doi.org/10.1093/EURPUB/CKAB067>
139. Nugent, F. J., Comyns, T. M., Burrows, E., & Warrington, G. D. (2017). Effects of Low-Volume, High-Intensity Training on Performance in Competitive Swimmers: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(3), 837–847.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001583>
140. O'Donoghue, G., Blake, C., Cunningham, C., Lennon, O., & Perrotta, C. (2021). What exercise prescription is optimal to improve body composition and cardiorespiratory fitness in adults living with obesity? A network meta-analysis. *Obesity Reviews*, 22(2).
<https://doi.org/10.1111/OBR.13137>

141. Oliveira, B. R. R., Santos, T. M., Kilpatrick, M., Oliveira Pires, F., & Deslandes, A. C. (2018). Affective and enjoyment responses in high intensity interval training and continuous training: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, *16*(6), e0197124. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197124>
142. Oliveira, B. R. R., Slama, F. A., Deslandes, A. C., Furtado, E. S., & Santos, T. M. (2013). Continuous and High-Intensity Interval Training: Which Promotes Higher Pleasure? *PLoS ONE*, *8*(11), e79965. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079965>
143. Ormsbee, M. J., Willingham, B. D., Marchant, T., Binkley, T. L., Specker, B. L., & Vukovich, M. D. (2018). Protein Supplementation During a 6-Month Concurrent Training Program: Effect on Body Composition and Muscular Strength in Sedentary Individuals. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *28*(6), 619–628. <https://doi.org/10.1123/IJSNEM.2018-0036>
144. Ortega, F. B., Silventoinen, K., Tynelius, P., & Rasmussen, F. (2012). Muscular strength in male adolescents and premature death: Cohort study of one million participants. *BMJ (Online)*, *345*(7884). <https://doi.org/10.1136/BMJ.E7279>
145. Pallarés, J. G., Sánchez-Medina, L., Pérez, C. E., de La Cruz-Sánchez, E., & Mora-Rodriguez, R. (2014). Imposing a pause between the eccentric and concentric phases increases the reliability of isoinertial strength assessments. *Journal of Sports Sciences*, *32*(12), 1165–1175. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.889844>
146. Pan, B., Ge, L., Xun, Y. qin, Chen, Y. jing, Gao, C. yun, Han, X., Zuo, L. qian, Shan, H. qian, Yang, K. hu, Ding, G. wu, & Tian, J. hui. (2018). Exercise training modalities in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and network meta-analysis. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *15*(1). <https://doi.org/10.1186/S12966-018-0703-3>
147. Park, W., Jung, W. S., Hong, K., Kim, Y. Y., Kim, S. W., & Park, H. Y. (2020). Effects of Moderate Combined Resistance- and Aerobic-Exercise for 12 Weeks on Body Composition, Cardiometabolic Risk Factors, Blood Pressure, Arterial Stiffness, and Physical Functions,

- among Obese Older Men: A Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 1–12. <https://doi.org/10.3390/IJERPH17197233>
148. Pearcey, G. E. P., Alizedah, S., Power, K. E., & Button, D. C. (2021). Chronic resistance training: is it time to rethink the time course of neural contributions to strength gain? *European Journal of Applied Physiology*, 121(9), 2413–2422. <https://doi.org/10.1007/S00421-021-04730-4/FIGURES/2>
149. Pérez-Bilbao, T., García-González, D., Martos-Bermúdez, Á., Nieto, S., del Campo, T., Pérez-Ruiz, M., & San Juan, A. F. (2021). Effects of an Eight-Week Concurrent Training Program with Different Effort Character over Physical Fitness, Health-Related Quality of Life, and Lipid Profile among Hospital Workers: Preliminary Results. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9328. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph18179328>
150. Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Garrido-Blanca, G., Delgado-García, G., Balsalobre-Fernández, C., & García-Ramos, A. (2019). Precision of 7 Commercially Available Devices for Predicting Bench-Press 1-Repetition Maximum From the Individual Load-Velocity Relationship. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(10), 1442–1446. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2018-0801>
151. Peterson, M. D., Pistilli, E., Haff, G. G., Hoffman, E. P., & Gordon, P. M. (2011). Progression of volume load and muscular adaptation during resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 111(6), 1063–1071. <https://doi.org/10.1007/S00421-010-1735-9>
152. Petré, H., Hemmingsson, E., Rosdahl, H., & Psilander, N. (2021). Development of Maximal Dynamic Strength During Concurrent Resistance and Endurance Training in Untrained, Moderately Trained, and Trained Individuals: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, 51(5), 991–1010. <https://doi.org/10.1007/S40279-021-01426-9>
153. Pito, P. G., Cardoso, J. R., Tufano, J., & Guariglia, D. (2021). Effects of Concurrent Training on 1RM and VO₂ in Adults: Systematic Review

- with Meta-analysis. *International Journal of Sports Medicine*, 43(4), 297–304. <https://doi.org/10.1055/a-1506-3007>
154. Portugal, E. M. M., Lattari, E., Santos, T. M., & Deslandes, A. C. (2015). Affective responses to prescribed and self-selected strength training intensities. *Perceptual and Motor Skills*, 121(2), 465–481. <https://doi.org/10.2466/29.PMS.121c17x3>
155. Programa Nacional para a Promoção da Atividade Física. (2020). *PROGRAMA NACIONAL PARA A PROMOÇÃO DA ATIVIDADE FÍSICA* (Direção-Ge).
156. Qiu, S., Cai, X., Sun, Z., Wu, T., & Schumann, U. (2021). Is estimated cardiorespiratory fitness an effective predictor for cardiovascular and all-cause mortality? A meta-analysis. *Atherosclerosis*, 330, 22–28. <https://doi.org/10.1016/J.ATHEROSCLEROSIS.2021.06.904>
157. Rankin, J. W. (2013). Effective Diet and Exercise Interventions to Improve Body Composition in Obese Individuals. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 9(1), 48–62. <https://doi.org/10.1177/1559827613507879>
158. Rantanen, T., Harris, T., Leveille, S. G., Visser, M., Foley, D., Masaki, K., & Guralnik, J. M. (2000). Muscle strength and body mass index as long-term predictors of mortality in initially healthy men. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(3). <https://doi.org/10.1093/GERONA/55.3.M168>
159. Rhodes, R. E., & Kates, A. (2015). Can the Affective Response to Exercise Predict Future Motives and Physical Activity Behavior? A Systematic Review of Published Evidence. *Annals of Behavioral Medicine*, 49(5), 715–731. <https://doi.org/10.1007/S12160-015-9704-5>
160. Rhodes, R. E., Lubans, D. R., Karunamuni, N., Kennedy, S., & Plotnikoff, R. (2017). Factors associated with participation in resistance training: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 51(20), 1466–1472. <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2016-096950>

161. Ribeiro, B., Pereira, A., Alves, A. R., Neves, P. P., Marques, M. C., Marinho, D. A., & Neiva, H. P. (2021). Specific warm-up enhances movement velocity during bench press and squat resistance training. *Journal of Men's Health*, 17(4), 226–233. <https://doi.org/10.31083/JOMH.2021.069/226-233>
162. Ribeiro, B., Pereira, A., Neves, P. P., Sousa, A. C., Ferraz, R., Marques, M. C., Marinho, D. A., & Neiva, H. P. (2020). The Role of Specific Warm-up during Bench Press and Squat Exercises: A Novel Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 1–15. <https://doi.org/10.3390/IJERPH17186882>
163. Ribeiro, J., Afonso, J., Camões, M., Sarmiento, H., Sá, M., Lima, R., Oliveira, R., & Clemente, F. M. (2021). Methodological characteristics, physiological and physical effects, and future directions for combined training in soccer: A systematic review. *Healthcare*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/HEALTHCARE9081075>
164. Richardson, D. L., Duncan, M. J., Jimenez, A., Jones, V. M., Juris, P. M., & Clarke, N. D. (2018). The perceptual responses to high-velocity, low-load and low-velocity, high-load resistance exercise in older adults. *Journal of Sports Sciences*, 36(14), 1594–1601. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1405710>
165. Rodríguez-Rosell, D., Pareja-Blanco, F., Aagaard, P., & González-Badillo, J. J. (2018). Physiological and methodological aspects of rate of force development assessment in human skeletal muscle. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 38(5), 743–762. <https://doi.org/10.1111/CPF.12495>
166. Röhling, M., Herder, C., Roden, M., Stemper, T., & Müssig, K. (2016). Effects of Long-Term Exercise Interventions on Glycaemic Control in Type 1 and Type 2 Diabetes: a Systematic Review. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes : Official Journal, German Society of Endocrinology [and] German Diabetes Association*, 124(8), 487–494. <https://doi.org/10.1055/S-0042-106293>

167. Ross, L. M., Porter, R. R., & Durstine, J. L. (2016). High-intensity interval training (HIIT) for patients with chronic diseases. *Journal of Sport and Health Science*, 5(2), 139. <https://doi.org/10.1016/J.JSHS.2016.04.005>
168. Sabag, A., Little, J. P., & Johnson, N. A. (2022). Low-volume high-intensity interval training for cardiometabolic health. *The Journal of Physiology*, 600(5), 1013–1026. <https://doi.org/10.1113/JP281210>
169. Sabag, A., Najafi, A., Michael, S., Esgin, T., Halaki, M., & Hackett, D. (2018). The compatibility of concurrent high intensity interval training and resistance training for muscular strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 36(21), 2472–2483. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1464636>
170. Sánchez-Medina, L., Pallarés, J. G., Pérez, C. E., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Estimation of Relative Load From Bar Velocity in the Full Back Squat Exercise. *Sports Medicine International Open*, 1(2), E80. <https://doi.org/10.1055/S-0043-102933>
171. Sapega, A. A., & Drillings, G. (1983). The Definition and Assessment of Muscular Power. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 5(1), 7–9. <https://doi.org/10.2519/JOSPT.1983.5.1.7>
172. Saudo, B., Galiano, D., Carrasco, L., Blagojevic, M., de Hoyo, M., & Saxton, J. (2010). Aerobic exercise versus combined exercise therapy in women with fibromyalgia syndrome: a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 91(12), 1838–1843. <https://doi.org/10.1016/J.APMR.2010.09.006>
173. Sayer, A. A., & Kirkwood, T. B. L. (2015). Grip strength and mortality: a biomarker of ageing? *The Lancet*, 386(9990), 226–227. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62349-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62349-7)
174. Schaun, M. I., Dipp, T., da Silva Rossato, J., Wilhelm, E. N., Pinto, R., Rech, A., Plentz, R. D. M., Homem de Bittencourt, P. I., & Reischak-Oliveira, A. (2011). The effects of periodized concurrent and aerobic training on oxidative stress parameters, endothelial function and immune response in sedentary male individuals of middle age.

Cell Biochemistry and Function, 29(7), 534–542.
<https://doi.org/10.1002/CBF.1781>

175. Schoenfeld, B. J., Fisher, J. P., Grgic, J., Haun, C. T., Helms, E. R., Phillips, S. M., Steele, J., & Vigotsky, A. D. (2021). Resistance Training Recommendations to Maximize Muscle Hypertrophy in an Athletic Population: Position Stand of the IUSCA. *International Journal of Strength and Conditioning*, 1(1).
<https://doi.org/10.47206/IJSC.V1I1.81>
176. Schoenfeld, B. J., Grgic, J., van Every, D. W., & Plotkin, D. L. (2021). Loading Recommendations for Muscle Strength, Hypertrophy, and Local Endurance: A Re-Examination of the Repetition Continuum. *Sports*, 9(2), 1–25.
<https://doi.org/10.3390/SPORTS9020032>
177. Schoenfeld, B. J., Nickerson, B. S., Wilborn, C. D., Urbina, S. L., Hayward, S. B., Krieger, J., Aragon, A. A., & Tinsley, G. M. (2020). Comparison of Multifrequency Bioelectrical Impedance vs. Dual-Energy X-ray Absorptiometry for Assessing Body Composition Changes After Participation in a 10-Week Resistance Training Program. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(3), 678–688. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002708>
178. Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 35(11), 1073–1082.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1210197>
179. Schroeder, E. C., Franke, W. D., Sharp, R. L., & Lee, D. chul. (2019). Comparative effectiveness of aerobic, resistance, and combined training on cardiovascular disease risk factors: A randomized controlled trial. *PLOS ONE*, 14(1), e0210292.
<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0210292>
180. Schumann, M., Feuerbacher, J. F., Sünkeler, M., Freitag, N., Rønnestad, B. R., Doma, K., & Lundberg, T. R. (2021). Compatibility of Concurrent Aerobic and Strength Training for Skeletal Muscle Size

- and Function: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/S40279-021-01587-7>
181. Schumann, M., Yli-Peltola, K., Abbiss, C. R., & Häkkinen, K. (2015). Cardiorespiratory Adaptations during Concurrent Aerobic and Strength Training in Men and Women. *PLoS ONE*, *10*(9). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0139279>
182. Scott, B. R., Duthie, G. M., Thornton, H. R., & Dascombe, B. J. (2016). Training Monitoring for Resistance Exercise: Theory and Applications. *Sports Medicine*, *46*(5), 687–698. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0454-0>
183. Seitz, L. B., Reyes, A., Tran, T. T., de Villarreal, E. S., & Haff, G. G. (2014). Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, *44*(12), 1693–1702. <https://doi.org/10.1007/S40279-014-0227-1>
184. Shamim, B., Devlin, B. L., Timmins, R. G., Tofari, P., Lee Dow, C., Coffey, V. G., Hawley, J. A., & Camera, D. M. (2018). Adaptations to Concurrent Training in Combination with High Protein Availability: A Comparative Trial in Healthy, Recreationally Active Men. *Sports Medicine*, *48*(12), 2869. <https://doi.org/10.1007/S40279-018-0999-9>
185. Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, *52*(3–4), 591–611. <https://doi.org/10.1093/BIOMET/52.3-4.591>
186. Shaw, B. S., & Shaw, I. (2009). Compatibility of concurrent aerobic and resistance training on maximal aerobic capacity in sedentary males. *Cardiovascular Journal of Africa*, *20*(2), 104–106. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3721256/>
187. Shibata, K., Takizawa, K., Nosaka, K., & Mizuno, M. (2021). Effects of Prolonging Eccentric Phase Duration in Parallel Back-Squat Training to Momentary Failure on Muscle Cross-Sectional Area, Squat One Repetition Maximum, and Performance Tests in University Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *35*(3), 668–674. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002838>

188. 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. <https://doi.org/10.1016/J.EXGER.2018.06.020>
189. Silva, R. F., Cadore, E. L., Kothe, G., Guedes, M., Alberton, C. L., Pinto, S. S., Pinto, R. S., Trindade, G., & Krueel, L. F. M. (2012). Concurrent training with different aerobic exercises. *International Journal of Sports Medicine*, *33*(8), 627–634. <https://doi.org/10.1055/S-0031-1299698>
190. Spiering, B. A., Mujika, I., Sharp, M. A., & Foulis, S. A. (2021). Maintaining Physical Performance: The Minimal Dose of Exercise Needed to Preserve Endurance and Strength Over Time. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *35*(5), 1449–1458. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003964>
191. Storer, T. W., Davis, J. A., & Caiozzo, V. J. (1990). Accurate prediction of VO₂max in cycle ergometry. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *22*(5), 704–712. <https://doi.org/10.1249/00005768-199010000-00024>
192. Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine* *2018* *48:4*, *48*(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/S40279-018-0862-Z>
193. Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*, *46*(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
194. Sultana, R. N., Sabag, A., Keating, S. E., & Johnson, N. A. (2019). The Effect of Low-Volume High-Intensity Interval Training on Body Composition and Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, *49*(11), 1687–1721. <https://doi.org/10.1007/S40279-019-01167-W>
195. Sweet, T. W., Foster, C., McGuigan, M. R., & Brice, G. (2004). Quantitation of resistance training using the session rating of

- perceived exertion method. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 796–802. <https://doi.org/10.1519/14153.1>
196. Swift, D. L., McGee, J. E., Earnest, C. P., Carlisle, E., Nygard, M., & Johannsen, N. M. (2018). The Effects of Exercise and Physical Activity on Weight Loss and Maintenance. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 61(2), 206–213. <https://doi.org/10.1016/J.PCAD.2018.07.014>
197. Tagawa, R., Watanabe, D., Ito, K., Ueda, K., Nakayama, K., Sanbongi, C., & Miyachi, M. (2021). Dose–response relationship between protein intake and muscle mass increase: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition Reviews*, 79(1), 66. <https://doi.org/10.1093/NUTRIT/NUAA104>
198. Tavares, V. D. de O., Schuch, F. B., Tempest, G., Parfitt, G., Oliveira Neto, L., Galvão-Coelho, N. L., & Hackett, D. (2021). Exercisers' Affective and Enjoyment Responses: A Meta-Analytic and Meta-Regression Review. *Perceptual and Motor Skills*, 128(5), 2211–2236. <https://doi.org/10.1177/00315125211024212>
199. Thibault, R., Genton, L., & Pichard, C. (2012). Body composition: Why, when and for who? *Clinical Nutrition*, 31(4), 435–447. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2011.12.011>
200. Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(3), 501–528. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>
201. Timmons, J. F., Minnock, D., Hone, M., Cogan, K. E., Murphy, J. C., & Egan, B. (2018). Comparison of time-matched aerobic, resistance, or concurrent exercise training in older adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(11), 2272–2283. <https://doi.org/10.1111/SMS.13254>
202. Tsitkanou, S., Spengos, K., Stasinaki, A. N., Zaras, N., Bogdanis, G., Papadimas, G., & Terzis, G. (2017). Effects of high-intensity interval cycling performed after resistance training on muscle strength

- and hypertrophy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(11), 1317–1327. <https://doi.org/10.1111/SMS.12751>
203. Vanhees, L., Lefevre, J., Philippaerts, R., Martens, M., Huygens, W., Troosters, T., & Beunen, G. (2005). How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 12(2), 102–114. <https://doi.org/10.1097/01.HJR.0000161551.73095.9C>
204. Vanrenterghem, J., Nedergaard, N. J., Robinson, M. A., & Drust, B. (2017). Training Load Monitoring in Team Sports: A Novel Framework Separating Physiological and Biomechanical Load-Adaptation Pathways. *Sports Medicine*, 47(11), 2135–2142. <https://doi.org/10.1007/S40279-017-0714-2/FIGURES/2>
205. Vermeulen, J., Neyens, J. C. L., Spreeuwenberg, M. D., van Rossum, E., Hewson, D. J., & de Witte, L. P. (2015). Measuring grip strength in older adults: Comparing the grip-ball with the Jamar dynamometer. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 38(3), 148–153. <https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000034>
206. Villaseca-Vicuña, R., Otero-Saborido, F. M., Perez-Contreras, J., & Antonio Gonzalez-Jurado, J. (2021). Relationship between Physical Fitness and Match Performance Parameters of Chile Women's National Football Team. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), 8412. <https://doi.org/10.3390/IJERPH18168412>
207. Voet, N. B. M., van der Kooij, E. L., van Engelen, B. G. M., & Geurts, A. C. H. (2019). Strength training and aerobic exercise training for muscle disease. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12(12), CD003907. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003907.PUB5>
208. Warburton, D. E. R., & Bredin, S. S. D. (2016). Reflections on Physical Activity and Health: What Should We Recommend? *The Canadian Journal of Cardiology*, 32(4), 495–504. <https://doi.org/10.1016/J.CJCA.2016.01.024>
209. Warburton, D. E. R., & Bredin, S. S. D. (2017). Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews.

- Current Opinion in Cardiology*, 32(5), 541–556.
<https://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000437>
210. Wen, C. P., Wai, J. P. M., Tsai, M. K., Yang, Y. C., Cheng, T. Y. D., Lee, M. C., Chan, H. T., Tsao, C. K., Tsai, S. P., & Wu, X. (2011). Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended life expectancy: a prospective cohort study. *Lancet (London, England)*, 378(9798), 1244–1253.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60749-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60749-6)
211. Westcott, W. L. (2012). Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current Sports Medicine Reports*, 11(4), 209–216. <https://doi.org/10.1249/JSR.0B013E31825DABB8>
212. Weston, M., Taylor, K. L., Batterham, A. M., & Hopkins, W. G. (2014). Effects of Low-Volume High-Intensity Interval Training (HIT) on Fitness in Adults: A Meta-Analysis of Controlled and Non-Controlled Trials. *Sports Medicine*, 44(7), 1005–1017.
<https://doi.org/10.1007/S40279-014-0180-Z>
213. Weyland, S., Finne, E., Krell-Roesch, J., & Jekauc, D. (2020). (How) Does Affect Influence the Formation of Habits in Exercise? *Frontiers in Psychology*, 11, 578108.
<https://doi.org/10.3389/FPSYG.2020.578108/BIBTEX>
214. Wilk, M., Zajac, A., & Tufano, J. J. (2021). The Influence of Movement Tempo During Resistance Training on Muscular Strength and Hypertrophy Responses: A Review. *Sports Medicine*, 51(8), 1629–1650. <https://doi.org/10.1007/S40279-021-01465-2>
215. Williams, D. M., Dunsiger, S., Ciccolo, J. T., Lewis, B. A., Albrecht, A. E., & Marcus, B. H. (2008). Acute Affective Response to a Moderate-intensity Exercise Stimulus Predicts Physical Activity Participation 6 and 12 Months Later. *Psychology of Sport and Exercise*, 9(3), 231–245.
<https://doi.org/10.1016/J.PSYCHSPORT.2007.04.002>
216. Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M. C., Loenneke, J. P., & Anderson, J. C. (2012). Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *Journal*

- of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2293–2307.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E31823A3E2D>
217. Winett, R. A., Wojcik, J. R., Fox, L. D., Herbert, W. G., Blevins, J. S., & Carpinelli, R. N. (2003). Effects of low volume resistance and cardiovascular training on strength and aerobic capacity in unfit men and women: A demonstration of a threshold model. *Journal of Behavioral Medicine*, 26(3), 183–195.
<https://doi.org/10.1023/A:1023410302898>
218. Wirth, J., Hillesheim, E., & Brennan, L. (2020). The Role of Protein Intake and its Timing on Body Composition and Muscle Function in Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *The Journal of Nutrition*, 150(6), 1443–1460. <https://doi.org/10.1093/JN/NXAA049>
219. Wong, P. L., Chaouachi, A., Chamari, K., Dellal, A., & Wisloff, U. (2010). Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 653–660.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E3181AA36A2>
220. Yarizadeh, H., Eftekhari, R., Anjom-Shoae, J., Speakman, J. R., & Djafarian, K. (2021). The Effect of Aerobic and Resistance Training and Combined Exercise Modalities on Subcutaneous Abdominal Fat: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Clinical Trials. *Advances in Nutrition*, 12(1), 179–196.
<https://doi.org/10.1093/ADVANCES/NMAA090>
221. Zhao, M., Veeranki, S. P., Magnussen, C. G., & Xi, B. (2020). Recommended physical activity and all cause and cause specific mortality in US adults: prospective cohort study. *The BMJ*, 370.
<https://doi.org/10.1136/BMJ.M2031>
222. Zhao, X., He, Q., Zeng, Y., & Cheng, L. (2021). Effectiveness of combined exercise in people with type 2 diabetes and concurrent overweight/obesity: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*, 11(10), e046252. <https://doi.org/10.1136/BMJOPEN-2020-046252>

Anexos

Artigo em processo de submissão à revista “Journal of Strength and Conditioning Research”.

Title: Effects of 6 weeks of low-volume combined training on muscle power, muscular strength, and aerobic power in active young adults: a controlled clinical trial.

Running head: Effects of low-volume combined training on physical fitness in young adults.

Laboratory: Laboratory of Physical Activity and Health, School of Education, Polytechnic Institute of Beja

Author's names: Ricardo Jorge Costa Martins, Nuno Eduardo Marques de Loureiro.

Department: Department of Arts, Humanities and Sports, School of Education, Polytechnic Institute of Beja.

Institution: School of Education, Polytechnic Institute of Beja, 7800-295 Beja, Portugal.

Address of Author: Telephone - +351968323189; E-mail – ricardo1999jcm@gmail.com
(RM)

Effects of 6 weeks of low-volume combined training on muscle power, muscular strength and aerobic power in active young adults: a controlled clinical trial

ABSTRACT

The aim of this study was to analyse the effects of low-volume CT performed during 6 weeks on muscle power, muscular strength, maximal aerobic power (W_{max}) and internal load in active young adults. Eighteen healthy, active young adults men (mean \pm SD, 20.06 \pm 1.66 years; 22.23 \pm 2.76 kg⁻¹m²) performed either a low-volume CT (GE, n=9), or maintained a normal life (CG, n=9). The CT was composed of a resistance training (RT, 2 sets of 3 exercises with 80 to 85% 1RM) followed by a high intensity-interval training (HIIT, 6' with 90% W_{max}). The measures of jump height, 1 maximal repetition (1RM) in bench press and back squat, W_{max} and internal load were obtained before (pre) and after (post) training to analysis. Furthermore, an ANOVA test of repeated measures and t-test were used with $p \leq .05$. The study showed that low-volume CT increased from pre to post on jump height (29.28 \pm 3.81 to 32.02 \pm 3.9, $p \leq .05$), RM in bench press (67.67 \pm 10.6, $p < 0.001$) and back squat (63.11 \pm 12.25 to 74.00 \pm 12.02kg, $p < 0.001$, respectively) and W_{max} (200 \pm 15.9, $p \leq .05$). The study did not show significant differences between weeks ($p > 0.05$). In healthy, active young adults men the low-volume CT is effective to improve, jump height, 1RM in bench press and back squat, and W_{max} without increase internal load.

Keywords: Exercise, Concurrent training, Physical fitness, Performance, Cardiorespiratory fitness, Untrained.

INTRODUCTION

In sports there are various modalities that benefit from the simultaneous development of aerobic (i.e, cardiorespiratory fitness [CRF]) and anaerobic capacities (i.e, strength, and power) to increase the sports performance (6,13,23,33,73). The combined training (CT) is defined by the realization in the same session of resistance training (RT) plus aerobic training (AT). Furthermore, CT plays an important role for the development of many components of physical fitness (PF) associated to sports performance in simultaneous and are used to several coaches (5,11,30,44). CT can also increase muscular strength (5,11,30,44,62,75,79), muscle hypertrophy (5,44,75), CRF (5,11,30,44,62,93), anaerobic capacity (5,11,44) and muscle power (5,11,30,44,79,93). Despite these advantages for PF, the training sessions can be very long (i.e., > 60 min) which can be considered a limitation of this strategy (3,31). However, it allows a reduction in total time spent on performing RT and AT in separate ways (55), without affecting chronic adaptations to training (11,30,44,62,75,79).

AT as low-volume high-intensity interval training (HIIT) is characterized by a protocol with a weekly volume of ≥ 1 metabolic equivalent - MET/min/week) (32). These protocols seem to be able to increase the CRF, however, they are not enough to obtain changes in body composition (88), but are also promising strategies for improving performance in athletes (63). For RT, the low-volume is defined by single sets, low repetitions and high load (1,49) with a low weekly frequency (1), a strategy able to improve muscular strength in untrained individuals (1,29,32) and in trained when the training frequency is twice or three times a week (2,29,50). The low-volume RT has yet the capacity to increase muscle power and function (29).

So, the benefits for sports performance of CT are already known, as well the efficacy of the low-volume exercise to improve some components of PF. However, there is not scientific evidence which analyse all these variables inserted only in a single exercise protocol, to reduce weekly and daily total time spent in exercise and have the same benefits of both training methodologies. Therefore, the aim of this study was to analyse the effects of 6 weeks of low-volume CT on muscle power, muscular strength, and maximal aerobic power (W_{max}) in healthy active young adult men.

METHODS

Experimental Approach to the Problem

In this research it was hypothesized that low-volume CT could significantly increase muscle power, muscular strength, and aerobic power, in healthy active young adult men. Using a non-randomized, between groups design (experimental group [EG] and control group [CG], respectively), 18 young adults were evaluated. To investigate the potential effects of CT on power, strength and W_{\max} measures of squat jump height, 1 maximal repetition (1RM) on bench press and back squat and maximal Watts (W) on graded incremental test on cycle ergometer were performed before and after a 6 weeks intervention period. All subjects performed familiarization trials before the testing days and one familiarization training session prior to intervention period. The independent variable were the groups, whereas the dependent variables were jump height, 1RM on bench press and back squat, W_{\max} , internal load and volume load (VL).

Subjects

Eighteen healthy active young males, students of sports degree were recruited to participated in this study. The subjects were not involved in any training routine, either RT or AT or both, for at least 6 months before the beginning of the study, but were involved in practical activities associated with the undergraduate study plan such as football, handball, and fitness activities up to 4 hours per week. During the experimental period, participants were not involved in any more recreational activities or any type of physical exercise. All subjects underwent pre-exercise screening to ensure they had no established cardiovascular, metabolic, or respiratory disease nor signs or symptoms of disease, musculoskeletal injuries, health problems or required medication. The use of any type of supplementation or ergogenic substance was not permitted and, subjects were instructed not to change their diet or lifestyle over the experimental period. The physical characteristics of each group are shown in table 1. All subjects signed a written informed consent and voluntarily agreed to participate in this study.

(Table 1 about here)

Procedures

The first physical contact with subjects was a familiarization trial followed by pre-test measures, later was done a familiarization training session. The followed weeks were

the intervention period, culmination in post-test in the last week. Each pre and post tests were performed in laboratory with the supervision of the investigator as well as the same conditions pre and post tests were guaranteed. All subjects were asked to avoid vigorous and intense physical activities at least 48 hours before tests. An order of evaluation was established, equal to all subjects and evaluations: jump height, 1RM in the squat, 1RM in the bench press and to finish the evaluation of the W_{\max} in the cycle ergometer (59). The subjects were allocated in two groups, the CG ($n = 9$) that did not perform any experimental procedure and followed their daily routine and the EG ($n = 9$) who underwent a RT followed by a HIIT on the cycle ergometer, explained below. No dropouts were reported during the experimental period The experimental overview are shown in figure 1.

(Figure 1 about here)

Measurements

Anthropometry. Measurements were done using an estadiometer with an accuracy of 1 cm (Seca mod. 213), the subjects were measured shoeless. Body weight was measured from a calibrated scale with an accuracy of 0.1kg (SC-330, Tanita corp, Tokyo, Japan). The body mass index (BMI) was calculated by dividing the total body mass by height into meters squared (kg/m^2) (19).

Squat Jump Height. It was measured employing the squat jump test, based on kinematic equations that use the flight time measured using Optojump (Microgate Co., Bolzano, Italy) (52), in accordance with the protocol (35). Before starting the test, a warm-up of 5 minutes was performed with low intensity body weight exercises and a pre-test submaximal jump. The subjects started from the upright standing position with their hands on their hips, they were then instructed to flex their knees and hold a predetermined knee position (approximately 90), and the experimenter then counted out for 3 seconds. On the count of 3, the subject was instructed to jump as high as possible without performing any countermovement before the execution of the jump. Was recommended that at takeoff the subjects leave the floor with the knees and ankles fully extended and land in a similarly position. Three jumps were made with two minutes rest between each try and only the highest value was analysed (35).

1 Repetition-Maximal. The 1RM was analysed in horizontal bench press and back squat, all of them were made with an olympic bar with 20kg and in a free hack. A linear velocity transducer (T-Force System Version 3.60, Ergotech, Murcia, Spain) was used to predict 1RM in each exercise (18,36,56). This equipment automatically calculates the kinematics of each repetition performed and provides visual and auditory feedbacks, %1RM, and the mean propulsive velocity and both are used for the calculation of the 1RM by software (37). Only loads above 60% of 1RM were used for pre-evaluation, to increase the reliability of the measurement and in the post, evaluation was used the same load established in the post-evaluation (18,36,56,57,76). General warm-up consisted of performing 5 minutes of exercises with low intensity (i.e., jumping jacks and split jacks), 2 sets of 20 repetitions each, followed by a gentle stretching and joint mobilization, the specific warm-up were 2 sets of 5 repetitions with 30 and 20 kg for bench press and back squat, respectively. Subsequently, 1 set of 3 repetitions was performed, where the load was progressively increased with small and individual increments (i.e., 2.5 to 10kg) until the relative load was over than 60% of 1RM. The intervals periods between sets were 3 to 5 minutes. Unlike the eccentric phase, which was performed ed e b ve y ~ . .7 - f d d z and security reasons, participants were verbally and strongly encouraged to perform the concentric action in an explosive manner, at maximal intended velocity. Only concentric phase and the repetitions that match with a full range of motion and technique were analysed, like touch on chest in bench press and 60° of knee flexion in sagittal plan back squat. In bench press subjects were not allowed to bounce the bar off their chests so as not to boost the bar velocity (66). The exercises technique was described in (18,57), except for back squat that was performed only until 55° and 65° of tibiofemoral flexion in sagittal plan. The range was guaranteed by a seat placed behind the subject, and they were encouraged to only touch and did not sit down.

Maximal Aerobic Power. W_{max} , was measured by a maximal graded exercise test on cycle ergometer (GXT CE) with mechanical calibration (Ergomedic 828E, Monark, Sweden), under the supervision of the investigator and in accordance with the protocol of Storer et al. (86). The warm-up consisted of 2 minutes with a 60 W of load with a pedal rate of 60 repetitions per minute (RPM), after that the intensity was increased by 15 W every minute. The test was interrupted when it was no longer possible to maintain 60 RPM or until the subjects reach their limit of tolerance. The protocol was adapted in the

warm-up, to not cause too long tests and avoid prediction errors (9). Subjects were verbally encouraged before and during the test administrators to provide a true maximal effort. W_{\max} was recorded in the final stage only when this stage was fully completed.

Volume Load. The VL was calculated in all sessions using the following formula: (number of series \times number of repetitions \times external load in kg). To calculate the total weekly VL, the total volume of all exercises in that same week was added. Only repetitions performed with a full range of motion and with a proper technique were included on the analysis. The values are expressed in kilograms (kg) (81).

Internal Load. The Category ratio-10 scale (CR-10 RPE) of rating perceived exertion (RPE) was used to measure the exercise intensity. The scale ranges from 0 to 10, with the value 0 being associated with no effort (rest) and a 10 maximal effort and most stressful exercise ever performed (21,26). The internal load was calculated by multiplying the RPE by the total session time in minutes (RPE \times total session time in min) (26,81). For the calculation of the weekly internal load, the internal load of the sessions in this week was added, the values are displayed in arbitrary units (a.u). To avoid measurement errors, before starting an explanation of the tool consisted of and a familiarization with the scale was performed. The subjects were asked to evaluate the total effort of the session, the question asked for the measure was "From 0 to 10, how was your workout?"(21,26). The values were recorded after 15 minutes from the end of session (81).

Combined Training Protocol. The CT was realized twice a week with 48 hours of interval between each training session for 6 weeks in a row, with a physical exercise technician always supervising the training sessions. General warm-up consisted of performing 5 minutes of exercises with low intensity (i.e., jumping jacks and split jacks), 2 sets of 20 repetitions each, followed by a gentle stretching and joint mobilization. The specific warm-up was 1 submaximal set of 6 repetitions with 60% of 1RM to enhance the force production and power during the work sets (71,72). The CT consisted in a session of RT with free weights (i.e., bars, musculation seats, racks from BH FITNESS, XFIT and BOXPT, respectively) before a HIIT on cycle ergometer (i.e., Monark 828E). For the RT, 2 sets of three multi-joint exercises, squat with a hexagonal bar, flat bench press with bar and 30° incline bench pull with bar, always with this order, were performed. A

recovery time of 2 minutes between sets and exercises was strictly controlled, and each strength training session lasted for 15 to 20 minutes. The subjects were instructed to perform the repetition movement velocity (i.e., Tempo) in 3 to 4 seconds for eccentric phase and a maximal intended velocity in the concentric phase. All exercises and sets were performed of an intensity between 80 to 85% of 1RM (6 to 8 RM) during all intervention. The subjects were instructed to perform all sets to concentric failure or close to, like one or two repetitions in reserve (40). The load progression was made according to the 2-by-2 rule (2 to 5% for upper limbs and 5 to 10% for lower limbs) (4). The loads used and repetitions performed of all participants were recorded for the calculation of the VL. After 3 minutes of passive rest, the long HIIT started (12), on a cycle ergometer. The warm-up consisted in 2 minutes with 15 to 45 W at 60 RPM. Then, 5 sets of 60 seconds at 80 to 90RPM with 95% W_{max} with 90 seconds of active pause at 50-60 RPM with a self-suggested load up to 60W were performed. The work:rest ratio was 1:1.5 and in the end the calm down was 2 to 3 minutes at 50 to 60 RPM with a self-suggested load. No injuries or dropouts were reported, and the training adherence was 100%.

Statistical Analyses

The normality and homogeneity (Shapiro–Wilk e Levene test, respectively) were conducted in all data before analyses (53,83). All data were presented in mean \pm SD and was adopted 95% confidence intervals. For the comparison between groups, an independent samples T-test was used. An ANOVA of repeated measures was used to analyse the effects tempo, groups and the interaction temp group of all the dependents variables (jump height, 1RM bench press, 1RM squat, W_{max} , VL and internal load). The paired-samples T-test was used to compare the means between groups in the pre and post e u e . The p h e f f e w e $p \leq . .$ A d p e w performed in the Statistical Package for Social Sciences (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA).

RESULTS

There was not a significance differences for baseline measures between groups in analysed variables ($p > 0.05$).

Squat jump height

A significant group \times time interaction was observed for jump height ($Z_{1,16} = 5.703$, $p = .$, y pre: $9.8 \pm .8$ v. p : $. \pm .9$, $p \leq .$ f u e 2).

(Figure 2 about here)

1RM bench press

A significant group \times time interaction was observed for 1RM in bench press ($Z_{1,16} = 14.214$, $p = 0.002$), only in EG (pre: 56.11 ± 11.35 kg vs. post: 67.67 ± 13.36 kg, $p < 0.001$) (figure 3).

(Figure 3 about here)

1RM back squat

A significant group \times time interaction was observed for 1RM in back squat ($Z_{1,16} = 22.149$, $p < 0.001$), only in EG (pre: 63.11 ± 12.25 kg vs. post: 74.00 ± 12.02 kg, $p < 0.001$) (figure 4).

(Figure 4 about here)

Maximal aerobic power

A significant group \times time interaction was observed for W_{max} ($Z_{1,16} = 14.286$, $p = .$, y pre: $. \pm .$ v. p : $. \pm .9$, $p \leq 0.01$) (figure 5).

(Figure 5 about here)

Volume load

There was a significant main effect of time in VL ($Z_{4, 40} = 14.446$, $p < 0.001$) (figure 6).

(Figure 6 about here)

Internal Load

No changes in internal load occurred during the intervention between weeks ($Z_{5,40} = 1.764, p = 0.143$).

DISCUSSION

The purpose of this study was to examine the effects of 6 weeks of low-volume CT on muscle power, muscular strength, and W_{\max} in healthy active young adult men. The main results showed that all components of PF analysed, muscle power, muscular strength and maximal aerobic capacity improved significantly through low-volume CT. The VL had a significant and progressive tendency to increase between weeks, and without differences on internal load.

The neuromuscular component that seems to be most attenuated by CT is the muscle power or rapid/explosive force, due to a phenomenon called "interference effect", which affects chronic adaptations in power (15,27,39,79,91). Despite the greater interference effect, due to the possible limitation of neural activation speed (39), the CT can significantly increase the muscle power (15,27,39,79,91). However, (5) did not report any harmful effect at the jump height between the group that performed the CT in relation to what did only RT. A study (82) that assessed the jump height by the *squat jump* test also found a significant improvement of 6.6% after 12 weeks of CT, nevertheless the AT and RT were performed on alternate days, a strategy used to minimize the effect of interference between aerobic and neuromuscular adaptations (24,79). This study also found significant improvements of 9.4% in jump height. These results suggests that for young active adults low-volume CT may be enough to increase vertical jumping capacity, which is related to the anaerobic potency of lower limbs (38). This chronic adaptation can be explained by improving the voluntary neural activation speed, related to the motor neuron recruitment speed and maximal motor unit discharge rate (90).

For muscular strength, it is already well documented in the literature, that CT increases maximal strength in the upper limbs and the lower limbs (11,24,44,62,69,70,75,79,91), which goes against the results obtained in this study either for 1RM in the bench press or for 1RM in the squat. In this study, the RT was done before than HIIT which it is the order that had better results to increase 1RM (11,24,62,69). This order achieves improvements in maximum strength especially in active individuals and untrained ones, however trained individuals seem to have an interference effect, which limits the gains in CT (69). A study of Winnett et al. (92) found that even low-volume CT

was able to improve strength in various exercises in untrained subjects. Another article methodologically similar to our study, which prescribed a higher daily volume for both of RT and AT, they found improvements in strength in the half squat (89). The low weekly volume presented in this study appears to be effective to create neuromuscular adaptations and this result is supported by other articles that through prescription of single set with low weekly volume of RT were sufficient to increase maximal strength (2,29,47,50,87). This improvement can be explained by adaptations, especially neural, in relation to structural adaptations, due to the duration of the intervention period (67). Some of these adaptations could be related to the increase of motor unit firing frequency, synchronization of motor units, nerve conduction speed, motor unit recruitment thresholds, motoneurons excitability and an improvement in antagonist muscle coactivation including reciprocal inhibition (74,87). Another interesting detail was the magnitude of the improvements in the present study (20.59% for bench press and 17.25% for squat) compared to other CT studies, which was 16.55% increase in bench press (27,85), and 23.6% in squat (41,43,58). A possible interpretation of these results is that for upper limbs strength the low-volume CT can be as effective to increase strength as higher volume CT, however for the lower limbs the higher volume seems to be more effective for active individuals and untrained in RT. Despite these results, more studies are required to be able to successfully compare the effects of CT of different volumes on muscle strength.

The CRF seems to be the component of PF with more positive responses to CT, due to a small or inexistent interference effect between training bouts, independently of exercise order (24,30,62,64,70,91) and still presents an improvement in the energy cost of locomotion (10,11,22). The W_{max} is the maximum capacity to generate energy through the aerobic metabolism (42). Improvements in W_{max} are supported by this information and the positive association between CRF and W_{max} (8). This could be explained, particularly for untrained subjects, due to an increase in myofibrillar and mitochondrial protein synthesis, as well as mitochondrial biogenesis after CT (28), caused by an activation of the pathway of adenosine monophosphate-activated protein kinase (AMPK) (16) and by increasing capillary angiogenesis (7,89). An investigation led by Lee et al. (51), found that after 9 weeks of CT training with a higher weekly volume, moderately active young adults increased 7.1% of W_{max} . The increase of 8.8% in W_{max} was also obtained by Fyfe et al. (27) as a result of an 8 weeks of CT with a higher volume training protocol performed by active subjects. Another study with a duration of 12 weeks of CT

conducted by Shamim et al. (82) in young active adults, resulted in a 14% increase in W_{\max} . The results reported in these studies are relevant when compared with our outcomes, because we had an increase of 10% in W_{\max} with a lower weekly training volume than the above-mentioned studies. This suggests that a smaller training volume may be as effective as to increase aerobic capacity in young active adults.

When measuring CRF through $VO_{2\max}$, there is more evidence pointing in the same way. A work of Winett et al. (92) who performed a low-volume CT protocol achieved significant improvements in $VO_{2\max}$ in untrained subjects during 12 weeks of training. When addressing CT with a higher volume there is a wide literature that indicated to significant improvements of $VO_{2\max}$ (7,14,17,20,25,41,45,48,54,61,77,78,80,84).

For the measures of training load, the progressive increase in weekly VL between weeks was supported due to the application of the principle of progressive overload applied in the training sessions, which was the 2-by-2 rule (4). This increments in VL could be associated to strength improvements in untrained men (68), this relationship may explain the increase in muscle strength, due to the increase in VL in the 6th week. Despite this increase in VL, the internal load did not increase and still presented a decreasing trend, which was not the case in the study of (27), which had some fluctuations in the internal load. That could be explain by the study design because the change the intensity zone of RM between the weeks of intervention, as well as its multifactorial response (60). The internal load is a psychophysiological indicator where the effort of the entire training session is measured in a relative way (81) and a higher internal training load can increase vulnerability for diseases or injuries (46). This situation gives us information that there was less effort and less perceived physiological stress while training and therefore is expected a less possibility to have an injurie or disease.

This investigation has some limitations which should be considered before drawing conclusions. The group sample is small and that can affect the statistical power and by being associated with a group of students of the sports degree who already practiced physical activity before and during the experimental period. Nevertheless, there was a CG that had the same characteristics of the EG, but they did not perform the training. The training protocol duration was only 6 weeks, although it was already possible to see significant differences in PF. Food, alcohol intake or tobacco intake were not controlled, which may have influenced the results of, although subjects were asked to keep their usual routines and do not alter any eating or other habits, nor to make use of

supplementation or ergogenic resources. The training sessions were not always given on the same days or at the same time, but we always tried to ensure an interval of 48h between workouts to ensure a good recovery. All evaluations, training and data treatment were supervised by the researcher. Finally, all the results obtained can only be considered for the research population and should not draw conclusions for populations with other characteristics.

In future investigations it will be necessary to use a more representative sample and with another type of population so that we can draw more conclusions. Perhaps, in individuals with training experience to check if even with lower volumes of training can be achieved improvements. It may be interesting to use morphological evaluations to examine the musculoskeletal hypertrophic response to low-volume CT. Could be interesting to create an extra group that performs even less volume to draw more conclusions about the minimal dose of exercise. Longer investigations may lead to more significant results (34,65). However, this remains hypothetical and requires further investigation to elucidate these topics.

PRACTICAL APPLICATIONS

From a practical approach, this is helpful information for coaches who work with healthy young adults, due to the efficacy of this training program to improve PF measures in 6 weeks of low-volume CT. The CT was effective to increase the muscle power of lower limbs, maximal muscular strength in bench press and back squat and the maximal aerobic capacity without increase the weekly internal load and with less time spent in exercise than traditional recommendations. The low-volume CT can be used as a resource to increase PF and consequently sports performance in various recreational sports, without increasing the chance of a state of overtraining, however more studies are needed to confirm these results.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors have no conflicts of interest to disclose.

REFERENCES

1. American College of Sports Medicine. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 41: 687–708, 2009. Available from: https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2009/03000/Progression_Models_in_Resistance_Training_for.26.aspx
2. Androulakis-Korakakis, P, Fisher, JP, and Steele, J. The Minimum Effective Training Dose Required to Increase 1RM Strength in Resistance-Trained Men: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine* 50: 751–765, 2020. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31797219/>
3. Ashton, LM, Hutchesson, MJ, Rollo, ME, Morgan, PJ, and Collins, CE. Motivators and Barriers to Engaging in Healthy Eating and Physical Activity. *Am J Mens Health* 11: 330–343, 2017. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27923963/>
4. Baechle, T and Earle, R. Learning how to manipulate training variables to maximize results. In: *Weight Training: Steps to Success*. Champaign, IL: Human Kinetics, Inc., 2011. pp. 177–188
5. Balabinis, CP, Psarakis, CH, Moukas, M, Vassiliou, MP, and Behrakis, PK. Early phase changes by concurrent endurance and strength training. *J Strength Cond Res* 17: 393–401, 2003. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12741884/>
6. Balsalobre-Fernández, C, Santos-Concejero, J, and Grivas, G v. Effects of Strength Training on Running Economy in Highly Trained Runners: A Systematic Review with Meta-Analysis of Controlled Trials. *Journal of Strength and Conditioning Research* 30: 2361–2368, 2016. Available from: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2016/08000/Effects_of_Strength_Training_on_Running_Economy_in.36.aspx
7. Bell, GJ, Syrotuik, D, Martin, TP, Burnham, R, and Quinney, HA. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *European Journal of Applied Physiology* 81: 418–427, 2000. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s004210050063>
8. Beltrame, T, Gois, MO, Hoffmann, U, Koschate, J, Richard, X, Hughson, L, et al. Relationship between maximal aerobic power with aerobic fitness as a function of

- signal-to-noise ratio. *J Appl Physiol* 129: 522–532, 2020. Available from: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12206654>
9. Beltz, NM, Gibson, AL, Janot, JM, Kravitz, L, Mermier, CM, and Dalleck, LC. Graded Exercise Testing Protocols for the Determination of VO₂max: Historical Perspectives, Progress, and Future Considerations. *Journal of Sports Medicine* 2016: 1–12, 2016. Available from: </pmc/articles/PMC5221270/>
 10. Berryman, N, Mujika, I, Arvisais, D, Roubeix, M, Binet, C, and Bosquet, L. Strength Training for Middle- and Long-Distance Performance: A Meta-Analysis. *Int J Sports Physiol Perform* 13: 57–63, 2018. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28459360/>
 11. Berryman, N, Mujika, I, and Bosquet, L. Concurrent Training for Sports Performance: The 2 Sides of the Medal. *Int J Sports Physiol Perform* 14: 279–285, 2019. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29809072/>
 12. Buchheit, M and Laursen, PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports medicine* 43: 313–338, 2013. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23539308/>
 13. Chaabene, H, Negra, Y, Capranica, L, Prieske, O, and Granacher, U. A needs analysis of karate kumite with recommendations for performance testing and training. *Strength and Conditioning Journal* 41: 35–46, 2019. Available from: https://journals.lww.com/nsca-scj/Fulltext/2019/06000/A_Needs_Analysis_of_Karate_Kumite_With.3.aspx
 14. Chtara, M, Chamari, K, Chaouachi, M, Chaouachi, A, Koubaa, D, Feki, Y, et al. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *British Journal of Sports Medicine* 39: 555–560, 2005. Available from: <https://bjsm.bmj.com/content/39/8/555>
 15. Chtara, M, Chaouachi, A, Levin, GT, Chaouachi, M, Chamari, K, Amri, M, et al. Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development. *J Strength Cond Res* 22: 1037–1045, 2008. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18545210/>
 16. Coffey, VG and Hawley, JA. Concurrent exercise training: do opposites distract? *The Journal of Physiology* 595: 2883–2896, 2017. Available from: </pmc/articles/PMC5407958/>

17. Collins, MA and Snow, TK. Are adaptations to combined endurance and strength training affected by the sequence of training? *J Sports Sci* 11: 485–491, 1993. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8114172/>
18. Courel-Ibáñez, J, Martínez-Cava, A, Morán-Navarro, R, Escribano-Peñas, P, Chavarren-Cabrero, J, González-Badillo, JJ, et al. Reproducibility and Repeatability of Five Different Technologies for Bar Velocity Measurement in Resistance Training. *Ann Biomed Eng* 47: 1523–1538, 2019. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30980292/>
19. D'Vee, S and Lu, A. Que e e ' de e ue f b dy f e y u infants. *Early Human Development* 20: 135–141, 1989.
20. Davitt, PM, Pellegrino, JK, Schanzer, JR, Tjionas, H, and Arent, SM. The effects of a combined resistance training and endurance exercise program in inactive college female subjects: Does order matter? *Journal of Strength and Conditioning Research* 28: 1937–1945, 2014. Available from: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2014/07000/The_Effects_of_a_Combined_Resistance_Training_and.19.aspx
21. Day, ML, McGuigan, MR, Brice, G, and Foster, C. Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *J Strength Cond Res* 18: 353–358, 2004. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15142026/>
22. Denadai, BS, de Aguiar, RA, de Lima, LCR, Greco, CC, and Caputo, F. Explosive Training and Heavy Weight Training are Effective for Improving Running Economy in Endurance Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine* 47: 545–554, 2017. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27497600/>
23. Doma, K, Deakin, GB, Schumann, M, and Bentley, DJ. Training Considerations for Optimising Endurance Development: An Alternate Concurrent Training Perspective. *Sports medicine* 49: 669–682, 2019. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30847824/>
24. Eddens, L, van Someren, K, and Howatson, G. The Role of Intra-Session Exercise Sequence in the Interference Effect: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports medicine* 48: 177–188, 2018. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28917030/>
25. Eklund, D, Pulverenti, T, Bankers, S, Avela, J, Newton, R, Schumann, M, et al. Neuromuscular adaptations to different modes of combined strength and endurance

- training. *Int J Sports Med* 36: 120–129, 2015. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25259588/>
26. Foster, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med Sci Sports Exerc* 30: 1164–1168, 1998. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9662690/>
 27. Fyfe, JJ, Bartlett, JD, Hanson, ED, Stepto, NK, and Bishop, DJ. Endurance training intensity does not mediate interference to maximal lower-body strength gain during short-term concurrent training. *Frontiers in Physiology* 7: 487, 2016. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27111111/>
 28. Fyfe, JJ, Bishop, DJ, and Stepto, NK. Interference between concurrent resistance and endurance exercise: Molecular bases and the role of individual training variables. *Sports Medicine* 44: 743–762, 2014. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-014-0162-1>
 29. Fyfe, JJ, Hamilton, DL, and Daly, RM. Minimal-Dose Resistance Training for Improving Muscle Mass, Strength, and Function: A Narrative Review of Current Evidence and Practical Considerations. *Sports Medicine* 52: 463–479, 2022. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-021-01605-8>
 30. Gäbler, M, Prieske, O, Hortobágyi, T, and Granacher, U. The effects of concurrent strength and endurance training on physical fitness and athletic performance in youth: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology* 9, 2018.
 31. Galvim, AL, Oliveira, IM, Martins, TV, Vieira, LM, Cerri, NC, de Castro Cezar, NO, et al. Adherence, Adhesion, and Dropout Reasons of a Physical Activity Program in a High Social Vulnerability Context. *Journal of Physical Activity and Health* 16: 149–156, 2019. Available from: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jpah/16/2/article-p149.xml>
 32. Garber, CE, Blissmer, B, Deschenes, MR, Franklin, BA, Lamonte, MJ, Lee, IM, et al. 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: 1334–1359, 2011. Available from: https://journals.lww.com/acsm-mssse/Fulltext/2011/07000/Quantity_and_Quality_of_Exercise_for_Developing.26.aspx

33. García-Pallars, J and Izquierdo, M. Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Medicine* 41: 329–343, 2011. Available from: <https://link.springer.com/article/10.2165/11539690-000000000-00000>
34. Ghahramanloo, E, Midgley, AW, and Bentley, DJ. The effect of concurrent training on blood lipid profile and anthropometrical characteristics of previously untrained men. *J Phys Act Health* 6: 760–766, 2009. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20101919/>
35. Glatthorn, JF, Gouge, S, Nussbaumer, S, Stauffacher, S, Impellizzeri, FM, and Maffiuletti, NA. Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *J Strength Cond Res* 25: 556–560, 2011. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20647944/>
36. González-Badillo, JJ and Sánchez-Medina, L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med* 31: 347–352, 2010. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20180176/>
37. González-Badillo, JJ and Serna, J. FUERZA, VELOCIDAD Y RENDIMIENTO FÍSICO Y DEPORTIVO. 2nd ed. España: ESM, 2020.
38. Gross, M and Lüthy, F. Anaerobic Power Assessment in Athletes: Are Cycling and Vertical Jump Tests Interchangeable? *Sports (Basel)* 8, 2020. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32397456/>
39. Häkkinen, K, Alen, M, Kraemer, WJ, Gorostiaga, E, Izquierdo, M, Rusko, H, et al. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology* 89: 42–52, 2003. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-002-0751-9>
40. Helms, ER, Cronin, J, Storey, A, and Zourdos, MC. Application of the Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion Scale for Resistance Training. *Strength and Conditioning Journal* 38: 42, 2016. Available from: </pmc/articles/PMC4961270/>
41. Hickson, RC. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 45: 255–263, 1980. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00421333>
42. Hill, A v. and Lupton, H. Muscular Exercise, Lactic Acid, and the Supply and Utilization of Oxygen. *An International Journal of Medicine* 16: 135–171,

1923. Available from: <https://academic.oup.com/qjmed/article/os-16/62/135/1594478>
43. Hunter, G, Demment, R, and Miller, D. Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 27: 269–275, 1987. Available from: <https://europepmc.org/article/med/3431108>
44. Jha, P, Khurana, S, Ali, K, Ahmad, I, and Verma, S. Effects of concurrent training on physical health and performance. *Comparative Exercise Physiology* 14: 63–68, 2017. Available from: <https://www.wageningenacademic.com/doi/abs/10.3920/CEP170013>
45. Jin, CH, Rhyu, HS, and Kim, JY. The effects of combined aerobic and resistance training on inflammatory markers in obese men. *Journal of Exercise Rehabilitation* 14: 660–665, 2018. Available from: [/pmc/articles/PMC6165976/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36165976/)
46. Jones, C, Griffiths, P, and Mellalieu, S. Training Load and Fatigue Marker Associations with Injury and Illness: A Systematic Review of Longitudinal Studies. *Sports Medicine* 47: 943–974, 2016. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-016-0619-5>
47. Kirk, EP, Washburn, RA, Bailey, BW, LeCheminant, JD, and Donnelly, JE. Six months of supervised high-intensity low-volume resistance training improves strength independent of changes in muscle mass in young overweight men. *J Strength Cond Res* 21: 151–156, 2007. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17313271/>
48. Kraemer, WJ, Patton, JF, Gordon, SE, Harman, EA, Deschenes, MR, Reynolds, K, et al. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J Appl Physiol* 78: 976–989, 1995. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7775344/>
49. Kraemer, WJ and Ratamess, NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc* 36: 674–688, 2004. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15064596/>
50. Krieger, JW. Single versus multiple sets of resistance exercise: a meta-regression. *J Strength Cond Res* 23: 1890–1901, 2009. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19661829/>
51. Lee, MJC, Ballantyne, JK, Chagolla, J, Hopkins, WG, Fyfe, JJ, Phillips, SM, et al. Order of same-day concurrent training influences some indices of power

- development, but not strength, lean mass, or aerobic fitness in healthy, moderately-active men after 9 weeks of training. *PLoS ONE* 15, 2020. Available from: [/pmc/articles/PMC7224562/](#)
52. Lehance, C, Croisier, JL, and Bury, T. Validation du système Optojump en tant qu'outil de mesure de la vitesse (puissance) des membres inférieurs. *Science & Sports* 20: 131–135, 2005.
 53. Levene, H. Robust tests for equality of variances. In: *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*. Palo Alto, CA: Stanford Univ. Press, 1960. pp. 278–292 Available from: <http://www.ams.org/mathscinet-getitem?mr=0120709>
 54. MacNeil, LG, Glover, E, Bergstra, TG, Safdar, A, and Tarnopolsky, MA. The Order of Exercise during Concurrent Training for Rehabilitation Does Not Alter Acute Genetic Expression, Mitochondrial Enzyme Activity or Improvements in Muscle Function. *PLoS ONE* 9, 2014. Available from: [/pmc/articles/PMC4188604/](#)
 55. Markov, A, Chaabene, H, Hauser, L, Behm, S, Bloch, W, Puta, C, et al. Acute Effects of Aerobic Exercise on Muscle Strength and Power in Trained Male Individuals: A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Medicine*, 2021.
 56. Martínez-Cava, A, Hernández-Belmonte, A, Courel-Ibáñez, J, Morán-Navarro, R, González-Badillo, JJ, and Pallarés, JG. Reliability of technologies to measure the barbell velocity: Implications for monitoring resistance training. *PLoS ONE* 15, 2020. Available from: [/pmc/articles/PMC7286482/](#)
 57. Martínez-Cava, A, Morán-Navarro, R, Sánchez-Medina, L, González-Badillo, JJ, and Pallarés, JG. Velocity- and power-load relationships in the half, parallel and full back squat. *J Sports Sci* 37: 1088–1096, 2019. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30426840/>
 58. McCarthy, JP, Agre, JC, Graf, BK, Pozniak, MA, and Vailas, AC. Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 27: 429–436, 1995.
 59. McGuigan, M. Principles of Test Selection and Administration. In: *Essentials of strength training and conditioning*. Champaign, IL: Human Kinetics, Inc., 2016. pp. 255–257
 60. McLaren, SJ, Macpherson, TW, Coutts, AJ, Hurst, C, Spears, IR, and Weston, M. The Relationships Between Internal and External Measures of Training Load and

- Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis. *Sports medicine* 48: 641–658, 2018. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29288436/>
61. Michell, V, Samaria, C, Júnior Rudy, N, Danyela, V, and Dantas, E. Effects of a concurrent physical exercise program on aerobic power and body composition in adults. *J Sports Med Phys Fitness* 54: 441–446, 2014.
 62. Murlasits, Z, Kneffel, Z, and Thalib, L. The physiological effects of concurrent strength and endurance training sequence: A systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci* 36: 1212–1219, 2018. Available from: <https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=rjsp20>
 63. Nugent, FJ, Comyns, TM, Burrows, E, and Warrington, GD. Effects of Low-Volume, High-Intensity Training on Performance in Competitive Swimmers: A Systematic Review. *J Strength Cond Res* 31: 837–847, 2017. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27465628/>
 64. 'D hue , , B e , , u h , , Le , , d e , . What exercise prescription is optimal to improve body composition and cardiorespiratory fitness in adults living with obesity? A network meta-analysis. *Obesity reviews* 22, 2021. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32896055/>
 65. Ormsbee, MJ, Willingham, BD, Marchant, T, Binkley, TL, Specker, BL, and Vukovich, MD. Protein Supplementation During a 6-Month Concurrent Training Program: Effect on Body Composition and Muscular Strength in Sedentary Individuals. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 28: 619–628, 2018. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29485324/>
 66. Pallarés, JG, Sánchez-Medina, L, Pérez, CE, de La Cruz-Sánchez, E, and Mora-Rodriguez, R. Imposing a pause between the eccentric and concentric phases increases the reliability of isoinertial strength assessments. *J Sports Sci* 32: 1165–1175, 2014. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24575723/>
 67. Pearcey, GEP, Alizedah, S, Power, KE, and Button, DC. Chronic resistance training: is it time to rethink the time course of neural contributions to strength gain? *European Journal of Applied Physiology* 121: 2413–2422, 2021. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-021-04730-4>
 68. Peterson, MD, Pistilli, E, Haff, GG, Hoffman, EP, and Gordon, PM. Progression of volume load and muscular adaptation during resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology* 111: 1063–1071, 2011.

69. Petré, H, Hemmingsson, E, Rosdahl, H, and Psilander, N. Development of Maximal Dynamic Strength During Concurrent Resistance and Endurance Training in Untrained, Moderately Trained, and Trained Individuals: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports medicine* 51: 991–1010, 2021. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33751469/>
70. Pito, PG, Cardoso, JR, Tufano, J, and Guariglia, D. Effects of Concurrent Training on 1RM and VO2 in Adults: Systematic Review with Meta-analysis. *Int J Sports Med* 43: 297–304, 2021. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34638141/>
71. Ribeiro, B, Pereira, A, Alves, AR, Neves, PP, Marques, MC, Marinho, DA, et al. Specific warm-up enhances movement velocity during bench press and squat resistance training. *Journal of Men's Health* 17: 226–233, 2021.
72. Ribeiro, B, Pereira, A, Neves, PP, Sousa, AC, Ferraz, R, Marques, MC, et al. The Role of Specific Warm-up during Bench Press and Squat Exercises: A Novel Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17: 1–15, 2020. Available from: </pmc/articles/PMC7558980/>
73. Ribeiro, J, Afonso, J, Camões, M, Sarmento, H, Sá, M, Lima, R, et al. Methodological characteristics, physiological and physical effects, and future directions for combined training in soccer: A systematic review. *Healthcare* 9, 2021.
74. Rodríguez-Rosell, D, Pareja-Blanco, F, Aagaard, P, and González-Badillo, JJ. Physiological and methodological aspects of rate of force development assessment in human skeletal muscle. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 38: 743–762, 2018. Available from: <https://click.endnote.com/viewer?doi=10.1111%2Fcpf.12495&token=WzMyNzAxNjUsIjEwLjExMTEvY3BmLjEyNDk1Il0.0v7RsbtwOzt5nOVTB8A0XPreG6k>
75. Sabag, A, Najafi, A, Michael, S, Esgin, T, Halaki, M, and Hackett, D. The compatibility of concurrent high intensity interval training and resistance training for muscular strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci* 36: 2472–2483, 2018. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29658408/>
76. Sánchez-Medina, L, Pallarés, JG, Pérez, CE, Morán-Navarro, R, and González-Badillo, JJ. Estimation of Relative Load From Bar Velocity in the Full Back Squat

- Exercise. *Sports Medicine International Open* 1: E80, 2017. Available from: [/pmc/articles/PMC6226068/](#)
77. Schaun, MI, Dipp, T, da Silva Rossato, J, Wilhelm, EN, Pinto, R, Rech, A, et al. The effects of periodized concurrent and aerobic training on oxidative stress parameters, endothelial function and immune response in sedentary male individuals of middle age. *Cell Biochem Funct* 29: 534–542, 2011. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21780310/>
 78. Schroeder, EC, Franke, WD, Sharp, RL, and Lee, D chul. Comparative effectiveness of aerobic, resistance, and combined training on cardiovascular disease risk factors: A randomized controlled trial. *PLOS ONE* 14: e0210292, 2019. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0210292>
 79. Schumann, M, Feuerbacher, JF, Sünkeler, M, Freitag, N, Rønnestad, BR, Doma, K, et al. Compatibility of Concurrent Aerobic and Strength Training for Skeletal Muscle Size and Function: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine*, 2021. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34757594/>
 80. Schumann, M, Yli-Peltola, K, Abbiss, CR, and Häkkinen, K. Cardiorespiratory Adaptations during Concurrent Aerobic and Strength Training in Men and Women. *PLoS ONE* 10, 2015. Available from: [/pmc/articles/PMC4587735/](#)
 81. Scott, BR, Duthie, GM, Thornton, HR, and Dascombe, BJ. Training Monitoring for Resistance Exercise: Theory and Applications. *Sports Medicine* 46: 687–698, 2016. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26780346>
 82. Shamim, B, Devlin, BL, Timmins, RG, Tofari, P, Lee Dow, C, Coffey, VG, et al. Adaptations to Concurrent Training in Combination with High Protein Availability: A Comparative Trial in Healthy, Recreationally Active Men. *Sports Medicine (Auckland, N.z)* 48: 2869, 2018. Available from: [/pmc/articles/PMC6244626/](#)
 83. Shapiro, SS and Wilk, MB. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52: 591–611, 1965. Available from: <https://academic.oup.com/biomet/article/52/3-4/591/336553>
 84. Shaw, BS and Shaw, I. Compatibility of concurrent aerobic and resistance training on maximal aerobic capacity in sedentary males. *Cardiovascular Journal of Africa* 20: 104–106, 2009. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3721256/>

85. Silva, RF, Cadore, EL, Kothe, G, Guedes, M, Alberton, CL, Pinto, SS, et al. Concurrent training with different aerobic exercises. *Int J Sports Med* 33: 627–634, 2012. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22562730/>
86. Storer, TW, Davis, JA, and Caiozzo, VJ. Accurate prediction of VO₂max in cycle ergometry. *Med Sci Sports Exerc* 22: 704–712, 1990. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2233211/>
87. Suchomel, TJ, Nimphius, S, Bellon, CR, and Stone, MH. The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine* 2018 48:4 48: 765–785, 2018. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-018-0862-z>
88. Sultana, RN, Sabag, A, Keating, SE, and Johnson, NA. The Effect of Low-Volume High-Intensity Interval Training on Body Composition and Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine* 49: 1687–1721, 2019. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31401727/>
89. Tsitkanou, S, Spengos, K, Stasinaki, AN, Zaras, N, Bogdanis, G, Papadimas, G, et al. Effects of high-intensity interval cycling performed after resistance training on muscle strength and hypertrophy. *Scand J Med Sci Sports* 27: 1317–1327, 2017. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27659479/>
90. del Vecchio, A, Negro, F, Holobar, A, Casolo, A, Folland, JP, Felici, F, et al. You are as fast as your motor neurons: speed of recruitment and maximal discharge of motor neurons determine the maximal rate of force development in humans. *J Physiol* 597: 2445–2456, 2019. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30768687/>
91. Wilson, JM, Marin, PJ, Rhea, MR, Wilson, SMC, Loenneke, JP, and Anderson, JC. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *J Strength Cond Res* 26: 2293–2307, 2012. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22002517/>
92. Winett, RA, Wojcik, JR, Fox, LD, Herbert, WG, Blevins, JS, and Carpinelli, RN. Effects of low volume resistance and cardiovascular training on strength and aerobic capacity in unfit men and women: A demonstration of a threshold model. *Journal of Behavioral Medicine* 26: 183–195, 2003.
93. Wong, PL, Chaouachi, A, Chamari, K, Dellal, A, and Wisloff, U. Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24:

653–660, 2010. Available from: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2010/03000/Effect_of_Preseason_Concurrent_Muscular_Strength.9.aspx

FIGURES AND TABLES

Table 5. Baseline characteristics of each group.

Variables	EG (n = 9)		CG (n = 9)		p
	Mean	SD	Mean	SD	
Age (years)	20.56	1.67	19.56	1.59	0.21
Body weight (kg)	69.51	10.59	70.36	10.67	0.87
Height (m)	1.76	0.07	1.79	0.08	0.39
BMI (kg/m ²)	22.46	2.88	21.99	2.78	0.73
Squat jump height (cm)	29.28	3.81	30.82	4.35	0.44
1RM back squat (kg)	63.11	12.23	65.89	12.66	0.64
1RM bench press (kg)	56.11	11.35	52.33	15.99	0.57
W _{max} (watts)	200	30	211.67	35.53	.463

Note: Data are presented in mean \pm SD. BMI = Body mass index; 1RM = 1 maximal repetition; W_{max} = maximal aerobic power. Statistically significant values ($p \leq 0.05$) are presented with *.

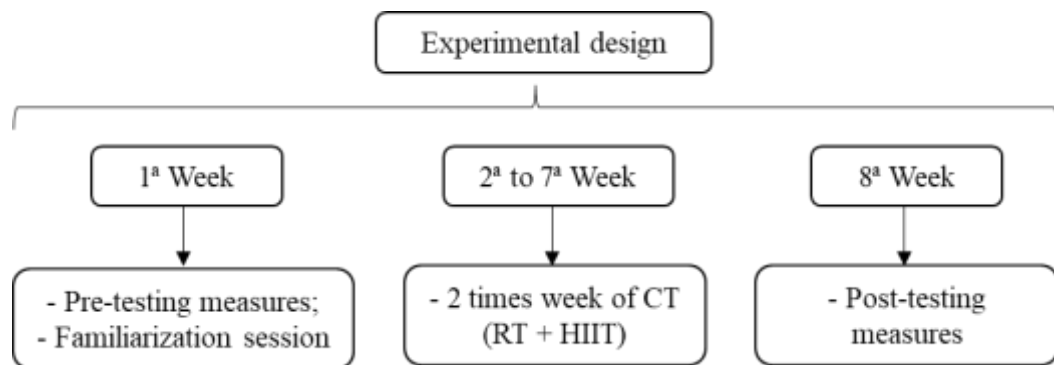


Figure 11 – Experimental design.

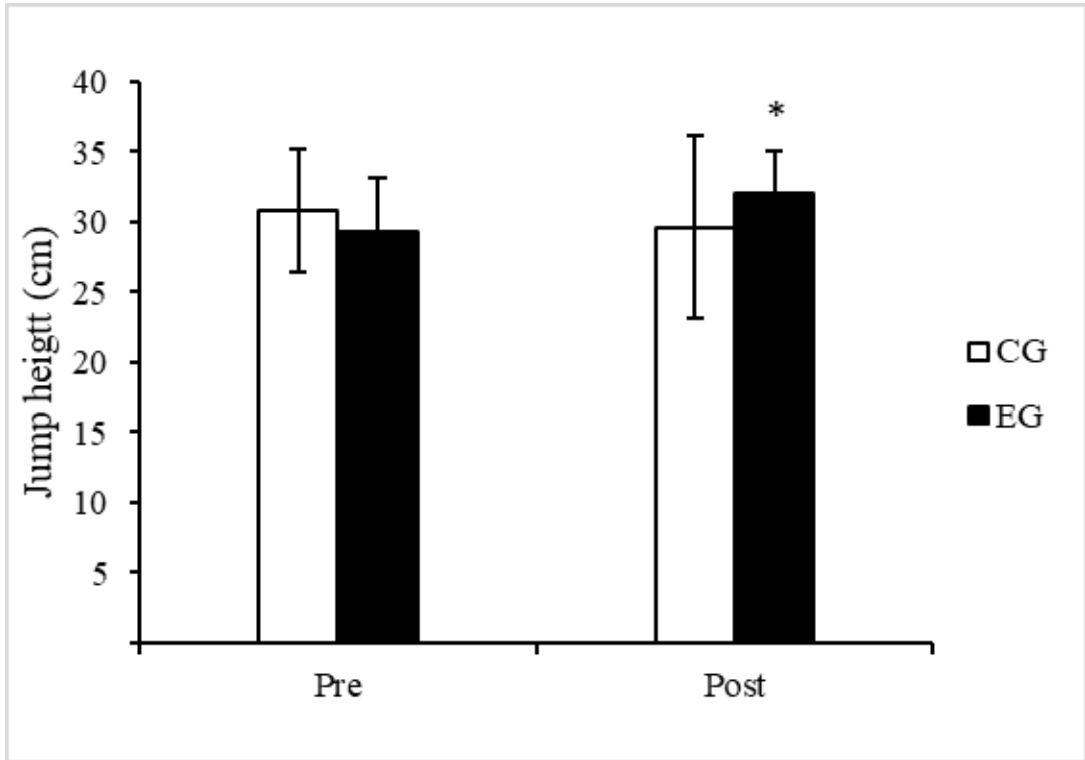


Figure 12 - Jump height between the pre and post measurement of both groups. * represent $p \leq 0.05$ vs. pre of the same group. CG = Control group; EG = Experimental group;

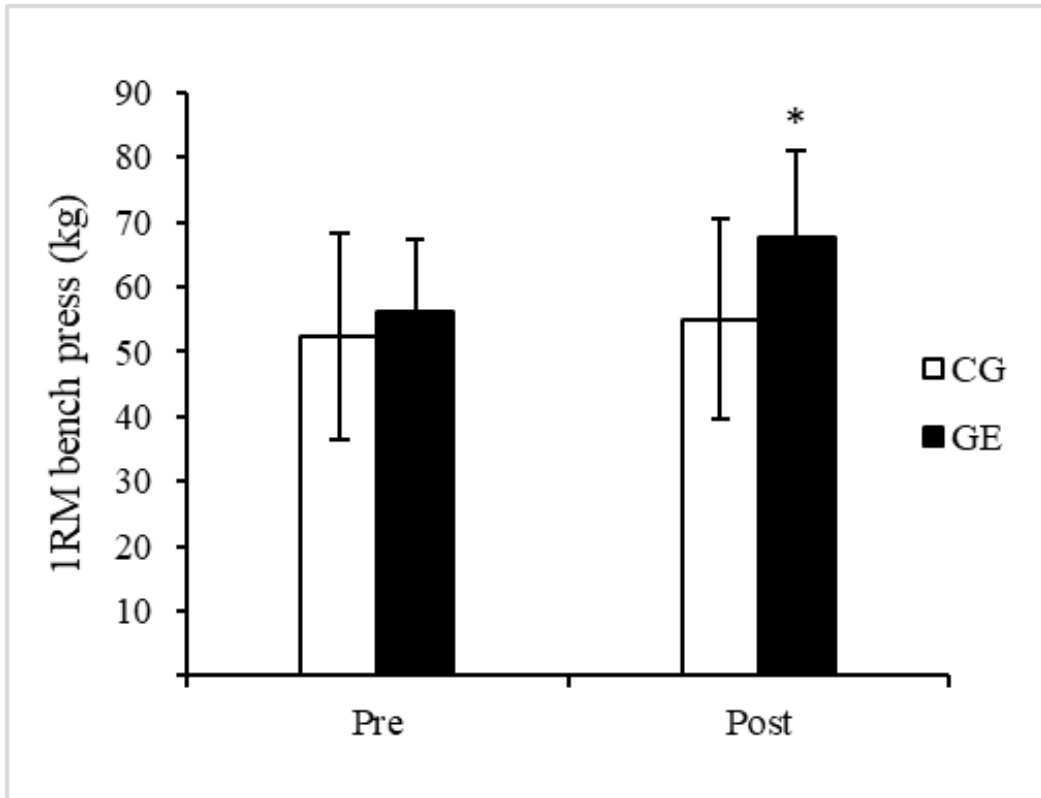
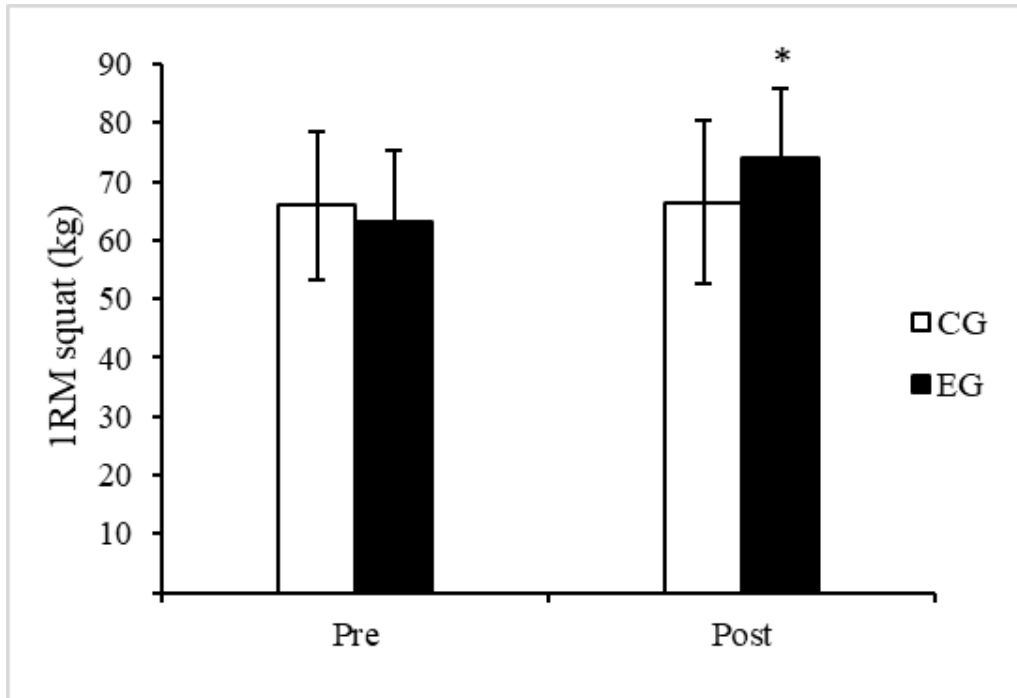


Figure 13 - 1RM in bench press between the pre and post measurements of both groups. * represents $p < 0.001$ vs. pre of the same group. CG = Control group; EG = Experimental group; 1RM = 1 maximal repetition.



*Figure 14 - 1RM in squat between the pre and post measurements of both groups. * represents $p < 0.001$ vs. pre of the same group. CG = Control group; EG = Experimental group; 1RM = 1 maximal repetition.*

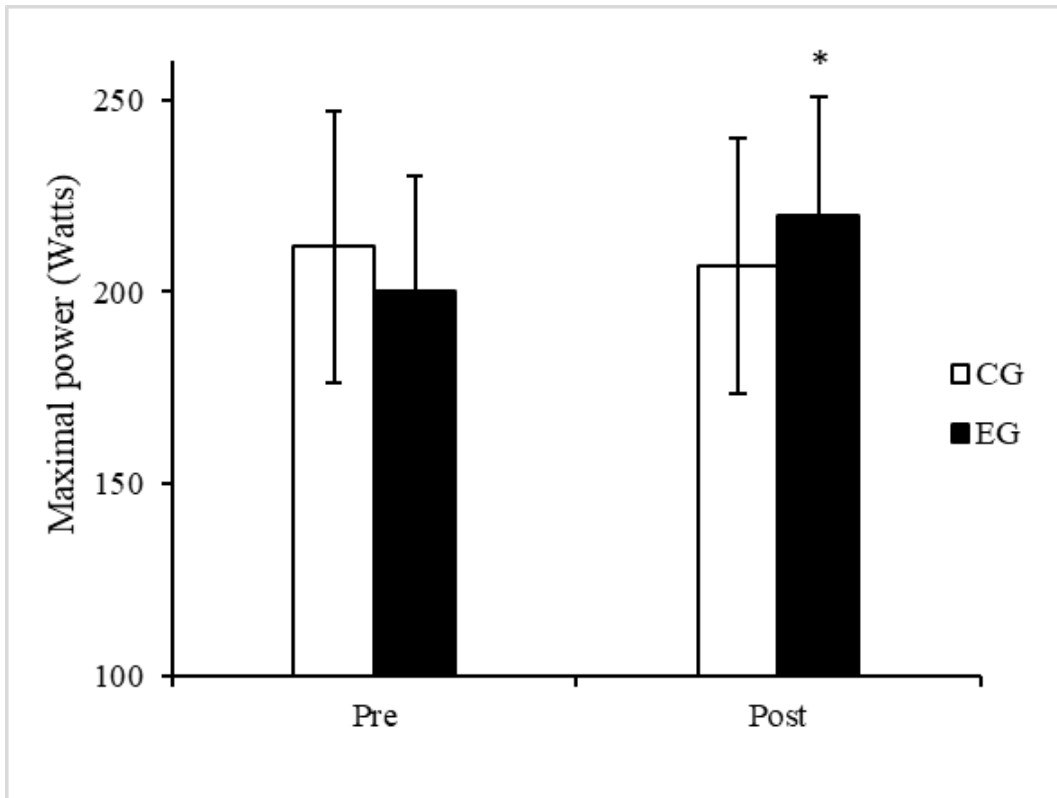


Figure 15 - W_{max} between the pre and post measurement of both groups. * represents $p \leq 0.01$ vs. pre of the same group. CG = Control group; EG = Experimental group; W_{max} = Maximal aerobic power.

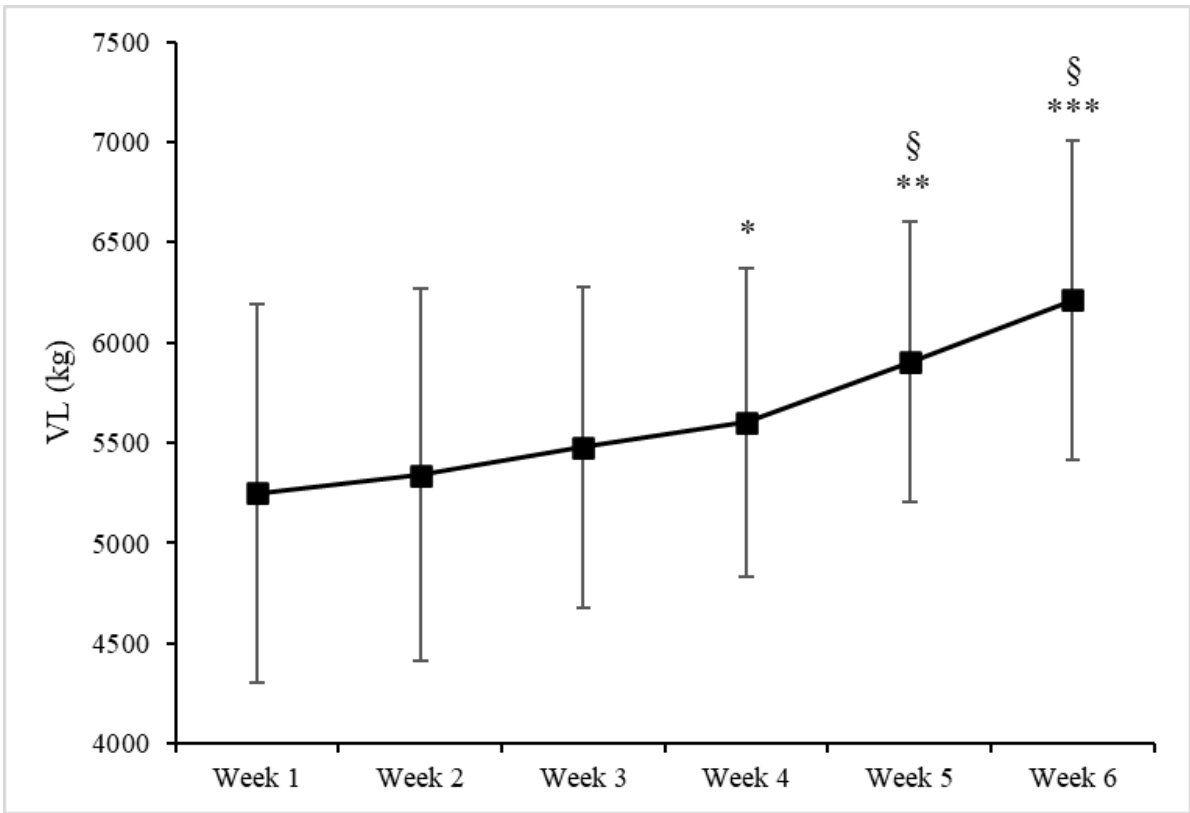


Figure 16 - Weekly VL during weeks 1, 2, 3, 4, 5 and 6 in the EG. * represents $p \leq 0.05$, ** represents $p \leq 0.01$, and *** represents $p < 0.001$ both vs. Week 1. § represents $p \leq 0.05$ vs. previous week. VL = Volume load.