

COMBINAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE TREINO CONCORRENTES EM IDOSOS COM SÍNDROME METABÓLICA

COMBINING DIFFERENT CONCURRENT TRAINING METHODS IN OLDER ADULTS WITH METABOLIC SYNDROME

COMBINACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO CONCORRENTES EN ANCIANOS CON SÍNDROME METABÓLICO

Marco Antônio R. da Silva^{1,2}

Elias de França^{3,4}

Liliana C. Baptista^{5,6}

Rafael S. Neves¹

Helena Loureiro^{1,7}

Erico C. Caperuto³

Manuel T. Veríssimo^{1,8}

Raul A. Martins¹

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

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

3. Laboratório do Movimento Humano, Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, Brasil.

4. Departamento de Biociências, Universidade Federal de São Paulo, Santos, SP, Brasil.

5. Departamento de Medicina, Universidade do Alabama em Birmingham, Estados Unidos.

6. Centro de Pesquisa em Atividade Física, Saúde e Lazer, Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, Portugal.

7. Escola Superior de Tecnologia da Saúde, Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal.

8. Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra, Portugal.

Correspondência:

Marco Antônio Rabelo da Silva.
Estádio Universitário de Coimbra,
Pavilhão 3, Coimbra, Portugal.
3040-248.
marcorabelosilva@outlook.com



RESUMO

Introdução: Não há estudos que comparem diferentes rotinas de treinamentos concorrentes [isto é, programa de treinamento resistido mais treinamento intervalado de alta intensidade (TR+HIIT) ao TR mais treinamento contínuo de intensidade moderada (TR+MICT)] na aptidão cardiorrespiratória (ACR) e desempenho físico em idosos com síndrome metabólica (SM). **Objetivos:** O objetivo deste estudo foi comparar os efeitos de duas rotinas de treinamentos concorrentes (TR+HIIT vs. TR+MICT) na ACR e aptidão física em adultos e idosos com SM. **Métodos:** Trinta e nove participantes (67,0 ± 6,7 anos) foram divididos randomicamente em três grupos: TR+MICT, TR+HIIT e grupo controle (CON, sem exercício). O programa de treinamento físico de 12 semanas consistiu em 3 sessões/semana (~ 50 minutos/sessão). O componente de treinamento aeróbico (HIIT ou MICT) foi adaptado para gasto energético isocalórico ($P \geq 0,217$) e distribuição de isocarga (TRIMP; $P \geq 0,893$), porém, o componente MICT teve tempo de treinamento aeróbico maior ($P \leq 0,01$). Avaliamos a ACR pré e pós-intervenção ($VO_{2\text{pico}}$), capacidade física (potência de membros inferiores [PMI], velocidade de corrida e tempo de corrida até a exaustão), lactato plasmático, percepção subjetiva de esforço (PSE), frequência cardíaca de repouso (FC_{repouso}) e máxima (FC_{pico}). **Resultados:** No final da intervenção, somente o grupo TR+HIIT teve aumento significativo do $VO_{2\text{pico}}$ ($P = 0,01$), mas em comparação com o grupo CON, ambos os grupos TR+HIIT e TR+MICT tiveram melhora significativa do $VO_{2\text{pico}}$ ($P \leq 0,02$). Somente o grupo TR+HIIT mostrou FC_{repouso} menor em comparação com o basal e com o grupo CON. Além disso, os grupos TR+HIIT e TR+MICT, mas não o grupo CON, tiveram melhora significativa da velocidade de corrida, do tempo até a exaustão e da PMI ($P < 0,05$). Não houve alterações significativas em FC_{pico} , PSE e lactato em nenhum dos grupos. **Conclusão:** Nossos resultados sugerem que 12 semanas de TR+MICT ou TR+HIIT melhoram o desempenho físico dos membros inferiores. Além disso, nossos resultados sugerem que TR+HIIT fornece benefícios adicionais de ACR em idosos com SM. **Nível de evidência II; Estudo Experimental Randomizado.**

Descritores: Treinamento intervalado de alta intensidade; Treinamento de força; Treinamento de endurance; Idosos.

ABSTRACT

Introduction: There are no studies comparing the effects of different concurrent training routines [i.e., a resistance training plus high-intensity interval training (RT+HIIT) program compared to an RT plus moderate-intensity continuous training (RT+MICT) program] on cardiorespiratory fitness (CRF) and physical performance in older adults with metabolic syndrome (MetS). **Objectives:** This study aimed to compare the effects of two concurrent training routines, RT+HIIT versus RT+MICT, on CRF and physical fitness in adults and older adults with MetS. **Methods:** Thirty-nine participants (67.0±6.7 years of age) were randomly assigned into three groups: RT+ MICT, RT+ HIIT and the control group (CON, no exercise). The 12-week physical training program consisted of 3 sessions/week (~50 minutes/session). The aerobic training component was customized for iso-caloric energy expenditure ($P \geq 0.217$) and iso-load distribution (TRIMP, $P \geq 0.893$), however the MICT component had a longer aerobic training time ($P \leq 0.01$). We evaluated pre- and post-evaluation CRF ($VO_{2\text{peak}}$), physical capacity [power of lower limbs (PLL), running velocity, and running time to exhaustion], plasma lactate, rate of perceived exertion (RPE), resting heart rate (HR_{rest}), and peak heart rate (HR_{peak}). **Results:** At the end of the intervention, a significant increase in the $VO_{2\text{peak}}$ was observed only in the RT+HIIT group ($P=0.01$), but compared to the CON group both RT+HIIT and RT+MICT groups had significant improvement in the $VO_{2\text{peak}}$ ($P \leq 0.02$). Only the RT+HIIT group had lower HR_{rest} as compared to the baseline and the CON group. Also, both RT+HIIT and RT+MICT groups, but not CON, significantly improved running speed, time to exhaustion, and PLL ($P < 0.05$). There were no significant changes in HR_{peak} , RPE, and lactate for any of the groups. **Conclusion:** Our results suggest that 12 weeks of RT+MICT or RT+HIIT improve lower-limb physical performance. Also, our results suggest that RT+HIIT provides additional CRF benefits in older adults with MetS. **Level of evidence II; Randomized Experimental Study.**

Keywords: High-intensity interval training; Resistance training; Endurance training; Aged.

RESUMEN

Introducción: No hay estudios que comparen diferentes rutinas de entrenamientos concurrentes [es decir, programa del entrenamiento de resistencia (ER) más entrenamiento de intervalos de alta intensidad (ER+HIIT) con el ER más entrenamiento continuo de intensidad moderada (ER+ECIM) en la aptitud cardiorrespiratoria (ACR) y desempeño físico en ancianos con síndrome metabólico (SM). **Objetivos:** El objetivo de este estudio fue comparar los efectos de dos rutinas de entrenamientos concurrentes (ER+HIIT sobre ER+ECIM) sobre la ACR y aptitud física en ancianos con SM. **Métodos:** Treinta y nueve participantes (67,0±6,7 años) fueron divididos aleatoriamente en 3 grupos: ER+ECIM, ER+HIIT y grupo de control (CON, sin ejercicio). El programa de entrenamiento físico de 12 semanas consistió en 3 sesiones semanales (50 minutos/sesión). En componente de entrenamiento aeróbico HIIT o ECIM se igualó en cuanto al gasto energético isocalórico ($P \geq 0,217$) y la distribución de isocarga (TRIMP; $P \geq 0,893$), sin embargo, el componente ECIM tuvo un mayor tiempo de entrenamiento aeróbico ($P \leq 0,01$). Se evaluó la ACR antes y después de la intervención (VO_{2pico}), la capacidad física (potencia de las extremidades inferiores [PEI]), la velocidad, y el tiempo hasta el agotamiento, el lactato plasmático y percepción subjetiva del esfuerzo (RPE), la frecuencia cardíaca en reposo (HR_{rest}) y máxima (FC_{pico}). **Resultados:** Al final de la intervención, solo el grupo ER+HIIT presentó un aumento significativo del VO_{2pico} ($P=0,01$), pero en comparación con el grupo CON, tanto el grupo ER+HIIT como el ER+ECIM presentaron una mejora significativa del VO_{2pico} ($P \leq 0,02$). Sólo el grupo ER+HIIT demostró una HR_{rest} menor en comparación con el nivel de referencia y el grupo CON. Además, los grupos ER+HIIT y ER+ECIM, pero no el grupo CON, tuvieron una mejora significativa en la velocidad de carrera, el tiempo hasta el agotamiento y la PEI ($P < 0,05$). No hubo cambios significativos en FC_{pico} , RPE y lactato para ninguno de los grupos. **Conclusión:** Nuestros resultados sugieren que 12 semanas de ER+ECIM o ER+HIIT mejoran el rendimiento físico de las extremidades inferiores. Además, sugieren que ER+HIIT proporciona beneficios adicionales en la ACR en ancianos con SM. **Nivel de evidencia II; Estudio experimental aleatorio**

Descriptor: Entrenamiento de intervalos de alta intensidad; Entrenamiento de fuerza; Entrenamiento de resistencia; Anciano.

DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202228042020_0122

Artigo recebido em 09/11/2020 aprovado em 22/06/2021

INTRODUÇÃO

Está estabelecido que a atividade física (AF) proporciona benefícios para a saúde cardiovascular, reduzindo o risco de desenvolver hipertensão e diabetes.^{1,2} Em contraste, a baixa aptidão cardiorrespiratória (ACR) é associada a risco cardiovascular maior e morte prematura, o que pode ser contrabalanceado pelo aumento da ACR.^{3,4} Ainda assim, mais de um quarto da população adulta não atinge as diretrizes internacionais recomendadas para AF e tem baixa ACR.⁵ Assim sendo, mais de 1,4 bilhão de adultos em todo o mundo têm risco maior de doenças cardiovasculares (DCV) e seus efeitos relacionados.¹

O treinamento físico (TF) tem sido usado como estratégia ideal para reduzir o sedentarismo e a inatividade e seus efeitos deletérios.^{6,7} Particularmente, o treinamento aeróbico contínuo de intensidade moderada (MICT) foi recomendado pela diretriz atual da ACSM como o único componente aeróbico nos programas de condicionamento físico para adultos idosos.⁵ Em contraste, até o momento, não há diretrizes para a prescrição de treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) em adultos mais velhos.⁵ No entanto, entre os diferentes tipos de TF, o treinamento concorrente (TC; ou seja, treinamento resistido [TR] combinado com MICT) mostrou resultados interessantes sobre os desfechos da síndrome metabólica (SM) e sobre os fatores de risco de DCV em adultos e idosos.⁸⁻¹¹ Apesar dos conhecidos benefícios cardiometabólicos do TC como ferramenta viável para aumentar a ACR e reduzir a prevalência de inatividade em populações de alto risco, existem várias lacunas no conhecimento de prescrição adequada desse tipo de treinamento em pessoas com idade avançada. Além disso, ainda não está claro qual é a intensidade ou o volume ideal do componente aeróbico.^{12,13}

Estudos anteriores demonstraram que HIIT^{14,15} e MICT¹³ têm melhorado com sucesso a função neuromuscular e a ACR em idosos hígidos e debilitados. Contudo, não há evidências com base científica que confirmem qual modalidade (HIIT vs. MICT) melhora a ACR e as funções neuromusculares quando combinada com TR. Portanto, este estudo tem como objetivo analisar a resposta de diferentes volumes e intensidades de TC (TR+HIIT vs. TR+MICT) em adultos e idosos com SM.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Participaram deste estudo idosos sedentários e idosos com SM (67,0 ± 6,7 anos), segundo a IDF, 2006.¹⁶ Todos os participantes tinham pelo menos 3 dos 5 componentes da SM. A descrição basal dos participantes é mostrada na Tabela 1, e uma descrição mais detalhada pode ser encontrada em outros trabalhos.^{17,18}

O projeto foi desenvolvido de acordo com a Declaração de Helsinque¹⁹ e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (Nº de Referência: CE/FCDEF-UC/00202016). Os participantes elegíveis foram informados sobre todos os procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

Desenho geral

Este estudo randomizado objetivou a avaliar os efeitos de dois modos de TC (programa de 12 semanas de TF [3 sessões/semana; 50 minutos/sessão]) na ACR em participantes com SM.¹⁶

Tabela 1. Características pré-treino de aptidão funcional e comparação entre os grupos, calculadas com MANCOVA, controlando o efeito do sexo e idade.

Variáveis	Grupo MICT (N = 13)	Grupo HIIT (N = 13)	Grupo CON (N = 13)	Valor de P
Mulheres, N (%)	11 (85%)	9 (69%)	9 (69%)	0,584†
Idade, anos	71 (5)	63 (7) *	68 (4)	0,001
IMC, kg.m ⁻²	29,3 (5,5)	31,1 (5,5)	29,5 (3,2)	0,633
VO_{2pico} , ml/kg/min.	19,7 (3,9)	21,4 (4,0)	20,5 (3,3)	0,577
Lactato, mmol/l	2,9 (1,4)	3,5 (2,1)	3,7 (1,9)	0,751
Escala de Borg, CR-10	6 (2)	6 (2)	5 (1)	0,496
PMI, watts	451 (41)	552 (50)	505 (28)	0,334
$FC_{repouso}$, bat/min.	69 (12)	75 (12)	68 (6)	0,154
FC_{pico} , bat/min.	127 (13)	131 (15)	116 (22)	0,206

Os dados são expressos como média e desvio padrão; * $P \leq 0,01$, quando comparado com o grupo MICT. †, teste do qui quadrado. ‡, teste T independente; §, teste de Mann-Whitney. IMC, índice de massa corporal; $FC_{repouso}$, frequência cardíaca de repouso; FC_{pico} , frequência cardíaca no final do teste; PMI, potência dos músculos do membro inferior; CC, circunferência da cintura.

Os participantes foram distribuídos randomicamente em três grupos da seguinte forma: 1) programa TR+MICT, 2) programa TR+HIIT e 3) grupo controle (CON). Os participantes do grupo CON não foram envolvidos em um programa formal de TF durante o período de intervenção. Além disso, os níveis de TF foram autorrelatados em um questionário no início e no final da intervenção. Da mesma forma, um questionário alimentar autorrelatado foi usado para avaliar a ingestão alimentar no início e depois da intervenção. Todos os grupos foram instruídos a manter o mesmo padrão nutricional ao longo do estudo, e nenhuma mudança no consumo energético ou nos macronutrientes foi relatada.

Intervenção com programas de exercício

As sessões de treinamento foram realizadas três vezes por semana (3 X semana) em pavilhão de ginástica fechado e foram organizadas na seguinte ordem: aquecimento, TR, treinamento aeróbico (MICT ou HIIT) e treinamento de flexibilidade. O programa TR+MICT seguiu as recomendações da ACSM para idosos sedentários.⁵ O treinamento HIIT seguiu as recomendações para idosos, propostas em metanálise anterior.²⁰

O treinamento de força durou cerca de 20 minutos/sessão e consistiu em cinco exercícios: levantamento terra, remada unilateral com haltere, levantamento terra com joelho estendidos, supino e abdominais. Cada exercício foi realizado em duas séries de 8 a 15 repetições, com intervalo de descanso de 1 a 2 minutos.²¹ O TR teve aumento progressivo que variou de 2 a 5 da Escala de percepção subjetiva de esforço (PSE) CR-10 de Borg,²² como descrito na Tabela 2. Todas as sessões de treinamento foram supervisionadas por um professor de educação física que conduziu as sessões de exercícios, motivou os participantes e garantiu a correção e segurança na execução dos movimentos.

Tabela 2. Periodização do Treinamento Resistido.

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

A sessão MICT durou cerca de 25 minutos de caminhada rápida contínua. A intensidade foi estabelecida como moderada a vigorosa entre 60% a 70% da $FC_{máx}$ (estimada com a equação de Tanaka *et al.*²³ [isto é, $208 - idade * 0,7$]) e foi controlada por um aparelho de telemetria cardíaca (ONRHYTHM 110 KALENJI®, Villeneuve, França) e pela PSE com progressão de 3 a 5 pontos. Conforme descrito anteriormente,²⁰ as sessões de HIIT duraram 15 minutos, combinando sessões de corrida de 3 minutos (80% a 90% da $FC_{máx}$) interceptadas por períodos de 3 minutos de recuperação ativa em 55% a 65% da $FC_{máx}$. A intensidade também foi controlada por aparelho de telemetria cardíaca e por PSE que progrediu de 5 a 7 pontos na fase de corrida e de 2 a 3 pontos no período de recuperação ativa.

O treinamento de flexibilidade foi realizado ao final de cada sessão (5 minutos) para promover relaxamento e incluiu alongamentos estáticos dos principais grupos musculares com duração entre 10 a 15 segundos para cada movimento e 1 a 2 repetições.

Controle de carga de treinamento e gasto de energia

Como o treinamento aeróbico teve diferentes volumes (MICT = 25 min.; HIIT = 15 min.) e diferentes intensidades (MICT = 60% a 70% da $FC_{máx}$; HIIT = 80% a 90% e 55% a 65% da $FC_{máx}$), estimamos o TRIMP (impulso de treinamento) de ambos os exercícios aeróbicos (MICT e HIIT), conforme proposto por Banister.²⁴ A comparação de TRIMP entre os grupos é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Características dos treinamentos.

Variáveis	Grupo MICT (N = 13)	Grupo HIIT (N = 13)	Valor de P
Sessões de treino	29,5 (1,2)	28,9 (2,4)	0,486\$
Aderência do treinamento (%)	82,1 (5,5)	80,3 (6,9)	0,486\$
12 semanas de TA (min)	738 (5)	433,8 (37)	0,000\$
12 semanas de TR+ TA (min)	1624,6 (104)	1156,9 (99)	0,000\$
TRIMP _{Banister} da sessão	14,34 (5,07)	14,10 (3,91)	0,893‡
TRIMP _{Banister} de 12 semanas	418,15 (124,93)	415,79 (115,14)	0,967‡
ExEE (kcal) da sessão	142,71 (32,26)	126,66 (13,55)	0,217\$
ExEE (kcal) de 12 semanas	4151,97 (1071,49)	3698,68 (442,32)	0,217\$

Os dados são expressos como média e desvio padrão; ‡, teste T independente; \$, teste de Mann-Whitney; ExEE, gasto energético do exercício (sessão: a partir de uma sessão; 12 semanas: multiplicado pela frequência individual de treino); TA, Treino aeróbico; TR, treinamento resistido; TRIMP, impulso de treino (sessão: a partir de uma sessão; 12 semanas: multiplicado pelo tempo individual acumulado).

Estimamos o gasto energético do exercício (EEE) que teria ocorrido durante ambos os exercícios aeróbicos pelo VO_2 (supondo 5 kcal/L O_2) a partir das taxas individuais de gasto energético em cada alvo da zona de treinamento de frequência cardíaca (Tabela 3). O consumo de O_2 (para estimar o EEE) foi calculado a partir do teste ergométrico de rampa (realizado no pré-treino) por meio da calorimetria indireta (trocas gasosas O_2 e CO_2 , por ergoespirometria).

O EEE foi calculado com a seguinte fórmula:²⁵ $EEE = (TrEE \times 0,15) + [TrEE - duração do treinamento \times (REE \times 1,2)]$. Onde TrEE são as Kcal gastas durante o treinamento e REE é o gasto de energia em repouso. O REE foi obtido depois de 5 minutos de repouso antes do teste de esforço de rampa. Além disso, o REE foi dividido pela massa magra obtida por absorciometria de raio-x de dupla energia (Lunar iDXA GE®, Diegem, Bélgica).

Desfechos

Avaliação da aptidão cardiorrespiratória

Para avaliação da ACR, os participantes foram submetidos a um protocolo de Bruce modificado em esteira²⁶ (HP Cosmos®, modelo Pulsar®). O VO_{2pico} foi avaliado por gasometria com o Quark CPET COSMED® (Roma, Itália). O VO_{2pico} foi definido como o valor médio dos últimos 30 segundos do teste.

A PSE" (medida pela escala CR-10²²), o teste de velocidade máxima (km/h) e a duração total do teste foram registrados no final do teste de Bruce. Depois do teste, 0,3 µl de sangue do dedo anular foi coletado para análise de lactato (Lactate Pro2 LT-1730, Arkray® Portable Lactometer, Quioto, Japão).

Avaliação da frequência cardíaca

A frequência cardíaca em repouso ($FC_{repouso}$) foi medida com esfigmomanômetro digital (Tavolo LCD display 4, DM460, Arezzo, Itália). Inicialmente, os participantes repousaram por 5 minutos na posição sentada e, a seguir, foram realizadas duas medidas com intervalo de 1 minuto. A $FC_{repouso}$ foi calculada pela média das duas avaliações. Nos últimos 30 segundos do teste de Bruce modificado foi determinado o pico da frequência cardíaca (FC_{pico}).

Avaliação da potência

Para medir a potência muscular dos membros inferiores (PMI), os participantes realizaram o teste de sentar e levantar,²⁷ que representa o número de vezes que um participante pode se levantar e sentar em uma cadeira repetidamente por 30 segundos. O número de repetições foi inserido na fórmula de Smith *et al.*²⁸ para obter PMI em watts.

Análise estatística

Os dados são descritos como médias e desvios padrão (DP), ou quando sinalizado, erro padrão (EP). A normalidade dos dados foi analisada pela hipótese de Shapiro-Wilk. A ANOVA de duas vias seguida pelo teste *post hoc*

de Bonferroni determinou as diferenças dentro dos grupos. As diferenças entre os grupos antes e depois da intervenção foram avaliadas por meio de análise multivariada de covariância (MANCOVA) seguida pela LSD *post-hoc*. O tamanho do efeito-TE (pré a pós-intervenção) foi determinada pelo cálculo estatístico do *d* de Cohen.²⁹ O eta quadrado (η^2) foi usado como a magnitude do efeito da ANOVA para medidas repetidas. Os dados foram analisados no IBM-SPSS (Chicago, IL, EUA, v.24) com nível de significância de 95%.

RESULTADOS

Não houve diferenças entre os grupos no início do estudo, exceto quanto à idade, sendo os participantes do grupo HIIT mais jovens do que os do grupo MICT ($P = 0,001$), Tabela 1. Os participantes não relataram nenhum evento adverso decorrente da intervenção e todos concluíram o acompanhamento.

Depois da intervenção com TC, verificou-se um efeito temporal moderado, importante para a PSE ($P = 0,02$, $\eta^2 = 0,139$), mas não para a FC_{pico} e a concentração de lactato sanguíneo para qualquer grupo ($P > 0,77$), Tabela 4 e Figuras 1 a 3, respectivamente. Não houve efeito significativo de interação de grupo por tempo para essas variáveis. A $FC_{repouso}$ mostrou um efeito temporal significativo e moderado ($P = 0,043$, $\eta^2 = 0,121$), com diminuição significativa apenas no grupo HIIT ($P = 0,030$) e uma interação de grupo significativa e grande ($P = 0,04$, $\eta^2 = 0,161$), embora não se constatou diferença entre os grupos depois da intervenção (Tabela 4 e Figura 4).

Houve um grande efeito temporal importante para a velocidade máxima de teste ($P = 0,000$, $\eta^2 = 0,335$), duração máxima do teste ($P = 0,000$, $\eta^2 = 0,369$) e PMI ($P = 0,001$, $\eta^2 = 0,277$) com melhora significativa dessas variáveis nos grupos TR+MICT e TR+HIIT, enquanto o grupo CON não mudou ($P > 0,05$) - Tabela 4 e Figuras 5 a 7, respectivamente. Constatou-se um grande efeito de interação de grupo por tempo para a duração máxima do teste ($P = 0,015$, $\eta^2 = 0,207$) e PMI ($P = 0,028$, $\eta^2 = 0,180$), mas não para a velocidade máxima de teste. A análise *post hoc* revelou diferença significativa na mudança do delta (pré até pós-teste) na duração máxima do teste ($P < 0,02$) para TR+HIIT e TR+MICT em comparação ao grupo CON; também, houve aumento significativo ($P = 0,02$) da PMI em TR+MICT em comparação com o grupo CON.

Finalmente, verificou-se tendência para o efeito temporal significativo ($P = 0,07$, $\eta^2 = 0,085$) e interação significativa e grande do grupo ($P = 0,01$, $\eta^2 = 0,214$) para VO_{2pico} . A análise *post hoc* revelou aumento significante (pré ao pós-teste) só no grupo HIIT ($P = 0,007$), sendo que esse valor é maior que o do grupo CON depois da intervenção (TR+HIIT vs. CON: $P = 0,019$, TE = 1,39, diferença média 3,5 ml/kg/min., IC de 95%, 0,6 a 6,5; TR+MICT vs. CON: $P = 0,025$, TE = 0,8; diferença média 3,3 ml/kg/min.; IC de 95%, 0,4 a 6,2). (Tabela 4 e Figura 8)

Tabela 4. Diferenças (diferença delta) entre avaliações depois de programas de treinamento. A mudança delta foi comparada com MANCOVA (com sexo e idade como covariáveis). O principal efeito do tempo (dentro do grupo) e da interação do grupo foram comparados com ANOVA de medidas repetidas de duas vias.

Variáveis	TR mais MICT (N = 13)			TR mais HIIT (N = 13)			CON (N = 13)			P interação de grupo
	Δ (EP)	P dentro do grupo	TE	Δ (EP)	P dentro do grupo	TE	Δ (EP)	P dentro do grupo	TE	
VO_{2pico} , ml/kg/min.	1,6 (1,1) *	0,100	-0,424	2,7 (0,7) *	0,007	-0,566	-1,3 (0,9)	0,167	0,441	0,013
Velocidade máxima de teste, km/h	0,5 (0,2) *	0,012	-0,783	0,7 (0,2) *	0,001	-0,547	0,2 (0,1)	0,332	-0,124	0,186
Tempo de teste, min.	1,5 (0,5)	0,003	-0,612	2,1 (0,4) *	0,000	-0,582	0,1 (0,4)	0,785	-0,057	0,015
Lactato, mmol/l	0,3 (0,8)	0,781	-0,205	-0,1 (0,8)	0,898	0,052	0,7 (0,8)	0,351	-0,229	0,336
Escala de Borg, CR-10	-0,6 (0,3)	0,133	0,375	-0,3 (0,6)	0,399	0,171	-0,8 (0,3)	0,082	0,624	0,792
PMI, watts	47,1 (11,5) *	0,000	-0,318	25,6 (11,8)	0,032	-0,147	1,3 (11,1)	0,909	-0,014	0,028
$FC_{repouso}$, bat/min.	-0,6 (3,5)	0,984	0,056	-7,3 (2,9) #	0,030	0,611	-0,3 (2,0)	0,881	0,057	0,043
FC_{pico} , bat/min.	-1,0 (1,8)	0,850	0,084	3,1 (2,9)	0,534	-0,217	7,6 (3,0)	0,157	-0,315	0,518

Os dados são expressos como média e erro padrão; * $p < 0,01$, # $p < 0,07$, quando comparado com o grupo CON; MICT, grupo treinamento contínuo moderado; CON, grupo controle; DM - diferenças nas médias; TE - tamanho do efeito; HIIT - treinamento intervalado de alta intensidade; PMI - potência dos músculos do membro inferior; $FC_{repouso}$ - frequência cardíaca em repouso; FC_{pico} - frequência cardíaca no final do teste; EP - erro padrão; TR: treinamento de resistência.

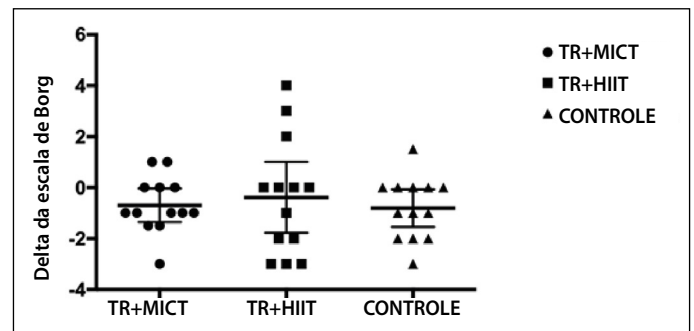


Figura 1. Mudança do delta na escala de Borg (CR-10) depois de 12 semanas de treinamento resitado mais treinamento intervalado de alta intensidade (TR+HIIT) ou treinamento resitado mais treinamento contínuo de intensidade moderada (TR+MICT). As cruzes são médias \pm erro padrão. Os círculos, quadrados e triângulos preenchidos são valores individuais dos participantes.

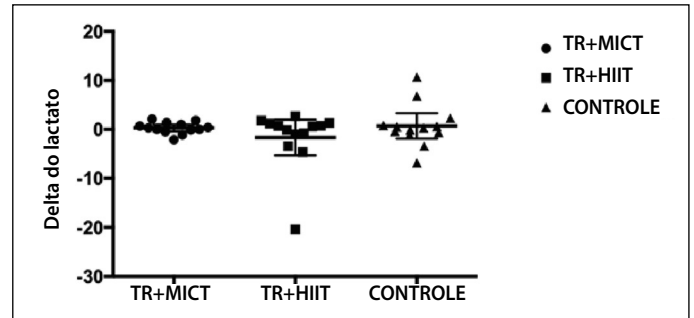


Figura 2. Mudança do delta no lactato (mmol/l) depois de 12 semanas de treinamento resitado mais treinamento intervalado de alta intensidade (TR+HIIT) ou treinamento resitado mais treinamento contínuo de intensidade moderada (TR+MICT). As cruzes são médias \pm erro padrão. Os círculos, quadrados e triângulos preenchidos são valores individuais dos participantes.

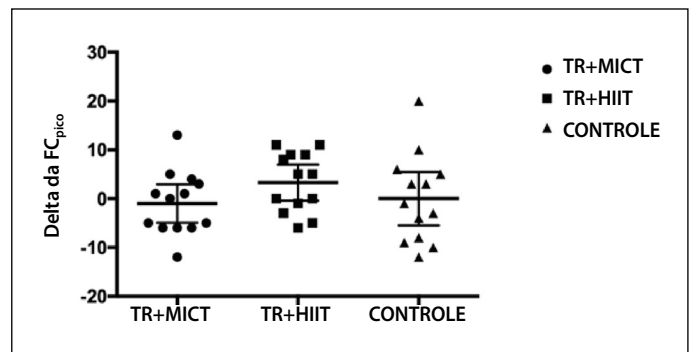


Figura 3. Mudança do delta na frequência cardíaca no final do teste (FC_{pico} batimentos por minuto) depois de 12 semanas de treinamento resitado mais treinamento intervalado de alta intensidade (TR+HIIT) ou treinamento resitado mais treinamento contínuo de intensidade moderada (TR+MICT). As cruzes são médias \pm erro padrão. Os círculos, quadrados e triângulos preenchidos são valores individuais dos participantes.

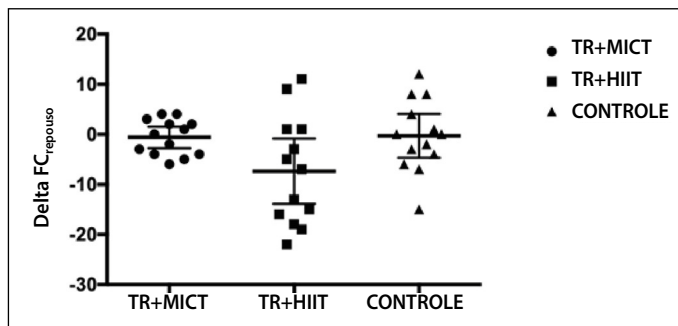


Figura 4. Mudança do delta da frequência cardíaca em repouso (FC_{repouso} batimentos por minuto) depois de 12 semanas de treinamento resitado mais treinamento intervalado de alta intensidade (TR+HIIT) ou treinamento resitado mais treinamento contínuo de intensidade moderada (TR+MICT). As cruzes são médias \pm erro padrão. Os círculos, quadrados e triângulos preenchidos são valores individuais dos participantes.

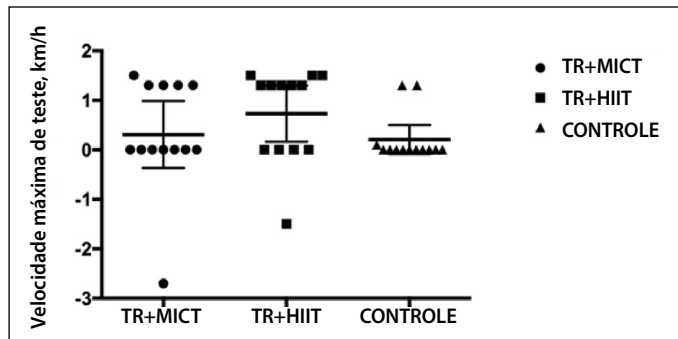


Figura 5. Mudança do delta da velocidade máxima de teste, km/h depois de 12 semanas de treinamento resitado mais treinamento intervalado de alta intensidade (TR+HIIT) ou treinamento resitado mais treinamento contínuo de intensidade moderada (TR+MICT). As cruzes são médias \pm erro padrão. Os círculos, quadrados e triângulos preenchidos são valores individuais dos participantes.

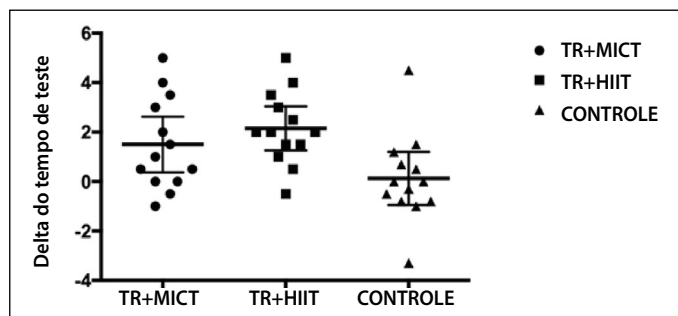


Figura 6. Mudança do delta do tempo de teste (minutos) depois de 12 semanas de treinamento resitado mais treinamento intervalado de alta intensidade (TR+HIIT) ou treinamento resitado mais treinamento contínuo de intensidade moderada (TR+MICT). As cruzes são médias \pm erro padrão. Os círculos, quadrados e triângulos preenchidos são valores individuais dos participantes.

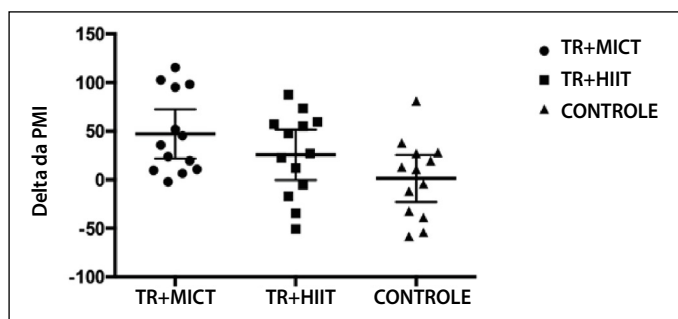


Figura 7. Mudança do delta da potência dos músculos do membro inferior (PMI), em watts, depois de 12 semanas de treinamento resitado mais treinamento intervalado de alta intensidade (TR+HIIT) ou treinamento resitado mais treinamento contínuo de intensidade moderada (TR+MICT). As cruzes são médias \pm erro padrão. Os círculos, quadrados e triângulos preenchidos são valores individuais dos participantes.

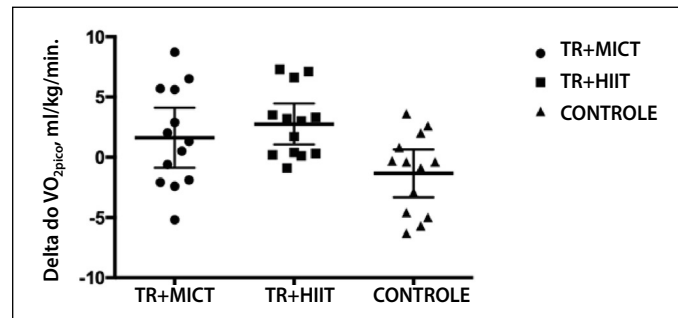


Figura 8. Mudança do delta do $VO_{2\text{pico}}$, ml/kg/min. depois de 12 semanas de treinamento resitado mais treinamento intervalado de alta intensidade (TR+HIIT) ou treinamento resitado mais treinamento contínuo de intensidade moderada (TR+MICT). As cruzes são médias \pm erro padrão. Os círculos, quadrados e triângulos preenchidos são valores individuais dos participantes.

DISCUSSÃO

Os resultados desta intervenção mostraram que os participantes submetidos a um TC por 12 semanas tiveram melhorias significativas no $VO_{2\text{pico}}$ e desempenho dos membros inferiores. Mais especificamente, os grupos TR+MICT e TR+HIIT mostraram aumento significativo da PMI, na velocidade máxima do teste e na duração máxima do teste. A interação grupo por tempo significativa apresentada no $VO_{2\text{pico}}$, na duração máxima do teste, PMI e FC_{repouso} revelou mudança na direção do melhor desempenho físico, ao contrário do grupo controle. Atualmente, não há recomendações de inclusão do HIIT nos programas de condicionamento físico propostos pela ACSM para idosos.⁵ Os dados do presente estudo sugerem que incluir o HIIT em um programa de TC é uma estratégia eficiente em termos de tempo (~ 28% menos tempo) para melhorar a ACR em comparação com MICT. Além disso, com base em dados de publicação anterior sobre este mesmo experimento,¹⁷ o HIIT deve ser incorporado como parte do programa de TF para tratamento de SM. Demonstramos que houve melhora em vários marcadores da SM (diminuição das concentrações plasmáticas de insulina e glicose em jejum, colesterol LDL, circunferência do quadril e melhora do HOMA-IR) no grupo TR+HIIT.¹⁷ Em contraste, o grupo TR+MICT teve melhora somente da circunferência do quadril e dos triglicérides em jejum. Em conjunto, nossos resultados sugerem que o HIIT pode ser usado na prática clínica para melhorar a aptidão física e a saúde metabólica em idosos com SM.

De acordo com nosso resultado, sessões de treinamento aeróbico de baixo volume (15 minutos) e alta intensidade (80% a 90% da $FC_{\text{máx}}$) são suficientes para provocar adaptação cardiorrespiratória significativa em adultos idosos (~ 3,5 ml/kg/min. ou aumento de ~ 16% do consumo de O_2 com relação ao grupo CON). Esses dados são compatíveis com uma metanálise anterior que abordou esse tópico, ou seja, que analisou a dose ideal de HIIT na população idosa para melhorar significativamente a ACR.²⁰ As melhoras do $VO_{2\text{pico}}$ foram encontrados em outros estudos depois 12 de semanas de TC (TR+MICT ou MICT+TR)^{30,31} ou mesmo depois de 8 semanas de TR+MICT.^{8,13} Esses estudos mostraram ganhos superiores de $VO_{2\text{pico}}$ em comparação com nossa intervenção TR+MICT. Essas diferenças podem estar relacionadas com o protocolo de exercício, por exemplo, intensidade e volume da sessão.³² Por outro lado, nosso protocolo HIIT apresentou melhores resultados no $VO_{2\text{pico}}$, quando comparado com um estudo recente em idosos³³ com volume por sessão e duração do programa mais baixos (seis rodadas de 1 minuto executadas a 90% da $FC_{\text{máx}}$, intercalados por 2 minutos de descanso ativo a 40% da $FC_{\text{máx}}$, 3 vezes por semana durante 8 semanas).

Depois da intervenção de 12 semanas, os participantes dos grupos TR+MICT e TR+HIIT tiveram aumento da PMI, da velocidade e do tempo de teste, ou seja, passaram a caminhar ou correr por mais tempo antes de interromper voluntariamente o teste ou antes de atingir 85% da

FC_{máx}. Resultados similares foram relatados em outros estudos^{11,13,15,31,34} com protocolos similares ao do nosso estudo. Os ganhos na potência muscular têm sido associados ao aumento da capacidade funcional,¹² que está associada a uma diminuição do risco de sarcopenia, quedas, fraturas e incapacidade.³⁵

Outro resultado interessante encontrado em nosso estudo foi a redução da FC_{repouso} observada no grupo TR+HIIT depois da intervenção de 12 semanas, desfecho que não mudou no grupo TR+MICT. É fundamental destacar que a FC_{repouso} é um fator de risco significativo de morte prematura. Notavelmente, esses resultados são compatíveis com os encontrados em outros estudos depois de 8 semanas de programa HIIT (realizado 3 X semana)³⁶ e depois de 24 semanas de MICT+TR (realizado 2-semanas⁻¹) em pacientes com DCV.⁹ A diminuição da FC_{repouso} depois de treinamento aeróbico é uma resposta esperada. Contudo, os mecanismos subjacentes ainda são uma fonte de debate na literatura. O efeito de diminuição da FC_{repouso} observado no TF de curto prazo deve-se ao aumento da atividade vagal e às reduções da resposta à norepinefrina, enquanto o TF de longo prazo promove mudanças estruturais do coração e aumento do volume sistólico. Aparentemente, ambos os mecanismos podem diminuir a FC intrínseca e contribuir para a melhora da atividade cardíaca.^{37,38} Em conjunto, esses resultados parecem sugerir maior eficácia (como uma estratégia de tempo eficiente) do programa TR+HIIT em comparação com o protocolo TR+MICT para diminuir a FC_{repouso}.

Esta investigação tem duas limitações importantes. Primeiro, de acordo com o estudo anterior,²⁰ nossos grupos precisaram de 17 participantes para identificar uma mudança no VO_{2pico} entre os grupos MICT e HIIT usando um nível de significância bilateral de $\alpha = 0,05$ e $\beta = 0,8$, mas nosso estudo atingiu apenas 13 participantes em cada grupo. No entanto, com base no mesmo estudo, um total de 10 participantes é necessário para identificar o VO_{2pico} antes e depois da mudança. Assim, nosso estudo

tem poder estatístico para identificar ACR antes e depois da mudança, mesmo considerando que não tem poder estatístico para identificar a diferença entre os grupos. Em segundo lugar, todos os grupos foram instruídos a manter o mesmo padrão nutricional durante o estudo, e usamos questionários dietéticos autorrelatados para avaliar a ingestão de alimentos antes e depois da intervenção, embora não houvesse mudanças nos macronutrientes nesses dois momentos. Porém, a falta de controle nutricional ao longo da intervenção é uma limitação, podendo afetar os resultados de desempenho dos voluntários deste estudo.

CONCLUSÕES

Em conclusão, os exercícios MICT e HIIT de curto prazo associados ao TR foram eficazes para melhorar o desempenho físico dos membros inferiores, embora o HIIT+TR possa ser mais eficaz no tempo do que o MICT+TR para melhorar a ACR em idosos com SM.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Professor Dr. Fabio S. Lira (Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Presidente Prudente, Brasil) por suas contribuições na revisão do manuscrito. Os autores também gostariam de agradecer todo o apoio das seguintes instituições: Mealhada Santa Casa da Misericórdia, Portugal; Unidade de Saúde da Mealhada, Portugal; Associação para o Estudo e Investigação em Geriatria e Nutrição Clínica, Portugal; Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brasil; e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento deste artigo. MD, HL, MV e RM: desenho do estudo, análise de dados e redação do artigo. LB, RN, EF, e EC adicionaram importante conteúdo intelectual ao criticar e corrigir versões anteriores do manuscrito. Todos os autores leram e aprovaram a versão final do artigo.

REFERÊNCIAS

- Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1·9 million participants. *The Lancet Global Health*. 2018;6(10):e1077-e1086.
- Riebe D, Ehrman JK, Liguori G, Magal M. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Wolters Kluwer; 2018. ISBN: 1496339061.
- Farrell SW, Finley CE, Grundy SM. Cardiorespiratory fitness, LDL cholesterol, and CHD mortality in men. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44(11):2132-7.
- Laukkanen JA, Zaccardi F, Khan H, Kurl S, Jee SY, Rauramaa R. Long-term Change in Cardiorespiratory Fitness and All-Cause Mortality: A Population-Based Follow-up Study. *Mayo Clinic Proceedings*. 2016;91(9):1183-1188. doi:https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2016.05.014.
- Bushman B. ACSM's Complete Guide to Fitness & Health, 2E. Human Kinetics; 2017. ISBN: 149253367X.
- Booth FW, Roberts CK, Thyfault JP, Rueggsegger GN, Toedebusch RG. Role of inactivity in chronic diseases: evolutionary insight and pathophysiological mechanisms. *Physiological reviews*. 2017;97(4):1351-1402.
- Gerosa-Neto J, Panissa VLG, Monteiro PA, Inoue DS, Ribeiro JPJ, Figueiredo C, Zagatto AM, Little JP, Lira FS. High- or moderate-intensity training promotes change in cardiorespiratory fitness, but not visceral fat, in obese men: A randomised trial of equal energy expenditure exercise. *Respiratory physiology & neurobiology*. 2019;266:150-155.
- Burich R, Teljigović S, Boyle E, Sjøgaard G. Aerobic training alone or combined with strength training affects fitness in elderly: randomized trial. *European journal of sport science*. 2015;15(8):773-783.
- Choi S-J, Chang JS, Kong ID. Effects of a Social Welfare Program for Health Promotion on Cardiovascular Risk Factors. *Journal of lifestyle medicine*. 2015;5(2):76.
- Mohammadi HR, Khoshnam MS, Khoshnam E. Effects of different modes of exercise training on body composition and risk factors for cardiovascular disease in middle-aged men. *International journal of preventive medicine*. 2018;9.
- Shiotsu Y, Watanabe Y, Tujii S, Yanagita M. Effect of exercise order of combined aerobic and resistance training on arterial stiffness in older men. *Experimental gerontology*. 2018;111:27-34.
- Cadore EL, Izquierdo M. Concurrent Training in Elderly Concurrent Aerobic and Strength Training: Scientific Basics and Practical Applications. 2018:277.
- Ferrari R, Fuchs SC, Krue LFM, Cadore EL, Alberton CL, Pinto RS, Radaelli R, Schoenell M, Izquierdo M, Tanaka H. Effects of different concurrent resistance and aerobic training frequencies on muscle power and muscle quality in trained elderly men: a randomized clinical trial. *Aging and disease*. 2016;7(6):697.
- García-Pinillos F, Laredo-Aguilera JA, Muñoz-Jiménez M, Latorre-Román PA. Effects of 12-Week Concurrent High-Intensity Interval Strength and Endurance Training Program on Physical Performance in Healthy Older People. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2019;33(5):1445-1452.
- Guadalupe-Grau A, Aznar-Lain S, Mañas A, Castellanos J, Alcázar J, Ara I, Mata E, Daimiel R, García-García FJ. Short- and Long-Term Effects of Concurrent Strength and HIIT Training in Octogenarians with COPD. 2017;25(1):105. English. doi:10.1123/japa.2015-0307.
- Alberti G, Shaw J, Grundy S. The IDF Consensus Worldwide Definition of the Metabolic Syndrome. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation; 2006. 2006.
- da Silva MAR, Baptista LC, Neves RS, De França E, Loureiro H, Lira FS, Caperuto EC, Veríssimo MT, Martins RA. The Effects of Concurrent Training Combining Both Resistance Exercise and High-Intensity Interval Training or Moderate-Intensity Continuous Training on Metabolic Syndrome [Original Research]. *Frontiers in Physiology*. 2020 2020-June-11;11(572). English. doi:10.3389/fphys.2020.00572.
- da Silva MAR, Baptista LC, Neves RS, De França E, Loureiro H, Rezende MDAC, Ferreira VDS, Veríssimo MT, Martins RA. High intensity interval training improves health-related quality of life in adults and older adults with diagnosed cardiovascular risk. *Journal of Physical Education and Sport*. 2019;19(1):611-618.
- WMA. World Medical Association. Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects. 64th WMA General Assembly. Fortaleza, Brazil: WMA; 2013. Acesso. 2018;28(10).
- Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2014;48(16):1227-1234.
- Pescatello LS, Riebe D, Thompson PD. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Lippincott Williams & Wilkins; 2014. ISBN: 1609136055.
- Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med sci sports exerc*. 1982;14(5):377-381.
- Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*. 2001 2001/01/01;37(1):153-156.
- Banister E. Modeling elite athletic performance. In: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, editors. *Physiological Testing of the High-Performance Athlete*. 2 ed. Vol. 347. Champaign, Ill: Human Kinetics Books; 1991. 403-424 p. ISBN: 978-0873223003.
- Flack KD, Hays HM, Moreland J, Long DE. Exercise for Weight Loss: Further Evaluating Energy Compensation with Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2020;Publish Ahead of Print.
- Lerman J, Bruce R, Sivarajan E, Pettet G, Trimble S. Low-level dynamic exercises for earlier cardiac rehabilitation: aerobic and hemodynamic responses. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1976;57(8):355-360.

27. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *The Gerontologist*. 2013;53(2):255-267.
28. Smith WN, Del Rossi G, Adams JB, Abderlahman K, Asfour SA, Roos BA, Signorile JF. Simple equations to predict concentric lower-body muscle power in older adults using the 30-second chair-rise test: a pilot study. *Clinical interventions in aging*. 2010;5:173.
29. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Vol 2. New York Lawrence Erlbaum Associates; 1988. p. 20-26.
30. Cadore EL, Izquierdo M, Alberton CL, Pinto RS, Conceição M, Cunha G, Radaelli R, Bottaro M, Trindade GT, Krüel LFM. Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men. *Experimental Gerontology*. 2012 2012/02/01;47(2):164-169.
31. Guirado GN, Damatto RL, Matsubara BB, Roscani MG, Fusco DR, Cicchetto LA, Seki MM, Teixeira AS, Valle AP, Okoshi K. Combined exercise training in asymptomatic elderly with controlled hypertension: effects on functional capacity and cardiac diastolic function. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*. 2012;18(7):CR461.
32. Bishop DJ, Botella J, Granata C. CrossTalk opposing view: Exercise training volume is more important than training intensity to promote increases in mitochondrial content. *The Journal of physiology*. 2019;597(16):4115-4118.
33. Boukabous I, Marcotte-Chenard A, Amamou T, Boulay P, Brochu M, Tessier D, Dionne I, Riesco E. Low-Volume High-Intensity Interval Training (HIIT) versus Moderate-Intensity Continuous Training on Body Composition, Cardiometabolic Profile and Physical Capacity in Older Women. *J Aging Phys Act*. 2019;27(4):879-89
34. Mandic S, Tymchak W, Kim D, Daub B, Quinney HA, Taylor D, Al-Kurtass S, Haykowsky MJ. Effects of aerobic or aerobic and resistance training on cardiorespiratory and skeletal muscle function in heart failure: a randomized controlled pilot trial. *Clinical rehabilitation*. 2009;23(3):207-216.
35. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, Cooper C, Landi F, Rolland Y, Sayer AA. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and ageing*. 2018;48(1):16-31.
36. Helgerud J, Karlsen T, Kim W, Høydal K, Støylen A, Pedersen H, Brix L, Ringgaard S, Kvaerness J, Hoff J. Interval and strength training in CAD patients. *International journal of sports medicine*. 2011;32(01):54-59.
37. Flannery D, Hughson RL, Leicht AS, Zuo L, Howden EJ, La Gerche A, Boulosa DA, Hautala AJ, He F. Point: Counterpoint Commentaries on Point: Counterpoint: Exercise training-induced bradycardia. *Journal of Applied Physiology*. 2017;123(3):692-693.
38. Cabral-Santos C, Giacon T, Campos E, Gerosa-Neto J, Rodrigues B, Vanderlei L, Lira F. Impact of high-intensity intermittent and moderate-intensity continuous exercise on autonomic modulation in young men. *International journal of sports medicine*. 2016;37(06):431-435.