



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
Centro de Educação e Humanidades  
Instituto de Educação Física e Desportos

Andressa Santoro Faber Fidalgo

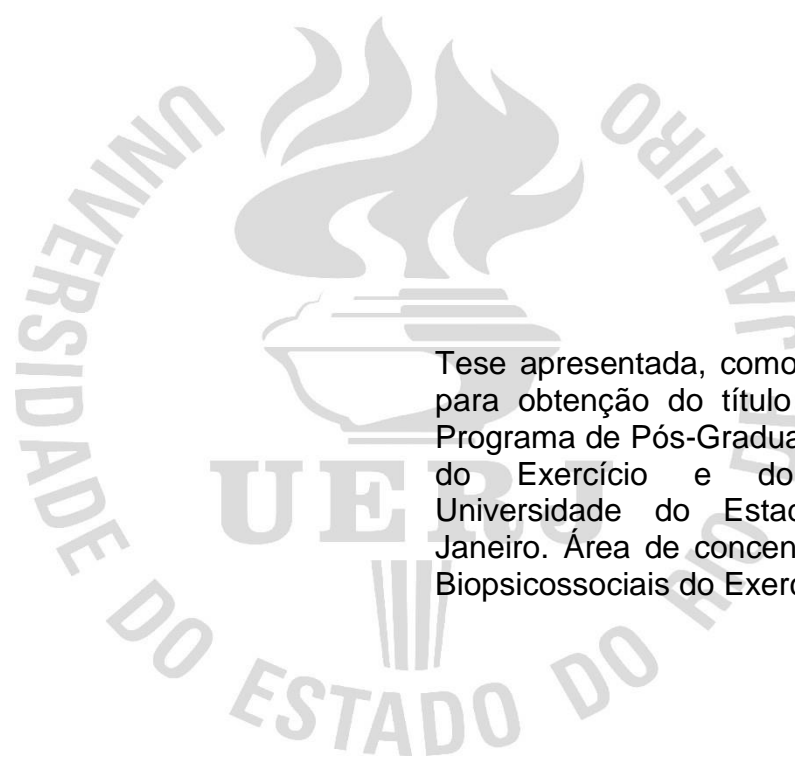
**Respostas psicofisiológicas decorrentes da aplicação de estímulos  
e intervalos autosseleccionados em sessões de *High-Intensity  
Interval Resistance Training* em homens treinados**

Rio de Janeiro

2023

Andressa Santoro Faber Fidalgo

**Respostas psicofisiológicas decorrentes da aplicação de estímulos e intervalos autosselecionados em sessões de *High-Intensity Interval Resistance Training* em homens treinados**



Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Orientador: Prof. Dr. Wallace David Monteiro

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Ribeiro Ramalho de Oliveira

Rio de Janeiro

2023

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

F449 Fidalgo, Andressa Santoro Faber.  
Respostas psicofisiológicas decorrentes da aplicação de estímulos e intervalos autosseleccionados em sessões de High-Intensity Internal Resistance Training em homens treinados / Andressa Santoro Faber Fidalgo. – 2023.  
125 f.: il.

Orientador: Wallace David Monteiro.  
Coorientador: Bruno Ribeiro Ramalho de Oliveira  
Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Treinamento intervalado de alta densidade – Teses.  
2. Exercícios em circuitos – Teses. 3. Estimulação física – Teses. 4. Exercícios físicos para homens – Teses. I. Monteiro, Wallace David. II. Oliveira, Bruno Ribeiro Ramalho de. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. IV Título.

CDU 796-055.1

Bibliotecária: Mirna Lindenbaum CRB7 4916

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Andressa Santoro Faber Fidalgo

**Respostas psicofisiológicas decorrentes da aplicação de estímulos e intervalos  
autosseleccionados em sessões de *High-Intensity Interval Resistance Training* em  
homens treinados**

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Aprovada em 25 de julho de 2023.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Wallace David Monteiro (Orientador)

Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

---

Prof. Dr. Bruno Ribeiro Ramalho de Oliveira (Coorientador)

Universidade Federal Rural do Estado do Rio de Janeiro

---

Prof. Dr. Sidnei Cavalcante da Silva

Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia

---

Prof. Dr. Jonas Lírio Gurgel

Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Dr. Humberto Lameira Miranda

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

---

Prof. Dr. Paulo de Tarso Veras Farinatti

Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

Rio de Janeiro

2023

## DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais Marco Antônio de Carvalho Fidalgo e Solange Santoro Faber, bem como à minha avó Stella que se encontra em outro plano espiritual. Esta Tese é fruto da dedicação e do amor de vocês na minha criação.

## **AGRADECIMENTOS**

Com humildade e gratidão, expresso meus profundos agradecimentos a pessoas e circunstâncias que me fizeram forte até aqui.

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder a força e a determinação necessárias para enfrentar os desafios ao longo dessa jornada acadêmica. Suas bênçãos e orientações foram fundamentais para me manter perseverante durante os momentos difíceis.

Aos meus queridos pais, razão desta caminhada, agradeço o incentivo, desde os tempos mais primórdios, na minha educação. Obrigada por todo o sacrifício, por me ensinarem valores e princípios e por me tornarem um ser humano íntegro e honesto. Se consegui chegar neste topo, é porque em cada degrau, tive vocês para me amparar na dificuldade. De todo o meu coração, isso aqui é pra vocês e por vocês. Esta vitória, como todas as outras, é nossa.

Agradeço à minha melhor amiga Thais Mesquita por seus ouvidos sempre disponíveis e por cada palavra e abraço acolhedores. Nossa amizade transcende este plano e é um dos combustíveis para me manter firme.

Ao meu amado companheiro de vida Marlon Andrade por nossa relação leve, feliz, e que é capaz de melhorar qualquer dia ruim. Obrigada pelas palavras de conforto e pelo abraço protetor.

Impossível não citar toda a ajuda, em diferentes esferas, dos meus amigos e companheiros de curso. Rui Pilon, Guilherme Rodrigues, Adriano Oliveira e Lenifran Matos, sem seus suportes técnicos e emocionais, esta caminhada teria sido extremamente mais difícil.

Ao meu orientador Prof. Dr. Wallace David Monteiro pela orientação e conhecimentos compartilhados e, principalmente, pela confiança depositada em mim nesses anos de trabalho que se iniciaram na graduação. Deixo registrado meu eterno e singelo sentimento de gratidão.

Agradeço ao Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde (LABSAU) e seus professores por permitirem a condução dos meus experimentos, utilizando as estruturas do laboratório. Também sou grata pelo suporte que sempre recebi dos professores, seja em reuniões científicas, conversas, discussões, em especial aos professores Wallace Monteiro, Paulo Farinatti e Bruno Ramalho.

À FAPERJ pela bolsa concedida para a realização da Tese de Doutorado.

O que for da profundidade do teu ser, assim será teu desejo. O que for teu desejo, assim será tua vontade. O que for tua vontade, assim serão teus atos. O que forem teus atos, assim será teu destino.

*Deepak Chopra*

## RESUMO

FIDALGO, Andressa Santoro Faber. *Respostas psicofisiológicas decorrentes da aplicação de estímulos e intervalos autosselecionados em sessões de High-Intensity Interval Resistance Training em homens treinados*. 2023. 125 f. Tese (Doutorado em Ciências do Exercício e Esporte) - Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

**Introdução:** Dentre as variáveis de prescrição do High-Intensity Interval Resistance Training (HIRT) que influenciam na sustentação das altas intensidades de esforço, destacam-se as durações dos estímulos e dos intervalos de recuperação entre os mesmos. Uma interessante estratégia para estipular a duração dos estímulos e dos intervalos ainda não investigada no HIRT, diz respeito à duração autosselecionada. **Objetivo:** Avaliar o efeito da manipulação de estímulos e intervalos de recuperação, estabelecidos com durações fixas e autosselecionadas em sessões de HIRT nas respostas psicofisiológicas, em homens treinados. **Métodos:** Foram desenvolvidos dois estudos, envolvendo amostras distintas. No estudo um foram realizadas três sessões de HIRT em forma de circuito, executadas com diferentes intervalos entre os estímulos, a saber: 10s (FRI-10), 30s (FRI-30) e autosselecionado (SSRI). No estudo dois foram aplicadas duas sessões de HIRT: a primeira envolvendo estímulos de duração autosselecionada (HIRT-AS) e a segunda, estímulos de duração fixa de 20s (HIRT-FX). Em ambos os dias o intervalo de recuperação entre estímulos foi fixo em 10s. Durante as sessões de exercício foram monitoradas as variáveis ventilatórias, frequência cardíaca (FC), lactato sanguíneo, percepção de recuperação, volume de treinamento nos exercícios e respostas afetivas e de divertimento. Para análise dos dados foram utilizados recursos de estatística paramétrica, adotando-se uma significância de  $p < 0,05$ . **Resultados:** Estudo 1: O consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) durante o exercício foi maior no FRI-10 ( $55\% VO_{2max}$ ) do que no FRI-30 ( $47\% VO_{2max}$  - FRI-30) ( $p = 0,01$ ), enquanto não houve diferença entre SSRI ( $52\% VO_{2max}$ ) e sessões realizadas com intervalos fixos ( $p > 0,05$ ). FC, EPOC, percepção de recuperação e respostas de divertimento foram semelhantes entre as condições ( $p > 0,05$ ). Estudo 2: O  $VO_2$  e a FC foram maiores no HIRT-FX vs. HIRT-AS (HIRT-FX =  $51\% VO_{2max}$ ; HIRT-AS =  $48\% VO_{2max}$ ,  $p = 0,04$ ; HIRT-FX =  $90\% FC_{max}$ ; HIRT-AS =  $88\% FC_{max}$ ,  $p = 0,04$ , respectivamente), mas com tamanho do efeito de baixa magnitude (ES = 0,28; ES = 0,21, respectivamente). O volume de treinamento e o tempo de sustentação das atividades nas altas intensidades de esforço foram superiores em HIRT-FX comparado a HIRT-AS ( $p < 0,05$ ; ES > 0,70). Já as respostas do lactato sanguíneo, variáveis afetivas e de divertimento não foram afetadas pelas diferentes estratégias de duração dos estímulos ( $p > 0,05$ ). **Conclusões:** A autosseleção da duração dos estímulos e dos intervalos de recuperação em sessões de HIRT parece ser tão eficiente quanto estímulos e intervalos de duração fixa na manutenção da alta intensidade das sessões. Já o volume de treinamento e o tempo de sustentação nas altas intensidades de esforço são afetados negativamente pela autosseleção da duração dos estímulos. Em adição, a forma pela qual as variáveis estudadas são estabelecidas no HIRT (fixa ou autosselecionada) parece não influenciar nas respostas afetivas e de divertimento em homens treinados. Dependendo do objetivo da prescrição, a autosseleção da duração dos estímulos e dos intervalos de recuperação é uma estratégia útil para ser adotada em sessões de HIRT, aplicadas em indivíduos treinados.

**Palavras-chave:** Treinamento intervalado de alta intensidade; treinamento em circuito, autosseleção do exercício, respostas afetivas.



## ABSTRACT

FIDALGO, Andressa Santoro Faber. *Psychophysiological responses resulting from the application of self-selected stimuli and rest intervals in High-Intensity Interval Resistance Training sessions in trained men*. 2023. 125 f. Tese (Doutorado em Ciências do Exercício e Esporte) - Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Introduction: Among the exercise prescription variables that enable sustaining high intensities in High-Intensity Interval Resistance Training (HIRT), the duration of stimuli and the recovery intervals between them stand out. An interesting strategy to determine the duration of stimuli and rest intervals not yet investigated in HIRT is the use of self-selected durations. Objective: Analyze the effect of fixed versus self-selected durations on psychophysiological responses in trained men performing HIRT sessions. Methods: Two separate studies were conducted on different groups. All subjects initially underwent a clinical examination and a cardiopulmonary exercise test on a treadmill. Subsequently, a familiarization with the HIRT circuits and with the devices used to perform them was carried out. In study one, from the third to the fifth day, three sessions of a HIRT circuit, consisting of four passages of four exercises, were performed in a random order. The sessions were performed with different recovery intervals between stimuli, namely: 10s (FRI-10), 30s (FRI-30) and self-selected (SSRI). In study two, on the third and fourth days, two HIRT sessions were applied: the first with self-selected stimuli duration (HIRT-AS) and the second with a fixed stimuli duration of 20s (HIRT-20). On both days, the recovery interval between stimuli was fixed at 10s, in a circuit composed of three passages in six exercises. During the exercise sessions, ventilatory variables, heart rate (HR), blood lactate, recovery perception, training volume, affective, and enjoyment responses were monitored. Parametric statistics were used for data analysis, adopting a significance level of  $p < 0.05$ . Results: Study 1: Oxygen consumption ( $VO_2$ ) during exercise was higher in the FRI-10 (55%  $VO_{2max}$ ) than in the FRI-30 (47%  $VO_{2max}$  - FRI-30) ( $p = 0.01$ ), while there was no difference between SSRI (52%  $VO_{2max}$ ) and sessions performed at fixed intervals ( $p > 0.05$ ). HR, EPOC, perceived recovery, and enjoyment responses were similar across conditions ( $p > 0.05$ ). Study 2:  $VO_2$  and HR were higher in HIRT-FX vs. HIRT-AS (HIRT-FX = 51% $VO_{2max}$ ; HIRT-AS = 48% $VO_{2max}$ ,  $p=0.04$ ; HIRT-FX = 90% $HR_{max}$ ; HIRT-AS = 88% $HR_{max}$ ,  $p = 0.04$ , respectively) , but with low magnitude effect sizes (ES = 0.28; ES = 0.21, respectively). The training volume and duration were higher in HIRT-FX compared to HIRT-AS ( $p < 0.05$ ; ES > 0.70). The blood lactate responses, affective, and enjoyment variables were not affected by the different stimuli duration strategies ( $p > 0.05$ ). Conclusions: Self-selection of stimulus duration and recovery intervals in HIRT sessions seems to be as efficient as fixed duration stimuli and rest intervals in maintaining high intensity. On the other hand, training volume and time sustained at high intensities are negatively affected by self-selection of stimulus duration. In addition, the way in which the studied variables are established in HIRT (fixed or self-selected) does not seem to influence affective and enjoyment responses in trained men. Depending on the prescription goals, self-selection of stimulus duration and recovery intervals may be a useful strategy to be adopted in HIRT sessions applied to trained individuals.

Keywords: High-intensity interval training; circuit training, self-selected exercise, affective responses.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACSM	<i>American College of Sports Medicine</i>
AHA	<i>American Heart Association</i>
All-out	Esforços realizados na máxima intensidade possível
bpm	Batimentos por minuto
CVI	Protocolo contínuo de intensidade vigorosa
DP	Desvio padrão
EPOC	Consumo de oxigênio pós-exercício
FC	Frequência cardíaca
FC <sub>máx</sub>	Frequência cardíaca máxima
FCR	Frequência cardíaca de reserva
FIIT-VP	Acrônimo para F: frequência, I: intensidade, T: tempo, T: tipo, V: volume
FRI	Intervalos de descanso fixos
HIIT	High Intensity Interval Training
HIRT	High-Intensity Interval Resistance Training
HIRT-FX	Sessão de HIRT com estímulos de duração fixa de 20 s
HIRT-AS	Sessão de HIRT com estímulos de duração autosselecionada
MET	Equivalente metabólico
MICT	Moderate Intensity Continuous Training
MM-HIIT	Protocolo HIIT Multimodal
NCHS	National Center for Health Statistics
PACES	Physical Activity Enjoyment Scale
RM	Repetição Máxima
ROW-HIIT	Protocolo HIIT utilizando remo ergômetro
S	Segundo
SIT	Sprint Interval Training
SSRI	Intervalos de descanso autosselecionados
TAD	Teoria da Autodeterminação
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TCPE	Teste cardiopulmonar de exercício
TQR	Total Quality Recovery Scale
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
VCO <sub>2</sub>	Produção de dióxido de carbono
V <sub>E</sub>	Ventilação-minuto
VO <sub>2</sub>	Consumo de oxigênio

VO<sub>2</sub>máx

Consumo máximo de oxigênio

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
1	<b>ARTIGO ORIGINAL 1 - AUTOSSELECIONADO OU FIXO: EXISTE UM INTERVALO DE DESCANSO IDEAL PARA CONTROLAR A INTENSIDADE NO HIRT?</b> .....	34
1.1	<b>Introdução</b> .....	35
1.2	<b>Métodos</b> .....	36
1.2.1	<u>Desenho Experimental</u> .....	36
1.2.2	<u>Amostra</u> .....	37
1.2.3	<u>Teste Cardiopulmonar de Exercício</u> .....	38
1.2.4	<u>Sessões de Familiarização e de HIRT</u> .....	38
1.2.5	<u>Consumo de Oxigênio e Frequência Cardíaca</u> .....	39
1.2.6	<u>Dispêndio Energético e EPOC</u> .....	40
1.2.7	<u>Percepção de Recuperação e Respostas de Divertimento</u> .....	40
1.3	<b>Análise Estatística</b> .....	41
1.4	<b>Resultados</b> .....	41
1.5	<b>Discussão</b> .....	48
1.6	<b>Referências</b> .....	51
2	<b>ARTIGO ORIGINAL 2 - RESPOSTAS CARDIOMETABÓLICAS, AFETIVAS E VOLUME DE TREINAMENTO EM SESSÕES DE HIGH-INTENSITY INTERVAL RESISTANCE TRAINING (HIRT) CONDUZIDAS COM ESTÍMULOS DE DURAÇÃO AUTOSSELECIONADA E FIXA</b> .....	53
2.1	<b>Introdução</b> .....	55
2.2	<b>Material e Métodos</b> .....	57
2.2.1	<u>Amostra</u> .....	57
2.2.2	<u>Anamnese</u> .....	57
2.2.3	<u>Coleta de dados</u> .....	58
2.2.4	<u>Procedimentos</u> .....	60
2.2.5	<u>Triagem de Saúde e Anamnese</u> .....	60
2.2.6	<u>Teste Cardiopulmonar de Exercício</u> .....	60
2.2.7	<u>Familiarização</u> .....	61

2.2.8	<u>Medida do Lactato Sanguíneo</u> .....	62
2.2.9	<u>Sessões de Exercício</u> .....	62
2.2.10	<u>Medida da Afetividade e Divertimento nas Sessões de HIRT</u> ....	64
2.3	<b>Análise Estatística</b> .....	64
2.4	<b>Resultados</b> .....	66
2.5	<b>Discussão</b> .....	75
2.6	<b>Conclusão</b> .....	79
2.7	<b>Referências</b> .....	80
3	<b>DISCUSSÃO GERAL</b> .....	85
	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	89
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	90
	<b>APÊNDICE A - Artigo Original 1</b> .....	104
	<b>ANEXO A - Termo de consentimento livre e esclarecido</b> .....	114
	<b>ANEXO B - Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa – Artigo 1</b> .....	116
	<b>ANEXO C - Escala de recuperação de qualidade total</b> .....	118
	<b>ANEXO D - Physical Activity Enjoyment Scale (PACES)</b> .....	119
	<b>ANEXO E - Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa – Artigo 2</b> .....	120
	<b>ANEXO F - Questionário PAR-Q</b> .....	122
	<b>ANEXO G - Anamnese</b> .....	123
	<b>ANEXO H - Feeling Scale</b> .....	124
	<b>ANEXO I . Felt Arousal Scale</b> .....	125

## INTRODUÇÃO

A prática sistematizada de exercícios físicos tem sido preconizada devido aos seus potenciais benefícios em indicadores de saúde (WARBURTON, BREDIN, 2017; SWIFT *et al.*, 2018; EKELUND *et al.*, 2019). Não é à toa que instituições como o *American College Sports Medicine* (ACSM), *American Heart Association* (AHA), bem como o *National Center for Health Statistics* (NCHS) são enfáticas ao mencionar que o comportamento sedentário e a inatividade física, constituem uns dos principais fatores de risco modificáveis para o desenvolvimento de diversas doenças (YOUNG *et al.*, 2016; LAVIE *et al.*, 2019; AUNE *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2022). Ainda de acordo com as instituições supracitadas, os componentes de um programa de exercícios físicos direcionados à promoção da saúde devem incluir, especialmente, exercícios aeróbios e de força muscular (GABER *et al.*, 2011; AREM, 2015; YOUNG *et al.*, 2016; LAVIE *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2022).

No que se refere especificamente do treinamento aeróbio, dentre as principais adaptações advindas da prática regular deste tipo de atividade que impactam positivamente na promoção da saúde, destaca-se o aprimoramento da aptidão cardiorrespiratória. Um bom condicionamento cardiorrespiratório está associado à redução da prevalência de doenças cardiovasculares, hipertensão, obesidade, síndrome metabólica, e diabetes tipo dois (TRAP *et al.*, 2019; LEMES *et al.*, 2019). Isso se deve, principalmente, pelo fato da prática regular de exercícios aeróbios atuar na regulação de indicadores, como a pressão arterial (SONG *et al.*, 2019), o colesterol (LIN *et al.*, 2015), bem como a resistência à insulina (TRAP *et al.*, 2019).

Em adição, para os indivíduos em idades mais avançadas, além dos benefícios descritos, a prática regular do exercício aeróbio concorre para a melhora da cognição, memória e da interação social (KERN, STORER, SCHON, 2021). Diante disso, a manutenção de níveis adequados de aptidão cardiorrespiratória, pode interferir de forma a reduzir o aparecimento de doenças e os declínios funcionais, culminando em uma vida mais saudável e independente (VANCAMPFORT *et al.*, 2017; VÉLEZ-TORAL *et al.*, 2017; ACSM, 2021).

Outro importante aspecto referente à aptidão cardiorrespiratória, diz respeito à sua relação com a redução da mortalidade em indivíduos saudáveis ou acometidos

por alguma doença, em diferentes idades (INBODEN *et al.*, 2018; SONG *et al.*, 2019; EZZATVAR *et al.*, 2021). Em relação a indivíduos idosos, por exemplo, Song *et al.*, 2019 conduziram um experimento para examinar a associação da aptidão cardiorrespiratória e a mortalidade por todas as causas de indivíduos de mais idade. Para tanto, foram utilizados os dados de 14.122 indivíduos referentes ao período de 2008 a 2011. Os principais achados do estudo revelaram que a aptidão cardiorrespiratória se mostrou forte preditora da mortalidade, independentemente da causa, ressaltando a importância da adoção de uma rotina de exercícios aeróbios para esta população. Outros estudos realizados caminharam na mesma direção, corroborando a premissa de que um bom condicionamento aeróbio associa-se à redução da mortalidade em indivíduos idosos (MARTINEZ-GOMEZ *et al.*, 2015; KOKKINOS *et al.*, 2021; QIU *et al.*, 2021). No caso de indivíduos em idades menos avançadas, um estudo realizado por Imboden *et al.*, 2018, avaliou a associação da aptidão cardiorrespiratória com a mortalidade por todas as causas, doenças cardiovasculares e câncer em homens e mulheres. A amostra foi composta por 4.137 indivíduos saudáveis, com idade média de 42 anos e os dados foram coletados no período de 1968 a 2016. Os autores concluíram que cada equivalente metabólico (MET) aumentado na aptidão cardiorrespiratória, associou-se a reduções de 11,6%, 16,1% e 14%, da mortalidade por todas as causas, doenças cardiovasculares e câncer, respectivamente.

Conforme destacado anteriormente, o condicionamento aeróbio e o risco de mortalidade constituem uma relação inversa, na qual o aumento dos níveis de aptidão cardiorrespiratória, pode reduzir a mortalidade por causas gerais e por doenças específicas em indivíduos de diferentes idades e condições de saúde (MYERS *et al.*, 2002; KOKKINOS *et al.*, 2008; MANDIC *et al.*, 2009; CURRIE *et al.*, 2013; AL RIFAI *et al.*, 2016; HARBER *et al.*, 2017; LAUKKANEN *et al.*, 2018; KOKKINOS *et al.*, 2021; QIU *et al.*, 2021). Logo, o engajamento em um programa de exercícios aeróbios deve ser encorajado em qualquer idade, uma vez que a prática dos mesmos influencia na aptidão cardiorrespiratória.

Está bem reportado na literatura que o indicador fisiológico que melhor expressa a aptidão cardiorrespiratória é o consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ ), que traduz a quantidade máxima de oxigênio que um indivíduo pode captar, transportar e consumir durante um esforço máximo (RANCOVIC *et al.*, 2010;

SHETE, BUTE, DESHMUKH, 2014; MCARDLE, KATCH, KATCH, 2016). Para aprimorar o  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  com o treinamento aeróbio o conjunto de variáveis metodológicas de prescrição do treinamento, que inclui a frequência semanal, a intensidade do esforço, bem como o tempo, tipo de atividade, o volume e a progressão, deve ser adequadamente combinado. O somatório destas diferentes variáveis tem sido denominado de princípio FIIT-VP (GARBER *et al.*, 2011; ACSM, 2021). Apesar de todas estas variáveis serem importantes, a intensidade do esforço tem recebido especial destaque, na medida em que o exercício executado em intensidades mais elevadas resulta em maiores ganhos no  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , quando comparado aos exercícios executados em intensidades baixa ou moderada (MIDGLEY, MCNAUGHTON, WILKINSON, 2006; HELGERUD *et al.*, 2007; GORMLEY *et al.*, 2008; KEMMLER *et al.*, 2014; MILANOVIĆ; SPORIŠ; WESTON, 2015; MACINNIS, GIBALA, 2017; SULTANA *et al.*, 2019).

Basicamente, o treinamento aeróbio pode ser prescrito de forma contínua e intervalada. Enquanto o trabalho contínuo caracteriza-se por esforços mais constantes, prescritos sem variações bruscas de intensidade ao longo da sessão de exercícios (HUGHES, ELLEFSEN, BAAR, 2018), o intervalado caracteriza-se, justamente, pela variação mais acentuada das intensidades ao longo da sessão (MACINNIS, GIBALA, 2017). Outro aspecto que diferencia essas duas formas de treinamento diz respeito à presença de recuperações ativas ou passivas, que, por vezes, podem ser aplicada no treinamento intervalado (BUCHHEIT, LAURSEN, 2013; LAURSEN, BUCHHEIT, 2019). Em se tratando da eficácia do treinamento intervalado descrita na literatura, o mesmo tem se mostrado como uma eficiente estratégia de prescrição do exercício para aumentar a aptidão cardiorrespiratória, devido à quantidade de trabalho acumulada em maiores intensidades de esforço (LAURSEN, 2010; GRACE *et al.*, 2017; SULTANA *et al.*, 2019; LAVÍN-PÉREZ *et al.*, 2021).

Embora o treinamento intervalado possa ser prescrito a partir de diferentes protocolos, uma tendência mais contemporânea para a sua aplicação relaciona-se à adoção de trabalhos com baixo volume, mas com permanência quase absoluta nas cargas mais elevadas de esforço, impondo uma intensidade total de trabalho próxima da máxima ou máxima. Apesar do conceito do treinamento intervalado ser usado há muito tempo para expressar o trabalho em diferentes intensidades e



durações (BILLAT 2001; GOMES 2009), atualmente, a adoção do termo High-Intensity Interval Training (HIIT) tem sido utilizado para expressar estes trabalhos intervalados de alta intensidade e curta duração (LAURSEN, 2010; BAYATI *et al.*, 2011; MILANOVIĆ; SPORIŠ; WESTON, 2015). O HIIT caracteriza-se pela utilização de estímulos máximos ou próximos do máximo, intercalados com curtos períodos de recuperação, delineados para favorecer a manutenção da alta intensidade tanto nos estímulos quanto nos períodos de recuperação (MCGEE, GIBALA, 2008; HAZELL *et al.*, 2010; ZIEMANN *et al.*, 2011; GIBALA e GILLEN *et al.*, 2016; KARLSEN *et al.*, 2017).

O HIIT tem sido alvo de várias investigações, devido aos seus efeitos no aprimoramento da aptidão cardiorrespiratória, bem como em outros componentes da aptidão física relacionada à saúde em diferentes populações (GRACIA-HERMOSO, 2016; SULTANA *et al.*, 2019; LAVÍN-PÉREZ *et al.*, 2021). Além disso, o interesse pelo HIIT se deve, em grande parte, à economia de tempo que esta forma de treinamento proporciona, uma vez que suas adaptações fisiológicas podem ser semelhantes ou superiores àquelas obtidas no treinamento contínuo de moderada intensidade e maiores durações. Por exemplo, no estudo conduzido por Jung *et al.*, (2015), dentre outras variáveis, foram comparadas as respostas do  $\dot{V}O_2$ , provenientes de sessões de treinamento contínuo (MICT) e de HIIT. Para tanto, 32 sujeitos foram randomizados nos dois grupos de intervenção (MICT = 17; HIIT = 15), que teve duração de quatro semanas. Os protocolos foram realizados três vezes por semana, e se diferenciaram em função do volume e intensidade do treinamento, a saber: o protocolo MICT envolveu 50 minutos de exercício contínuo a 65% da frequência cardíaca máxima ( $FC_{max}$ ), e o protocolo HIIT caracterizou-se por 10 estímulos de um minuto, a 90% da  $FC_{max}$ , intercalados por um minuto de descanso ativo. Ao somar o tempo de aquecimento, a parte principal e a volta calma, a sessão de HIIT durou 25 minutos. Mesmo com a metade do tempo, os efeitos sobre o  $\dot{V}O_{2máx}$  foram semelhantes nos dois protocolos.

Outro estudo digno de nota foi realizado por Nybo *et al.*, (2010) que examinou, dentre outras variáveis, as mudanças no  $\dot{V}O_{2máx}$  em homens destreinados submetidos a diferentes intervenções. Para tal, 36 homens destreinados foram submetidos a 12 semanas de intervenção e distribuídos em quatro grupos experimentais, a saber: HIIT (n=8), treinamento de força (STR) (n=8), treinamento

moderado contínuo (MOD) (n=9) e grupo controle (CON) (n=11). Quanto ao protocolo HIIT, o mesmo foi composto por cinco estímulos de corrida em esteira rolante, com duração de dois minutos, atingindo 95% da  $FC_{max}$  ao final dos mesmos, intercalados por um minuto de intervalo passivo. Já o protocolo MOD constituiu-se de 60 minutos de corrida contínua a 65% da  $FC_{max}$ , enquanto o protocolo STR caracterizou-se por três a quatro séries de seis exercícios resistidos com duração total de 60 minutos. Quanto às mudanças no  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , o protocolo HIIT, mesmo com um terço de duração, acarretou melhorias superiores quanto às verificadas nos protocolos STR e MOD. Outros estudos também compararam as respostas do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  entre o HIIT e o treinamento contínuo, mostrando uma superioridade do HIIT, mesmo quando aplicado em sessões com baixo volume (SULTANA *et al.*, 2019; CAO *et al.*, 2021).

Conforme destacado, apesar do volume das sessões de treinamento ser baixo nos protocolos HIIT, percebe-se que a duração dos estímulos variou de um a dois minutos na maior parte dos estudos. Contudo, alguns protocolos HIIT têm sido aplicados com estímulos e intervalos de recuperação mais curtos, implicando ainda mais em menores volumes das sessões de exercício (GILLEN *et al.*, 2016; KEATING *et al.*, 2017; SUN *et al.*, 2019). Quando o treinamento é aplicado nestes moldes, os estímulos são realizados na máxima intensidade possível, sendo designados de *all-out* (LAURSEN, BUCHHEIT, 2019). A vantagem dos estímulos *all-out* recai no fato de os mesmos não necessitarem de um teste prévio para calibrar a intensidade do esforço, já que a intensidade vai ser sempre máxima para um dado tempo de estímulo (BUCHHEIT, LAURSEN, 2013).

No que diz respeito às adaptações decorrentes do HIIT com estímulos *all-out*, inúmeros estudos têm investigado os efeitos da aplicação destes protocolos. Um dos pioneiros na investigação do HIIT de curta duração foi o Dr. Izumi Tabata, reitor da Universidade Ritsumeikan, em Quioto, no Japão. Tabata *et al.*, (1996) compararam os efeitos fisiológicos do treinamento intervalado de alta intensidade com o treinamento contínuo. O estudo foi composto por seis semanas de treinamento em cicloergômetro. O grupo da atividade contínua realizou o protocolo de treino cinco vezes na semana a uma intensidade de 70% do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  durante 60 minutos. Em contrapartida, o grupo que realizou o treinamento HIIT, se exercitava também cinco vezes na semana, sendo quatro dias com atividades constituídas por oito estímulos

de 20 segundos a uma intensidade de 170% do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , intercalados por 10 segundos de recuperação passiva. No quinto dia, este mesmo grupo realizou um treinamento contínuo com duração de 30 minutos a uma intensidade de 70% do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , seguido do mesmo treinamento HIIT realizado nos quatro dias. Após o período de intervenção, os indivíduos que realizaram o protocolo de HIIT apresentaram melhora na capacidade aeróbia equivalente ao grupo que realizou apenas treinamento contínuo, mesmo com o volume de treinamento inferior. Em adição, também se verificou que a capacidade anaeróbia melhorou no grupo que realizou o HIIT, diferentemente do grupo que executou treinamento contínuo. Aliás, a relação esforço-recuperação no protocolo HIIT proposto por Tabata *et al.*, (1996), tornou-se extremamente popular, sendo aplicada em diversos outros experimentos (MCRAE *et al.*, 2012; MENZ *et al.*, 2019; FIDALGO *et al.*, 2021; FIDALGO *et al.*, 2023).

Outro pesquisador digno de nota é o Dr. Martin Gibala, professor da Universidade de McMaster em Hamilton, Canada. Em um dos seus experimentos, Gibala *et al.* (2008) compararam os efeitos fisiológicos do *Sprint Interval Training* (SIT) com aqueles obtidos no treinamento aeróbio contínuo tradicional. O SIT consistiu em 4-6 estímulos à máxima potência possível, determinada pelo protocolo de *Wingate*, para uma carga de  $0.075 \text{ g.kg}^{-1}$  de massa corporal durante 30 segundos. Os estímulos eram interceptados por um intervalo de 4 minutos e 30 segundos e o protocolo era executado três vezes por semana. O treinamento aeróbio tradicional consistiu em 40-60 minutos de pedalada contínua a 65% do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , cinco vezes por semana. O principal achado refere-se a adaptações semelhantes de marcadores do músculo esquelético e metabolismo lipídico nos dois protocolos, apesar do volume total de treinamento do protocolo SIT ser significativamente menor em relação ao protocolo de treinamento contínuo.

Posteriormente, Gibala *et al.*, (2016) publicaram um protocolo ainda mais curto, comparando os efeitos fisiológicos de 12 semanas de intervenção. Os indivíduos foram divididos em dois grupos: um grupo realizou 45 minutos de pedalada contínua a 70% da  $FC_{max}$ . Já o outro grupo executou sessões de exercício intervalado de duração total de 10 minutos. As sessões eram compostas por dois minutos de aquecimento, seguidos por três estímulos *all-out* de 20 segundos intercalados por 2 minutos de recuperação, e finalizadas por três minutos de volta à

calma. Dentre os principais resultados destacam-se a melhora do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  de forma semelhante nos dois protocolos. Cabe ressaltar que o tempo total de trabalho em alta intensidade no protocolo SIT, totalizou um minuto em cada sessão de 10 minutos, ao passo que no protocolo contínuo, os indivíduos realizaram 50 minutos de exercício ininterruptos. Tais resultados ratificam a utilização de exercícios breves e de alta intensidade para o aprimoramento da aptidão cardiorrespiratória e otimização do tempo, em relação aos exercícios mais longos com menores intensidades.

A partir, principalmente, dos estudos realizados por Tabata e Gibala, tem-se observado diversos protocolos de treinamento intervalado com trabalhos em intensidade máxima ou quase máxima em curtos períodos de tempo, visando o aprimoramento do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , dentre outras variáveis fisiológicas. É importante destacar que uma característica básica desses protocolos recai nas curtas durações de treinamento, geralmente não excedendo 20 minutos de atividade (MCRAE *et al.*, 2012; MENZ *et al.*, 2019; DA SILVA MACHADO, 2019; FIDALGO *et al.*, 2021).

Contudo, apesar das adaptações fisiológicas positivas advindas do HIIT, os benefícios proporcionados pelo mesmo não são suficientes para garantir que os indivíduos irão se engajar em uma prática regular de exercícios físicos. Alguns aspectos relacionados às respostas psicológicas como o afeto e o divertimento com a atividade, podem influenciar o indivíduo na decisão em repetir uma sessão de exercícios (EKKEKAKIS 2009; WILLIAMS, 2008; POLLOCK *et al.*, 1978). No que diz respeito ao aspecto conceitual do afeto básico, suas dimensões são caracterizadas como valência e ativação. A valência é definida como uma dimensão bipolar que reflete o desfecho prazer/desprazer (EKKEKAKIS, PETRUZZELLO, 2002; TENENBAUM, EKLUND, 2007), podendo ser quantificada por meio de escalas bipolares que contém os eixos de afeto positivo (prazer) e afeto negativo (desprazer) (HARDY; REJESKI, 1989). Já a ativação, está relacionada ao nível de alerta do indivíduo, e é comumente associada aos mecanismos de luta e fuga, também sendo quantificada através de escalas bipolares (HARDY; REJESKI, 1989). Em adição às dimensões de afeto supracitadas está o divertimento, que também pode ser um mediador para a adesão ao exercício.

Nesse sentido, compreender a relação entre as respostas fisiológicas e afetivas no HIIT pode ser útil para ajustar as variáveis de prescrição de exercícios de

forma mais precisa, o que pode resultar em uma melhor adesão a um programa de exercícios. Dessa forma, ao levar em consideração tanto as respostas fisiológicas quanto as respostas afetivas dos indivíduos durante o treinamento HIIT, é possível otimizar a experiência com o treinamento, tornando-o mais agradável e, conseqüentemente, aumentando a probabilidade de o indivíduo repetir a sessão de exercícios no futuro (JEKAUC et al, 2015)

No que diz respeito à investigação da relação das respostas fisiológicas e afetivas no HIIT, alguns estudos centraram suas atenções neste aspecto, como destacado a seguir. Thum *et al.*, (2017), apontaram que o HIIT, possui aspectos desafiadores e motivantes, promovendo maior satisfação e prazer aos praticantes. Apesar da alta intensidade, aspectos como o menor tempo de duração das sessões, bem como a ausência de monotonia, fazem com que o HIIT seja percebido como mais prazeroso e satisfatório, quando comparado ao treinamento contínuo de maior duração, mesmo realizado em intensidades mais baixas (THUM *et al.*, 2017). Também é importante destacar que, além do prazer, atividades intensas com baixo volume, conduzidas neste formato de treinamento, podem ser úteis para alcançar a adesão ao treinamento (BARTLETT *et al.*, 2011; HEISZ *et al.*, 2016; TOWNSEND *et al.*, 2017; VELLA, TAYLOR, DRUMMER, 2017).

Por exemplo, em estudo conduzido por Jung *et al.*, (2015), 44 indivíduos foram submetidos a três sessões distintas de exercício em cicloergômetro, que incluíam um protocolo HIIT, um protocolo contínuo de moderada intensidade (CMI), bem como um protocolo contínuo de intensidade vigorosa (CVI). O protocolo HIIT, caracterizou-se por 10 tiros de um minuto a 100% da potência de pico, intercalados por um minuto de intervalo a 20% da potência de pico. Já a sessão CMI, envolveu 40 minutos de pedalada contínua a 40% da potência de pico, enquanto a sessão CVI englobou 20 minutos a 80% da potência de pico. A partir dos resultados obtidos, os autores concluíram que as respostas de prazer advindas das diferentes sessões, foram superiores no protocolo HIIT. Em adição, ao compararem as repostas acerca da intenção no engajamento em um programa de exercícios, 50% dos participantes relataram a preferência pelo HIIT, comparado aos protocolos CMI e CVI.

Outro estudo digno de nota, foi desenvolvido por Thum *et al.*, (2017), que compararam as respostas de prazer, afeto e percepção do esforço em 12 indivíduos saudáveis, submetidos ao treinamento contínuo de moderada intensidade (MICT), e

ao HIIT. O protocolo MICT foi constituído por 20 minutos de pedalada contínua a 20% da potência de pico, e o protocolo HIIT foi composto por oito tiros de um minuto a 85% da potência de pico, intercalados por um minuto de recuperação ativa. Os resultados mostraram maiores respostas de prazer após a realização do HIIT, bem como uma preferência pelo mesmo em comparação ao MICT.

Em uma interessante meta-análise, Oliveira *et al.*, (2018) compararam as respostas afetivas e de divertimento no HIIT *versus* treinamento contínuo. Para tanto, foi conduzida uma pesquisa nas bases de dados *PubMed*, *Scopus*, *ISI Web of Knowledge*, *PsycINFO* e *SPORTDiscus*. A partir dos resultados obtidos, verificou-se que o HIIT produziu respostas de divertimento superiores às verificadas no treinamento contínuo de moderada intensidade. Os autores concluíram que o HIIT pode configurar-se como uma estratégia viável para a obtenção de respostas psicológicas positivas.

Outro ponto a ser destacado que pode influenciar nas respostas afetivas no HIIT, refere-se à motivação do indivíduo com a prática com o exercício. Nesse sentido, a Teoria da Autodeterminação (TAD) descreve como os indivíduos podem ser motivados e conduzidos a um comportamento específico, como a prática de exercícios físicos (DECI, RYAN, 1985, RYAN, DECI, 2000; TEXEIRA *et al.*, 2012). Segundo esta teoria existem três tipos de motivação: a motivação intrínseca, que é motivada pela própria atividade e pelo prazer que ela proporciona; a motivação extrínseca, que é motivada por recompensas externas, como reconhecimento ou prêmios; e a motivação amotivada, que é a falta de motivação para realizar uma atividade (DECI, RYAN, 1985, PELLETIER *et al.*, 1995; RYAN, DECI, 2000; TEXEIRA *et al.*, 2012). A TAD destaca que a motivação intrínseca é a mais importante e saudável, pois os indivíduos se engajam na atividade porque a acham prazerosa e gratificante, e não porque estão sendo recompensados ou punidos (TEXEIRA *et al.*, 2012). Para promover a motivação intrínseca, é importante que os indivíduos sintam que têm autonomia, competência e relacionamento interpessoal. Ou seja, que possam de certa forma escolher e controlar a atividade, que sejam competentes para realizá-la e que tenham relacionamentos positivos com outras pessoas envolvidas na atividade. (DECI, RYAN, 2000, WILSON, RODGERS, 2004; EKEKAKIS, 2009, TEXEIRA *et al.*, 2012). No contexto do exercício físico, esse conceito tem sido aplicado por meio do exercício autosselecionado, no qual o próprio

praticante define o aspectos do seu treinamento (EKEKAKIS, 2009; TEXEIRA *et al.*, 2012). Esta estratégia possibilita ao indivíduo o autocontrole de uma ou mais variáveis de prescrição, atenuando possíveis respostas afetivas negativas ao exercício de alta intensidade.

Como destacado nos parágrafos anteriores, o HIIT pode ser aplicado com protocolos variados, que são delineados para atingir diferentes objetivos, atendendo distintas populações (GRACIA-HERMOSO, 2016; SULTANA *et al.*, 2019; LAVÍN-PÉREZ *et al.*, 2021). Dentre os protocolos de treinamento intervalado, uma interessante estratégia que vem sendo investigada, diz respeito à adoção de circuitos envolvendo exercícios contrarresistência, geralmente realizados em elevada ou máxima velocidade (MCRAE *et al.*, 2012; BUCKLEY *et al.*, 2015; FALCONE *et al.*, 2015; SPERLICH *et al.*, 2017; SCHAUN *et al.*, 2018; MONTEIRO *et al.*, 2022; GUTIÉRREZ-ARROYO *et al.*, 2023). Por constituir o foco central da presente tese, estes protocolos serão descritos de forma mais aprofundada, em seções nas quais serão apresentados e analisados os aspectos conceituais desta forma de treinamento e os aspectos metodológicos que regem a sua aplicação, com destaque para os estímulos e intervalos autosselecionados.

### **O problema conceitual**

O treinamento intervalado utilizando circuitos com exercícios contrarresistência tem recebido várias designações na literatura. Na prática, esta variação terminológica pode estar associada a alguns aspectos. O primeiro reside no fato de os exercícios contrarresistência serem executados com uma ampla variação de recursos (BUCKLEY *et al.*, 2015; SCHAUN *et al.*, 2018; ARMAS *et al.*, 2020; MONTEIRO *et al.*, 2022; GUTIÉRREZ-ARROYO *et al.*, 2023). Dentre os principais implementos utilizados nos estudos supracitados, destacamos os pesos livres (barras com tamanhos e formatos variados, halteres, caneleiras, *medicine ball* e *kettlebell*), máquinas de exercício contrarresistência, peso corporal, bandas elásticas, fitas de suspensão, corda naval, dentre outros. Em adição, os exercícios podem ser executados com diferentes velocidades de execução, englobando desde esforços *all-out* (MACHADO *et al.*, 2022; NUÑES *et al.*, 2020; FIDALGO *et al.*, 2021; MONTEIRO *et al.*, 2022) até velocidades controladas (ARMAS *et al.*, 2020). Também podem ser conduzidos com o corpo fixo em máquinas de treinamento

contrarresistência (BENITO *et al.*, 2016), bem como executados através de exercícios funcionais, que exigem variações de postura, equilíbrio, agilidade e coordenação (SPERLICH *et al.*, 2017; MONTEIRO *et al.*, 2022). Esta grande possibilidade de execução dos exercícios, faz com o que os autores utilizem diferentes designações na tentativa de traduzir de forma mais específica a atividade realizada.

Com o objetivo de identificar as principais nomenclaturas utilizadas nos circuitos HIIT com exercícios contrarresistência, realizou-se uma revisão de literatura, utilizando a base de dados *Medline* (acessada pelo *PubMed*). A pesquisa foi realizada usando uma combinação de descritores, em maio de 2021, sem restrição de data, identificando artigos potencialmente relevantes, publicados na língua inglesa. Para tanto, optou-se por utilizar uma estratégia de busca estritamente relacionada aos termos utilizados em circuitos desta natureza, para evitar a filtragem de artigos relacionados ao treinamento contrarresistência tradicional. Logo, uma estratégia de pesquisa booleana foi realizada, utilizando os termos descritos a seguir: "Circuit-Based Exercise[MeSH]" OR "Circuit-Based Exercises[TI]" OR "Exercise, Circuit-Based[TI]" OR "Exercises, Circuit-Based[TI]" OR "Circuit Training[TI]" OR "Training, Circuit[TI]" OR "Whole Body[TI]" OR "Functional Circuit[TI]" AND "High-Intensity Interval Training[MeSH]" OR "High-Intensity Interval Trainings[TI]" OR "High Intensity Interval Training[TI]" OR "Interval Training, High-Intensity[TI]" OR "Interval Trainings, High-Intensity[TI]" OR "Training, High-Intensity Interval[TI]" OR "Trainings, High-Intensity Interval[TI]" OR "High-Intensity Intermittent Exercise[TI]" OR "Exercise, High-Intensity Intermittent[TI]" OR "Exercises, High-Intensity Intermittent[TI]" OR "High-Intensity Intermittent Exercises[TI]" OR "Sprint Interval Training[TI]" OR "Sprint Interval Trainings"[TI]"

Foram selecionados os artigos que tinham como objetivo primário fornecer informações acerca da aplicação dos protocolos HIIT, utilizando exercícios contrarresistência. Os seguintes tipos de estudos foram excluídos da revisão: 1) artigos que não se referiam ao circuito HIIT utilizando exercícios contrarresistência; 2) artigos que se referiam ao treinamento de força convencional; 3) artigos que se referiam ao treinamento de força em circuito não executado com as características do HIIT. Os artigos foram selecionados para inclusão por três métodos: 1) somente pelo título; 2) pelo título e resumo; e 3) leitura completa do texto. Além disso, uma



pesquisa manual foi realizada nas listas de referências de todos os artigos elegíveis. A partir da leitura dos estudos selecionados, foram identificadas diferentes nomenclaturas, bem como as características básicas dos circuitos associados às mesmas, que são apresentadas no quadro um, descrito a seguir.

Quadro 1: Principais nomenclaturas e características metodológicas dos circuitos HIIT utilizando exercícios contrarresistência.

Referencia	Definição utilizada	Resistência utilizada	Velocidade de execução	Amostra
Nuñez <i>et al.</i> , (2020)	High-Intensity Circuit Training	Exercícios com peso corporal e corrida na esteira rolante	<i>All-out</i>	14 h (25.7±4.4 anos; VO <sub>2max</sub> =47.6±4.3 ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )
Ballesta-García (2019)	High-Intensity Interval Circuit Training	Exercícios com peso corporal e sobrecarga adicional, e exercícios metabólicos	14-18 (Escala de Borg)	17 m (67.8±6.2 anos, fisicamente ativas)
Schaun <i>et al.</i> , (2018)	Whole-Body High-Intensity Interval Training	Exercícios com peso corporal	<i>All-out</i>	55 h (23.7±0.7 anos, fisicamente ativos)
Sperlich <i>et al.</i> , (2017)	Functional High-Intensity Circuit Training	Exercícios com peso corporal	<i>All-out</i>	11 m (23.0±2 anos, inativas e com sobrepeso)
Myers <i>et al.</i> , (2015)	Whole-Body Aerobic Resistance Training Circuit	Exercícios com peso corporal e sprints de corrida	<i>All-out</i>	34 m (20.9±3.2 anos, sedentárias)
Buckley <i>et al.</i> , (2015)	Multimodal High-Intensity Interval Training	Exercícios com peso corporal e/ou sobrecarga adicional, e exercícios metabólicos	<i>All-out</i>	28 m (24.7±5.4 anos, recreacionalment e ativas, VO <sub>2max</sub> =36.2±5.7 ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )
Armas <i>et al.</i> , (2020)	Bodyweight Resistance Exercise Circuit	Exercícios com peso corporal	Utilização de metrônomo	12 (6 h), (24.0±4.3 anos saudáveis)
Brown <i>et al.</i> , (2018)	Multimodal High-Intensity Interval Training	Exercícios com peso corporal e exercícios com sobrecarga adicional, e exercícios	<i>All-out</i>	9 m (23.78±6.40 anos, recreacionalment e ativas)

		metabólicos		$VO_{2max}=30.33\pm 5.5$ 9 ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )
McRae <i>et al.</i> , (2012)	Whole Body Aerobic Resistance Training	Exercícios com peso corporal e/ou com sobrecarga adicional	<i>All-out</i>	22 m (20.3±1.4 anos, recreacionalment e ativas $VO_{2max} = 43\pm 7.6$ ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )
Hendker and Elis (2021)	Functional Interval- Type Outdoor Training	Exercícios com peso corporal e/ou com sobrecarga adicional	Velocidade que permitisse estar a 80% FC <sub>max</sub>	43 (30 m) (33.9±6.8 anos, recreacionalment e ativos)
Gist <i>et al.</i> , (2015)	High-Intensity Whole-Body Calisthenics	Exercícios com peso corporal	<i>All-out</i>	26 h (20.5±1.7 anos  $VO_{2max}=52.0\pm 5.8$ ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )
Evangelista <i>et al.</i> , (2019)	High-Intensity Intermittent Calisthenic Training	Exercícios com peso corporal	<i>All-out</i>	25 h (28.3±6.8 anos, saudáveis)
Tibana <i>et al.</i> , (2018)	High Intensity Functional Training	Exercícios com peso corporal e/ou com sobrecarga adicional	<i>All-out</i>	13 h (27.2±3.3 anos, ativos)
Tibana <i>et al.</i> , (2018)	CrossFit	Exercícios com peso corporal e/ou com sobrecarga adicional	<i>All-out</i>	9 h (27.7±3.2 anos, ativos)
Paoli <i>et al.</i> , (2012)	High-Intensity Interval Resistance Training*	Exercícios em máquinas	Sem controle da velocidade	18 h (28±4.5 anos, treinados)
Fidalgo <i>et al.</i> , (2021)	High-Intensity Interval Resistance Training	Exercícios com peso corporal e/ou com sobrecarga adicional	<i>All-out</i>	16 h (28±3.9 anos, ativos $VO_{2max} =$ 56.6±7.5)

Legenda: \*: Apesar desta nomenclatura, o protocolo de treinamento utilizado neste estudo, refere-se aos exercícios contrarresistência realizados de forma tradicional e com alta carga. Fonte: Andressa Fidalgo, 2022.

Como pode ser observado, verifica-se uma ampla variação terminológica, relacionada à descrição dos circuitos HIIT envolvendo exercícios contrarresistência. Dentre os resultados encontrados, destacam-se trabalhos que valeram-se de metodologias similares, porém com definições distintas, bem como trabalhos com configurações diferentes, valendo-se das mesmas definições. Cabe destacar que a nomenclatura é bastante variada devido a aspectos que incluem a utilização de

diversos exercícios contrarresistência. Logo, devido às possíveis variações na aplicação destes protocolos, é aceitável que diferentes nomenclaturas sejam utilizadas, na tentativa de melhor especificar as características dos circuitos utilizados nos diferentes estudos.

Para efeito de padronização na redação da presente tese, utilizaremos o termo High-Intensity Interval Resistance Training (HIRT), por entender que esta definição descreve com maior exatidão as atividades intervaladas de alta intensidade, realizadas com exercícios contrarresistência, independentemente da característica de exercício e equipamento utilizado. Contudo, quando nos referirmos a estudos já publicados, serão preservados os nomes originais descritos pelos autores.

### **Aspectos metodológicos dos circuitos HIRT**

Apesar da popularidade alcançada por estes circuitos, a literatura ainda é carente de estudos que avaliaram os efeitos da manipulação das diferentes variáveis metodológicas de prescrição do exercício nas respostas agudas e crônicas ao esforço. Nesse sentido, variáveis como intervalo entre os estímulos, ordem de execução dos exercícios, cargas utilizadas e velocidade de execução dos exercícios ainda carecem de investigações. O que se vê na prática, como detalhado a seguir, são estudos que compararam os efeitos de protocolos envolvendo diferentes modalidades de treinamento, sobre as respostas fisiológicas e perceptivas ao esforço.

Uma linha de investigação muito adotada nas pesquisas consiste na comparação das respostas obtidas nos circuitos HIRT *versus* às obtidas em ergômetros, como a esteira rolante e a bicicleta ergométrica. Nesse sentido, Williams e Kraemer (2015) compararam as respostas cardiorrespiratórias e o gasto calórico em oito sujeitos treinados ( $21.5 \pm 0.86$  anos,  $VO_{2max} = 52.16 \pm 6.55 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) que realizaram dois protocolos HIIT. No protocolo um foram executadas três séries de 30 s de *sprint* em bicicleta estacionária, intercalados por quatro minutos de descanso ativo entre o primeiro e segundo estímulo, bem como entre o segundo e terceiro estímulo. A fim de parear o tempo da sessão nos protocolos, após o terceiro estímulo, os dados foram monitorados por um tempo de dois minutos e 30 s. Já no protocolo dois, os sujeitos realizaram uma sequência de quatro exercícios contrarresistência, com estímulos de 20 s em intensidade *all-out*, intercalados por 10

s de descanso passivo. Este circuito consistiu em três passagens por quatro exercícios, todos executados com *kettlebell*. Em ambos os protocolos, o tempo das sessões foi de 12 minutos. Em conclusão, os autores verificaram que os valores de  $VO_2$ , FC e gasto calórico foram maiores no circuito com exercícios contrarresistência, comparado ao protocolo realizado em bicicleta ergométrica.

Em outro estudo digno de nota, Falcone *et al.*, (2015) compararam quatro protocolos em amostra composta por nove homens recreacionalmente ativos ( $25 \pm 7$  anos). O primeiro foi composto por uma sessão típica de treinamento contrarresistência, na qual foram realizadas três séries de 10 repetições em seis exercícios, executados com carga equivalente a 70% de uma repetição máxima (1RM). O descanso entre cada série foi de 60 segundos, totalizando 30 minutos de exercício. O segundo e terceiro protocolos caracterizaram-se por 30 min de estímulo contínuo, a 70% da  $FC_{max}$  em esteira rolante e bicicleta estacionária, respectivamente. O último protocolo foi composto por um circuito de exercícios contrarresistência de 32 minutos, composto por oito exercícios, executados por 20 s e intercalados por 40 segundos de descanso. Como principais resultados os autores destacaram maiores valores de FC e maior gasto calórico no circuito contrarresistência, em comparação com o protocolo contrarresistência tradicional e os exercícios contínuos realizados em esteira e bicicleta.

Posteriormente, Schaun *et al.*, (2018) compararam as respostas cardiorrespiratórias após treinamento de 16 semanas em três intervenções, executadas três vezes por semana. Cinquenta e cinco homens treinados ( $23.7 \pm 0.7$  anos) foram randomizados em três grupos, a saber: [HIIT tradicional utilizando ergômetros (HIIT-T); HIIT *whole-body* (HIIT-WB) e treinamento aeróbio contínuo (MICT)]. No protocolo HIIT-T os sujeitos realizavam oito estímulos de 20 segundos a 130% da velocidade de  $VO_{2max}$ , interseptados por 10 segundos de descanso passivo. Já no protocolo HIIT-WB, os sujeitos seguiram a mesma relação esforço-recuperação proposta no HIIT-T, utilizando uma sequência de quatro exercícios com peso corporal realizados em intensidade *all-out*. Por fim, o protocolo MICT consistiu em 30 minutos de corrida contínua a 90-95% da FC obtida no segundo limiar ventilatório. Como principais resultados, destacam-se as adaptações similares no  $VO_{2max}$  em ambos os protocolos, apesar da disparidade das durações das atividades intervaladas *versus* a atividade contínua.

Em outro trabalho, Schaun *et al.*, (2018), valeram-se das mesmas intervenções, centrando suas atenções nas respostas neuromusculares obtidas após o período de treinamento. Nesse caso, a amostra foi composta por 41 homens ( $23.73 \pm 0.65$  anos,  $VO_{2max} = 46.66 \pm 7.27 \text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), que foram randomizados nos três grupos (HIIT-T; HIIT-WB; MICT). Os principais achados mostraram que a potência de pico no salto vertical aumentou apenas nos protocolos HIIT-T e HIIT-WB, após a intervenção. Em adição, os sujeitos que realizaram o protocolo HIIT-WB também exibiram aumento do número de repetições realizadas nos exercícios propostos, mostrando que este foi o único protocolo efetivo para desenvolver a aptidão cardiorrespiratória e diferentes manifestações de força.

De maneira geral, os estudos mencionados anteriormente revelam que os circuitos desse tipo são igualmente ou até mais eficazes na manutenção dos níveis elevados de intensidade durante o exercício. Além disso, tem sido demonstrado que esse tipo de treinamento é capaz de melhorar tanto a aptidão cardiorrespiratória e a força muscular em suas diversas manifestações (MCRAE *et al.*, 2012; BUCKLEY *et al.*, 2015; SPERLICH *et al.*, 2017; BALLESTA-GARCÍA *et al.*, 2019; GUTIÉRREZ-ARROYO *et al.*, 2023). Isso evidencia que os protocolos HIRT podem ser utilizados de forma eficaz para aprimorar simultaneamente diferentes componentes da aptidão física relacionada à saúde.

Em uma segunda linha de investigação pouco explorada na literatura, os estudos compararam as respostas obtidas em circuitos HIRT que mesclaram exercícios contrarresistência com diferentes modalidades de exercícios aeróbios. Nesse sentido, Buckley *et al.*, (2017) compararam as respostas fisiológicas do HIIT tradicional utilizando remo ergômetro (Row-HIIT) *versus* um circuito HIRT (MM-HIIT), composto por diferentes exercícios. Vinte e oito mulheres jovens recreacionalmente ativas completaram seis semanas de Row-HIIT ou MM-HIIT. O protocolo Row-HIIT consistiu em seis rounds de 60 s de remo ergômetro em intensidade *all-out*, interseptados por três min de descanso passivo. Já o protocolo MM-HIIT, seguiu a mesma relação esforço/recuperação do Row-HIIT. Contudo, os 60 s de estímulos foram compostos por 4-6 repetições de exercício de força para grandes grupamentos musculares, seguidos por 8-10 repetições de exercícios para pequenos grupamentos musculares. Como a execução dessas duas séries de exercícios não atingiam 60 s, os praticantes realizaram exercícios aeróbios de corpo

inteiro, incluindo o remo ergômetro, para completar o tempo de estímulo. Como principais resultados, ambos os protocolos resultaram em adaptações aeróbias e anaeróbias semelhantes, mas o MM-HIIT resultou em maior aumento nas variáveis relacionadas ao desempenho muscular do que Row-HIIT.

Outro estudo digno de nota comparou as respostas cardiorrespiratórias e de dispêndio energético em vinte e nove indivíduos randomizados em três intervenções realizadas em circuito (BENITO *et al.*, 2016). Um dos protocolos foi composto por exercícios contrarresistência executados em máquinas (CM). O outro foi composto por pesos livres (FW), e por fim, o terceiro protocolo envolveu uma combinação de pesos livres com exercícios aeróbios (CE). Nesse último caso, a sessão contou com uma estação de atividade aeróbia (corrida a 70 % da FCR, durante 45 s) entre os exercícios de força. Cada estação de exercício contrarresistência foi realizada durante 45 s com 70% de 15 RM em uma cadência de 2 s de fase concêntrica e 1 s de fase excêntrica, totalizando 15 repetições por série. Foram aplicados intervalos de 15 s entre séries, que foram repetidas três vezes em todos os protocolos, totalizando 23 min e 15 s por sessão. Como principais resultados destacam-se maiores consumo de oxigênio e dispêndio energético durante a sessão CE, comparada às demais. É importante destacar que a inclusão do exercício aeróbio entre as estações de força foi responsável por uma menor produção de lactato na sessão CE. Isso mostra que a inclusão de uma atividade aeróbia entre os exercícios de força pode ser uma estratégia útil para manter os indivíduos nas intensidades de esforço mais elevadas, com menor produção de metabólitos.

Mais recentemente, Nuñez *et al.*, (2020) compararam o gasto calórico e as respostas cardiorrespiratórias em 14 indivíduos, randomizados em dois circuitos HIRT. O protocolo 1 (HIC) foi composto por seis tiros de corrida de 30 s a 105%  $vVO_{2max}$ , intercalados por estímulos de 90 segundos a 3 milhas/hora, sucedidos por nove exercícios contrarresistência para grandes grupamentos musculares. Já no protocolo 2 (TRI), os sujeitos realizaram os mesmos exercícios, contudo, após finalizar uma sequência de três exercícios contrarresistência, os indivíduos realizaram dois estímulos de HIIT, iguais aos aplicados na outra sessão. Nesse caso, ambos os protocolos tiveram o mesmo volume de exercícios com diferentes ordens de execução nos dois protocolos. Em conclusão, no protocolo HIC, verificaram-se maiores gasto energético e EPOC, em comparação ao protocolo TRI.

Embora a intensidade do esforço tenha sido semelhante nas duas sessões, os autores destacam que realizar os tiros de corrida antes do circuito de exercícios contrarresistência, pode ser uma estratégia útil para produzir um maior gasto calórico em comparação aos tiros realizados no meio da série. É importante destacar que o número de estudos que investigaram diferentes metodologias de circuitos mistos, ainda é bastante reduzido. Por isso, investigações futuras devem centrar suas atenções nas respostas agudas e crônicas ao esforço decorrentes de diferentes composições destes circuitos.

Como destacado nos parágrafos anteriores, embora a prática do HIRT venha recebendo atenção devido aos seus inúmeros benefícios, algumas questões que permeiam sua prescrição ainda permanecem sem resposta. Por exemplo: quais os efeitos de diferentes ordens de execução dos exercícios nos indicadores de intensidade do esforço ao longo da sessão? Qual a influência da manipulação de diferentes cargas nos exercícios nas respostas fisiológicas agudas ao esforço? Quais os efeitos da aplicação de diferentes velocidades de execução dos exercícios nos indicadores de fadiga e intensidade ao esforço? Quais as implicações de diferentes relações esforço-recuperação nas respostas fisiológicas e perceptivas ao esforço? Quais os efeitos da manipulação da duração dos estímulos e dos intervalos de recuperação nas respostas agudas ao esforço? Qual o impacto da aplicação do exercício autosseleccionado nas respostas psicofisiológicas ao esforço? Outros questionamentos ainda poderiam ser levantados, devido às diversas possibilidades de manipulação e combinação das variáveis de prescrição do exercício em circuitos desta natureza. Nos desperta especial interesse as diferentes estratégias para estipular a duração dos estímulos e intervalos de recuperação, uma vez que este é um aspecto relevante no delineamento dos circuitos HIRT.

### **Justificativa**

Dentre as vantagens da aplicação dos protocolos HIRT destacam-se os ganhos simultâneos de aptidão cardiorrespiratória e força muscular (MCRAE *et al.*, 2012; BUCKLEY *et al.*, 2015; SPERLICH *et al.*, 2017; BALLESTA-GARCÍA *et al.*, 2019; MONTEIRO *et al.*, 2022; GUTIÉRREZ-ARROYO *et al.*, 2023). Em adição, a eficiência temporal em promover efeitos positivos em sessões de curta duração, tem motivado o emprego destes protocolos em diferentes populações (HARRIS *et al.*,

2017; MORO *et al.* 2017; SCHAUN *et al.*, 2018; HARVEY *et al.*, 2018; MARTINS *et al.*, 2018). Contudo, a forma pela qual as variáveis de prescrição do exercício são manipuladas, pode acarretar diferentes respostas fisiológicas (MACHADO *et al.*, 2022; PROTZEN *et al.*, 2020; SMILIOS *et al.*, 2018; PIERO *et al.*, 2018) e perceptivas ao esforço (PIERO *et al.*, 2018; SCHOENMAKERS, REED, 2019). Dentre as principais variáveis metodológicas de prescrição dos circuitos desta natureza, destaca-se as durações dos estímulos e dos intervalos de recuperação, intimamente ligadas à manutenção do exercício em altas intensidades (LAURSEN *et al.*, 2019; FIDALGO *et al.*, 2021). Apesar da manipulação adequada destas variáveis ser fundamental em qualquer tipo de treinamento intervalado, a literatura ainda não esclareceu pontos essenciais que poderiam auxiliar no controle fisiológico dos circuitos HIRT. Tais aspectos são levantados a seguir com o intuito de justificar a realização da presente tese.

Nosso principal foco recai na aplicação de estímulos e intervalos de durações autosselecionadas e suas influências nas respostas de diferentes indicadores de intensidade dos circuitos HIRT. Em programas de treinamento aeróbio, o tempo sustentado em altas intensidades de esforço, é um elemento fundamental para o aprimoramento da aptidão cardiorrespiratória (MACINNIS, *et al.*, 2017). Nesse sentido, a duração dos estímulos e dos intervalos de recuperação no HIRT influenciam as respostas de indicadores de intensidade do esforço, como  $VO_2$ , FC, lactato sanguíneo (GERMANO *et al.*, 2022; MACINNIS *et al.*, 2017; SMILIOS *et al.*, 2018; SHI *et al.*, 2018; LAURSEN, BUCHHEIT, 2019), bem como na ressíntese de substratos e atuação dos diferentes sistemas de produção de energia (SOUZA *et al.*, 2017).

Além disso, apesar das adaptações fisiológicas advindas do HIRT, as mesmas não são suficientes para garantir o envolvimento dos indivíduos em um programa de exercícios físicos. Por isso, respostas psicológicas como o prazer e o divertimento, desempenham um papel importante na decisão de repetir as sessões de exercícios (EKKEKAKIS 2009; WILLIAMS, 2008; RHODES, KATES, 2015). Logo, considerar conjuntamente as respostas fisiológicas e afetivas ao treinamento pode ser útil no delineamento de sessões de exercício que favoreçam o engajamento a longo prazo, especialmente em se tratando de sessões cujas variáveis podem ser executadas de forma imposta ou autosselecionada pelos praticantes.



No que diz respeito à aplicação de estímulos e intervalos de recuperação de durações autosseleccionadas no HIRT a literatura ainda é escassa. Embora alguns estudos tenham demonstrado que a autosseleção de variáveis de prescrição dos exercícios pode ser útil na manutenção de altas intensidades do esforço no treinamento intervalado, os mesmos foram conduzidos em protocolos aplicados em bicicleta ergométrica e esteira rolante (KELLOGG *et al.*, 2019; MCEWAN *et al.*, 2018; SCHOENMAKERS, REED, 2018). É fundamental ressaltar que os resultados de estudos com cicloergômetro e esteira rolante não podem ser extrapolados ao HIRT, devido a diversos aspectos, como destacados a seguir. Atividades aeróbias como caminhada, corrida e pedalada, por exemplo, caracterizam-se pelo recrutamento dos mesmos grupamentos musculares durante a toda a atividade. Embora a intensidade do esforço possa ser manipulada com alterações na velocidade da caminhada/corrída, ou rotações por minuto e carga, na bicicleta, o gesto motor permanece o mesmo.

Diferentemente do trabalho realizado em ergômetros uma sessão de HIRT caracteriza-se por variadas combinações de exercícios, executados com grupos musculares de diferentes tamanhos (SPERLICH *et al.*, 2017; NUÑES *et al.*, 2020; HENDKER AND ELIS *et al.*, 2021; MACHADO *et al.*, 2022; MONTEIRO *et al.*, 2022; GUTIÉRREZ-ARROYO *et al.*, 2023). Outro aspecto a ser destacado, recai na adoção de exercícios com diferentes padrões de movimentos na mesma sessão, como empurrar, puxar, saltar e agachar, dentre outros (BUCKLEY *et al.*, 2015; MYERS *et al.*, 2015; BORNATH, KENNO *et al.*, 2022; MACHADO *et al.*, 2022; MONTEIRO *et al.*, 2022; GUTIÉRREZ-ARROYO *et al.*, 2023). A ordem de execução e o número de exercícios também são aspectos que podem sofrer grandes variações, diferenciando este tipo de circuito das atividades aeróbias executados com único gesto motor (BUCKLEY *et al.*, 2015; NUÑES *et al.*, 2020; HENDKER AND ELIS *et al.*, 2021; MACHADO *et al.*, 2022; MONTEIRO *et al.*, 2022; GUTIÉRREZ-ARROYO *et al.*, 2023). Outro aspecto que diferencia ambas formas de trabalho diz respeito à sobrecarga utilizada para execução dos exercícios. Nesse sentido, os circuitos HIRT podem valer-se de exercícios que utilizam o peso corporal do praticante, sobrecargas adicionais de natureza variada, exercícios com retirada do peso corporal do chão, bem como a conjugação de exercícios isométricos e dinâmicos. Por fim, cabe destacar que muitos exercícios envolvem gestos motores

complexos, o que exige técnica apurada do praticante para a correta execução. O somatório destes aspectos confere diferenças na especificidade dos circuitos HIRT em relação àquela verificada nos trabalhos intervalados em bicicleta e esteira. Isso limita acentuadamente a extrapolação dos resultados dos estudos de treinamento intervalado executados em ergômetros. Logo, não se sabe até que ponto a adoção de estímulos e intervalos autosseleccionados pode ser eficiente nas respostas fisiológicas ao esforço neste tipo de circuito.

### **Hipótese**

Nós hipotetizamos que as respostas dos indicadores de intensidade do esforço estudados e o volume de treinamento, serão similares nos protocolos de HIRT conduzidos com estímulos e intervalos de duração fixa e autosseleccionada, em homens treinados. Por outro lado, as respostas de percepção de recuperação, bem como de afeto, e divertimento, serão superiores nas sessões de HIRT aplicadas com estímulos e intervalos autosseleccionados.

Para testar esta hipótese serão desenvolvidos dois estudos, cujos objetivos são apresentados a seguir.

### **Objetivos**

#### **Objetivo Geral**

Avaliar o efeito da manipulação de estímulos e intervalos de durações fixas e autosseleccionadas em sessões de HIRT nas respostas cardiometabólicas, perceptivas e afetivas, bem como no volume de treinamento, em homens treinados.

#### **Objetivos Específicos**

- Comparar as respostas cardiorrespiratórias de sessões de HIRT, conduzidas com estímulos e intervalos de durações fixas e autosseleccionadas;
- Comparar as respostas do gasto calórico e do EPOC decorrentes de sessões de HIRT, conduzidas com estímulos e intervalos de durações fixas e autosseleccionadas;

- Comparar as respostas perceptivas de recuperação durante sessões de HIRT, conduzidas com estímulos e intervalos de durações fixas e autosseleccionadas;
- Comparar os volumes de treinamento e a cadência dos exercícios, obtidos nas sessões de HIRT conduzidas com estímulos e intervalos de durações fixas e autosseleccionadas;
- Comparar as respostas do lactato sanguíneo durante e após sessões de HIRT, conduzidas com estímulos e intervalos de durações fixas e autosseleccionadas;
- Comparar as respostas afetivas durante e após sessões de HIRT, conduzidas com estímulos e intervalos de durações fixas e autosseleccionadas;
- Comparar as respostas do divertimento após as sessões de HIRT, conduzidas com estímulos e intervalos de durações fixas e autosseleccionadas;

## 1 ARTIGO ORIGINAL 1 - AUTOSSELECIONADO OU FIXO: EXISTE UM INTERVALO DE DESCANSO IDEAL PARA CONTROLAR A INTENSIDADE NO HIRT?

### RESUMO

Este estudo investigou os efeitos de diferentes estratégias de intervalo de descanso durante o HIRT nas respostas cardiorrespiratórias, perceptivas e de prazer entre homens jovens fisicamente ativos. Dezesseis homens fisicamente ativos foram submetidos ao teste cardiopulmonar de exercício cardiopulmonar (TCPE) e foram familiarizados com os exercícios e com o protocolo HIRT. Nas três visitas subsequentes, espaçadas de 48 a 72 h, os indivíduos realizaram sessões de HIRT com diferentes intervalos de descanso em uma ordem aleatória: intervalo de descanso fixo (FRI) de 10 s (FRI-10), FRI de 30 s (FRI-30) , e intervalo de descanso autosselecionado (SSRI). As variáveis aferidas durante o HIRT foram consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), frequência cardíaca (FC) e percepção de recuperação (Escala de Qualidade Total de Recuperação), enquanto as respostas de divertimento (Escala de Divertimento em Atividade Física) foram avaliadas imediatamente após as sessões. O  $VO_2$  durante o exercício foi maior no FRI-10 (55%  $VO_{2max}$ ) do que no FRI-30 (47%  $VO_{2max}$  - FRI-30) ( $p = 0,01$ ), enquanto não houve diferença entre SSRI (52%  $VO_{2max}$ ) e sessões realizadas com intervalos fixos ( $p > 0,05$ ). FC, EPOC, percepção de recuperação e respostas de prazer foram semelhantes entre as condições ( $P > 0,05$ ). A intensidade do exercício parece não ser afetada por FRI ou SSRI de duração diferente, pois a alta intensidade do exercício foi mantida independentemente da estratégia de intervalo de descanso, sem repercussões negativas na duração das sessões de treinamento e nas respostas de divertimento após as sessões de exercício.

**Palavras-chave:** treinamento intervalado de alta intensidade; exercício em circuito; recuperação; fadiga.

## 1.1 Introdução

O *High Intensity Interval Training* (HIIT) é reconhecido por melhorar a aptidão cardiorrespiratória em diferentes populações (GARCÍA-HERMOSO *et al.*, 2016; SULTANA *et al.*, 2019) e tem sido sugerido como uma alternativa de economia de tempo, uma vez que as adaptações podem ser equivalentes ou superiores àquelas decorrentes de treinamentos contínuos realizados com intensidade moderada e maior duração (BOUAZIZ *et al.*, 2020; MILANOVIĆ, SPORIŠ e WESTON, 2015). Dentre as modalidades de HIIT existentes, destacamos uma que inclui exercícios de resistência em circuito e é geralmente chamada de *High-Intensity Interval Training Resistance Training* (HIRT). A principal vantagem do HIRT é o aumento simultâneo na aptidão cardiorrespiratória e na força muscular (BUCKLEY *et al.*, 2015; MCRAE *et al.*, 2012; SPERLICH *et al.*, 2017). Porém, para ser eficiente a combinação das variáveis do treinamento deve ser efetiva em manter o exercício em intensidades mais altas (LAURSEN e BUCHHEIT, 2019).

Os intervalos de descanso entre as séries e exercícios são um dos principais determinantes da intensidade e do volume do treinamento, dados seus efeitos nas respostas fisiológicas (SHI *et al.*, 2018; SMILIOS *et al.*, 2018) e perceptivas ao esforço (SCHOENMAKERS e REED, 2019; WARR-DI PIERO *et al.*, 2018). Dentre as estratégias de intervalos entre os estímulos mais frequentemente utilizadas no treinamento intervalado, destacam-se os intervalos de descanso fixos (FRI) ou intervalos de descanso autosselecionados (SSRI). Ao contrário do FRI, no SSRI os ajustes no tempo de recuperação entre os estímulos são autodeterminados com base na percepção individual da fadiga. Contudo, alguns pontos essenciais sobre a aplicação de SSRI em sessões de HIRT não estão claros. Estudos anteriores com treinamento intervalado realizado em cicloergômetro ou esteira mostraram que os SSRI podem ser úteis na manutenção de altas intensidades de esforço (MCEWAN *et al.*, 2018; SCHOENMAKERS e REED, 2019). No entanto, esses achados não devem ser extrapolados para a HIRT devido à sua especificidade. Em oposição aos exercícios cíclicos como pedalar e correr, o HIRT costuma incluir exercícios resistidos com diferentes padrões de movimento, que são executados em distintas ordens, o que provoca a ativação de grandes e pequenos grupos musculares

(BORNATH e KENNO, 2022; HENDKER e EILS, 2021; MYERS *et al.*, 2015; NUÑEZ *et al.*, 2020; SPERLICH *et al.*, 2017). Os estudos que investigam os efeitos do FRI e SSRI nas respostas fisiológicas, percepção de esforço e desempenho durante o HIIT ou HIRT são escassos. Encontramos apenas três estudos com HIIT (GIBSON *et al.*, 2017; MCEWAN *et al.*, 2018; SCHOENMAKERS e REED, 2019) e nenhum com HIRT.

Portanto, existe uma lacuna no conhecimento sobre o papel do FRI vs. SSRI no gerenciamento da intensidade do esforço durante as sessões do circuito HIRT. Por esse motivo, o presente estudo comparou os efeitos do HIRT realizado com FRI e SSRI nas respostas cardiorrespiratórias, perceptivas e de prazer em homens treinados. Nossa hipótese é que a intensidade do esforço seria semelhante durante o HIRT realizado com FRI e SSRI. Por outro lado, esperávamos que as percepções de recuperação e prazer fossem mais favorecidas pelo SSRI do que pelo FRI.

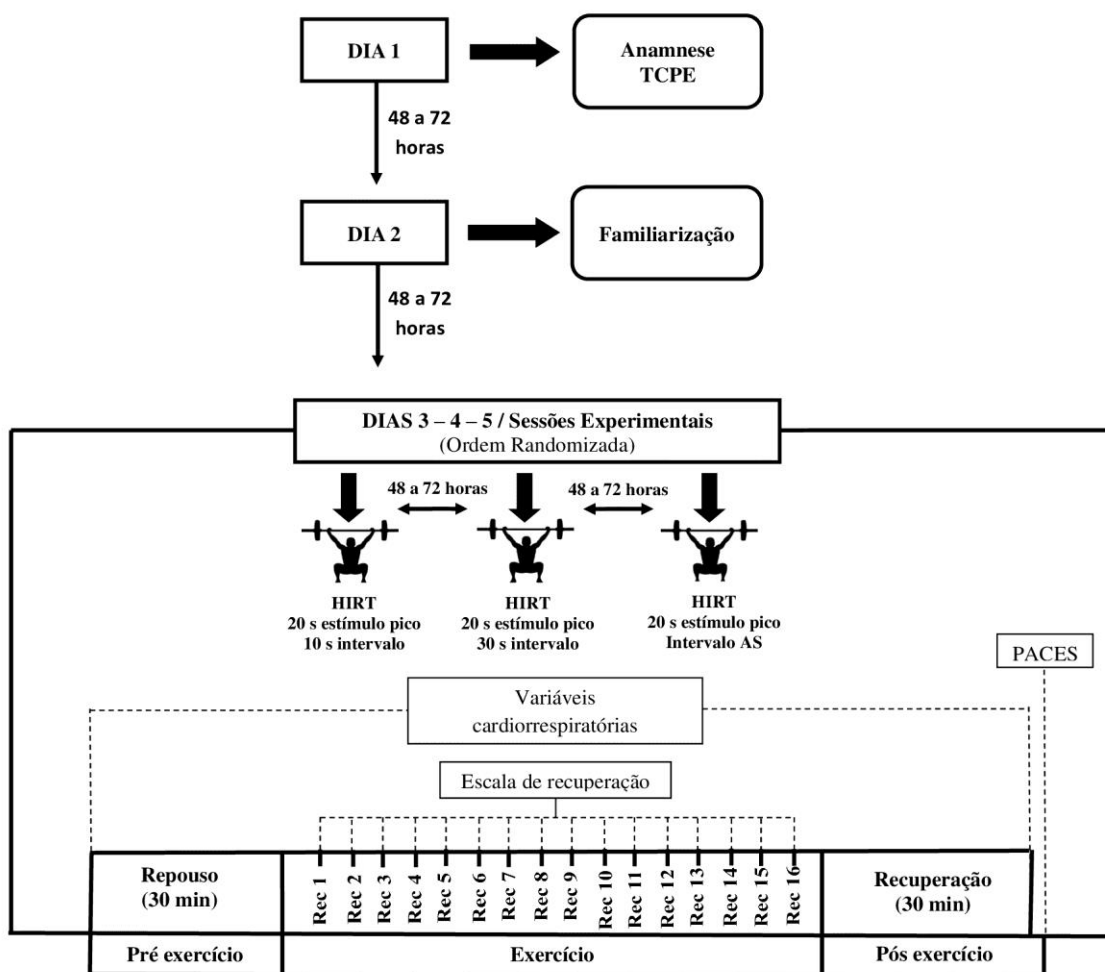
## 1.2 Métodos

### 1.2.1 Desenho Experimental

O experimento consistiu em cinco visitas ao laboratório, intercaladas com intervalos de 48 a 72 horas. No primeiro dia, os indivíduos assinaram o termo de consentimento e foram submetidos a exame clínico e questionário de saúde para verificar os critérios de elegibilidade. Os participantes elegíveis realizaram teste cardiopulmonar de exercício (TCPE). No segundo dia, realizaram uma sessão de familiarização com os exercícios incluídos no HIRT. Nos dias subsequentes, três sessões de HIRT com diferentes intervalos de descanso foram aplicadas em ordem aleatória: FRI de 10 s (FRI-10), FRI de 30 s (FRI-30) e SSRI.

As variáveis medidas durante o HIRT foram consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), frequência cardíaca (FC) e percepção de recuperação, enquanto as respostas de divertimento foram avaliadas imediatamente após as sessões. Os indivíduos foram instruídos a não fazer uso de qualquer medicamento, ergogênicos, bebidas com

caféina ou alcoólicas e a evitar exercícios físicos nas 24 horas anteriores a cada visita ao laboratório. Todos os procedimentos foram realizados entre 14h e 17h. para anular os efeitos circadianos nos resultados, em uma sala com temperatura (21-23 °C) e umidade controlada (50-70%). A figura 1 ilustra o diagrama de fluxo do experimento.



**Figura 1: Diagrama de fluxo do experimento**

**Legenda:** TCPE: Teste Cardiopulmonar de Exercício; HIRT: High-Intensity Interval Resistance Training; min: minutos; Rec: recuperação; PACES: Physical Activity Enjoyment Scale.

### 1.2.2 Amostra

Dezesseis homens com idades entre 20 e 35 anos e fisicamente ativos por pelo menos seis meses se voluntariaram no estudo. Os critérios de exclusão foram:

qualquer lesão osteoarticular ou muscular que limitasse o uso da esteira ou exercícios resistidos; doença cardiovascular ou uso de medicamentos que interferem nos resultados cardiorrespiratórios. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO A) e o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição (CAAE: 08275619.6.0000.5289) (ANEXO B).

### 1.2.3 Teste Cardiopulmonar de Exercício

O TCPE foi realizado através do protocolo individualizado de rampa em esteira, configurado para provocar a exaustão voluntária máxima em 8-12 min. As velocidades inicial e final foram determinadas por meio da estimativa do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) (MATTHEWS *et al.*, 1999) e da equação proposta pelo American College of Sports Medicine (ACSM) (ACSM, 2021). As trocas gasosas foram avaliadas a cada 20 segundos por meio de analisador metabólico (VO2000, Medical Graphics<sup>TM</sup>, Saint Paul, MN, EUA) e a frequência cardíaca (FC) foi medida continuamente usando um monitor Polar<sup>TM</sup> RS-800 (Kempele, Finlândia). Os testes foram considerados máximos na presença de três dos seguintes critérios (HOWLEY, BASSETT e WELCH, 1995): a) Exaustão voluntária, b) nota 9 ou 10 na escala de Borg CR-10; c) 90% da FC máxima ( $FC_{max}$ ) prevista para a idade ou platô da FC ao aumentar a carga; d) platô de  $VO_2$  ao aumentar a carga; e) Quociente respiratório  $\geq 1,10$ .

### 1.2.4 Sessões de familiarização e de HIRT

Os circuitos HIRT incluíram os seguintes exercícios: 1) Thruster; 2) Swing; 3) Snatch Unilateral 4) Mountain Climber. As cargas foram impostas usando um kettlebell para o Swing e um halter para o Thruster e Snatch Unilateral. A sessão de familiarização foi realizada 48 a 72 h após o TCPE, e foi composta por duas voltas do circuito com cargas autosselecionadas (20 s de estímulo e 30 s de recuperação). Nas sessões experimentais, foram realizadas quatro rodadas de cada exercício, com



estímulos de 20 segundos intercalados com FRI ou SSRI. Inicialmente, os sujeitos realizaram uma volta do circuito como aquecimento, com a carga escolhida na sessão de familiarização. Após o aquecimento, foi dado um minuto para posicionamento na primeira estação de exercícios. Os sujeitos foram verbalmente encorajados a realizar o máximo de repetições possível em todas as rodadas e exercícios. As três sessões de HIRT foram repetidas nas mesmas condições, exceto pela estratégia de intervalo de descanso (FRI-10, FRI-30, SSRI). Nenhuma restrição foi aplicada para determinar o SSRI, ou seja, o intervalo foi o tempo que os participantes julgaram necessário para realizar o próximo exercício. A duração do SSRI foi registrada durante as sessões de HIRT.

#### 1.2.5 Consumo de Oxigênio e Frequência Cardíaca

As trocas gasosas durante o HIRT foram avaliadas usando o analisador metabólico VO2000 (Medical Graphics<sup>TM</sup>, Saint Paul, MN, Estados Unidos) acoplado a um módulo telemétrico (WIT2410TM, Cirronet, Dallas, TX, EUA) e calculada a média a cada 10 segundos. Essa frequência de amostragem foi necessária para a avaliação adequada de uma sessão de treinamento com intervalo curto de estímulos/recuperação. Desde o início da avaliação pré-exercício até o final da recuperação, a frequência cardíaca foi medida e registrada por meio de um frequencímetro (RS800cx, Polar<sup>TM</sup>, Kempele, Finlândia). O VO<sub>2</sub> em repouso foi medido por 30 min antes de cada sessão de HIRT, de acordo com as recomendações resumidas em uma revisão anterior (Compher *et al.* 2006), incluindo abstenção de exercícios físicos, bebidas alcoólicas ou com cafeína nas 24 h anteriores às sessões experimentais e realização do menor esforço possível ao ir ao laboratório.

Ao chegarem ao laboratório, os participantes deitaram em decúbito dorsal utilizando a máscara facial por 10 minutos para adaptação, seguidos de 30 minutos de avaliação do VO<sub>2</sub>. Movimentos bruscos como espirrar ou tossir durante o teste foram evitados. A média dos dados obtidos durante os últimos 5 minutos de *steady state* foi registrada como VO<sub>2</sub> de repouso. O coeficiente de variação (CV) foi

calculado em intervalos de 5 min para confirmar o *steady state* ( $CV < 10\%$  para  $VO_2$  e  $VCO_2$ ) (Cunha *et al.* 2013). O pneumotacógrafo de baixo fluxo (2-30 L/min) foi utilizado nessa fase. Pouco antes do início do exercício, o pneumotacógrafo foi trocado por um aparelho de alto fluxo (20-200 L/min) e o VO2000 foi recalibrado. Este procedimento foi necessário devido às características das sessões de exercícios e ao nível de condicionamento físico dos participantes.

#### 1.2.6 Dispêndio Energético e EPOC

Após o exercício, os participantes retornaram à posição supina e o  $VO_2$  foi monitorado por mais 30 minutos para avaliar o excesso de consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC). O pneumotacógrafo de alto fluxo foi mantido durante os primeiros 5 min de recuperação para avaliar corretamente a fase rápida do EPOC. Posteriormente, foi trocado por um pneumotacógrafo de baixo fluxo e a avaliação foi retomada por mais 25 min. Este procedimento garantiu a precisão da aquisição de dados, apesar da diminuição da ventilação durante a recuperação. A taxa metabólica de repouso foi calculada pela equação de Weir (Weir 1949) usando a média de  $VO_2$  e  $VCO_2$  dentro da última janela de 5 minutos da avaliação pré-exercício de 30 minutos. O EPOC correspondeu à diferença entre o  $VO_2$  pós-exercício e em repouso.

#### 1.2.7 Percepção de Recuperação e Respostas de Divertimento

A percepção de recuperação foi avaliada por meio da Escala de Recuperação da Qualidade Total (TQR) (KENTTÄ e HASSMÉN, 1998) (ANEXO C). Os escores variam de 6 a 20, correspondendo ao pior (sem recuperação) e melhor nível de recuperação (totalmente bem recuperado), respectivamente. O TQR foi aplicado ao final de cada intervalo entre os estímulos. O divertimento gerado pelas sessões de HIRT foi avaliado por meio do questionário Physical Activity Enjoyment Scale

(PACES) (KENDZIERSKI e DECARLO, 1991) (ANEXO D). Este instrumento inclui 18 itens dispostos em uma escala bipolar e pontuações que variam de 1 a 7. O PACES foi respondido 30 minutos após as sessões de HIRT.

### 1.3 Análise estatística

A normalidade da distribuição dos dados foi confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk e os resultados são apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. O teste t pareado foi usado para comparar a duração das sessões realizadas FRI-10 vs. SSRI e FRI-30 vs. SSRI. A comparação de médias entre FRI-10 vs. FRI-30 foi estatisticamente sem sentido, pois ambas as variáveis apresentaram variância igual a 0. Os dados de FC,  $VO_2$  e percepção de recuperação foram comparados entre estratégias de intervalo e *rounds* usando uma ANOVA de duas vias com correção de Greenhouse-Geisser. Uma ANOVA de uma via foi aplicada para comparar  $VO_2$  e FC em repouso, dispêndio energético, EPOC e respostas de divertimento. Em ambos os casos, as ANOVAs foram complementadas por verificações post-hoc de Bonferroni no caso de razões F significativas. Os coeficientes de correlação de Pearson foram calculados para verificar a associação entre a percepção de recuperação e a FC durante as sessões de HIRT. Em todos os casos, os cálculos foram realizados pelo SPSS 20 (IBM<sup>TM</sup>, New York, NY, EUA) e o nível de significância foi estabelecido em  $P \leq 0,05$ . Por fim, os tamanhos de efeito foram calculados para diferenças entre grupos nos desfechos medidos, usando d de Cohen para testes t (d) e eta quadrado ( $\eta^2$ ) para ANOVA, com intervalos de confiança de 95% (IC 95%).

### 1.4 Resultados

A Tabela 1 descreve as características da amostra. Os indivíduos apresentavam peso normal e aptidão cardiorrespiratória elevada. Nenhuma diferença foi detectada na FC e  $VO_2$  em repouso entre as três condições. A duração média do SSRI foi de  $14,05 \pm 5,82$  segundos. A duração total da sessão de HIRT foi

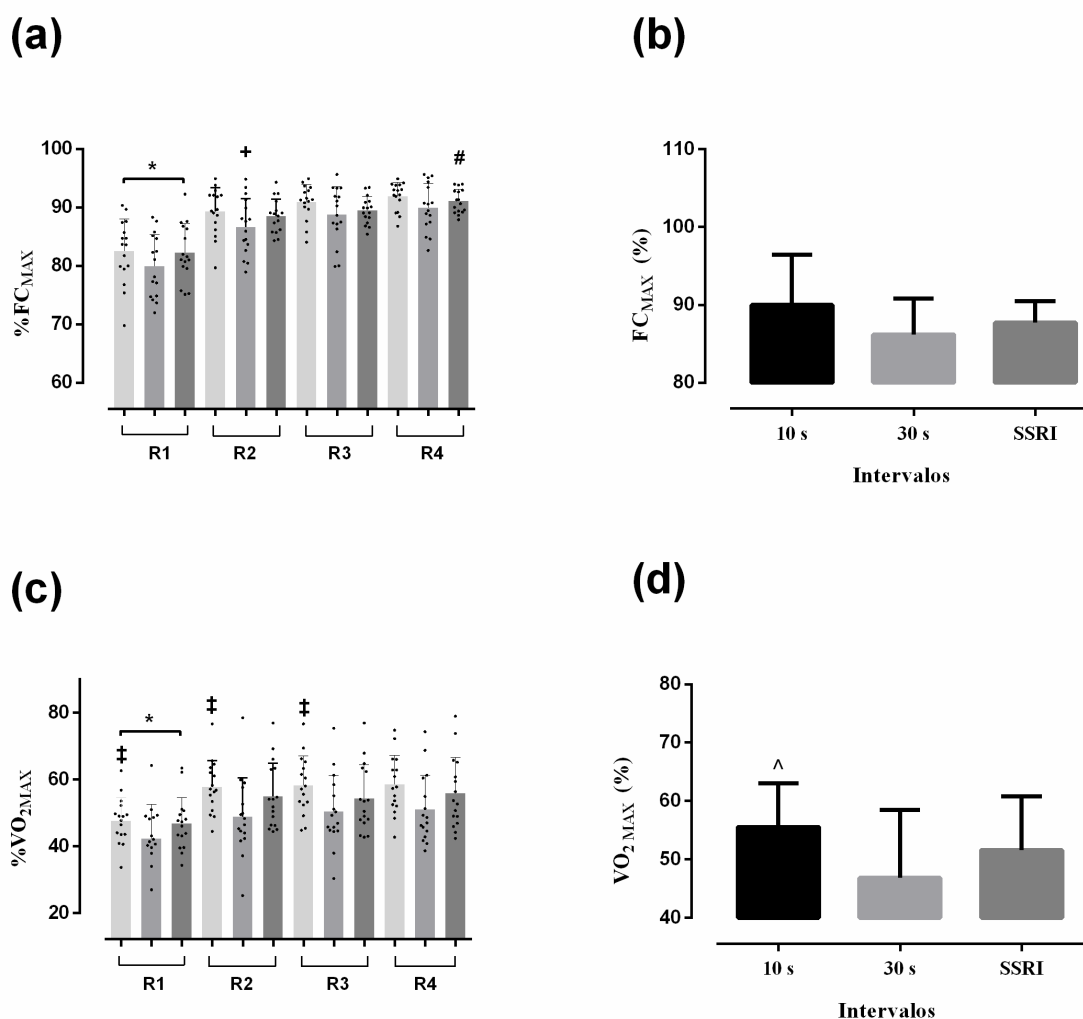
maior no SSRI ( $9,2 \pm 1,4$  min) do que no FRI-10 (8 min) ( $P < 0,0001$ ;  $d = 0,43$ ,  $IC95\% = 0,25-1,90$ ) e menor do que no FRI-30 (13,5 min ;  $p = 0,01$ ;  $d = 0,35$ ,  $IC95\% = 3,43-5,08$ ).

**Tabela 1:** Idade, características antropométricas e dados cardiorrespiratórios ao final do TCPE e antes das sessões de HIRT.

Variável	Média $\pm$ DP
Idade (anos)	27.1 $\pm$ 3.9
Altura (cm)	179.7 $\pm$ 6.6
Massa Corporal (kg)	84.6 $\pm$ 9.0
VO <sub>2pico</sub> (ml.kg. <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	56.6 $\pm$ 7.5
R	1.1 $\pm$ 0.09
HR <sub>pico</sub> (bpm)	189.6 $\pm$ 7.1
VO <sub>2rep 10</sub> (ml.kg. <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	4.08 $\pm$ 0.9
VO <sub>2rep 30</sub> (ml.kg. <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	3.54 $\pm$ 1.0
VO <sub>2rep SSRI</sub> (ml.kg. <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	3.79 $\pm$ 1.2
HR <sub>rep10</sub> (bpm)	63.2 $\pm$ 10.3
HR <sub>rep30</sub> (bpm)	64.1 $\pm$ 9.2
HR <sub>repSSRI</sub> (bpm)	62.7 $\pm$ 12.1

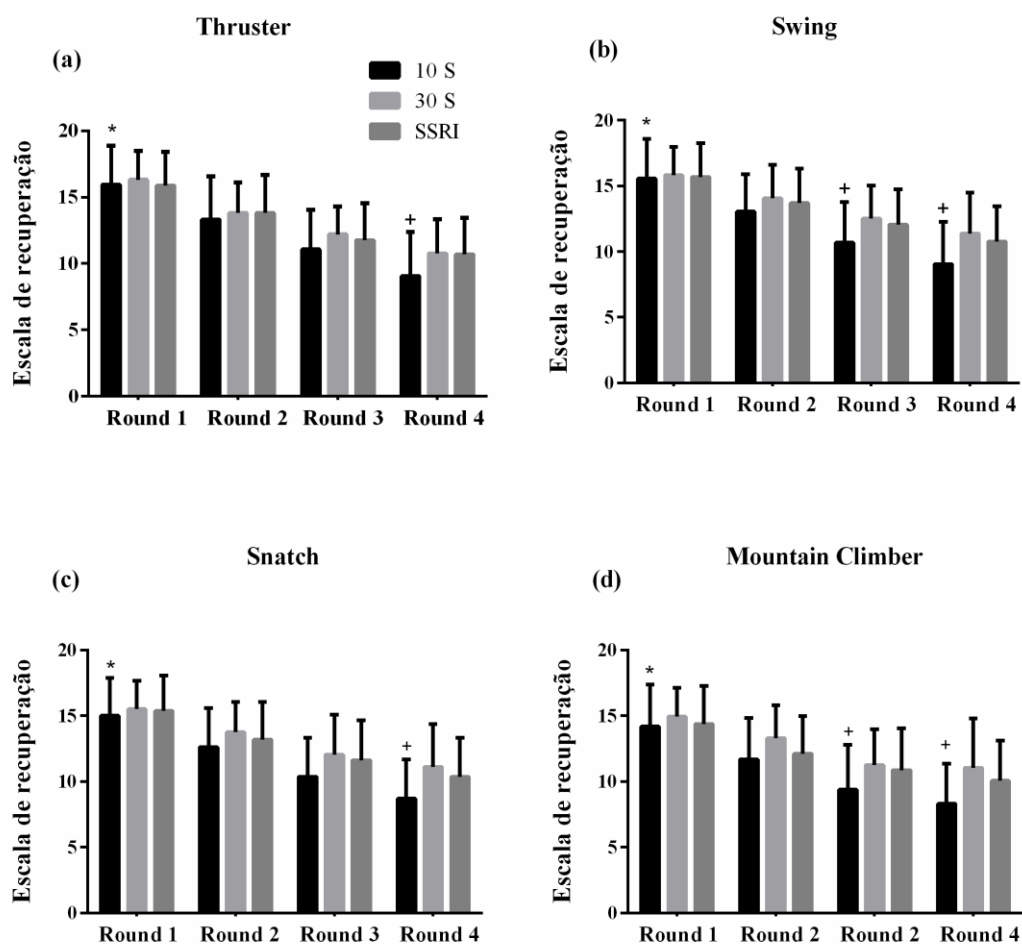
**Legenda:** VO<sub>2pico</sub>: pico de consumo de oxigênio; R: quociente respiratório; FC<sub>pico</sub>: frequência cardíaca máxima; VO<sub>2rep 10</sub>: consumo de oxigênio em repouso antes da HIRT realizada com intervalos de 10 s; VO<sub>2rep 30</sub>: consumo de oxigênio em repouso antes da HIRT realizada com intervalos de 30 s; VO<sub>2rep SSRI</sub>: consumo de oxigênio em repouso antes da HIRT realizada com intervalos de recuperação autosselecionados; FC<sub>rep 10</sub>: frequência cardíaca de repouso antes do HIRT realizado com intervalos de 10 s; FC<sub>rep 30</sub>: frequência cardíaca de repouso antes do HIRT realizado com intervalos de 30 s; HR<sub>rep SSRI</sub>: frequência cardíaca em repouso antes do HIRT realizado com intervalos de descanso autosselecionados.

A Figura 2 mostra a FC e  $VO_2$  relativos durante as sessões de HIRT. No que diz respeito à FC, um efeito principal foi observado para os *rounds* ( $F_{(3, 45)} = 15,840$ ,  $\eta^2 = 0,536$ ,  $p < 0,001$ , IC95% = 4,006-8,446). O %FCmax avaliado em cada rodada (A) foi menor no 1º *round* vs. as demais em todas as condições ( $p < 0,05$ ), e no 2º *round* vs. os demais na FRI-30 ( $p < 0,001$ ). Além disso, o %FCmax foi maior no 4º *round* em relação aos demais no SSRI ( $p < 0,05$ ). No entanto, nenhum efeito principal foi encontrado para as sessões ( $F_{(1, 15)} = 0,549$ ,  $\eta^2 = 0,024$ ,  $p = 0,49$ , IC95% = 6,877-1,619) e nenhuma diferença foi encontrada no %FCmax entre as condições (B). Quanto ao % $VO_{2max}$  (C), um efeito principal também foi observado para os *rounds* ( $F_{(1,657, 24,858)} = 46,866$ ,  $\eta^2 = 0,758$ ,  $p < 0,001$ , IC95% = 10,241-3,090). Nesse sentido, o % $VO_{2max}$  foi menor no 1º *round* em relação aos demais em todas as condições ( $p < 0,05$ ). Além disso, um efeito principal foi encontrado para as sessões ( $F_{(1, 15)} = 0,696$ ,  $\eta^2 = 0,044$ ,  $p = 0,02$ , IC95% = 14,938-2,852), e as comparações entre os grupos mostraram maior % $VO_{2max}$  em FRI-10 vs. FRI-30 no 1º, 2º e 3º *rounds* ( $p < 0,05$ ). Em consequência, % $VO_{2max}$  (D) foi maior em FRI-10 vs. FRI-30 nas sessões de HIRT ( $p < 0,01$ ).

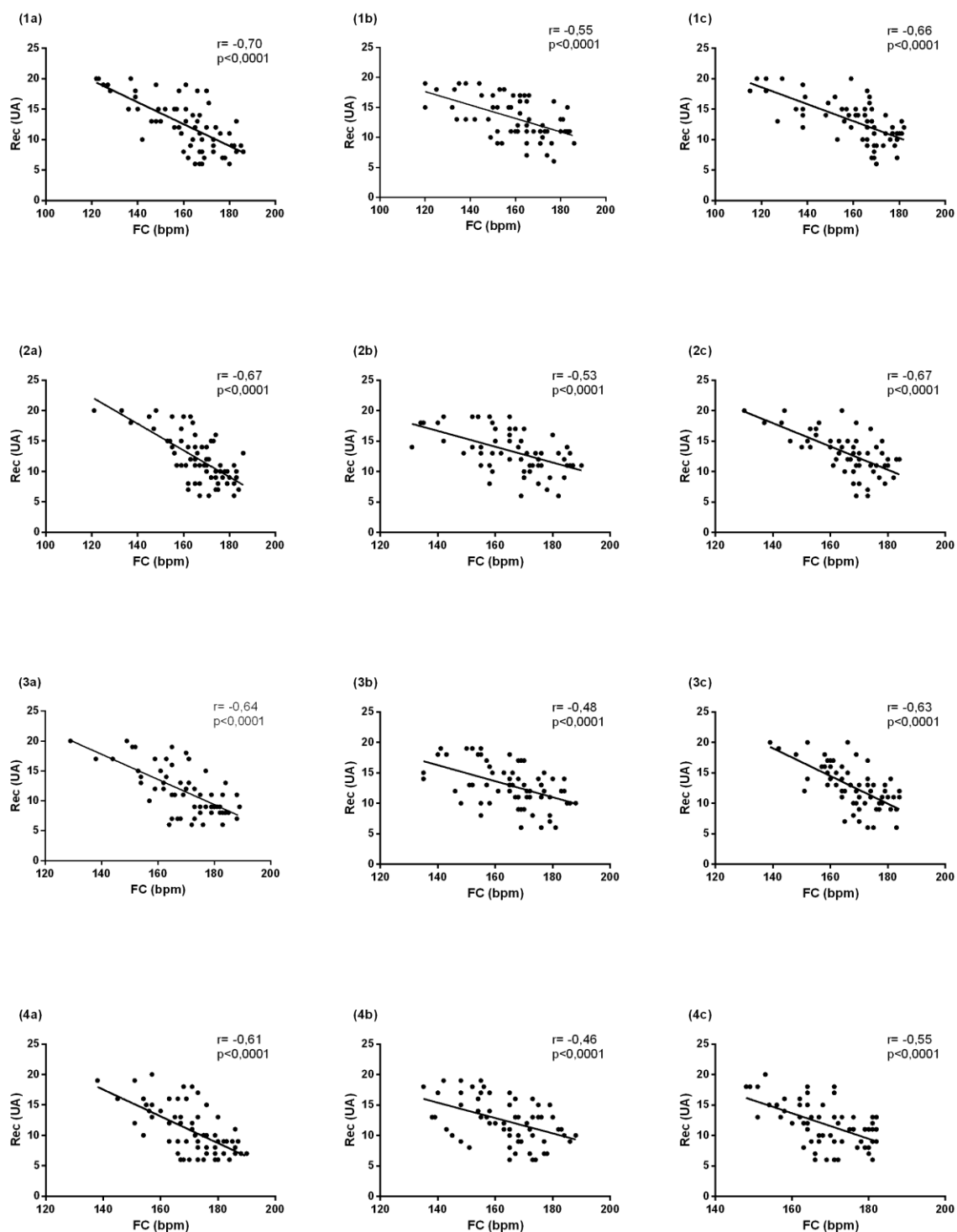


**Figura 2.** FC e VO<sub>2</sub> durante cada *round* (Painéis a e c) e média da sessão (Painéis b e d) durante sessões de HIRT com intervalos de descanso fixos e autoselecionados. \*: diferença entre a 1ª e os demais *rounds* em todas as condições (P < 0,05); +: diferença entre o 2ª vs. 3ª e 4ª *round* nas condições indicadas (P < 0,001); #: diferença entre o 4ª e os outras *rounds* em SSRI (P < 0,05); ‡: diferença entre FRI-10 vs. FRI-30 nos *rounds* indicados (P < 0,05); ^: diferença entre FRI-10 vs. FRI-30 (P = 0,01).

A Figura 3 exibe os resultados da escala TQR. Um efeito principal foi detectado para os *rounds* em todas as condições ( $F_{(1,871, 28,059)} = 31,208$ ,  $\eta^2 = 0,675$ ,  $p < 0,001$ ,  $CI_{95\%} = 11,882-9,118$ ) e sessões ( $F_{(1, 15)} = 0,017$ ,  $\eta^2 = 0,442$ ,  $p = 0,02$ ,  $IC_{95\%} = 1,372-2,872$ ). No geral, a percepção de recuperação diminuiu em cada *round* subsequente nas três condições. A Figura 4 mostra as correlações significativas e inversas entre a percepção de recuperação e FC ao longo das sessões de HIRT. Nenhuma diferença foi encontrada para as respostas de prazer avaliadas pelo PACES entre FRI-10 ( $102,8 \pm 15,8$ ), FRI-30 ( $105,8 \pm 13,1$ ) e SSRI ( $109,2 \pm 13,1$ ).



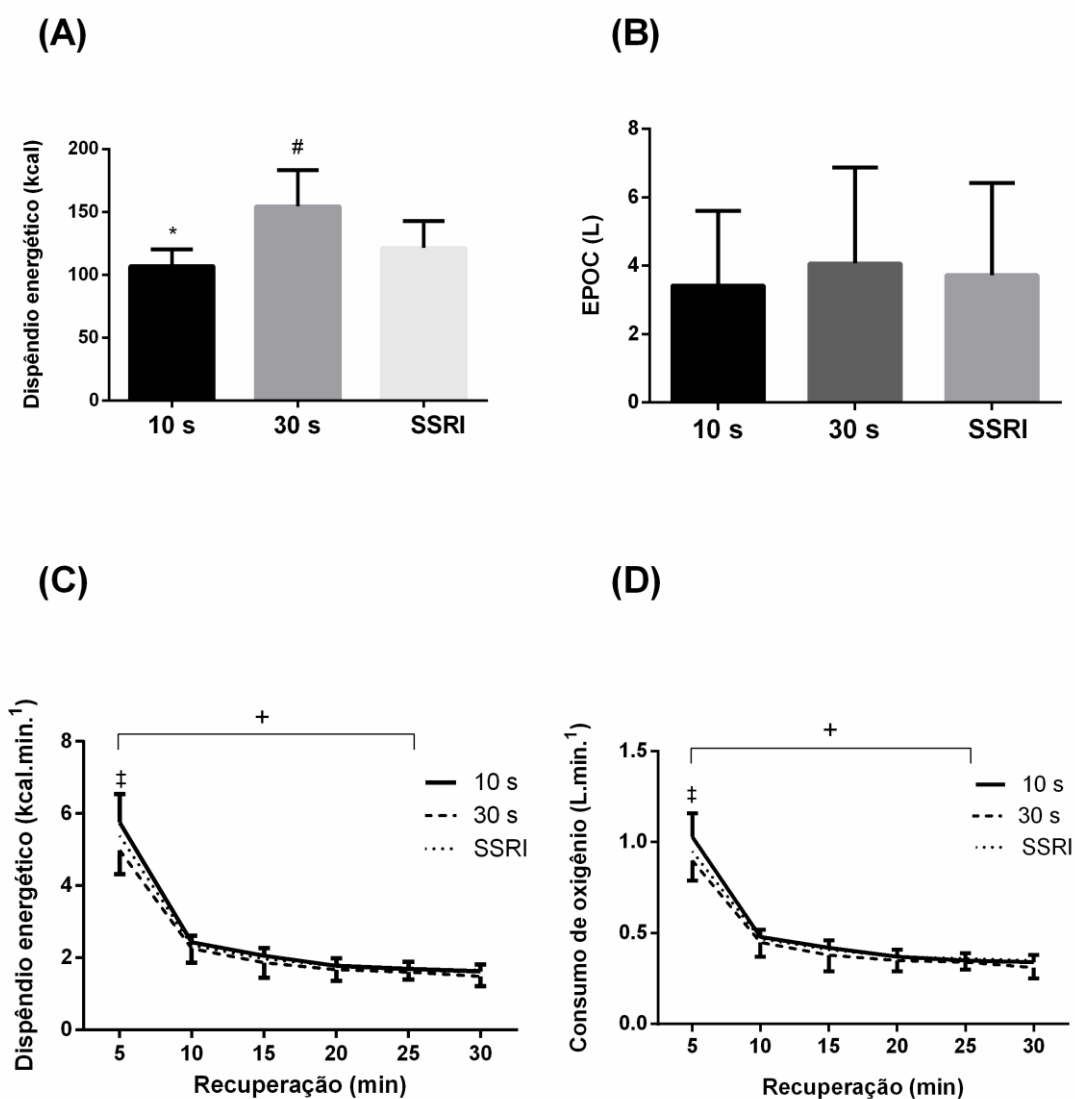
**Figura 3.** Escores da Total Quality Recovery (média  $\pm$  dp) ao longo da recuperação de cada *round* de HIRT com intervalos de descanso fixos e autosselecionados. (A) Thruster; (B) Swing; (C) Snatch; (D) Mountain Climber. \*: diferença entre o 1<sup>a</sup> e os demais *rounds* em todas as condições; +: diferença entre FRI-10 vs. FRI-30 ( $P < 0,05$ ).



**Figura 4.** Relação entre percepção de recuperação e frequência cardíaca em cada exercício e condição. Os painéis 1 a 4 referem-se ao Thruster, Swing, Snatch e Mountain Climber, respectivamente. Os painéis A a C referem-se a FRI-10, FRI-30 e SSRI, respectivamente.



A Figura 5 mostra o dispêndio energético médio (A) e EPOC (B) em cada condição HIRT, bem como o dispêndio energético (C) e  $VO_2$  (D) ao longo da recuperação pós-exercício. Um efeito principal foi encontrado para sessões ( $F_{(1, 15)} = 0,445$ ,  $\eta^2 = 0,634$ ,  $p = 0,01$ ,  $CI_{95\%} = 8,342-1,987$ ) e rounds ( $F(1,7241, 27,793) = 54,323$ ,  $\eta^2 = 0,763$ ,  $p < 0,001$ ,  $CI_{95\%} = 1,335-2,210$ ). O dispêndio energético geral foi maior em FRI-30 vs. FRI-10 e SSRI ( $P < 0,001$ ), mas todas as condições provocaram EPOC semelhantes. Quanto ao dispêndio energético (C) e  $VO_2$  (D) durante a recuperação, houve queda entre as medidas de 5 a 25 min em todas as condições ( $P < 0,05$ ). Além disso, nos primeiros 5 minutos de recuperação, o dispêndio energético e o  $VO_2$  foram maiores no FRI-10 do que no FRI-30 ( $P = 0,01$ ).



**Figura 5.** Dispêndio energético e EPOC durante a recuperação pós-exercício de HIRT com intervalos de descanso fixos e autosselecionados. Os painéis A e B mostram valores médios; Os painéis C e D mostram dados a cada 5 min. \*: diferença entre FRI-10 vs. FRI-30 e SSRI ( $P < 0,001$ ); #: diferença entre FRI-30 vs. SSRI ( $P < 0,001$ ); +: diferença de 5 a 25 min em todas as condições ( $P < 0,05$ ); ‡: diferença entre FRI-10 vs. FRI-30 ( $P < 0,01$ ).

## 1.5 Discussão

Este estudo investigou os efeitos de diferentes estratégias de intervalo de descanso durante o HIRT nas respostas cardiorrespiratórias, perceptivas e de divertimento entre homens jovens fisicamente ativos. Nossa hipótese foi parcialmente confirmada, pois a intensidade das sessões, a percepção de recuperação e as respostas de prazer não foram diferentes entre FRI e SSRI. O  $VO_2$  durante o exercício foi maior no FRI-10 do que no FRI-30, enquanto não houve diferença entre SSRI e sessões realizadas com FRI. Por outro lado, FC, EPOC, percepção de recuperação e respostas de divertimento foram semelhantes entre as condições.

A FC é uma das variáveis mais utilizadas para controlar a intensidade do exercício (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2018; MANN, LAMBERTS e LAMBERT, 2013). A FC relativa obtida durante as sessões de exercício pode ser classificada como vigorosa (90%  $FC_{max}$  - FRI-10; 86%  $FC_{max}$  - FRI-30; 87%  $FC_{max}$  - SSRI), enquanto a intensidade baseada no  $VO_2$  (55%  $VO_{2max}$  - FRI-10; 47%  $VO_{2max}$  - FRI-30; 52%  $VO_{2max}$  - SSRI) poderia ser classificada como moderada (ACSM, 2021). No entanto, a interação entre os sistemas de energia deve ser considerada. Uma demanda anaeróbia elevada pode resultar de estímulos de curta duração realizados em intensidade total (SOUSA, VASQUE e GOBATTO, 2017). Por outro lado, a combinação dos sistemas anaeróbio e aeróbico no HIRT parece ser eficaz para uma melhora simultânea e eficiente da aptidão cardiorrespiratória e neuromuscular (BUCKLEY *et al.*, 2015; MCRAE *et al.*, 2012). O dispêndio energético geral foi maior em FRI-30 vs. FRI-10 ou SSRI. No entanto, a magnitude dessas diferenças provavelmente não impactaria questões práticas, como perda de peso (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2018).

Em todas as condições,  $\%FC_{max}$  aumentou de forma semelhante entre os sucessivos *rounds* dos circuitos HIRT. O aumento da FC era esperado porque em todos os casos, os intervalos não foram longos o suficiente para permitir uma recuperação completa da FC. O  $VO_2$  durante os circuitos HIRT também foi semelhante entre SSRI vs. FRI. Estes achados estão em consonância com um estudo anterior (SCHOENMAKERS e REED, 2019) que comparou o  $\%VO_{2max}$  durante o HIIT em esteira realizado com FRI e SSRI. Neste estudo, concluiu-se que o SSRI seria uma estratégia eficiente para manter altas intensidades de esforço, pelo menos em indivíduos fisicamente treinados. Embora a escolha de FRI ou SSRI não parecer ser um problema em termos de variação da intensidade do exercício, deve-se destacar alguns pontos favoráveis na adoção do SSRI em relação ao FRI, como a sua aplicação prática e individualizada (MACINNIS e GIBALA, 2017), que devem ser consideradas pelos praticantes.

A percepção de recuperação foi monitorada pela escala TQR, que demonstrou se correlacionar com a FC durante o exercício (KENTTÄ e HASSMÉN, 1998). Cabe destacar que intervalos curtos aumentam o acúmulo de metabólitos, potencializando a percepção de fadiga (PIERO *et al.*, 2018). Conseqüentemente, a percepção de recuperação diminuiu de forma semelhante ao longo dos circuitos HIRT em todas as condições. Além disso, as respostas de divertimento avaliadas pelo questionário PACES não foram afetadas pela estratégia de intervalo de descanso. As investigações sobre estas respostas após o HIRT são escassas, mas alguns estudos observaram melhores respostas afetivas *versus* exercícios contínuos (HEISZ *et al.*, 2016; THUM *et al.*, 2017). Em suma, a aplicação de FRI ou SSRI parece ser indiferente em termos de fadiga e divertimento durante o HIRT, pelo menos em nossa amostra de homens treinados. Infelizmente, não conseguimos localizar estudos anteriores comparando as respostas de divertimento ao HIRT realizados com diferentes estratégias de intervalo de descanso. Novos estudos são necessários para ratificar nossos dados. É importante destacar que esses resultados são iniciais e algumas questões permanecem sem resposta. Um ponto importante refere-se à aplicabilidade dos SSRI em diferentes populações, níveis de treinamento e durante intervenções de longo prazo. Assim, estudos adicionais são necessários para ratificar os presentes achados em diferentes populações e contextos de HIRT

Este estudo tem pontos fortes e limitações. Este é provavelmente o primeiro estudo avaliando o impacto de intervalos fixos e autosselecionados nas respostas fisiológicas, perceptivas e de prazer aos circuitos HIRT. Nosso protocolo foi estruturado para não utilizar exercícios em máquinas, o que favorece a execução em diferentes ambientes. Além disso, o circuito era composto por exercícios de fácil execução, sendo o FRI comumente utilizado em circuitos dessa natureza (10s e 30s). Por fim, testamos o uso do SSRI, que leva em consideração a percepção individual na definição do tempo de descanso. A maior limitação refere-se à autosseleção das cargas de exercício. No entanto, os exercícios deveriam ser realizados em intensidade *all-out* e os participantes tinham experiência com treinamento resistido – esses fatores reduziram a possibilidade de subestimação da carga.

Em resumo, a realização de circuitos HIRT com FRI e SSRI por homens jovens treinados resultou em níveis semelhantes de intensidade, percepção de recuperação e respostas de divertimento. Não houve efeitos negativos na duração das sessões de treinamento ou nas respostas de prazer após o exercício, e a alta intensidade do exercício foi mantida independentemente da estratégia de intervalo de descanso. Esses resultados são relevantes para o treinamento HIRT, pois o SSRI permite uma determinação mais individualizada do tempo de recuperação entre os estímulos. Portanto, o SSRI deve ser considerado como uma alternativa para a recuperação entre os exercícios e as séries nos circuitos HIRT devido à sua aplicabilidade.

## 1.6 Referências

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE *et al.* **American College of Sports Medicine ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.** 2018.

BORNATH, D. P. D.; KENNO, K. A. Physiological Responses to Increasing Battling Rope Weight During Two 3-Week High-Intensity Interval Training Programs. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 36, n. 2, p. 352-358, 2022.

BOUAZIZ, Walid *et al.* Effect of high-intensity interval training and continuous endurance training on peak oxygen uptake among seniors aged 65 or older: A meta-analysis of randomized controlled trials. **International Journal of Clinical Practice**, v. 74, n. 6, p. e13490, 2020.

BUCKLEY, Stephanie *et al.* Multimodal high-intensity interval training increases muscle function and metabolic performance in females. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 40, n. 11, p. 1157-1162, 2015.

COMPHER, Charlene *et al.* Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 106, n. 6, p. 881-903, 2006.

CUNHA, Felipe A. *et al.* How long does it take to achieve steady state for an accurate assessment of resting in healthy men?. **European journal of applied physiology**, v. 113, n. 6, p. 1441-1447, 2013.

GARCÍA-HERMOSO, A. *et al.* Is high-intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta-analysis. **Obesity reviews**, v. 17, n. 6, p. 531-540, 2016.

GIBSON, Neil *et al.* Physiological, perceptual and performance responses associated with self-selected versus standardized recovery periods during a repeated sprint protocol in elite youth football players: a preliminary study. **Pediatric exercise science**, v. 29, n. 2, p. 186-193, 2017.

HEISZ, Jennifer J. *et al.* Enjoyment for high-intensity interval exercise increases during the first six weeks of training: implications for promoting exercise adherence in sedentary adults. **PloS one**, v. 11, n. 12, p. e0168534, 2016.

HENDKER, Anna; EILS, Eric. A Group-Based 8-Week Functional Interval-Type Outdoor Training Program Improves Physical Performance in Recreationally Active Adults. **Frontiers in Sports and Active Living**, v. 3, p. 73, 2021.

HOWLEY, Edward T.; BASSETT, David R.; WELCH, Hugh G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 27, n. 9, p. 1292-1301, 1995.

KENTTÄ, Göran; HASSMÉN, Peter. Overtraining and recovery: a conceptual model. **Sports medicine**, v. 26, p. 1-16, 1998.

LAURSEN, Paul; BUCHHEIT, Martin. **Science and application of high-intensity interval training**. Human Kinetics, 2019.

MACINNIS, Martin J.; GIBALA, Martin J. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. **The Journal of physiology**, v. 595, n. 9, p. 2915-2930, 2017.

MANN, Theresa; LAMBERTS, Robert Patrick; LAMBERT, Michael Ian. Methods of prescribing relative exercise intensity: physiological and practical considerations. **Sports medicine**, v. 43, p. 613-625, 2013.

MATTHEWS, CHARLES E. *et al.* Classification of cardiorespiratory fitness without exercise testing. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 31, n. 3, p. 486-493, 1999.

MCEWAN, Gary *et al.* Interval running with self-selected recovery: physiology, performance, and perception. **European journal of sport science**, v. 18, n. 8, p. 1058-1067, 2018.

MCRAE, Gill *et al.* Extremely low volume, whole-body aerobic–resistance training improves aerobic fitness and muscular endurance in females. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 37, n. 6, p. 1124-1131, 2012.

MILANOVIĆ, Zoran; SPORIŠ, Goran; WESTON, Matthew. Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for VO<sub>2</sub>max improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. **Sports medicine**, v. 45, p. 1469-1481, 2015.

MYERS, Terrence R. *et al.* Whole-body aerobic resistance training circuit improves aerobic fitness and muscle strength in sedentary young females. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 6, p. 1592-1600, 2015.

NUÑEZ, Tony P. *et al.* Metabolic effects of two high-intensity circuit training protocols: Does sequence matter?. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 18, n. 1, p. 14-20, 2020.

WARR-DI PIERO, Diego *et al.* Effects of work-interval duration and sport specificity on blood lactate concentration, heart rate and perceptual responses during high intensity interval training. **PloS one**, v. 13, n. 7, p. e0200690, 2018.

SCHOENMAKERS, Patrick PJM; REED, Kate E. The effects of recovery duration on physiological and perceptual responses of trained runners during four self-paced HIIT sessions. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 22, n. 4, p. 462-466, 2019.

SHI, Qingde *et al.* Influence of recovery duration during 6-s sprint interval exercise on time spent at high rates of oxygen uptake. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 16, n. 1, p. 16-20, 2018.

SMILIOS, Ilias *et al.* The effects of recovery duration during high-intensity interval exercise on time spent at high rates of oxygen consumption, oxygen kinetics, and blood lactate. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 8, p. 2183-2189, 2018.

SOUSA, Filipe Antônio Barros; VASQUE, Rubens Eduardo; GOBATTO, Claudio Alexandre. Anaerobic metabolism during short all-out efforts in tethered running: Comparison of energy expenditure and mechanical parameters between different sprint durations for testing. **PloS one**, v. 12, n. 6, p. e0179378, 2017.

SPERLICH, Billy *et al.* Functional high-intensity circuit training improves body composition, peak oxygen uptake, strength, and alters certain dimensions of quality of life in overweight women. **Frontiers in physiology**, v. 8, p. 172, 2017.

SULTANA, Rachelle N. *et al.* The effect of low-volume high-intensity interval training on body composition and cardiorespiratory fitness: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 49, p. 1687-1721, 2019.

THUM, Jacob S. *et al.* High-intensity interval training elicits higher enjoyment than moderate intensity continuous exercise. **PloS one**, v. 12, n. 1, p. e0166299, 2017.

WARR-DI PIERO, Diego *et al.* Effects of work-interval duration and sport specificity on blood lactate concentration, heart rate and perceptual responses during high intensity interval training. **PloS one**, v. 13, n. 7, p. e0200690, 2018.

WEIR, JB de V. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. **The Journal of physiology**, v. 109, n. 1-2, p. 1, 1949.

## 2 ARTIGO ORIGINAL 2 - RESPOSTAS CARDIOMETABÓLICAS, AFETIVAS E VOLUME DE TREINAMENTO EM SESSÕES DE HIGH-INTENSITY INTERVAL RESISTANCE TRAINING (HIRT) CONDUZIDAS COM ESTÍMULOS DE DURAÇÃO AUTOSSELECIONADA E FIXA

### RESUMO

Este estudo investigou os efeitos da aplicação de estímulos de duração autosselccionada vs. fixa em sessões de HIRT nas respostas cardiometabólicas, afetivas, no volume de treinamento e na cadência das repetições executadas em homens jovens treinados. Vinte homens treinados ( $24.1 \pm 3.4$  anos e  $50.6 \pm 8.7$  ml.kg.<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) foram submetidos ao teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) e familiarizados com os exercícios e com o protocolo HIRT na primeira visita ao laboratório. Nas duas visitas subsequentes, espaçadas de 48 a 72 h, os indivíduos realizaram sessões de HIRT com diferentes durações de estímulo: sessão de HIRT com estímulos de duração autosselccionada (HIRT-AS) e sessão de HIRT com estímulos de duração fixa de 20 s (HIRT-FX). Durante as sessões foram aferidas as respostas do consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>), frequência cardíaca (FC), lactato sanguíneo, volume de treinamento, cadência de execução dos exercícios, bem como as respostas afetivas (FS e FAS) e de divertimento (PACES). O VO<sub>2</sub> e a FC durante o exercício foram maiores no HIRT-FX vs. HIRT-AS ( $51\%VO_{2max}$  vs.  $48\%VO_{2max}$ ,  $p=0,04$ ;  $90\%FC_{max}$  vs.  $88\%FC_{max}$ ,  $p=0,04$ , respectivamente), mas com efeito de baixa magnitude (ES = 0,28; ES = 0,21, respectivamente). O volume de treinamento e cadência de execução das repetições foram superiores em HIRT-FX comparado a HIRT-AS ( $p<0,05$ ; ES>0,70). Já as respostas de lactato sanguíneo, variáveis afetivas e de divertimento não foram afetadas pelas diferentes estratégia de duração dos estímulos. A autosselção da duração dos estímulos em sessões de HIRT não influencia as respostas afetivas e de divertimento e parece ser tão eficiente quanto estímulos de duração fixa na manutenção da intensidade das respostas cardiometabólicas ao esforço. Contudo, HIRT-FX deve ser preferida quando o objetivo da sessão recair na realização de um maior volume de treinamento, sustentado por um maior período de tempo.

**Palavras-chave:** treinamento intervalado de alta intensidade; exercício em circuito; estímulo; fadiga.



## 2.1 Introdução

O treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) vem sendo aplicado no condicionamento de populações variadas, devido aos seus efeitos positivos em diferentes indicadores de saúde e desempenho (SULTANA *et al.*, 2019; GRACIA-HERMOSO, 2016). Além dos benefícios fisiológicos, outro ponto que merece destaque no HIIT, recai nas curtas durações das sessões de treinamento para se obter efeitos positivos. Nesse sentido, grande parte dos protocolos não excedem 20 minutos (KARLSEN *et al.*, 2017; MCGEE, GIBALA 2008). Dentre as formas de prescrição do HIIT, a adoção de circuitos conduzidos com exercícios contrarresistência, também denominados de *High-Intensity Interval Resistance Training* (HIRT), vem recebendo atenção dos investigadores. Estes circuitos são conduzidos em intensidade *all-out*, englobando exercícios para diferentes grupamentos musculares, realizados com diferentes ordens de execução. Diferentemente do treinamento intervalado em cicloergômetro e esteira, que promovem o aprimoramento da aptidão cardiorrespiratória (SULTANA *et al.*, 2019), o HIRT pode gerar aprimoramentos conjuntos na aptidão cardiorrespiratório e na força muscular (SPERLICH *et al.*, 2017; MONTEIRO *et al.*, 2022; GUTIÉRREZ-ARROYO *et al.*, 2023).

Ao elaborar uma sessão de HIRT, a combinação das variáveis de prescrição do treinamento deve ser delineada para permitir a manutenção do esforço em intensidades elevadas, sem, contudo provocar fadiga excessiva a ponto de interromper a execução da atividade (FIDALGO *et al.*, 2023). Desta forma, a duração e a intensidade dos estímulos, são variáveis importantes devido às suas implicações nos indicadores de intensidade do esforço e fadiga (MACINNIS *et al.*, 2017; PIERO *et al.*, 2018; SMILIOS *et al.*, 2018; GERMANO *et al.*, 2022).

Para além das respostas fisiológicas, outra questão a ser considerada nas sessões de HIRT, refere-se às respostas afetivas ao esforço. Além de relacionar-se às sensações de prazer e/ou descontentamento, elas podem influenciar no engajamento aos programas de exercício (BARTLETT, 2011). Diante disso, uma estratégia de prescrição que desencadeia respostas afetivas positivas ao esforço, refere-se ao exercício autosselecionado (AS). Em termos

práticos, esta estratégia possibilita ao indivíduo o auto controle de uma ou mais variáveis de treinamento, resultando aumento da motivação intrínseca, e consequente respostas afetivas positivas (EKEKAKIS, 2009; TEIXEIRA *et al.*, 2012). Em adição, a adoção do exercício AS também pode ser efetiva para controlar as respostas fisiológicas agudas ao esforço. Por exemplo, no HIIT conduzido em esteira rolante, *Schoenmakers, Reed* (2019) não encontraram diferença das respostas do  $VO_{2max}$  em sessões com intervalos entre estímulos fixos e AS. Em outro experimento, realizado em cicloergômetro, envolvendo indivíduos sedentários, *Kriel, Askew, Solomon* (2019), verificaram maiores respostas cardiorrespiratórias nas sessões com estímulos em intensidade AS, em comparação com intensidade fixa. Os resultados dos estudos supracitados atentam para o fato de que a autosseleção de algumas variáveis de prescrição do exercício pode ser útil no controle da intensidade do esforço em populações variadas.

Embora protocolos de exercícios AS tenham sido estudados no HIIT (KELLOGG *et al.*, 2018; SCHOENMAKERS, REED, 2019; KRIEL, ASKEW, SOLOMON, 2019), na maior parte dos casos, os mesmos foram conduzidos no treinamento intervalado em ergômetros (exemplo: esteira e bicicleta). Por isso, não se sabe até que ponto estratégias de estímulo AS podem ser efetivas no controle da intensidade do esforço em sessões de HIRT. Isso se deve ao fato dos protocolos desta natureza serem compostos por exercícios de corpo inteiro e/ou localizados, executados com grupamentos musculares de diferentes tamanhos, com sobrecargas e velocidades de execução variadas (FIDALGO *et al.*, 2023; GUTIÉRREZ-ARROYO *et al.*, 2023). Além disso, os exercícios podem ser realizados em diferentes ordens no circuito e alguns ainda podem exigir maior técnica para execução. Logo, o somatório destes aspectos pode afetar as respostas fisiológicas e afetivas ao esforço, em relação àquelas obtidas no HIIT executado em ergômetros. Tendo em vista as diferenças metodológicas entre o HIIT e os circuitos HIRT, bem como o impacto que a aplicação de estímulos AS pode exercer no controle da intensidade do esforço, o objetivo deste trabalho é comparar as respostas cardiometabólicas, afetivas, volume de treinamento e a cadência de execução das repetições em sessões de HIRT conduzidas com estímulos de duração autosselecionada (HIRT-AS) e fixa (HIRT-FX) e em homens treinados.

## 2.2 Material e Métodos

### 2.2.1 Amostra

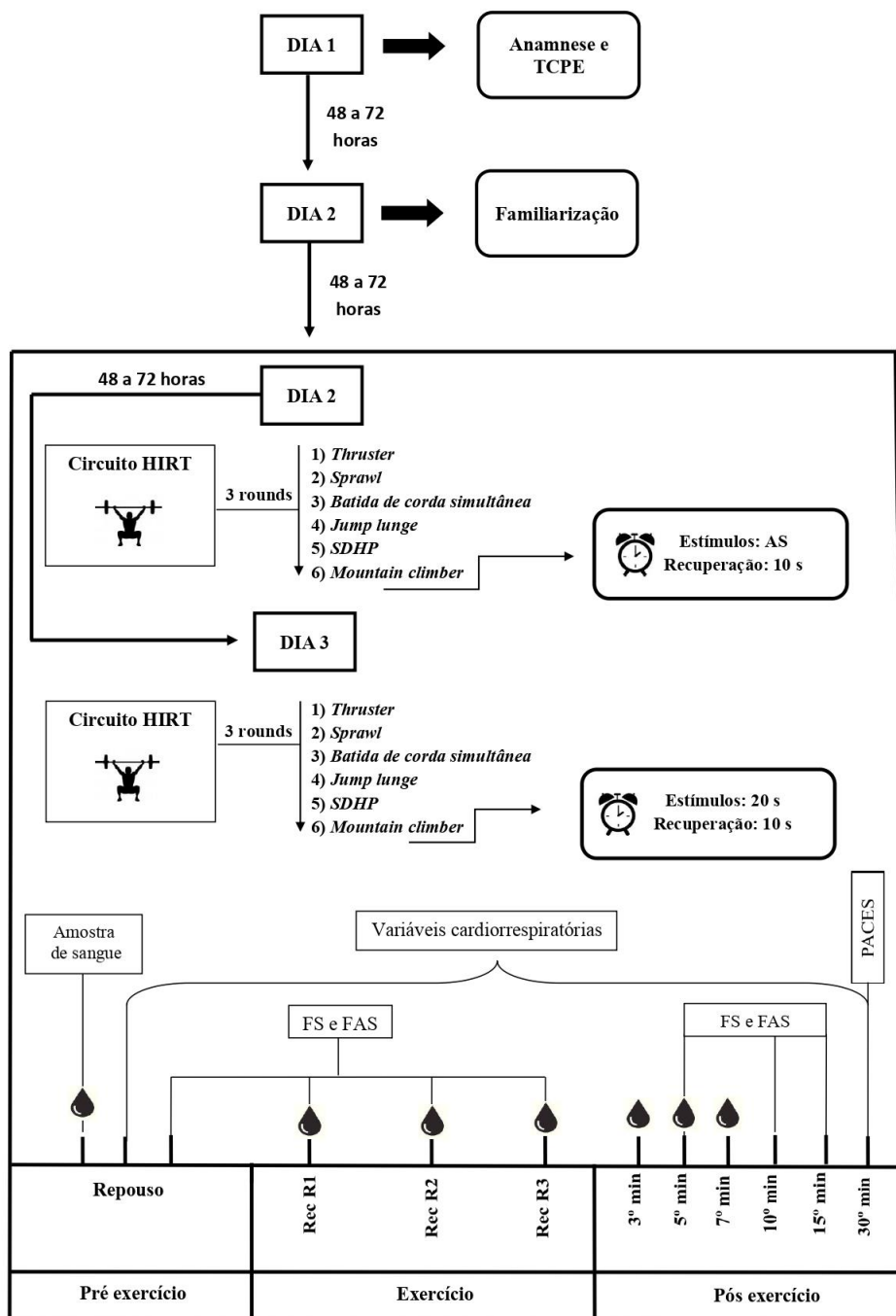
O tamanho da amostra foi calculado por meio do software G\*Power, versão 3.1.9.6. (Universitat Düsseldorf, Düsseldorf, Alemanha), considerando um nível de probabilidade de 0,05, com tamanho de efeito de 0,5 para um poder estatístico de 0,80. O tamanho amostral recomendado foi de 16 participantes. Assim, a amostra foi composta 20 indivíduos, de 20 a 30 anos, homens, praticantes de modalidades mistas de exercícios realizados em alta intensidade por no mínimo seis meses e sem comprometimento no aparelho locomotor. Consideraram-se como modalidades mistas, atividades praticadas na forma de circuito de alta intensidade, envolvendo exercícios ginásticos, exercícios contrarresistência e exercícios de característica predominantemente aeróbia. Foram adotados os seguintes critérios de exclusão do estudo: a) existência de problemas osteomioarticulares limitantes nos exercícios contrarresistência ou desempenho da atividade aeróbia em esteira; b) existência de doenças cardiovasculares que possam interferir na aquisição das variáveis cardiorrespiratórias; c) uso de medicamentos que interfiram nas respostas cardiorrespiratórias ao esforço. Antes de ingressar no estudo os voluntários assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO A) e o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética institucional (CAEE: 68285422.4.0000.5259) (ANEXO E)

### 2.2.2 Anamnese

A anamnese foi conduzida na forma de entrevista, investigando primordialmente quadros de dores e limitações osteomioarticulares que pudessem interferir na realização dos exercícios propostos no experimento. Em adição, foram identificadas as atividades físicas realizadas pelos participantes.

### 2.2.3 Coleta de dados

Os dados foram coletados em quatro visitas ao laboratório, com intervalo de 48 a 72 horas entre cada visita. No primeiro dia, os sujeitos realizaram exame clínico, anamnese direcionada à identificação das atividades físicas realizadas e fatores limitantes à prática de exercícios. Para aqueles que foram selecionados, em seguida, foi realizado teste cardiopulmonar de exercício (TCPE). No segundo dia, os sujeitos realizaram uma familiarização com o circuito HIRT e com os aparatos utilizados para a realização do mesmo. No terceiro e quarto dia foram aplicadas duas sessões experimentais. A primeira envolvendo HIRT-AS e a segunda, envolvendo HIRT-FX. Os indivíduos foram orientados a não realizar exercícios físicos adicionais durante o período de coleta de dados. As variáveis monitoradas antes, durante e após as sessões de exercícios estão descritas na figura 1.



**Figura 1: Diagrama de fluxo do experimento**

Legenda: AS: Autosselecionado; TCPE: Teste Cardiopulmonar de Exercício; HIRT: High-Intensity Interval Resistance Training; SDHP: Sumô Deadlift High Pull; Var. Cardio.: Variáveis Cardiorrespiratórias; FS: Feeling Scale; FAS: Felt Arousal Scale; min: minutos; Rec: recuperação; PACES: Physical Activity Enjoyment Scale.

#### 2.2.4 Procedimentos

#### 2.2.5 Triagem de Saúde e Anamnese

No primeiro dia, os sujeitos realizaram uma triagem de saúde pré-exercício, utilizando-se o questionário PAR-Q (ANEXO F), anamnese direcionada à identificação das atividades físicas realizadas e fatores limitantes à prática de exercícios (Anexo G).

#### 2.2.6 Teste Cardiopulmonar de Exercício

O teste foi realizado em esteira, utilizando protocolo em rampa. O protocolo foi elaborado com base nos valores de consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) estimado pelo questionário de Matthews et al (1999), desenvolvido para populações saudáveis, com idades entre 18 e 80 anos. A partir desses valores foi calculada a velocidade inicial e final do protocolo, valendo-se da equação proposta pelo *American College Sports Medicine* (ACSM) (2018). O teste foi programado para que tivesse duração entre oito e 12 min e o aquecimento duração de 2 min. O aquecimento foi realizado a uma velocidade correspondente a 40% da velocidade do  $VO_{2máx}$  predito. Após o mesmo, o teste foi iniciado a uma velocidade correspondente a 50% da velocidade máxima predita. Os percentuais de velocidade para aquecimento e carga inicial de teste foram usados devido à melhor relação entre carga de trabalho e tempo de exercício (DA SILVA *et al.*, 2012). A inclinação da esteira foi fixada em 1% (JONES; DOUST, 1996). Antes do início do teste, o avaliado permaneceu monitorizado até o momento em que o quociente respiratório e o  $VO_2$  assumam valores aproximados de 0,75 a 0,85 e  $3,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , respectivamente (ATS/ ACCP, 2003).

Os indivíduos foram encorajados verbalmente a realizar o esforço máximo durante a realização do TCPE (ANDREACCI *et al.*, 2002), sendo considerado como

consumo de oxigênio de pico ( $VO_{2\text{pico}}$ ) o maior valor registrado ao final do teste. O protocolo foi realizado com auxílio do analisador de gases VO2000 (Medical Graphics, Saint Paul, Estados Unidos), devidamente calibrado. Os dados foram coletados continuamente, sendo arquivados a cada 10 segundos. Para a aquisição das medidas de FC foi utilizado o frequencímetro Polar (RS-800, Kempele, Finlândia). Para que o teste fosse considerado máximo, o sujeito deveria atingir ao menos três dentre os cinco critérios, segundo critérios propostos por Howley (1995), a saber: a) exaustão voluntária máxima, b) nota 9 ou 10 na escala CR-10 de Borg; c) obtenção de ao menos 90% da FC máxima ( $FC_{\text{max}}$ ) predita para a idade ou presença de platô na resposta de FC mediante aumento da carga ao final do teste; d) presença de platô no  $VO_2$  com incremento da velocidade ao final do teste, e) quociente respiratório  $\geq 1,10$ . Para determinação dos limiares ventilatórios 1 ( $LV_1$ ) e 2 ( $LV_2$ ) foram utilizados os critérios propostos por Gaskill *et al.*, (2001) e Wasserman *et al.*, (1973), respectivamente. A análise foi baseada na inspeção visual gráfica dos equivalentes respiratórios, por meio de dois avaliadores. O  $LV_1$  caracterizou-se pelo aumento não linear em relação ao tempo das variáveis VE e  $VE/VO_2$ . Já para identificar o  $LV_2$ , foi utilizado o aumento não linear em relação ao tempo das variáveis VE e  $VE/VCO_2$ . Os valores coincidentes entre os dois avaliadores após inspeção visual foram considerados, e, em caso de discordância, um terceiro avaliador foi utilizado para encontrar uma definição consensual.

### 2.2.7 Familiarização

A familiarização foi conduzida 48 a 72 horas após a aplicação do TCPE, para habituar os sujeitos ao uso do analisador de gases e às escalas e questionário utilizados. Para tanto, os indivíduos realizaram duas passagens pelo circuito realizado na sessão experimental, composto por seis exercícios, executados em três passagens, com estímulos de 20 s e recuperação de 10 s. As cargas nos diferentes exercícios foram autosselecionadas por cada praticante em função da sua experiência na realização dos exercícios. Ao final da primeira passagem pelo circuito, caso algum indivíduo julgasse que a carga em algum exercício possa ser

aumentada ou diminuída, este procedimento pôde ser adotado na segunda passagem. Os dados coletados antes durante e após as sessões, incluindo a aplicação das escalas e questionário, seguiram o mesmo protocolo que foi realizado nas sessões experimentais de HIRT.

#### 2.2.8 Medida do Lactato Sanguíneo

As concentrações de lactato sanguíneo foram mensuradas por meio de analisador eletroenzimático de lactato (YSI 2300L - Yellow Springs Instruments - Ohio - EUA). As amostras da concentração de lactato [La-] sanguíneo foram coletadas no lóbulo da orelha, após assepsia com álcool utilizando luvas e lancetas descartáveis (descartadas em recipiente específico para materiais perfurocortantes). As amostras foram coletadas antes de cada sessão de exercício, ao final de cada round, imediatamente após, assim como no terceiro, quinto e sétimo minutos após o exercício (CONCEIÇÃO *et al.*, 2018; PROTZEN *et al.*, 2020; BARTEL *et al.*, 2022). Os valores de lactatemia estão expressos em  $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ .

#### 2.2.9 Sessões de Exercício

Anteriormente às sessões de HIRT as respostas cardiorrespiratórias, afetivas e o lactato sanguíneo foram monitorados em repouso. Após as medidas iniciais, os sujeitos realizaram um aquecimento composto uma passagem pelo circuito, com carga autosselecionada nos exercícios. Cabe destacar que, neste momento, os indivíduos foram orientados a realizar os exercícios em velocidade de conforto, evitando intensidades *all-out*. Após o término do aquecimento os sujeitos tiveram um minuto para se posicionar no local onde o primeiro exercício do circuito foi executado, e em seguida a sessão de HIRT foi iniciada. Durante e após as sessões de HIRT, as respostas cardiorrespiratórias, afetivas e o lactato sanguíneo foram monitoradas.



As sessões de HIRT foram realizadas em forma de circuito, composto pelos seguintes exercícios e sequência: 1) *Thruster*; 2) *Sprawl*; 3) *Batida de corda simultânea*; 4) *Jump lunge*; 5) *Sumô Deadlift High Pull (SDHP)*; 6) *Mountain climber*. A escolha dos exercícios e sequência de aplicação foi elaborada com o intuito de trabalhar grandes grupamentos musculares, alternando alguns dos grupamentos exigidos nos exercícios para evitar fadiga localizada. Além disso, os exercícios selecionados não exigem técnica sofisticada para execução, e são comumente utilizados em circuitos desta natureza. A sobrecarga nos exercícios foi aplicada através da utilização do *Halter*, nos exercícios *Thruster* e *SDHP*, cuja carga foi selecionada por cada indivíduo em função da sua experiência com treinamento. Como implemento adicional, foi utilizada a corda naval para o exercício *batida de corda simultânea*.

Nas duas sessões, foram realizadas três passagens por cada exercício e os sujeitos foram orientados a realizar os exercícios em intensidade *all-out*. A primeira sessão conduzida foi HIRT-AS. Uma vez que na sessão HIRT-FX os sujeitos poderiam contabilizar o número de repetições realizadas por exercício, esta conduta foi aplicada com o intuito de evitar que os indivíduos utilizassem a sessão HIRT-FX de parâmetro. Desta forma, na sessão HIRT-AS os indivíduos realizaram os exercícios durante o tempo desejado pelos mesmos, desde que sem interrupções. Ao interromper o exercício, o intervalo de recuperação foi automaticamente aplicado. Entre cada exercício, este intervalo teve duração de 10s. E entre *rounds*, 30 segundos para a coleta do sangue. Apesar desta estratégia de duração dos estímulos ser individual, um avaliador anotou os tempos aplicados por cada indivíduo para analisar o perfil adotado pelos sujeitos ao longo da sessão. É importante destacar que os avaliados não tiveram conhecimento de que a duração dos estímulos neste dia seria anotada. Na segunda sessão de HIRT, conduzida com estímulos e recuperação fixos, os indivíduos realizaram 20 s de exercício em intensidade *all-out*, intercalados por 10 s de descanso passivo. Assim como em HIRT-AS, entre *rounds*, foi dado um descanso de 30 segundos para a coleta do sangue. As sessões foram filmadas para posterior avaliação do número de repetições realizados em cada exercício ao longo de ambas as sessões. A partir da obtenção deste dado pôde ser calculado o volume de treinamento decorrente das

diferentes sessões de HIRT investigadas. Foi dado um intervalo de 48 a 72 horas entre as sessões.

#### 2.2.10 Medida da afetividade e divertimento nas sessões de HIRT

As respostas afetivas foram aferidas imediatamente após o repouso inicial e ao final de cada *round* no circuito, totalizando três medidas durante a sessão. Após a sessão, as escalas foram novamente aplicadas no quinto minuto, décimo minuto e décimo quinto minuto. Para a mensuração da valência afetiva, foi utilizada a *Feeling Scale - FS* (HARDY; REJESKI, 1989 (ANEXO H), uma escala bipolar de afeto que traduz as sensações de prazer e desprazer, no caso do nosso estudo, em relação ao esforço. Esta escala é subdividida em 11 itens que variam numericamente entre -5 (Muito Ruim) e +5 (Muito Bom). Para a mensuração da ativação, foi utilizada a *Felt Arousal Scale - FAS* (HARDY; REJESKI, 1989) (ANEXO I), uma escala com variação de 1 (Pouco Ativado) a 6 (Muito Ativado).

Após 30 minutos do término da sessão de HIRT, os indivíduos foram encaminhados a um local confortável, onde responderam a *Physical Activity Enjoyment Scale (PACES)* para a mensuração do divertimento (KENZIERSKI; DeCARLO, 1991) (ANEXO D). O instrumento é composto por dezoito itens dispostos em escala bipolar com pontuações que variam de 1 a 7. A tradução da escala para a língua portuguesa levou em conta as normas para adaptação transcultural de medidas autorrelatadas, descritas por Beaton *et al.*, (2000).

### 2.3 Análise Estatística

Para testar a normalidade de todos os dados, inicialmente, foi realizado o teste de *Shapiro-Wilk* ( $p = 0,921$ ). Após confirmada a normalidade dos dados, foi utilizada uma *ANOVA* de dupla entrada com medidas repetidas para comparar as condições (fixo vs. autosselecionado) e momentos de realização das medidas (pré-

exercício, exercício, pós-exercício e *rounds*) para as variáveis cardiorrespiratórias, afetivas, lactato sanguíneo, duração dos estímulos, cadência das repetições e volume de treinamento. Em caso de identificação de efeito principal para condição ou momento, o *post-hoc* de Bonferroni foi realizado para identificar diferenças específicas. O teste de esfericidade de *Mauchly* foi realizado e a correção de Greenhouse-Geisser foi aplicada quando a esfericidade foi violada. Para a comparação dos valores médios de %FC<sub>max</sub> e do %VO<sub>2max</sub> das sessões, bem como da duração das sessões, volume de treinamento e das respostas de divertimento provenientes das sessões de HIRT, foi utilizado o teste *t* de Student. Os tamanhos de efeito *d* de Cohen (ES) foram calculados considerando 0,2, 0,5 e 0,8 como limites para efeitos pequenos, médios e grandes, respectivamente (COHEN, 2013). Todos os dados foram apresentados como média ± desvio padrão, sendo considerado o nível de significância de  $P \leq 0,05$  para todas as análises. Os dados foram analisados com auxílio do pacote estatístico SPSS versão 20 (IBM, Nova Iorque, Estados Unidos).

## 2.4 Resultados

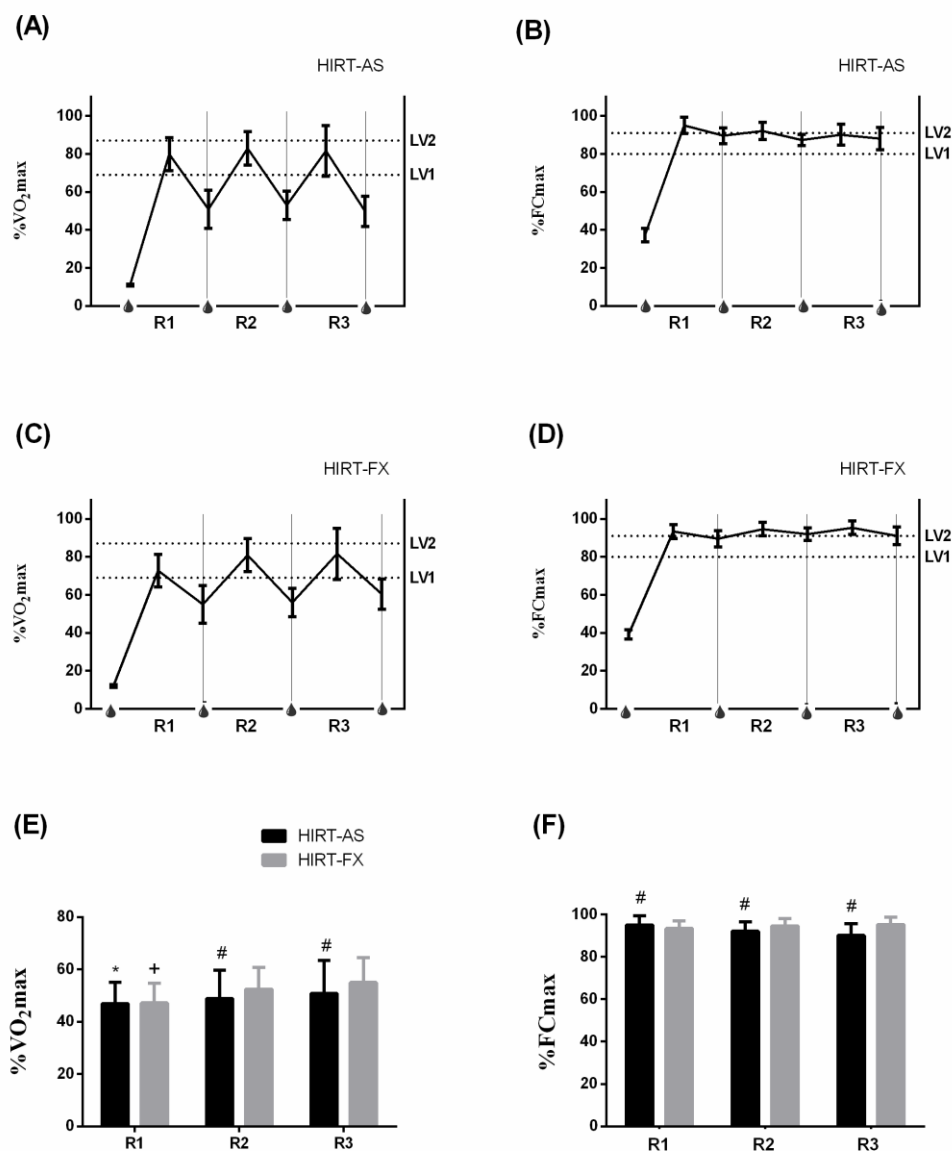
A Tabela 1 descreve as características da amostra (idade, dados antropométricos e variáveis cardiorrespiratórias basais). Não houve diferença entre as medidas de FC ( $p = 0,42$ ) e  $VO_2$  ( $p = 0,33$ ) realizadas antes de cada sessão de HIRT.


**Tabela 1:** Idade, características antropométricas e dados cardiorrespiratórios antes das sessões de HIRT e ao final do TCPE

Variáveis	Média $\pm$ DP
Idade (anos)	24.1 $\pm$ 3.4
Altura (cm)	175.7 $\pm$ 6.3
Massa corporal (kg)	88.6 $\pm$ 9.3
$VO_{2max}$ (ml.kg. <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	50.6 $\pm$ 8.7
R (ml.kg <sup>1</sup> .min <sup>-1</sup> )	1.1 $\pm$ 0.09
FC <sub>pico</sub> (bat.min <sup>-1</sup> )	190.6 $\pm$ 10.1
FC <sub>HIRT-FX</sub> repouso (bat.min <sup>-1</sup> )	64.1 $\pm$ 9.2
FC <sub>HIRT-AS</sub> repouso (bat.min <sup>-1</sup> )	69 $\pm$ 11.5
$VO_{2HIRT-FX}$ repouso (ml.kg. <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	3.92 $\pm$ 1.54
$VO_{2HIRT-AS}$ repouso (ml.kg. <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	4.58 $\pm$ 1.11

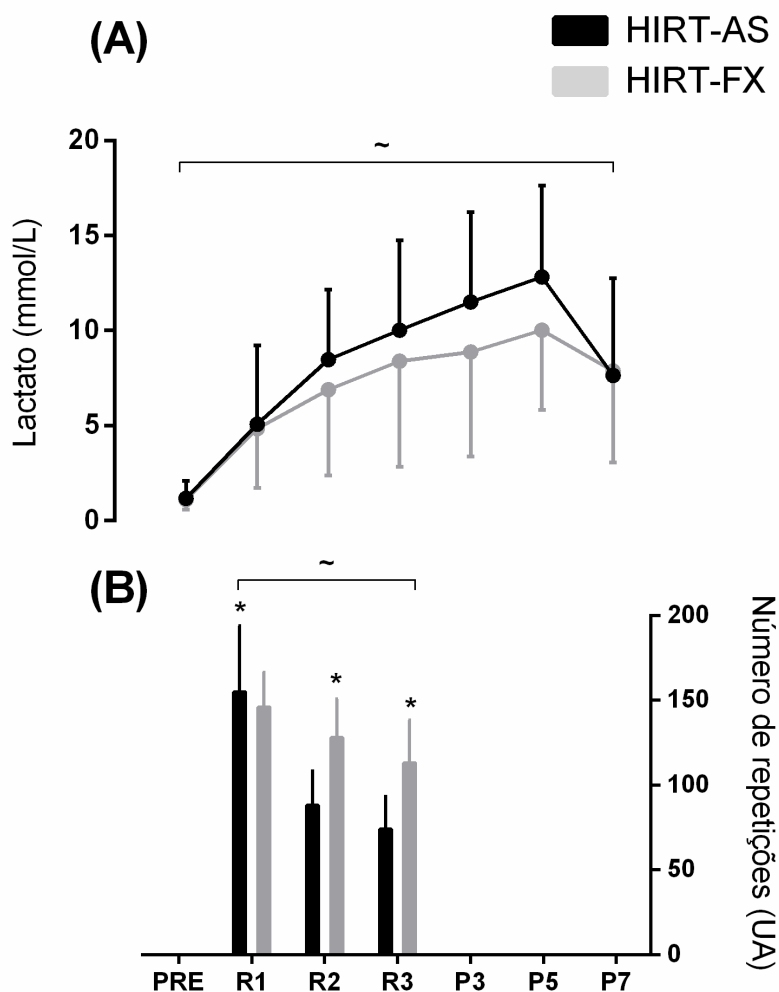
**Legenda:**  $VO_{2max}$ : consumo de oxigênio máximo; R: quociente respiratório;  $FC_{max}$ : frequência cardíaca máxima;  $FC_{HIRT-FX}$ : frequência cardíaca de repouso da sessão de HIRT com estímulo fixo de 20 segundos;  $FC_{HIRT-AS}$ : frequência cardíaca de repouso da sessão de HIRT com estímulo autosselecionado;  $VO_{2HIRT-FX}$ : consumo de oxigênio em repouso na sessão de HIRT com estímulo fixo de 20 segundos;  $VO_{2HIRT-AS}$ : consumo de oxigênio em repouso da sessão de HIRT com estímulo autosselecionado.

A figura 2 ilustra o comportamento do percentual do  $VO_{2max}$  e da  $FC_{max}$  nos *rounds* das sessões de HIRT-FX e HIRT-AS. As figuras 2A a 2D, representam as intensidades médias dos estímulos e recuperações balizados pelos limiares ventilatórios  $LV_1$  e  $LV_2$ . Já as figuras 2E e 2F, apresentam as intensidades médias do  $VO_{2max}$  e  $FC_{max}$  de cada *round*, com as comparações entre sessões. Ao comparar as respostas do  $VO_{2max}$  nos diferentes *rounds* e sessões de HIRT (2E), verificou-se interação entre o tipo de estímulo e os *rounds* [ $F_{(1,474, 27,999)} = 5,655$ ;  $p=0,15$ ]. Em adição, também foi encontrado efeito dos *rounds* [ $F_{(1,424, 27,063)} = 20,906$ ;  $p<0,001$ ], mas não do tipo de estímulo [ $F_{(1, 19)} = 3,591$ ;  $p=0,73$ ] nas respostas do  $VO_{2max}$ . Com relação à comparação dos valores médios do  $\%VO_{2max}$  em cada sessão, verificou-se que a intensidade da sessão de HIRT-FX, foi superior à sessão HIRT-AS ( $51\%VO_{2max}$  e  $48\%VO_{2max}$ , respectivamente) ( $p=0,04$ ;  $ES=0,28$ ). Quanto às respostas de FC nos diferentes *rounds* (2F), foi encontrada interação significativa entre o tipo de sessão e os *rounds* [ $F_{(1,238, 23,525)} = 19,063$ ;  $p<0,001$ ]. Além disso, foi verificado efeito principal para a condição [ $F_{(1, 19)} = 10,291$ ;  $p=0,05$ ], mas não para os *rounds* [ $F_{(2, 38)} = 3,534$ ;  $p= 0,60$ ]. Por outro lado, os valores médios do  $\%FC_{max}$  nas sessões de HIRT exibiram diferença, indicando que a sessão HIRT-FX foi superior à sessão HIRT-AS ( $90\%FC_{max}$  e  $88\%FC_{max}$ , respectivamente) ( $p=0,04$ ;  $ES=0,21$ ).



**Figura 2:** VO<sub>2</sub> e FC durante cada estímulo e recuperação (Painéis A a D) e média a cada *round* das sessões de HIRT (Painéis E e F). LV<sub>1</sub> e LV<sub>2</sub>: limiares ventilatórios derivados dos equivalentes respiratórios VE/VO<sub>2</sub> e VE/VCO<sub>2</sub>, respectivamente, durante o TCPE; : coleta de sangue para mensuração do lactato sanguíneo; #: diferença entre as sessões nos momentos indicados (p<0,05); \*: diferença entre o primeiro vs. os demais rounds na sessão HIRT-AS (p<0,05); +: diferença entre o primeiro vs. os demais rounds na sessão HIRT-FX (p<0,05).

A figura 3 ilustra o comportamento do lactato sanguíneo ao longo das sessões de HIRT-FX e HIRT-AS (3A), bem como do volume de treinamento obtidos nas mesmas (3B). No que se refere às respostas de lactato, não foi verificada interação significativa entre o tipo de estímulo e os diferentes *rounds* das sessões [ $F_{(1,128, 21,426)} = 1,078$ ;  $p = 0,37$ ]. Em adição, não foi encontrado efeito principal para condição [ $F_{(1, 19)} = 0,576$ ;  $p = 0,45$ ]. Por outro lado, foi observado efeito principal para momento, indicando um aumento das respostas de lactato ao longo dos *rounds* das sessões de HIRT [ $F_{(1,092, 20,740)} = 1,190$ ;  $p = 0,03$ ]. Quanto ao volume de treinamento, expresso pelo número de repetições nos exercícios, obtidas nos diferentes *rounds* das sessões, verificou-se interação significativa entre condição e momento [ $F_{(1,262, 23,979)} = 24,226$ ;  $p < 0,0001$ ]. Também foi verificado efeito principal para condição [ $F_{(1, 19)} = 28,991$ ;  $p < 0,0001$ ], e momento [ $F_{(1,207, 22,942)} = 128,640$ ;  $p < 0,0001$ ], indicando diminuição das repetições ao longo das sessões de HIRT e diferença entre o tipo de estímulo aplicado. Por fim, foi observada diferença significativa na comparação do volume de treinamento médio obtido nas sessões de HIRT, indicando que a sessão HIRT-FX apresentou superioridade em relação à sessão HIRT-AS ( $p < 0,0001$ ; ES = 0,81).

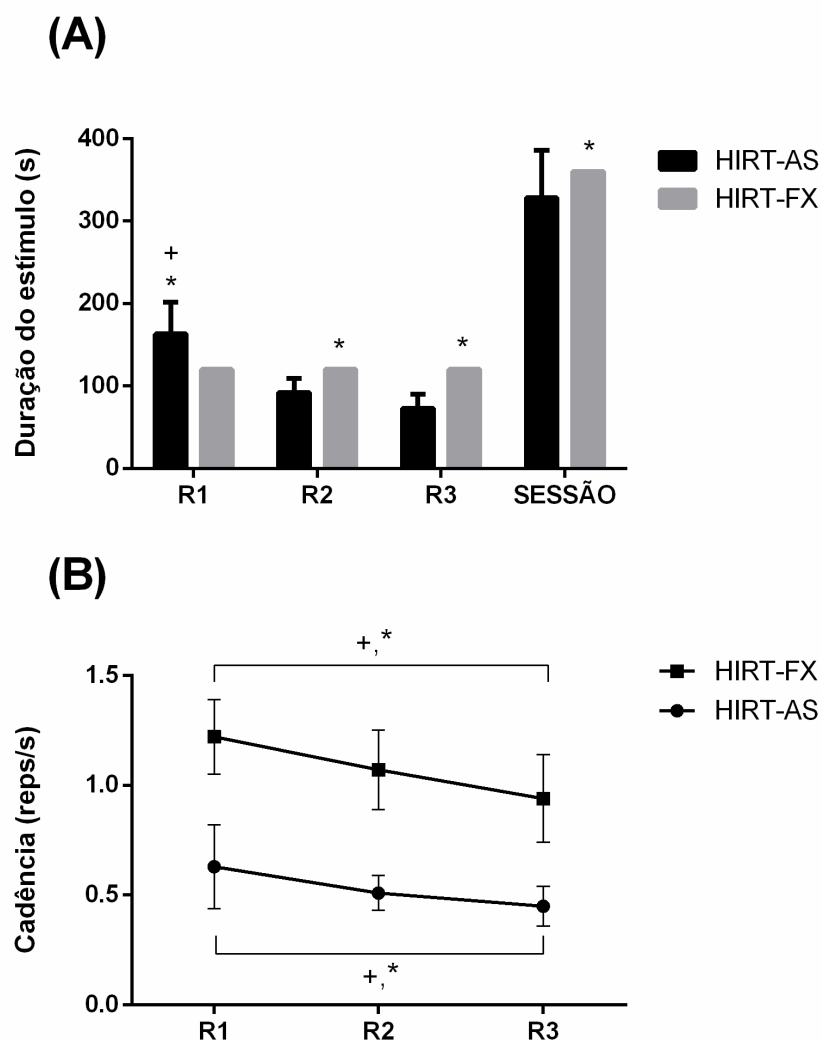


**Figura 3:** Comportamento do lactato sanguíneo ao longo das sessões de HIRT com diferentes estímulos (A), bem como do número de repetições obtidas nas mesmas (B). ~: diferença entre os todos os momentos indicados em ambas as sessões ( $p < 0,05$ ); \*: diferença entre sessões nos *rounds* indicados ( $p < 0,05$ ).

A figura 4 exibe o comportamento da duração dos estímulos nos diferentes *rounds* das sessões de HIRT (A), bem como da cadência das repetições realizadas nas mesmas (B). No que se refere à duração dos estímulos foi encontrada interação entre condição e os *rounds* [ $F_{(1,106, 21,019)} = 93,238$ ;  $p < 0,0001$ ]. Em adição, também foi verificado efeito principal da condição [ $F_{(1, 19)} = 6,146$ ;  $p = 0,02$ ], bem como dos *rounds* sobre esta variável [ $F_{(1,106, 21,019)} = 93,238$ ;  $p < 0,0001$ ]. Cabe destacar que a duração total da sessão HIRT-FX, foi superior à sessão HIRT-AS (600s vs. 525,90s, respectivamente) ( $p < 0,001$ ,  $ES = 0,80$ ). Quanto à cadência foi encontrada interação significativa entre a condição e os *rounds* [ $F_{(2, 38)} = 8,930$ ;  $p = 0,01$ ]. Além disso,



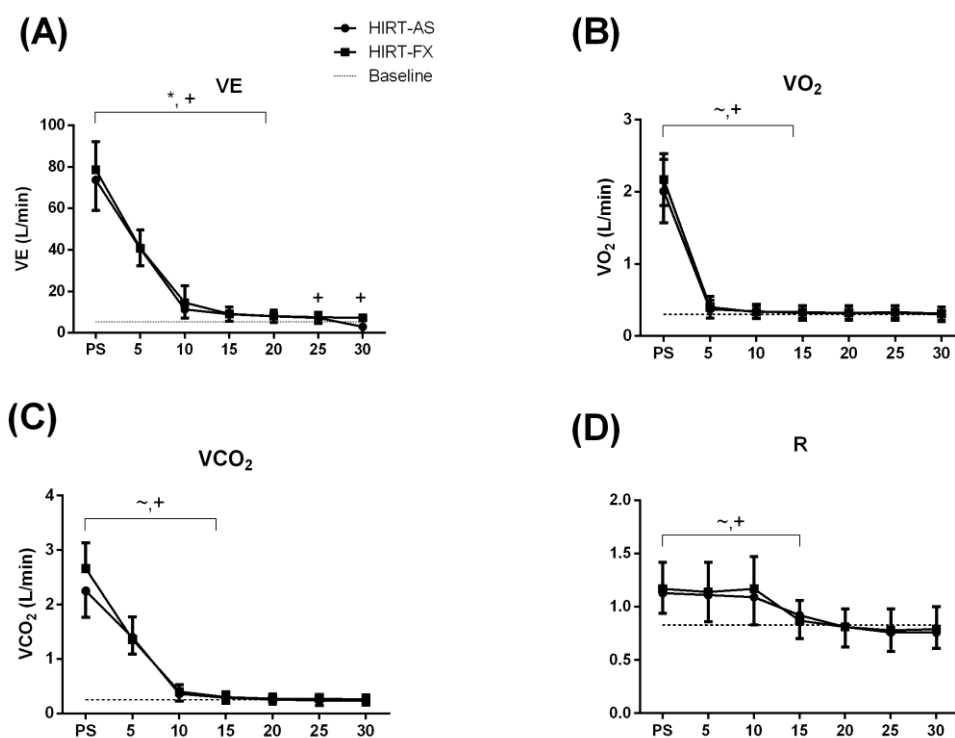
também foi encontrado efeito principal da condição [ $F_{(1, 19)} = 350, 129; p < 0,0001$ ] e dos *rounds* sobre a cadência das repetições [ $F_{(1,397, 26,534)} = 57,823; p < 0,0001$ ]. Por fim, foi observada diferença significativa na comparação do tempo médio de duração do estímulo das sessões de HIRT, indicando que a sessão HIRT-FX foi superior à sessão HIRT-AS ( $p < 0,0001$ ; ES = 0,80).



**Figura 4:** Duração dos estímulos (A) e cadência das repetições (B) nas diferentes sessões de HIRT. \*: diferença entre sessões nos momentos indicados ( $p < 0,05$ ); +: diferença entre R1 vs. R2. vs. R3 nas sessões indicadas ( $p < 0,05$ ).

A figura 5 exibe o comportamento das variáveis ventilatórias após 30 minutos das sessões de HIRT executadas com diferentes estímulos. Em relação à VE foi encontrada interação significativa entre condição e momentos [ $F_{(2,787, 52,944)} =$

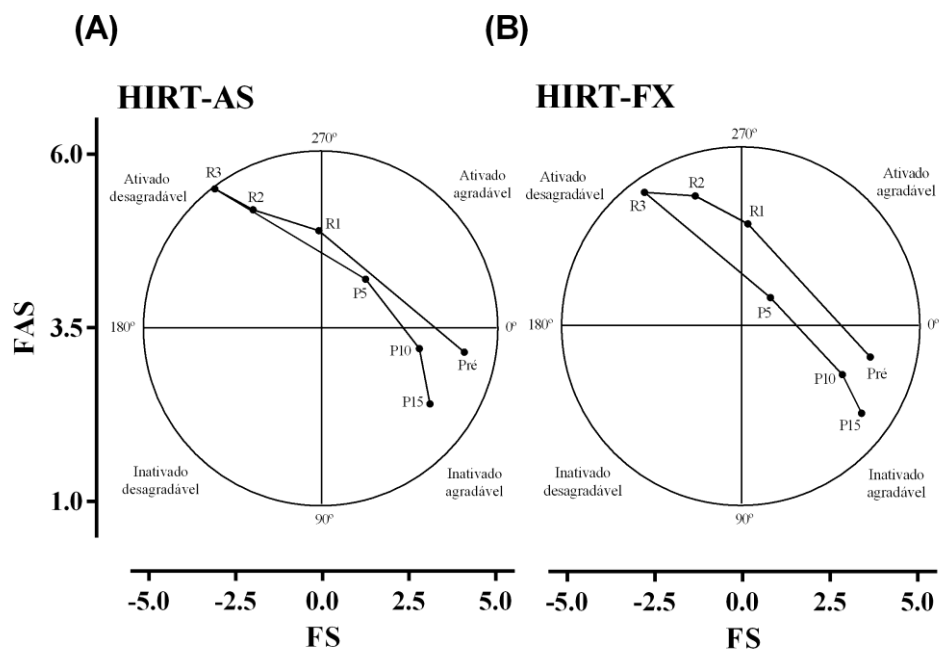
290,335;  $P < 0,0001$ ]. Em adição, também foi encontrado efeito principal para condição [ $F_{(1,19)} = 637,411$ ;  $p < 0,0001$ ] e momento de medida sobre esta variável [ $F_{(2,343, 44,526)} = 330,828$ ;  $p < 0,0001$ ]. No que diz respeito ao  $VO_2$  foi encontrada interação significativa entre condição e momentos [ $F_{(1,883, 35,784)} = 42,635$ ;  $P < 0,0001$ ]. Além disso, também foi encontrado efeito para condição [ $F_{(1,19)} = 123,849$ ;  $p < 0,0001$ ] e momento de medida sobre esta variável [ $F_{(2,540, 48,252)} = 72,280$ ;  $p < 0,0001$ ]. Quanto ao  $VCO_2$  medido durante 30 minutos após as sessões de HIRT, o mesmo comportamento foi verificado. A interação entre a condição e momentos de medida foi significativa [ $F_{(1,376, 40,254)} = 50,834$ ;  $p < 0,0001$ ], e também foram encontrados efeitos principais do momento [ $F_{(2,676, 46,918)} = 81,230$ ;  $p < 0,0001$ ] e da condição [ $F_{(1,19)} = 356,498$ ;  $p < 0,0001$ ]. Por fim, no que diz respeito ao R foi encontrada interação significativa entre condição e momento [ $F_{(1,249, 42,748)} = 44,535$ ;  $P < 0,0001$ ]. Em adição, foi verificado efeito da condição [ $F_{(1,19)} = 153,357$ ;  $p < 0,0001$ ] e do momento de medida sobre esta variável [ $F_{(2,540, 46,267)} = 74,720$ ;  $p < 0,0001$ ].



**Figura 5:** Comportamento da ventilação (A),  $VO_2$  (B),  $VCO_2$  (C) e R (D), durante 30 minutos de recuperação após as sessões de HIRT. PS: pós sessão de HIRT; \*: diferença a cada 5 minutos de monitorização nos primeiros 20 minutos após o exercício, (PS a 20 min) em ambas as condições ( $p < 0,05$ ); +: diferença entre sessões nos momentos destacados ( $p < 0,05$ ); ~: diferença a cada 5 minutos de monitorização nos primeiros 15 minutos (PS a 15 min) em ambas as condições ( $p < 0,05$ ).

A figura 6 ilustra o modelo circumplexo resultante das respostas afetivas das sessões de HIRT-FX e HIRT-AS. No que diz respeito aos dados da FS, não foi encontrada interação significativa entre condição e momento [ $F_{(2,804, 53,280)} = 0,766$ ;  $p=0,51$ ], nem efeito principal da condição [ $F_{(1, 19)} = 0,089$ ;  $p=0,76$ ]. Por outro lado, foi verificado efeito principal do momento nas respostas desta escala [ $F_{(2,146, 40, 769)} = 50,160$ ;  $p<0,0001$ ]. Nesse sentido, em ambas as sessões, o momento pré exercício se diferenciou dos demais, exceto do décimo e décimo quinto minuto pós exercício ( $p<0,05$ ). Já durante as sessões, todos os *rounds* diferiram-se entre si, apontando que o exercício se tornou desagradável ao longo do tempo, em ambas as sessões ( $p<0,05$ ).

Quanto às respostas da FAS, o mesmo comportamento foi observado. Não foi encontrada interação significativa entre condição e momento [ $F_{(3,007, 57,136)} = 0,716$ ;  $p=0,54$ ], nem efeito principal da condição [ $F_{(1, 19)} = 1,355$ ;  $p=0,25$ ]. Contudo, foi verificado efeito principal do momento sobre esta variável [ $F_{(1,850, 35, 154)} = 32,474$ ;  $p<0,0001$ ]. Desta forma, em ambas as sessões, a medida pré exercício se diferenciou apenas dos três *rounds* de exercícios ( $p<0,0001$ ). Já durante as sessões de HIRT, em ambas, não foram encontradas diferença entre os *rounds* de exercícios, indicando que os indivíduos permaneceram ativados do início ao fim das sessões ( $p<0,05$ ). Por fim, a percepção geral de divertimento refletida pelo PACES foi semelhante nas sessões de HIRT conduzidas com estímulos autosselecionados ( $108,2 \pm 11,2$ ) e fixo ( $110,6 \pm 13,8$ ) ( $p=0,06$ ).



**Figura 6:** Respostas afetivas nas sessões de HIRT com estímulos de duração AS (A) e fixa (B). R1: *round* 1 das sessões de HIRT; R2: *round* 2 das sessões de HIRT; R3: *round* 3 das sessões de HIRT; P5: pós 5 minutos de recuperação; P10: pós 10 minutos de recuperação; P15: pós 15 minutos de recuperação.

## 2.5 Discussão

Este estudo teve como objetivo analisar as respostas cardiometabólicas, afetivas, volume de treinamento e cadência das repetições, provenientes de sessões de HIRT aplicadas com diferentes estratégias de duração dos estímulos. Nossa hipótese foi parcialmente confirmada, uma vez que os principais achados revelaram que a intensidade das sessões, mensurada pelo  $VO_2$  e FC, foi superior na sessão HIRT-FX comparada à HIRT-AS. Contudo, o lactato sanguíneo, diferenciou-se entre os momentos de coleta, não havendo influência das estratégias de duração dos estímulos sobre esta variável. Quanto ao volume de treinamento, à duração dos estímulos e à cadência das repetições nos exercícios, o HIRT-FX apresentou superioridade em relação ao HIRT-AS. No que diz respeito às variáveis relacionadas ao afeto, apesar das diferenças encontradas entre os momentos de avaliação, não houve diferença entre as sessões investigadas. O divertimento mensurado após as sessões de HIRT também foi semelhante nas mesmas.

Embora tenham sido encontradas diferenças nas respostas das médias de  $VO_2$  e FC entre as sessões de HIRT, é importante destacar que as mesmas foram de baixa magnitude (HIRT-FX =  $51\%VO_{2max}$ ; HIRT-AS =  $48\%VO_{2max}$ ,  $p=0,04$ ,  $ES=0,28$ ; HIRT-FX =  $90\%FC_{max}$ ; HIRT-AS =  $88\%FC_{max}$ ,  $p=0,04$ ,  $ES=0,21$ ). Na prática, é possível que estas diferenças não exerçam influência no aprimoramento da aptidão cardiorrespiratória. Estudos futuros com acompanhamento longitudinal devem ser realizados para confirmar esta premissa. É importante destacar que ambas as sessões foram eficazes para manter os indivíduos em intensidades acima daquelas associadas ao  $LV_1$ , e por vezes ao  $LV_2$ , como no caso da FC durante os estímulos (Figura 2). Está bem documentado na literatura que a prescrição de exercícios baseada nos limiares ventilatórios é capaz de impor demandas fisiológicas que geram adaptações significativas e contribuem no aprimoramento da aptidão cardiorrespiratória (WOLPERN *et al.*, 2015; TSCHAKERT & HOFMAN, 2013; CADORE *et al.*, 2011; EDGE *et al.*, 2005). Também cabe ressaltar que, em ambas as sessões, as intensidades de exercício foram classificadas como alta para FC, e moderada para  $VO_2$  (ACSM, 2021). Esses achados são semelhantes aos verificados por Nuñez *et al.*, (2020), Fidalgo *et al.*, (2022), Fidalgo *et al.*, (2023) e podem refletir

a interação do sistemas aeróbio e anaeróbio de produção de energia. Isso se deve ao fato de que estímulos de curta duração realizados em intensidade *all-out*, podem contribuir para uma alta demanda anaeróbia resultante da ressíntese não oxidativa de ATP (SOUSA, VASQUE, GOBATTO, 2017; PANISSA *et al.*, 2018).

Um achado que pode ajudar a consubstanciar o fato dos percentuais da FC e do  $VO_2$  expressarem diferentes intensidades relativas de esforço, refere-se às respostas de lactato sanguíneo obtida nas sessões. Em ambas as sessões, a produção de lactato aumentou ao longo do tempo, sugerindo a influência do metabolismo anaeróbio nos circuitos HIRT, conforme demonstrado por outros estudos (NUÑEZ *et al.*, 2020; BELISSIMO *et al.*, 2022). O lactato sanguíneo é um marcador de intensidade do exercício, e pode estar relacionado à capacidade de contração muscular eficiente. Logo, o acúmulo do  $H^+$  decorrente da alta produção de lactato pode aumentar a contribuição anaeróbia da sessão de exercício (SOUZA *et al.*, 2017) contribuir para a queda de desempenho e/ou interrupção precoce do exercício (GASTIN *et al.*, 2001; HALL *et al.*, 2016). Em relação aos achados verificados neste estudo, curiosamente, à medida que o lactato aumentou, o número de repetições a cada *round* diminuiu em ambas as sessões.

Quanto ao volume de treinamento decorrente das sessões de HIRT, verificou-se que o a sessão HIRT-FX foi mais eficiente em acarretar mais repetições, comparada à sessão HIRT-AS. Contudo, cabe destacar que ao comparar o comportamento das repetições *round a round*, foi possível observar uma mudança no desempenho dos sujeitos ao longo das sessões. Neste caso, no primeiro *round* da sessão HIRT-AS, os sujeitos executaram estímulos mais longos, envolvendo um maior número de repetições. Entretanto, a partir do segundo *round* este comportamento se inverteu. Este resultado pode estar associado a uma possível má administração da duração do estímulo e do conseqüente número de repetições executadas no primeiro *round* da sessão HIRT-AS. Logo, é possível que a conduta adotada pelos indivíduos para estabelecer a duração dos estímulos *all-out*, associada ao curto intervalo de recuperação, influenciou os *rounds* seguintes, provocando queda do desempenho. Alguns estudos já demonstraram que no desempenho, caracterizado, por exemplo, pelo número de repetições executadas (FIDALGO *et al.*, 2022; FIDALGO *et al.*, 2021), ou pela velocidade imprimida na

corrida (SCHOENMAKERS, REED, 2019), a autosseleção de uma ou mais variáveis de prescrição dos exercícios, pode não ser a melhor estratégia.

No que se refere à duração dos estímulos nas diferentes sessões de HIRT (Figura 4) de maneira semelhante ao número de repetições, a duração dos estímulos foi maior na sessão HIRT-FX, contribuindo para uma maior duração total desta sessão de exercício em comparação à sessão HIRT-AS (600s vs. 525,90s, respectivamente;  $p < 0,001$ ,  $ES = 0,75$ ). Cabe destacar que a manutenção de elevadas intensidades do esforço durante um maior tempo, é fundamental para o aprimoramento da aptidão cardiorrespiratória (MANN *et al.*, 2013; MACINNIS, GIBALA, 2017). Contudo, como este experimento investigou as respostas agudas ao exercício, para melhor elucidar esta questão, estudos com delineamentos longitudinais devem ser realizados.

Outro aspecto a ser destacado, refere-se à cadência das repetições nas sessões de HIRT. Nesse sentido, é possível inferir que a fadiga experimentada no primeiro *round* somada ao intervalo curto de recuperação entre os estímulos, pode ter influenciado no desempenho dos *rounds* subsequentes, diminuindo a cadência das repetições. Até onde foi possível verificar, estudos que avaliaram especificamente a cadência dos movimentos em diferentes sessões de HIRT, são escassos. Contudo, pesquisas anteriores indicam que a combinação da intensidade all-out nos exercícios com curtos intervalos de descanso, resulta em um aumento da fadiga, dificultando a manutenção do exercício ao longo das sessões (MACHADO *et al.* 2018; MACHADO *et al.*, 2022; FIDALGO *et al.*, 2022).

Quanto às respostas ventilatórias após as sessões de HIRT, ambas as sessões exibiram diferenças em todas as variáveis por até 15 minutos, indicando a necessidade de restabelecimento à homeostase, devido à alta intensidade do exercício (BØRSHEIM, BAHR, 2003). Isso tem sido apontado por outros estudos envolvendo treinamento intervalado (SCHAUN *et al.*, 2018; NUÑES *et al.*, 2020). Além da intensidade, a modalidade de exercício também é um fator que influencia nas respostas ventilatórias após as sessões (WARREN *et al.*, 2009; BØRSHEIM, BAHR, 2003). Logo, exercícios de grandes grupamentos, com tarefas complexas, executados em intensidade all-out, contribuem para um retorno mais lento às condições pré exercício (FERNANDEZ FERNANDEZ *et al.*, 2015; MACHADO *et al.*, 2019). Em adição, também foram encontradas diferenças entre as sessões de HIRT-

FX e HIRT-AS. Apesar das diferenças encontradas na intensidade das sessões, as mesmas foram de baixa magnitude, e possivelmente não explicariam as diferenças encontradas entre as sessões no pós exercício. Nesse sentido, é provável que o volume de treinamento, bem como o tempo efetivo em esforço foram fatores cruciais para influenciar as diferenças nos primeiros 15 minutos após o exercício.

No que concerne às respostas afetivas oriundas das sessões de HIRT-FX e HIRT-AS, as percepções de prazer e ativação foram semelhantes em ambas, com diferenças apenas entre os momentos de medida. As respostas de prazer medidas pela escala FS, exibiram diferenças entre a situação pré exercício e os diferentes *rounds* das sessões, indicando que os indivíduos evoluíram de uma sensação agradável pré exercício, para uma sensação desagradável durante o exercício. Contudo, após as sessões, os mesmos retornaram a uma percepção agradável. Esses resultados corroboram estudos anteriores e sugerem um efeito de rebote na percepção de prazer após o término das sessões de exercício (EKKEKAKIS, PARFITT, PETRUZZELLO, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2013; FIDALGO *et al.*, 2022). Quanto à ativação, mensurada pela escala FAS, o repouso no pré exercício influenciou nas baixas percepções de excitação antes das sessões. Contudo, a excitação se manteve alta durante as sessões, o que está relacionado ao aumento do impulso simpático (EKKEKAKIS, PETRUZZELLO, 2002). Cabe ainda destacar que visualização simultânea de FS e FAS no modelo circumplexo (Figura 6) exibiu um padrão similar para HIRT-FX e HIRT-AS. Finalmente, as respostas de divertimento refletidas pelo PACES em ambas as sessões, exibiram uma percepção semelhante, independente do tipo de estímulo aplicado.

O presente estudo apresenta limitações que devem ser destacadas. A carga utilizada para a realização de alguns exercícios foi autosselecionada. Contudo, os indivíduos eram habituados com os exercícios utilizados em nosso experimento, o que pode ter reduzido possíveis erros na escolha das mesmas. Em adição, embora os participantes tenham sido instruídos a executar os estímulos em intensidade all-out, não se pode garantir que isso ocorreu durante as sessões. Entretanto, todos eram treinados e foram explicitamente motivados a desempenhar o esforço máximo durante todas as sessões de exercício, o que pode ter minimizado a ocorrência desta limitação. Cabe destacar que a autosseleção das cargas e a execução de



exercícios em intensidade all-out, traduzem requisitos comumente utilizados em circuitos desta natureza.

## 2.6 Conclusão

A autosseleção da duração dos estímulos em sessões de HIRT parece ser tão eficiente quanto a aplicação de estímulos com duração fixa na manutenção das respostas de FC  $\text{VO}_2$  e lactato sanguíneo em homens treinados em circuitos desta natureza. Contudo, estímulos de duração fixa foram capazes de promover maior tempo de sustentação das atividades em alta intensidade e conseqüente maior volume de treinamento. Desta forma, quando o objetivo da sessão recair na realização de mais repetições sustentadas por um período de tempo maior, HIRT-FX deve ser preferida. Independentemente da estratégia de duração de estímulo aplicada, as respostas afetivas e de divertimento ao exercício não são influenciadas. Estudos futuros envolvendo delineamentos longitudinais são necessários para melhor estabelecer os efeitos da aplicação do HIRT-FX e HIRT-AS e seus impactos na aptidão cardiorrespiratória, força muscular e adesão ao treinamento.

## 2.7 Referências

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ACSM's **Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 10<sup>a</sup> ed. Wolters Kluwer, 2018.

ANDREACCI J. L. *et al.* The effects of frequency of encouragement on performance during maximal exercise testing. **Journal of Sports Sciences**, v. 20, n. 4, p. 345–52, 2002.

ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 167, n. 2, p. 211–77, 2003.

BARTEL, C *et al.* Energy demands in high-intensity intermittent taekwondo specific exercises. **PeerJ**, v. 10, p. e13654, 2022.

BARTLETT J. D. *et al.* High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: Implications for exercise adherence. **Journal of Sports Sciences**, v. 29, n. 6, p. 547-553, 2011.

BEATON D. E. *et al.* Guidelines for the process of cross-cultural adaptation of self-report measures. **SPINE**, v. 25, n. 24, p. 3186-3191, 2000.

BELLISSIMO, Gabriella F. *et al.* The acute physiological and perceptual responses between bodyweight and treadmill running high-intensity interval exercises. **Frontiers in Physiology**, p. 396, 2022.

BØRSHEIM E., BAH R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. **Sport Med**. 2003;33(14):1037–1060.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2nd ed. London: Routledge, 2013. 567p.

CONCEIÇÃO, M. S. *et al.* Anaerobic metabolism induces greater total energy expenditure during exercise with blood flow restriction. **PLOS ONE**, v. 13, n. 3, p. e0194776, 2018.

Da SILVA S. C. *et al.* Determination of Best Criteria to Determine Final and Initial Speeds within Ramp Exercise Testing Protocols. **Pulmonary Medicine**, v. 2012, 2012.

EKKEKAKIS P, PARFITT G, AND PETRUZZELLO SJ. The pleasure and displeasure people feel when they exercise at different intensities: decennial update and progress towards a tripartite rationale for exercise intensity prescription. **Sports Med** 41: 641-671, 2011.

EKKEKAKIS P, PETRUZZELLO SJ. Analysis of the affect measurement conundrum in exercise psychology: IV. A conceptual case for the affect circumplex. **Psychology of Sport Exercise** 3: 35-63, 2002.

EKKEKAKIS, Panteleimon. Let them roam free? Physiological and psychological evidence for the potential of self-selected exercise intensity in public health. **Sports medicine**, v. 39, p. 857-888, 2009.

FERNÁNDEZ, J F *et al.* Acute physiological responses during crossfit® workouts. **European Journal of Human Movement**, v. 35, p. 114-124, 2015.

FIDALGO A. *et al.* Self-selected or fixed: is there an optimal rest interval for controlling intensity in high-intensity interval resistance training? **Eur J Appl Physiol**. 2023. doi: 10.1007/s00421-023-05246-9. Epub ahead of print. PMID: 37285052.

FIDALGO, A. *et al.* Influence of HIIRT With Fixed and Self-Selected Recovery Intervals on Physiological, Affective, and Enjoyment Responses. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, p. 1-9, 2022.

GASKILL S. E. *et al.* Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v 33, n.11, p.1841–1848, 2001.

GASTIN, Paul B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports medicine**, v. 31, p. 725-741, 2001.

GERMANO, M D. *et al.* Effect of different recoveries during HIIT sessions on metabolic and cardiorespiratory responses and sprint performance in healthy men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 36, n. 1, p. 121-129, 2022.

GILLEN, Jenna B.; GIBALA, Martin J. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness?. **Applied physiology, nutrition, and metabolism**, v. 39, n. 3, p. 409-412, 2014.

GRACIA-HERMOSO, A. *et al.* Is high-intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta-analysis. **Obesity reviews**, v. 17, n. 6, p. 531-540, 2016.

GUTIÉRREZ-ARROYO, J *et al.* Effect of a High-Intensity Circuit Training Program on the Physical Fitness of Wildland Firefighters. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 3, p. 2073, 2023.

HALL, Mederic M. *et al.* Lactate: friend or foe. **PM&R**, v. 8, n. 3, p. S8-S15, 2016.

HARDY, C J.; REJESKI, W. J. Not what, but how one feels: the measurement of affect during exercise. **Journal of sport and exercise psychology**, v. 11, n. 3, p. 304-317, 1989.

HOWLEY, E.T., BASSETT, D. R., WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, n. 9, p.1292–301, 1995.

JONES A. M., DOUST J. H. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. **Journal of Sports Sciences**, v. 14, n. 4, p. 321–327, 1996.

KARLSEN T. *et al.* High Intensity Interval Training for Maximizing Health Outcomes, **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 60, n. 1, p. 67-77, 2017.

KELLOGG, E *et al.* Comparison of psychological and physiological responses to imposed vs. self-selected high-intensity interval training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 11, p. 2945-2952, 2019.

KENDZIERSKI D., DeCARLO K. J. Physical activity enjoyment scale: two validation studies. **Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. 13, n. 1, p. 50-64, 1991.

KRIEL, Y; ASKEW, C D.; SOLOMON, C. The effect of running versus cycling high-intensity intermittent exercise on local tissue oxygenation and perceived enjoyment in 18–30-year-old sedentary men. **PeerJ**, v. 6, p. e5026, 2019

MACHADO, A F. *et al.* Psychophysiological Responses of Exercise Distribution During High Intensity Interval Training Using Whole Body Exercise. **Frontiers in Physiology**, p. 1376, 2022.

MACHADO, Alexandre F. *et al.* Description of training loads using whole-body exercise during high-intensity interval training. **Clinics**, v. 73, 2018.

MACHADO, Alexandre F. *et al.* High-intensity interval training using whole-body exercises: training recommendations and methodological overview. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 39, n. 6, p. 378-383, 2019.

MACINNIS, M. J.; GIBALA, M. J. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. **Journal of Physiology**, v. 595, n. 9, p. 2915–2930, 2017.

MATHEWS C. *et. al.* Classification of cardiorespiratory fitness without exercise testing. **Medicine & Science in Sports & Exercise** v. 31, n.3, p. 486-493, 1999.

MONTEIRO, M. R. P *et al.* Bodyweight and Combined Training Reduce Chronic Low-Grade Inflammation and Improve Functional Fitness of Postmenopausal Women. **Sports**, v. 10, n. 10, p. 143, 2022.

NUÑEZ T P. *et al.* Metabolic effects of two high-intensity circuit training protocols: Does sequence matter?. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 18, n. 1, p. 14-20, 2020.

OLIVEIRA BR *et al.* Continuous and high-intensity interval training: which promotes higher pleasure? **PLoS One** 8: e79965, 2013

PANISSA, V LG *et al.* Is oxygen uptake measurement enough to estimate energy expenditure during high-intensity intermittent exercise? Quantification of anaerobic contribution by different methods. **Frontiers in Physiology**, v. 9, p. 868, 2018.

PIERO DW di. Effects of work-interval duration and sport specificity on blood lactate concentration, heart rate and perceptual responses during high intensity interval training. **PLoS One**. 2018;13(7):1–12.

PROTZEN, G V. *et al*. Physiological aspects and energetic contribution in 20s: 10s high-intensity interval exercise at different intensities. **PeerJ**, v. 8, p. e9791, 2020.

SCHAUN G. Z. *et al*. Energy expenditure and EPOC between water-based high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training sessions in healthy women. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 18, p. 2053-2060, 2018.

SCHOENMAKERS P, REED KE. The effects of recovery duration on physiological and perceptual responses of trained runners during four self-paced HIIT sessions. **Journal of science and medicine in sport** 22: 462-466, 2019.

SMILIOS I *et al*. The Effects of Recovery Duration During High-Intensity Interval Exercise on Time Spent at High Rates of Oxygen Consumption, Oxygen Kinetics, and Blood Lactate. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 8, p. 2183-89, 2018.

SOUSA, F. A. B *et al*. Anaerobic metabolism during short all-out efforts in tethered running: Comparison of energy expenditure and mechanical parameters between different sprint durations for testing. **PloS one**, v. 12, n. 6, p. e0179378, 2017.

SPERLICH B *et al*. Functional High-Intensity Circuit Training Improves Body Composition, Peak Oxygen Uptake, Strength, and Alters Certain Dimensions of Quality of Life in Overweight Women. **Frontiers in Physiology**, v. 3, n. 8, p. 172, 2017.

SULTANA, Rachelle N. *et al*. The effect of low-volume high-intensity interval training on body composition and cardiorespiratory fitness: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 49, p. 1687-1721, 2019.

TEIXEIRA, P J. *et al*. Exercise, physical activity, and self-determination theory: a systematic review. **International journal of behavioral nutrition and physical activity**, v. 9, n. 1, p. 1-30, 2012.

TSCHAKERT, G; HOFMANN, P. High-intensity intermittent exercise: methodological and physiological aspects. **International journal of sports physiology and performance**, v. 8, n. 6, p. 600-610, 2013.

WARREN, Amy *et al*. Postexercise fat oxidation: effect of exercise duration, intensity, and modality. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 19, n. 6, p. 607-623, 2009.

WASSERMAN K. *et al*. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 35, n. 2, p. 236-43, 1973.

WOLPERN, A E. *et al.* Is a threshold-based model a superior method to the relative percent concept for establishing individual exercise intensity? a randomized controlled trial. **BMC sports science, medicine and rehabilitation**, v. 7, p. 1-9, 2015.

### 3 DISCUSSÃO GERAL

A adoção de circuitos conduzidos com exercícios contra resistênc/ia, também denominados de High-Intensity Interval Resistance Training (HIRT), vem sendo amplamente investigada devido, principalmente, ao fato destes atuarem no aprimoramento simultâneo da aptidão cardiorrespiratória e da força muscular, em suas diferentes manifestações (SPERLICH *et al.*, 2017; SCAHUN *et al.*, 2019; BALLESTA-GARCÍA *et al.*, 2019; MONTEIRO *et al.*, 2022; GUTIÉRREZ-ARROYO *et al.*, 2023). Ao elaborar uma sessão de HIRT, a combinação das variáveis de prescrição do treinamento deve ser delineada para favorecer a manutenção do esforço em intensidades elevadas, sem contudo, provocar fadiga excessiva (FIDALGO *et al.*, 2023; LAURSEN e BUCHHEIT, 2019). Dentre estas variáveis, destacam-se a duração dos estímulos e dos intervalos de recuperação, devido às suas implicações diretas na intensidade do esforço e na fadiga (MACINNIS *et al.*, 2017; WARR-DI PIERO *et al.*, 2018; SMILIOS *et al.*, 2018; GERMANO *et al.*, 2022).

Apesar das adaptações fisiológicas positivas advindas do HIRT, as mesmas não são suficientes para garantir o envolvimento dos indivíduos em um programa de exercícios físicos. Por isso, respostas psicológicas como o prazer e o divertimento, desempenham um papel importante na decisão de repetir as sessões de exercícios (EKKEKAKIS 2009; WILLIAMS, 2008; RHODES, KATES, 2015). Considerar conjuntamente as respostas fisiológicas e afetivas ao treinamento pode ser útil no delineamento de sessões de exercício que favoreçam o engajamento a longo prazo, especialmente em se tratando de sessões cujas variáveis podem ser executadas de forma imposta ou autosselecionada. Nesse sentido, a presente tese avaliou o efeito da aplicação de estímulos e intervalos de durações fixas e autosselecionadas em sessões de HIRT, nas respostas psicofisiológicas, em homens treinados. Para atender este objetivo, foram desenvolvidos dois estudos originais. O primeiro experimento envolveu a manipulação de intervalos de recuperação com durações fixas e autosselecionadas. Já o segundo, englobou estímulos de durações fixas e autosselecionadas. Os estudos da presente tese fornecem informações que podem ser integradas, bem como auxiliar no delineamento de protocolos HIRT, conforme detalhado a seguir.

Os principais achados do primeiro estudo revelaram que a autosseleção dos intervalos de recuperação no HIRT, é capaz de manter a alta intensidade do exercício de forma similar à obtida em sessões com intervalos fixos, sem prejuízo nas respostas perceptivas de recuperação e de divertimento após as sessões. Já os resultados obtidos no segundo estudo, mostraram que independentemente do tipo de estímulo aplicado a alta intensidade das sessões foi mantida, sem repercussões negativas nas respostas afetivas e de divertimento. Contudo, ao avaliar o volume de treinamento e o tempo de sustentação das atividades em altas intensidades do esforço, a autosseleção da duração do estímulo não se mostrou eficiente.

Nos estudos realizados, a autosseleção da duração dos estímulos e dos intervalos em sessões de HIRT, resultou em uma demanda fisiológica semelhante entre os mesmos. Nesse sentido, em ambos os experimentos, as intensidades de exercício foram classificadas como altas em relação à FC, atendendo às recomendações do ACSM para o aprimoramento da aptidão cardiorrespiratória (Estudo 1 - 90% FCmax - FRI-10; 86% FCmax - FRI-30; 87% FCmax – SSRI; Estudo 2 - HIRT-FX = 90%FCmax; HIRT-AS = 88%FCmax) (ACSM, 2021). Esses resultados corroboram os achados de estudos anteriores que investigaram o comportamento da FC em sessões de HIRT conduzidos estímulos e intervalos de recuperação de duração pré determinada (NUÑEZ *et al.*, 2020; MAO *et al.*, 2022). O presente experimento foi pioneiro em avaliar as respostas de FC na autosseleção das variáveis estudadas. Nossos resultados, embora iniciais, podem fornecer subsídios para otimizar a prescrição do exercício com base na FC em circuitos desta natureza.

Quanto ao comportamento do  $VO_2$  em ambos os estudos, diferentemente da FC, o mesmo classificou-se como moderado (Estudo 1 - 55%  $VO_{2max}$  - FRI-10; 47%  $VO_{2max}$  - FRI-30; 52%  $VO_{2max}$  – SSRI; Estudo 2 - HIRT-FX = 51% $VO_{2max}$ ; HIRT-AS = 48% $VO_{2max}$ ) (ACSM, 2021). Esta disparidade entre os percentuais da FC e  $VO_2$  pode estar relacionada à interação dos sistemas aeróbio e anaeróbio de energia nestes protocolos. A alta demanda anaeróbia, possivelmente, ocorre devido à ressíntese não oxidativa de ATP, resultante da intensidade *all-out* imposta nos exercícios (SOUSA, VASQUE, GOBATTO, 2017; PANISSA *et al.*, 2018). Em adição, estes circuitos envolvem exercícios resistidos, executados com grandes grupamentos musculares, o que pode contribuir para uma maior dependência dos sistemas anaeróbios de energia (MAO *et al.*, 2022). Esta premissa pode ser ainda



apoiada pelo aumento do lactato sanguíneo observado durante as sessões de HIRT do estudo 2. Contudo, estudos futuros devem ser conduzidos para detalhar, de fato, a contribuição dos diferentes sistemas energéticos e suas influências no desempenho desses protocolos.

Ao analisar os dados da autosseleção da duração dos estímulos e intervalos nos dois estudos, observamos outros resultados interessantes. Por um lado, observou-se que os intervalos de recuperação escolhidos pelos sujeitos foram curtos ( $14,05 \pm 4,82s$ ), porém eficientes para resultar em respostas cardiorrespiratórias semelhantes àquelas obtidas nas sessões com intervalos pré-determinados. Por outro lado, verificamos que a autosseleção da duração dos estímulos gerou um impacto diferente nas variáveis mensuradas ao longo da sessão. No primeiro *round*, os participantes se excederam na duração dos estímulos, o que possivelmente foi determinante para queda do desempenho nos *rounds* subsequentes. Curiosamente, constatamos que os indivíduos tenderam a fazer pausas mais curtas ao selecionar seus intervalos, mas optaram por aumentar a duração dos seus estímulos. Acreditamos que este comportamento esteja relacionado a dois aspectos principais. O primeiro refere-se ao elevado grau de condicionamento dos sujeitos que, mesmo mediante a uma elevada intensidade do esforço, buscam se desafiar durante o treinamento. Embora observações empíricas possam apoiar inicialmente esta premissa, estudos futuros devem ser conduzidos para consubstanciá-la. O segundo aspecto reside na natureza intermitente dos circuitos HIRT, que pode contribuir para este padrão observado. Com relação a este ponto, a literatura destaca que o treinamento intervalado possui aspectos desafiadores, motivando os indivíduos a superar seus limites e desempenho (BARTLETT *et al.*, 2011; THUM *et al.*, 2017; TAVARES *et al.*, 2021).

Com relação às respostas afetivas e de divertimento decorrentes dos dois estudos, verificamos resultados similares entre as condições de treinamento investigadas (fixo *versus* autosselecionado). Isso sugere que, para indivíduos treinados, independentemente da forma de treinamento, as respostas de divertimento não são afetadas. Além disso, o autoajuste da duração dos estímulos não foi capaz de promover melhoria do afeto em relação à condição imposta. Em estudos conduzidos com outras modalidades, o exercício autosselecionado se mostrou efetivo na obtenção de melhores respostas afetivas e de divertimento em

comparação à atividades pré determinadas (OLIVEIRA *et al.*, 2023; HAILE *et al.*, 2019). No entanto, no HIRT, a autonomia ao estabelecer a duração dos estímulos ou dos intervalos de recuperação não acarretou respostas mais positivas, comparada à sessões com variáveis pré estabelecidas. Nesse sentido, investigações futuras podem se ater em explorar o efeito da autosseleção simultânea destas variáveis sobre estes desfechos.

A presente tese foi pioneira em avaliar os efeitos da autosseleção da duração dos estímulos e dos intervalos de recuperação em sessões de HIRT nas respostas psicofisiológicas agudas ao esforço. Nossos resultados sugerem que a autosseleção dos intervalos de recuperação é uma estratégia que pode ser aplicada com eficiência em indivíduos treinados. Isto se mostra relevante à medida que a autosseleção da duração do intervalo leva em consideração a percepção individualizada da fadiga e do tempo necessário para a realização do estímulo subsequente. No que concerne à autosseleção da duração dos estímulos, embora tenham sido verificadas diferenças nas respostas cardiorrespiratórias, as mesmas apresentaram baixa magnitude de efeito. Logo, não se sabe até que ponto estas diferenças podem afetar no aprimoramento da aptidão cardiorrespiratória em programas de exercício de longo prazo. Quanto ao volume de treinamento e ao tempo de sustentação do exercício em alta intensidade, a autosseleção da duração dos estímulos não se mostrou tão eficiente. Logo, quando o objetivo da prescrição recair no desenvolvimento da força muscular, esta estratégia pode não ser a preferida comparada às sessões com estímulos de duração fixas. Por fim, o tipo de estímulo aplicado não é capaz de gerar diferenças nas respostas afetivas e de divertimento. Independentemente do desfecho examinado, uma vez que nossos estudos foram os primeiros e envolveram respostas agudas ao esforço, investigações futuras devem ser conduzidas para melhor consubstanciar os resultados aqui observados.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados obtidos nos estudos experimentais que compõem a presente Tese de Doutorado, foi possível concluir que:

1) A autosseleção dos intervalos de recuperação entre estímulos no HIRT acarreta níveis semelhantes de intensidade do esforço, expressa pelas respostas de FC e  $VO_2$ . Tal fato também ocorreu na percepção de recuperação e nas respostas de divertimento, mostrando que a autosseleção dos intervalos de recuperação pode ser uma alternativa útil a ser aplicada em sessões de HIRT em indivíduos treinados;

2) A autosseleção da duração dos estímulos em sessões de HIRT parece ser tão eficiente quanto a aplicação de estímulos com duração fixa na manutenção da alta intensidade de FC e  $VO_2$  e das respostas do lactato sanguíneo em homens treinados;

3) O volume de treinamento é afetado negativamente pela autosseleção da duração dos estímulos. Logo, quando o objetivo da sessão recair na realização de um maior número de repetições a sessão de HIRT com estímulos de duração fixa, deve ser preferida;

4) Sessões de HIRT desencadeiam respostas semelhantes de divertimento em homens treinados, independentemente de como a duração dos estímulos e dos intervalos de recuperação é estabelecida;

5) A forma de determinação da duração dos estímulos em sessões de HIRT, não exerce influência nas respostas afetivas.

Uma vez que avaliamos, em investigações distintas, o efeito da autosseleção das durações dos estímulos e dos intervalos de recuperação em sessões de HIRT, estudos futuros devem investigar o papel da autosseleção simultânea destas variáveis nas respostas ao treinamento. Em adição, estudos longitudinais devem ser executados para verificar os efeitos do autoajuste das variáveis de treinamento investigadas no aprimoramento da aptidão cardiorrespiratória e da força muscular, em suas diferentes manifestações.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 11. ed. Wolters Kluwer, 2021.

AL RIFAI M. *et al.* Higher fitness is strongly protective in patients with family history of heart disease: The FIT Project. **The American Journal of Medicine**, v. 130, n. 3, p. 367-371, 2016.

ANDREACCI J. L. *et al.* The effects of frequency of encouragement on performance during maximal exercise testing. **Journal of Sports Sciences**, v. 20, n. 4, p. 345–52, 2002.

AREM, H *et al.* Leisure time physical activity and mortality: a detailed pooled analysis of the dose-response relationship. **JAMA internal medicine**, v. 175, n. 6, p. 959-967, 2015.

ARMAS C; *et al.* Comparison of acute cardiometabolic responses in a 7-minute body weight circuit to 7-minute hiit training protocol. **International Journal of Exercise Science**, v. 13, n. 2, p. 395, 2020.

ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 167, n. 2, p. 211–77, 2003.

AUNE, D *et al.* Physical activity and the risk of heart failure: A systematic review and dose–response meta-analysis of prospective studies. **European journal of epidemiology**, v. 36, p. 367-381, 2021.

BALLESTA-GARCÍA, I *et al.* High-intensity interval circuit training versus moderate-intensity continuous training on functional ability and body mass index in middle-aged and older women: a randomized controlled trial. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 21, p. 4205, 2019.

BARTEL, C *et al.* Energy demands in high-intensity intermittent taekwondo specific exercises. **PeerJ**, v. 10, p. e13654, 2022.

BARTLETT J. D. *et al.* High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: Implications for exercise adherence. **Journal of Sports Sciences**, v. 29, n. 6, p. 547-553, 2011.

BAYATI M. *et al.* A practical model of low-volume high-intensity interval training induces performance and metabolic adaptations that resemble “*all-out*” sprint interval training. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 10, n. 3, p. 571–576, 2011.

BEATON D. E. *et al.* Guidelines for the process of cross-cultural adaptation of self-report measures. **SPINE**, v. 25, n. 24, p. 3186-3191, 2000.

BELLISSIMO, Gabriella F. *et al.* The acute physiological and perceptual responses between bodyweight and treadmill running high-intensity interval exercises.

**Frontiers in Physiology**, p. 396, 2022.

BENEKE, R. *et al.* Energetics of karate kumite. **European Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 4–5, p. 518–523, 2004.

BENITO P. J. *et al.* Cardiovascular fitness and energy expenditure response during a combined aerobic and circuit weight training protocol. **PLoS One**, v. 11, n. 11, 2016.

BILLAT L. V. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. **Sports Medicine**, v. 31, n. 1, p. 13-31, 2001.

BORNATH D., KENNO K. Physiological Responses to Increasing Battling Rope Weight During Two 3-Week High-Intensity Interval Training Programs. **J Strength Cond Res**. v.1;36(2):352-358, 2022.

BROWN E C. *et al.* The impact of different high-intensity interval training protocols on body composition and physical fitness in healthy young adult females. **BioResearch open access**, v. 7, n. 1, p. 177-185, 2018.

BROWNE, J. D. *et al.* Not All HIFT Classes Are Created Equal: Evaluating Energy Expenditure and Relative Intensity of a High-Intensity Functional Training Regimen. **International journal of exercise science**, v. 13, n. 4, p. 1206–1216, 2020.

BUCHHEIT, M; LAURSEN, B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. **Sports Medicine**, v. 43, n. 10, p. 927-954, 2013.

BUCKLEY S. *et al.* Multimodal high-intensity interval training increases muscle function and metabolic performance in females. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 40, n. 11, p. 1157-1162, 2015.

BØRSHEIM E., BAHN R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. **Sport Med**. 2003;33(14):1037–1060.

CAO M *et al.* Effects of High-Intensity Interval Training and Moderate-Intensity Continuous Training on Cardiometabolic Risk Factors in Overweight and Obesity Children and Adolescents: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **International journal of environmental research and public health**, v. 18, n. 22, p. 11905, 2021.

COMPTON, C. *et al.* Best Practice Methods to Apply to Measurement of Resting Metabolic Rate in Adults: A Systematic Review. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 106, n. 6, p. 881–903, 2006.

CONCEIÇÃO, M. S. *et al.* Anaerobic metabolism induces greater total energy expenditure during exercise with blood flow restriction. **PLOS ONE**, v. 13, n. 3, p. e0194776, 29 mar. 2018.

COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2<sup>nd</sup> ed. London: Routledge, 2013. 567p.

CUNHA, F. A. *et al.* How long does it take to achieve steady state for an accurate assessment of resting  $\text{VO}_2$  in healthy men? **European journal of applied physiology**, v. 113, n. 6, p. 1441–7, 2013.

CURRIE, K. D. *et al.* Low-volume, high-intensity interval training in patients with CAD. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 45, n. 8, p. 1436–1442, 2013.

DA SILVA MACHADO, D G. *et al.* Short-term psychological and physiological effects of varying the volume of High-Intensity interval training in healthy men. **Perceptual and motor skills**, v. 126, n. 1, p. 119-142, 2019.

Da SILVA S. C. *et al.* Determination of Best Criteria to Determine Final and Initial Speeds within Ramp Exercise Testing Protocols. **Pulmonary Medicine**, v. 2012, 2012.

DI PRAMPERO, P. E.; FERRETTI, G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. **Respiration Physiology**, v. 118, n. 2–3, p. 103–115, dez. 1999.

EKELUND, U *et al.* Dose-response associations between accelerometry measured physical activity and sedentary time and all cause mortality: systematic review and harmonised meta-analysis. **bmj**, v. 366, 2019.

EKKEKAKIS, P. Let them roam free? Physiological and psychological evidence for the potential of self-selected exercise intensity in public health. **Sports medicine**, v. 39, p. 857-888, 2009.

EKKEKAKIS P, PARFITT G, AND PETRUZZELLO SJ. The pleasure and displeasure people feel when they exercise at different intensities: decennial update and progress towards a tripartite rationale for exercise intensity prescription. **Sports Med** 41: 641-671, 2011.

EKKEKAKIS P, PETRUZZELLO SJ. Analysis of the affect measurement conundrum in exercise psychology: IV. A conceptual case for the affect circumplex. **Psychology of Sport Exercise** 3: 35-63, 2002.

EVANGELISTA A L *et al.* Effects of a short-term of whole-body, high-intensity, intermittent training program on morphofunctional parameters. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 23, n. 3, p. 456-460, 2019.

EZZATVAR, Y. *et al.* Cardiorespiratory fitness measured with cardiopulmonary exercise testing and mortality in patients with cardiovascular disease: A systematic review and meta-analysis. **Journal of sport and health science**, 2021.

FALCONE P. H. *et al.* Caloric expenditure of aerobic, resistance, or combined high-intensity interval training using a hydraulic resistance system in healthy men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 3, p. 779-85, 2015.

FALATIC, J. A. *et al.* Effects of Kettlebell Training on Aerobic Capacity. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 7, p. 1943–1947, jul. 2015.

FERNÁNDEZ, Jaime Fernández *et al.* Acute physiological responses during crossfit® workouts. **European Journal of Human Movement**, v. 35, p. 114-124, 2015.

FIDALGO, A. *et al.* Frequência cardíaca e volume de treinamento no High-Intensity Interval Resistance Training com diferentes intervalos entre estímulos. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**, v. 20, n. 5, p. 532-541, 2021.

FIDALGO, A. *et al.* Influence of HIIRT With Fixed and Self-Selected Recovery Intervals on Physiological, Affective, and Enjoyment Responses. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, p. 1-9, 2022.

FIDALGO A. *et al.* Self-selected or fixed: is there an optimal rest interval for controlling intensity in high-intensity interval resistance training? **Eur J Appl Physiol**. 2023. doi: 10.1007/s00421-023-05246-9. Epub ahead of print. PMID: 37285052.

FLACK, K. D. *et al.* Exercise for Weight Loss: Further Evaluating Energy Compensation with Exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 52, n. 11, p. 2466–2475, 2020.

GARBER C.E. *et al.* American College of Sports Medicine position stand: quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n.7, p. 1334–1359, 2011.

GRACIA-HERMOSO, A. *et al.* Is high-intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta-analysis. **Obesity reviews**, v. 17, n. 6, p. 531-540, 2016.

GASKILL S. E. *et al.* Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v 33, n.11, p.1841–1848, 2001.

GASTIN, Paul B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports medicine**, v. 31, p. 725-741, 2001.

GERMANO, M D. *et al.* Effect of different recoveries during HIIT sessions on metabolic and cardiorespiratory responses and sprint performance in healthy men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 36, n. 1, p. 121-129, 2022.

GIBALA *et al.* Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. **Journal of Physiology**, v. 586, n. 1, p. 151-60 2008.

GIBALA M. J., MCGEE, S. L. “Metabolic adaptations to shortterm high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain?” **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 36, n. 2, p. 58–63, 2008.

GIBALA M. J. *et al.* Physiological adaptations to low- volume, high- intensity interval training in health and disease. **Journal of Physiology**, v. 590, n. 5, p.1077-1084, 2012.

GILLEN J. B. *et al.* Twelve weeks of sprint interval training improves indices of cardiometabolic health similar to traditional endurance training despite a five-fold lower exercise volume and time commitment. **PLoS One**, v. 11, n. 4, 2016.

GIST N. H., FREESE E. C., CURETON K. J. Comparisons of responses to two high-intensity intermittent exercise protocols. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 11, p. 3033-3040, 2014.

GIST N H *et al.* Effects of low-volume, high-intensity whole-body calisthenics on army ROTC cadets. **Military medicine**, v. 180, n. 5, p. 492-498, 2015.

GORMLEY S. E. *et al.* Effect of intensity of aerobic training on VO<sub>2</sub>max. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n.7, p. 1336–43, 2008.

GRACE F. *et al.* High intensity interval training (HIIT) improves resting blood pressure, metabolic (MET) capacity and heart rate reserve without compromising resting myocardial function in sedentary aging men. **Experimental Gerontology**, v. 109, p. 75-81, 2018.

GUTIÉRREZ-ARROYO, J *et al.* Effect of a High-Intensity Circuit Training Program on the Physical Fitness of Wildland Firefighters. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 3, p. 2073, 2023.

HAILE, L *et al.* Affective and metabolic responses to self-selected intensity cycle exercise in young men. **Physiology & behavior**, v. 205, p. 9-14, 2019.

HALL, Mederic M. *et al.* Lactate: friend or foe. **PM&R**, v. 8, n. 3, p. S8-S15, 2016.

HARDY, Charles J.; REJESKI, W. Jack. Not what, but how one feels: the measurement of affect during exercise. **Journal of sport and exercise psychology**, v. 11, n. 3, p. 304-317, 1989.

HARRIS, N. K. *et al.* Acute Responses to Resistance and High-Intensity Interval Training in Early Adolescents. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 5, p. 1177–1186, 2017.

HARBER, M. P. *et al.* Impact of Cardiorespiratory Fitness on All-Cause and Disease-Specific Mortality: Advances Since 2009. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 60, n. 1, p. 11–20, jul. 2017.

HARVEY, M *et al.* High-intensity interval training in people with Parkinson's disease: a randomized, controlled feasibility trial. **Clinical rehabilitation**, v. 33, n. 3, p. 428-438, 2019.

HAZELL T. J. *et al.* 10 or 30-s sprint interval training bouts enhance both aerobic and



anaerobic performance. **European journal of applied physiology**, v. 110, n.1, p. 153-160, 2010.

HAZELL, T. J. *et al.* Two Minutes of Sprint-Interval Exercise Elicits 24-hr Oxygen Consumption Similar to That of 30 min of Continuous Endurance Exercise. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise metabolism**, v. 22, n. 4, p. 276–83, 2012.

HEISZ J. J. *et al.* Enjoyment for High-Intensity Interval Exercise Increases during the First Six Weeks of Training: Implications for Promoting Exercise Adherence in Sedentary Adults. **PLoS One**, v. 11, n. 12, p. 1–10, 2016.

HELGERUD J. *et al.* Aerobic high-intensity intervals improve VO<sub>2</sub>max more than moderate training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 4, p. 665-671, 2007.

HENDKER A; EILS E. A Group-Based 8-Week Functional Interval-Type Outdoor Training Program Improves Physical Performance in Recreationally Active Adults. **Frontiers in Sports and Active Living**, v. 3, 2021.

HOWLEY, E.T., BASSETT, D. R., WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, n. 9, p.1292–301, 1995.

HUGHES, D C.; ELLEFSEN, S; BAAR, K. Adaptations to endurance and strength training. **Cold Spring Harbor perspectives in medicine**, v. 8, n. 6, p. a029769, 2018.

HULSEY, C. R. *et al.* Comparison of Kettlebell Swings and Treadmill Running at Equivalent Rating of Perceived Exertion Values. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 5, p. 1203–1207, maio 2012.

HUSSAIN S. R., MACALUSO A., PEARSON S.J. High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training in the prevention/management of cardiovascular disease. **Cardiology in Review**, v. 24, n. 6, p. 273–281, 2016.

JEKAUC, D. *et al.* Enjoyment during exercise mediates the effects of an intervention on exercise adherence. **Psychology**, v. 6, n. 01, p. 48, 2015.

JONES A. M., DOUST J. H. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. **Journal of Sports Sciences**, v. 14, n. 4, p. 321–327, 1996.

JUNG, M E. *et al.* High-intensity interval training as an efficacious alternative to moderate-intensity continuous training for adults with prediabetes. **Journal of diabetes research**, v. 2015, 2015.

JUNG, M E. *et al.* Where does HIT fit? An examination of the affective response to high-intensity intervals in comparison to continuous moderate-and continuous

vigorous-intensity exercise in the exercise intensity-affect continuum. **PloS one**, v. 9, n. 12, p. e114541, 2015.

KARLSEN T. *et al.* High Intensity Interval Training for Maximizing Health Outcomes, **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 60, n. 1, p. 67-77, 2017.

KEATING, S. E. *et al.* A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. **Obesity reviews**, v. 18, n. 8, p. 943-964, 2017.

KELLOGG, E *et al.* Comparison of psychological and physiological responses to imposed vs. self-selected high-intensity interval training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 11, p. 2945-2952, 2019.

KEMMLER W. *et al.* High versus moderate intensity running exercise to impact cardiometabolic risk factors: The randomized controlled RUSH-study. **BioMed Research International**, v. 140, n. 1, p. 7-13, 2014.

KENDZIERSKI D., DeCARLO K. J. Physical activity enjoyment scale: two validation studies. **Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. 13, n. 1, p. 50-64, 1991.

KENTTÄ G., HASSMÉN D. Overtraining and Recovery, a conceptual model. **Sports Medicine**, v. 26, n. 1, p. 1-16, 1998.

KERN, K L.; STORER, T W.; SCHON, K. Cardiorespiratory fitness, hippocampal subfield volumes, and mnemonic discrimination task performance in aging. **Human brain mapping**, v. 42, n. 4, p. 871-892, 2021.

KOKKINOS P. *et al.* Exercise capacity and mortality in black and white men. **Circulation**, v. 117, n. 5, p. 614-622, 2008.

KOKKINOS, P *et al.* Exercise blood pressure, cardiorespiratory fitness and mortality risk. **Progress in Cardiovascular Diseases**, 2021.

LAUKKANEN J. A. *et al.* Relative peak exercise oxygen pulse is related to sudden cardiac death, cardiovascular and all-cause mortality in middle-aged men. **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 25, n. 7, p. 772–782, 2018.

LAURSEN P.B. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, n. 20, p. 1-10, 2010.

LAURSEN, P; BUCHHEIT, M. **Science and application of high-intensity interval training**. Human kinetics, 2019.

LAVIE, C J. *et al.* Sedentary behavior, exercise, and cardiovascular health. **Circulation research**, v. 124, n. 5, p. 799-815, 2019.

LAVÍN-PÉREZ, A M *et al.* High-intensity exercise to improve cardiorespiratory fitness in cancer patients and survivors: A systematic review and meta-analysis.

**Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 31, n. 2, p. 265-294, 2021.

LEMES, Í. R. *et al.* Cardiorespiratory Fitness and Risk of All-Cause, Cardiovascular Disease, and Cancer Mortality in Men With Musculoskeletal Conditions. **Journal of Physical Activity and Health**, p. 1–7, 2019.

LIN, X *et al.* Effects of exercise training on cardiorespiratory fitness and biomarkers of cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Journal of the American heart association**, v. 4, n. 7, p. e002014, 2015.

MACHADO, A F. *et al.* Psychophysiological Responses of Exercise Distribution During High Intensity Interval Training Using Whole Body Exercise. **Frontiers in Physiology**, p. 1376, 2022.

MACHADO, Alexandre F. *et al.* Description of training loads using whole-body exercise during high-intensity interval training. **Clinics**, v. 73, 2018.

MACHADO, Alexandre F. *et al.* High-intensity interval training using whole-body exercises: training recommendations and methodological overview. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 39, n. 6, p. 378-383, 2019.

MACINNIS, M. J.; GIBALA, M. J. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. **Journal of Physiology**, v. 595, n. 9, p. 2915–2930, 2017.

MALIK, A. A. *et al.* Acute cardiorespiratory, perceptual and enjoyment responses to high-intensity interval exercise in adolescents. **European journal of sport science**, v. 17, n. 10, p. 1335-1342, 2017.

MANDIC S. *et al.* Characterizing differences in mortality at the low end of the fitness spectrum in individuals with cardiovascular disease. **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 17, n. 3, p. 289-295, 2009.

MAO, J. *et al.* Comparison of the acute physiological and perceptual responses between resistance-type and cycling high-intensity interval training. **Frontiers in Physiology**, p. 1843, 2022.

MATHEWS C. *et. al.* Classification of cardiorespiratory fitness without exercise testing. **Medicine & Science in Sports & Exercise** v. 31, n.3, p. 486-493, 1999.

MARTINS, F M *et al.* High-intensity body weight training is comparable to combined training in changes in muscle mass, physical performance, inflammatory markers and metabolic health in postmenopausal women at high risk for type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled clinical trial. **Experimental gerontology**, v. 107, p. 108-115, 2018.

MARTINEZ-GOMEZ, D. *et al.* Nonexercise cardiorespiratory fitness and mortality in older adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 47, n. 3, p. 568-574, 2015.

MCRAE *et al.* Extremely low volume, whole-body aerobic–resistance training improves aerobic fitness and muscular endurance in females. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 37, n. 6, p.1124–31, 2012.

MENZ, V. *et al.* Functional vs. Running low-volume high-intensity interval training: Effects on vo2max and muscular endurance. **Journal of sports science & medicine**, v. 18, n. 3, p. 497, 2019.

MIDGLEY, A. W. *et al.* Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners?. **Sports Medicine**, v. 36, n. 2, p. 117-132, 2006.

MILANOVIĆ Z., SPORIŠ G., WESTON M. 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**, v. 45, n. 10, p.1469–81, 2015.

MILIONI F *et al.* Energy systems contribution in the running-based anaerobic sprint test. **International Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 03, p. 226-232, 2017.

MONTEIRO, M. R. P *et al.* Bodyweight and Combined Training Reduce Chronic Low-Grade Inflammation and Improve Functional Fitness of Postmenopausal Women. **Sports**, v. 10, n. 10, p. 143, 2022.

MORO, T. *et al.* High intensity interval resistance training (HIIRT) in older adults: Effects on body composition, strength, anabolic hormones and blood lipids. **Experimental Gerontology**, v. 98, p. 91–98, 2017.

MYERS J. *et al.* Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. **New England Journal of Medicine**, v. 346, n. 11, p. 793-801, 2002.

MYERS, T. R. *et al.* Whole-body aerobic resistance training circuit improves aerobic fitness and muscle strength in sedentary young females. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 6, p. 1592-1600, 2015.

NUÑEZ T P. *et al.* Metabolic effects of two high-intensity circuit training protocols: Does sequence matter?. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 18, n. 1, p. 14-20, 2020.

NYBO L, *et al.* High-intensity training versus traditional exercise interventions for promoting health. **Med Sci Sports Exerc.** 2010;42(10):1951–8

OLIVEIRA BR *et al.* Continuous and high-intensity interval training: which promotes higher pleasure? **PLoS One** 8: e79965, 2013

OLIVEIRA BRR *et al.* Affective and enjoyment responses in high intensity interval training and continuous training: A systematic review and meta-analysis. **Plos One** , v.13, n.6, 2018

OLIVEIRA, GTA *et al.* Effect of High-Intensity Interval, Moderate-Intensity Continuous, and Self-Selected Intensity Training on Health and Affective Responses. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, p. 1-16, 2023.

PANISSA, V LG *et al.* Is oxygen uptake measurement enough to estimate energy expenditure during high-intensity intermittent exercise? Quantification of anaerobic contribution by different methods. **Frontiers in Physiology**, v. 9, p. 868, 2018.

PAOLI A *et al.* High-Intensity Interval Resistance Training (HIRT) influences resting energy expenditure and respiratory ratio in non-dieting individuals. **Journal of Translational Medicine**, v. 10, n. 1, p. 1-8, 2012.

PELLETIER, L. G. *et al.* (1995). Toward a new measure of intrinsic motivation, extrinsic motivation, and amotivation in sports: **The Sport Motivation Scale (SMS)**. *Journal of sport & exercise psychology*, 17(1), 35-53.

PHILLIPS B. E. *et al.* A Practical and Time-Efficient High-Intensity Interval Training program Modifies Cardio-Metabolic Risk Factors in Adults with Risk Factors for Type II Diabetes. **Frontiers in Endocrinology (Lausanne)**, v. 8, p.229, 2017.

PIERO DW di. Effects of work-interval duration and sport specificity on blood lactate concentration, heart rate and perceptual responses during high intensity interval training. **PLoS One**. 2018;13(7):1–12.

PROTZEN, G V. *et al.* Physiological aspects and energetic contribution in 20s: 10s high-intensity interval exercise at different intensities. **PeerJ**, v. 8, p. e9791, 2020.

QIU, S *et al.* Is estimated cardiorespiratory fitness an effective predictor for cardiovascular and all-cause mortality? A meta-analysis. **Atherosclerosis**, v. 330, p. 22-28, 2021.

RHODES, Ryan E.; KATES, Andrew. Can the affective response to exercise predict future motives and physical activity behavior? A systematic review of published evidence. **Annals of Behavioral medicine**, v. 49, n. 5, p. 715-731, 2015.

SCHAUN G. Z. *et al.* Acute effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training sessions on cardiorespiratory parameters in healthy young men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 7, p.1437-44, 2017.

SCHAUN G. Z. *et al.* Energy expenditure and EPOC between water-based high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training sessions in healthy women. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 18, p. 2053-2060, 2018.

SCHAUN, G Z *et al.* Neuromuscular adaptations to sixteen weeks of whole-body high-intensity interval training compared to ergometer-based interval and continuous training. **Journal of sports sciences**, v. 37, n. 14, p. 1561-1569, 2019.

SHAHTOUT, J. *et al.* The Acute Effects of Antagonist Stretching on Agonist Movement Economy. **International journal of exercise science**, v. 13, n. 4, p. 1295–1304, 2020.

SHETE, A N.; BUTE, S; DESHMUKH, P. R. A study of VO<sub>2</sub> max and body fat percentage in female athletes. **Journal of clinical and diagnostic research: JCDR**, v. 8, n. 12, p. BC01, 2014.

SCHOENMAKERS P, REED KE. The effects of recovery duration on physiological and perceptual responses of trained runners during four self-paced HIIT sessions. **Journal of science and medicine in sport** 22: 462-466, 2019.

SMILIOS I *et al.* The Effects of Recovery Duration During High-Intensity Interval Exercise on Time Spent at High Rates of Oxygen Consumption, Oxygen Kinetics, and Blood Lactate. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 8, p. 2183-89, 2018.

SONG *et al.* Cardiorespiratory fitness without exercise testing can predict all-cause mortality risk in a representative sample of Korean older adults. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 9, p. 1633, 2019.

SOUSA, F. A. B *et al.* Anaerobic metabolism during short *all-out* efforts in tethered running: Comparison of energy expenditure and mechanical parameters between different sprint durations for testing. **PloS one**, v. 12, n. 6, p. e0179378, 2017.

SPERLICH B *et al.* Functional High-Intensity Circuit Training Improves Body Composition, Peak Oxygen Uptake, Strength, and Alters Certain Dimensions of Quality of Life in Overweight Women. **Frontiers in Physiology**, v. 3, n. 8, p. 172, 2017.

SULTANA, R N. *et al.* The effect of low-volume high-intensity interval training on body composition and cardiorespiratory fitness: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 49, p. 1687-1721, 2019.

SUN, S. *et al.* Twelve weeks of low volume sprint interval training improves cardio-metabolic health outcomes in overweight females. **Journal of sports sciences**, v. 37, n. 11, p. 1257-1264, 2019.

SWIFT, Damon L. *et al.* The effects of exercise and physical activity on weight loss and maintenance. **Progress in cardiovascular diseases**, v. 61, n. 2, p. 206-213, 2018.

TABATA I. *et al.* Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO<sub>2</sub>(max), **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 28, n. 10, p. 1327–1330, 1996.

TAVARES, V. D. de O. *et al.* Exercisers' affective and enjoyment responses: a meta-analytic and meta-regression review. **Perceptual and motor skills**, v. 128, n. 5, p. 2211-2236, 2021.

TEIXEIRA, P J. *et al.* Exercise, physical activity, and self-determination theory: a systematic review. **International journal of behavioral nutrition and physical activity**, v. 9, n. 1, p. 1-30, 2012.

TIBANA R A *et al.* Lactate, heart rate and rating of perceived exertion responses to shorter and longer duration CrossFit® training sessions. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 3, n. 4, p. 60, 2018.

TIBANA R A *et al.* Validity of session rating perceived exertion method for quantifying internal training load during high-intensity functional training. **Sports**, v. 6, n. 3, p. 68, 2018.

THUM, J. S. *et al.* 2017. High- intensity interval training elicits higher enjoyment than moderate intensity continuous exercise. **PLoS One**, v. 12, n. 1, 2017.

TOWNSEND L. K. *et al.* Modified sprint interval training protocols. Part II: psychological responses. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 42, n.4, p. 347–53, 2017.

TSCHAKERT, G; HOFMANN, P. High-intensity intermittent exercise: methodological and physiological aspects. **International journal of sports physiology and performance**, v. 8, n. 6, p. 600-610, 2013.

TRAP, J *et al.* Cardiorespiratory fitness, muscular strength and risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. **Diabetologia**, v. 62, n. 7, p. 1129-1142, 2019.

VELLA CA, TAYLOR K., DRUMMER D. High-intensity interval and moderate-intensity continuous training elicit similar enjoyment and adherence levels in overweight and obese adults. **European Journal of Sport Science**, v.17, n. 9, p. 1203-1211, 2017.

VANCAMPFORT, D. *et al.* Higher cardio-respiratory fitness is associated with increased mental and physical quality of life in people with bipolar disorder: A controlled pilot study. **Psychiatry Research**, v. 256, n. March, p. 219–224, 2017.

VÉLEZ-TORAL, M. *et al.* Improvements in Health-Related Quality of Life, Cardio-Metabolic Health, and Fitness in Postmenopausal Women After an Exercise Plus Health Promotion Intervention: A Randomized Controlled Trial. **Journal of Physical Activity and Health**, v. 14, n. 5, p. 336–343, 2017

WARBURTON, D, BREDIN, S SD. Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. **Current opinion in cardiology**, v. 32, n. 5, p. 541-556, 2017.

WARREN, Amy *et al.* Postexercise fat oxidation: effect of exercise duration, intensity, and modality. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 19, n. 6, p. 607-623, 2009.

WASSERMAN K. *et al.* Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 35, n. 2, p. 236-43, 1973.

WEIR, J. B. D. V. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. **Journal of Physiology**, v. 109, n. 5, p. 1-9, 1949.

WESTON K. S., WISLØFF U., COOMBES J.S. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 16, p. 1227-1234, 2014.

WILLIAM D. MCARDLE, FRANK I. KATCH, V. L. K. **Fisiologia do exercício: Nutrição, energia e desempenho humano**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

WILLIAMS B. M., KRAEMER R. R. Comparison of cardiorespiratory and metabolic responses in kettlebell high-intensity interval training versus sprint interval cycling. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 12, p. 3317–25, 2015.

WILLIAMS, D M. Exercise, affect, and adherence: an integrated model and a case for self-paced exercise. **Journal of Sport and Exercise Psychology**, v. 30, n. 5, p. 471-496, 2008.

WILSON, P. M., & RODGERS, W. M. (2004). The relationship between perceived autonomy support, exercise regulations and behavioral intentions in women. **Psychology of Sport and Exercise**, 5(3), 229-242.

WOLPERN, A E. *et al.* Is a threshold-based model a superior method to the relative percent concept for establishing individual exercise intensity? a randomized controlled trial. **BMC sports science, medicine and rehabilitation**, v. 7, p. 1-9, 2015.

WOOD K. M. *et al.* Dissimilar physiological and perceptual responses between sprint interval training and high-intensity interval training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 1, p. 244-50, 2016.

YOUNG, D R *et al.* Sedentary behavior and cardiovascular morbidity and mortality: a science advisory from the American Heart Association. **Circulation**, v. 134, n. 13, p. e262-e279, 2016.

YANG, Z; PETRINI, M A. Self-selected and prescribed intensity exercise to improve physical activity among inactive retirees. **Western journal of nursing research**, v. 40, n. 9, p. 1301-1318, 2018.

ZHANG, M *et al.* Association between sedentary behavior, physical activity, and cardiovascular disease-related outcomes in adults—A meta-analysis and systematic review. **Frontiers in Public Health**, v. 10, 2022.



ZIEMANN E. *et al.* Aerobic and anaerobic changes with high-intensity interval training in active college-aged men. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 4, p. 1104, 2011.

# APÊNDICE A – Artigo Original 1

European Journal of Applied Physiology  
<https://doi.org/10.1007/s00421-023-05246-9>

ORIGINAL ARTICLE



## Self-selected or fixed: is there an optimal rest interval for controlling intensity in high-intensity interval resistance training?

Andressa Fidalgo<sup>1</sup> · Paulo Farinatti<sup>1</sup> · Lenifran Matos-Santos<sup>1</sup> · Rui Pilon<sup>1</sup> · Guilherme Moraes Rodrigues<sup>2</sup> · Bruno Ribeiro Ramalho Oliveira<sup>3</sup> · Wallace Monteiro<sup>1,2</sup>

Received: 7 March 2023 / Accepted: 27 May 2023  
 © The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2023

### Abstract

**Purpose** This study investigated the effects of different rest interval strategies during high-intensity interval resistance training (HIRT) on cardiorespiratory, perceptual, and enjoyment responses among trained young men.

**Methods** Sixteen men experienced with HIRT underwent cardiopulmonary exercise testing and were familiarized with the exercises and HIRT protocol. On the subsequent three visits, interspaced 48–72 h, participants performed HIRT sessions with different rest intervals in a randomized order: 10 s and 30 s fixed rest intervals (FRI-10 and FRI-30), and self-selected rest interval (SSRI). Oxygen uptake ( $\text{VO}_2$ ), heart rate (HR), and recovery perception (Total Quality Recovery Scale) were measured during HIRT, while enjoyment responses (Physical Activity Enjoyment Scale) were assessed immediately after the sessions.

**Results** The  $\text{VO}_2$  during exercise was greater in FRI-10 than FRI-30 (55%  $\text{VO}_{2\text{max}}$  and 47%  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , respectively,  $p = 0.01$ ), while no difference occurred between SSRI and bouts performed with fixed intervals (52%  $\text{VO}_{2\text{max}}$  vs. FRI,  $p > 0.05$ ). HR, excess post-exercise oxygen consumption (EPOC), recovery perception, and enjoyment responses were similar across conditions ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion** Exercise intensity was not affected by the rest interval strategy. High exercise intensity was maintained in sessions performed with FRI or SSRI, without negative repercussions on the duration of training sessions and enjoyment responses after exercise sessions.

**Keywords** High-intensity interval training · Circuit-based exercise · Exercise recovery · Fatigue

### Abbreviations

ACSM American College of Sports Medicine  
 ANOVA Analysis of variance  
 CPET Cardiopulmonary exercise testing  
 CV Coefficient of variation  
 EPOC Excess post-exercise oxygen consumption

FRI Fixed rest interval  
 HR Heart rate  
 HIIT High-intensity interval training  
 $\text{HR}_{\text{max}}$  Maximum HR  
 $\text{VO}_{2\text{peak}}$  Maximum oxygen uptake  
 MICT Moderate-intensity continuous training  
 $\text{VO}_2$  Oxygen uptake  
 PACES Physical activity enjoyment scale  
 SSRI Self-selected rest intervals  
 TQR Total Quality Recovery Scale

Communicated by William J. Kraemer.

✉ Wallace Monteiro  
[walacemonteiro@uol.com.br](mailto:walacemonteiro@uol.com.br)

<sup>1</sup> Laboratory of Physical Activity and Health Promotion (LABSAU), Graduate Program in Exercise Science and Sports, Institute of Physical Education and Sports, University of Rio de Janeiro State, Rua São Francisco Xavier, 524, Sala 8121F, Maracanã, RJ 20550-013, Brazil

<sup>2</sup> Graduate Program in Physical Activity Sciences, Salgado de Oliveira University, Niterói, RJ, Brazil

<sup>3</sup> Rural Federal University of Rio de Janeiro, Seropédica, Brazil

### Introduction

High-intensity interval training (HIIT) is known to improve cardiorespiratory fitness in various populations (García-Hermoso et al. 2016; Sultana et al. 2019). It has been also suggested as a time-saving alternative to moderate-intensity continuous training (MICT) performed with longer

durations, achieving equivalent or greater adaptations than those resulting from MICT (Milanović et al. 2015; Bouaziz et al. 2020). Some HIIT modalities include resistance exercises in a circuit-based system, usually referred to as high-intensity interval resistance training (HIRT). The major advantage of HIRT is the potential simultaneous gain in both muscle strength and aerobic fitness (McRae et al. 2012; Buckley et al. 2015; Sperlich et al. 2017). Although at least one trial has demonstrated that  $\text{VO}_2$  increases due to exclusive resistance training would depend on the initial cardiorespiratory fitness (Ozaki et al. 2013), there is room to think that an adequate combination of high-intensity circuit-based aerobic and resistance exercises might be effective to provoke muscular and cardiorespiratory gains (Laursen and Buchheit 2019).

Rest intervals between sets and exercises are major determinants of training intensity and volume, given their effects on physiological (Shi et al. 2018; Smilios et al. 2018) and perceptual responses to exertion (Warr-di Piero et al. 2018; Schoenmakers and Reed 2019). Fixed rest interval (FRI) is the most often applied strategy in HIIT, albeit some studies reported that self-selected rest intervals (SSRI) may be a feasible alternative (Sultana et al. 2019). In this strategy, the recovery time between stimuli is self-determined based on individual fatigue perception. Some essential points regarding the application of SSRI in HIRT sessions are unclear, such as the effectiveness of exercise intensity control. Previous studies with interval training performed on cycle ergometer or treadmill showed that SSRI can be useful in maintaining high intensities throughout the session (McEwan et al. 2018; Schoenmakers and Reed 2019). However, these findings should not be extrapolated to HIRT due to its specificity. In opposition to cyclic exercises such as pedaling and running, HIRT usually includes variables such as exercises selection and order, cadence, and different movement patterns (i.e., pushing, pulling, jumping, squatting, etc.) (Myers et al. 2015; Sperlich et al. 2017; Nuñez et al. 2020; Hendker and Eils 2021; Bornath and Kenno 2022).

Trials investigating the effects of FRI and SSRI on physiological responses, perception of effort, and performance during HIRT are scarce (Fidalgo et al. 2022). On the other hand, data on the applicability of FRI vs. SSRI would be useful when designing HIRT sessions, since the rest interval strategy influences the ability to maintain high effort intensities (Seiler and Hetlelid 2005; McEwan et al. 2018; Smilios et al. 2018; Schoenmakers and Reed 2019). Moreover, there is evidence that an adequate recovery between sets and exercises contributes to the affective responses to training routines (McEwan et al. 2018; Schoenmakers and Reed 2019). A better understanding of the psychophysiological responses to HIRT performed with FRI and SSRI might have a practical relevance for exercise prescription.

Given this gap in the literature, the present study compared the effects of HIRT performed with FRI and SSRI on acute cardiorespiratory and perceptual responses in trained men. We hypothesized that exercise intensity would be similar during HIRT performed with FRI and SSRI, while the perception of recovery and enjoyment would be higher in SSRI compared to FRI.

## Methods

### Experimental design

The experiment consisted of five visits to the laboratory, interspersed with 48–72 h intervals. On the first day, participants signed informed consent and underwent clinical examination and health inventory to check for eligibility criteria. Eligible participants performed cardiopulmonary exercise testing (CPET) to assess their cardiorespiratory fitness. On the 2nd day, they underwent a familiarization session with the exercises included in HIRT. On the subsequent days, three HIRT sessions with different rest intervals were applied in a randomized order: FRI of 10 s (FRI-10), FRI of 30 s (FRI-30), and SSRI.

Outcomes measured during HIRT were oxygen uptake ( $\text{VO}_2$ ), heart rate (HR), and recovery perception, while enjoyment responses were assessed immediately after the sessions. Participants were instructed not to use any medication, ergogenic aids, caffeinated or alcoholic beverages, and to avoid physical exercise in the 24 h before each visit to the laboratory. Furthermore, participants were instructed to maintain their habitual sleep, nutrition, and hydration during the whole period of the experiment. All procedures were performed within 2–5 p.m. to negate circadian effects on outcomes, in a temperature (21–23 °C) and humidity-controlled room (50–70%).

### Participants

The sample size for F tests was calculated a priori using the GPower 3.1.9.6 (GPower™, University of Kiel, Kiel, Germany), considering an effect size = 0.5 for maximum oxygen uptake ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ),  $1-\beta=80\%$ , and  $\alpha=0.05$ , resulting in a minimum of 15 participants. Participants should have been engaged in HIRT programs performed at least 3 days/week for a minimum of 6 months before the experiment. Exclusion criteria were any osteoarticular or muscular conditions limiting treadmill or resistance exercises; cardiovascular disease or use of medications interfering with exercise-related cardiorespiratory responses. In the present study, 16 trained men aged 20–35 years were considered eligible. All participants signed informed consent and the study gained the approval

of the Institutional Research Ethics Committee of Salgado de Oliveira University (CAAE: 08275619.6.0000.5289).

### Cardiopulmonary exercise testing

The CPET was performed using individualized treadmill ramp protocols configured to elicit maximal volitional exhaustion within 8–12 min. Initial and final speeds were determined through the estimated  $\text{VO}_{2\text{max}}$  (Matthews et al. 1999) and the equation proposed by the American College of Sports Medicine (ACSM) (American College of Sports Medicine 2018). Gas exchanges were assessed every 20 s via metabolic cart (VO2000, Medical Graphics™, Saint Paul, MN, USA), and HR was continuously measured using a Polar™ RS-800 monitor (Kempele, Finland). Tests were considered as maximum in the presence of three of the following criteria (Howley et al. 1995): (a) voluntary exhaustion, (b) grade 9 or 10 on the Borg CR-10 scale; (c) 90% of the maximum HR ( $\text{HR}_{\text{max}}$ ) predicted for age or HR plateau when increasing the load; (d)  $\text{VO}_2$  plateau when increasing the load; (e) rate of respiratory ratio  $\geq 1.10$ .

### Familiarization and HIRT sessions

The HIRT circuits included the following exercises: (1) Thruster; (2) Swing; (3) Unilateral Snatch (4) Mountain Climber. Loads were imposed using a kettlebell for Swing and a dumbbell for Thruster and Unilateral Snatch. The familiarization session was performed 48–72 h after the CPET and consisted of participants performing two rounds of the circuit with self-selected loads (20 s stimuli and 30 s recovery). The 20 s stimulus was the same applied in the experimental sessions, and the 30 s recovery interval was adopted for being the longer across experimental conditions (10-S, SSRI, and 30-S), as determined by a pilot study indicating that the duration of SSRI was around 15 s ( $14.05 \pm 5.82$  s).

In the experimental sessions, four rounds of each exercise were performed, with 20 s stimuli interspersed with FRI-10, FRI-30, or SSRI. The 20 s stimuli and FRI-10 are commonly used in interval training (Tabata et al. 1996; McRae et al. 2012; Lu et al. 2023). The pilot study revealed that SSRI fell within 10–20 s for most participants. For this reason, an extended rest interval exceeding SSRI (FRI-30) was applied to verify whether additional recovery between rounds occurred. Initially, participants performed one round of the circuit as a warm-up, with the load chosen in the familiarization session. After warming up, a minute was given for positioning at the first exercise station. Participants were verbally encouraged to accomplish as many repetitions as possible in all rounds and exercises. The three HIRT sessions were repeated in the same conditions, except for the rest interval strategy (FRI-10, FRI-30, SSRI). No restriction

was applied to determine SSRI, meaning that the interval was as long as the participants deemed necessary to perform the next exercise. The duration of SSRI was recorded during the HIRT sessions.

### Oxygen uptake and heart rate

Gas exchanges during HIRT were assessed using a VO2000 metabolic cart (Medical Graphics™, Saint Paul, MN, United States) coupled with a telemetry module (WIT2410™, Cirronet, Dallas, TX, USA) and averaged each 10 s. This sampling frequency was necessary for the proper assessment of a short stimuli/recovery interval training session. From the beginning of the pre-exercise assessment until the end of recovery, heart rate was measured and recorded using a cardio tachometer (RS800cx, Polar™, Kempele, Finland). Resting  $\text{VO}_2$  was measured for 30 min before each HIRT session, according to recommendations summarized in a previous review (Compher et al. 2006), including abstention from physical exercise, alcoholic or caffeinated drinks in the 24 h preceding the experimental sessions, and performing the least possible effort when going to the laboratory.

Upon arrival at the laboratory, the participants laid at a supine position using the face mask for 10 min for adaptation, followed by 30 min of  $\text{VO}_2$  assessment. Sudden movements such as sneezing or coughing during the test were avoided. The average of data obtained during the last 5 min of steady-state was recorded as resting  $\text{VO}_2$ . The coefficient of variation (CV) was calculated at 5 min intervals to confirm the steady-state ( $\text{CV} < 10\%$  for  $\text{VO}_2$  and  $\text{VCO}_2$ ) (Cunha et al. 2013). The low-flow pneumotachograph (2–30 L/min) was used during this phase. Just before the beginning of the exercise, the pneumotachograph was exchanged for a high-flow device (20–200 L/min), and the VO2000 was recalibrated. This procedure was necessary due to the characteristics of exercise sessions and participants' fitness levels.

### Energy expenditure and EPOC

After exercise, participants resumed the supine position and  $\text{VO}_2$  was monitored for an additional 30 min to assess the excess post-exercise oxygen consumption (EPOC). The high-flow pneumotachograph was kept during the first 5 min of recovery to correctly assess the fast phase of EPOC. Subsequently, it was changed for a low-flow pneumotachograph and the assessment was resumed for another 25 min. This procedure ensured the precision of data acquisition despite the decreased ventilation during recovery. The resting metabolic rate was calculated by the Weir equation (Weir 1949) using the average  $\text{VO}_2$  and  $\text{VCO}_2$  within the last 5 min window of the 30 min pre-exercise assessment. The EPOC corresponded to the difference between  $\text{VO}_2$  during post-exercise and at rest.

### Perceived recovery and enjoyment response

The recovery perception was assessed through the Total Quality Recovery Scale (TQR) (Kenttä and Hassmén 1998). The scores range from 6 to 20, corresponding to the worst (without recovery) and best recovery level (totally well recovered), respectively. The TQR was applied at the end of each interval between stimuli. The enjoyment elicited by HIRT sessions was evaluated using the Physical Activity Enjoyment Scale (PACES) questionnaire (Kendzierski and DeCarlo 1991). This instrument includes 18 items displayed on a bipolar scale and scores ranging from 1 to 7. The PACES was answered 30 min after the HIRT sessions.

### Statistical analysis

The normality of data distribution was confirmed by the Shapiro–Wilk test and results are presented as mean  $\pm$  standard deviation. The paired *t* test was used to compare the duration of sessions performed FRI-10 vs. SSRI and FRI-30 vs. SSRI. The comparison of means between FRI-10 vs. FRI-30 was statistically senseless since both variables had a variance equal to 0. Data of HR,  $\text{VO}_2$  and recovery perception were compared between interval strategies and rounds using a two-way ANOVA with Greenhouse–Geisser correction. A one-way ANOVA was applied to compare  $\text{VO}_2$  and HR at rest, energy expenditure, EPOC, and enjoyment responses. In both cases, ANOVAs were complemented by Bonferroni post-hoc verifications in the event of significant *F* ratios. Pearson correlation coefficients were calculated to verify the association between recovery perception and HR during HIRT sessions. In all cases, calculations were performed by the SPSS 20 (IBM™, New York, NY, USA), and the significance level was set at  $p \leq 0.05$ . Finally, effect sizes were calculated for between-group changes in outcome measures using Cohen's *d* for *t* tests (*d*) and eta squared ( $\eta^2$ ) for ANOVA, along with 95% confidence intervals (CI 95%).

### Results

Table 1 depicts the sample characteristics. Individuals had normal weight and high cardiorespiratory fitness. No difference was detected in HR and  $\text{VO}_2$  at rest between the three conditions. The average duration of SSRI was  $14.05 \pm 5.82$  s. The total duration of HIRT was longer in SSRI ( $9.2 \pm 1.4$  min) than in FRI-10 (8 min) ( $p < 0.0001$ ;  $d = 0.43$ , CI 95% = 0.25–1.90), and shorter than FRI-30 (13.5 min;  $p = 0.01$ ;  $d = 0.35$ , CI 95% = 3.43–5.08).

Figure 1 shows relative HR and  $\text{VO}_2$  during HIRT sessions. In which concerns the HR, a main effect was observed for rounds [ $F_{(3,45)} = 15.840$ ,  $\eta^2 = 0.536$ ,  $p < 0.001$ , CI 95% = 4.006–8.446]. The  $\%HR_{\text{max}}$  assessed in each

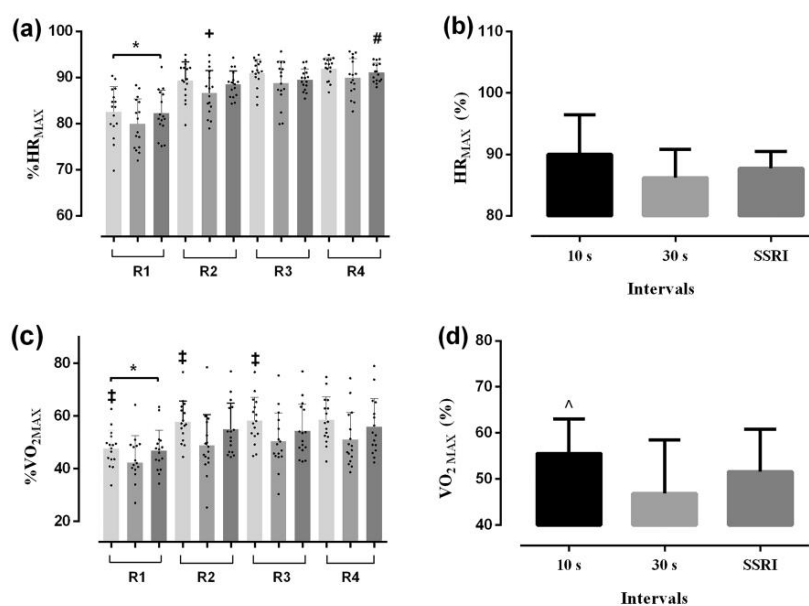
**Table 1** Age, anthropometric characteristics, and cardiorespiratory data at the end of the CPET and before HIRT sessions

Variable	Mean $\pm$ SD
Age (years)	27.1 $\pm$ 3.9
Height (cm)	179.7 $\pm$ 6.6
Body mass (kg)	84.6 $\pm$ 9.0
$\text{VO}_{2\text{peak}}$ (ml $\text{kg}^{-1} \text{min}^{-1}$ )	56.6 $\pm$ 7.5
R (ml $\text{kg}^{-1} \text{min}^{-1}$ )	1.1 $\pm$ 0.09
$\text{HR}_{\text{peak}}$ (bpm)	189.6 $\pm$ 7.1
$\text{VO}_{2\text{rest}10}$ (ml $\text{kg}^{-1} \text{min}^{-1}$ )	4.08 $\pm$ 0.9
$\text{VO}_{2\text{rest}30}$ (ml $\text{kg}^{-1} \text{min}^{-1}$ )	3.54 $\pm$ 1.0
$\text{VO}_{2\text{rest} \text{SSRI}}$ (ml $\text{kg}^{-1} \text{min}^{-1}$ )	3.79 $\pm$ 1.2
$\text{HR}_{\text{rest}10}$ (bpm)	63.2 $\pm$ 10.3
$\text{HR}_{\text{rest}30}$ (bpm)	64.1 $\pm$ 9.2
$\text{HR}_{\text{rest} \text{SSRI}}$ (bpm)	62.7 $\pm$ 12.1

$\text{VO}_{2\text{peak}}$  peak oxygen consumption, R respiratory quotient,  $\text{HR}_{\text{peak}}$  peak heart rate,  $\text{VO}_{2\text{rest}10}$  oxygen consumption at rest before HIRT performed with 10 s rest intervals,  $\text{VO}_{2\text{rest}30}$  oxygen consumption at rest before HIRT performed with 30 s rest intervals;  $\text{VO}_{2\text{rest} \text{SSRI}}$  oxygen consumption at rest before HIRT performed with self-selected rest intervals,  $\text{HR}_{\text{rest}10}$  resting heart rate before HIRT performed with 10 s rest intervals,  $\text{HR}_{\text{rest}30}$  resting heart rate before HIRT performed with 30 s rest intervals,  $\text{HR}_{\text{rest} \text{SSRI}}$  resting heart rate before HIRT performed with self-selected rest intervals

round (A) was lower in the first round vs. others in all conditions ( $p < 0.05$ ), and in the second round vs. others in FRI-30 ( $p < 0.001$ ). Moreover,  $\%HR_{\text{max}}$  was greater in the fourth round vs. others in SSRI ( $p < 0.05$ ). However, no main effect was found for sessions [ $F_{(1,15)} = 0.549$ ,  $\eta^2 = 0.024$ ,  $p = 0.49$ , CI 95% = 6.877–1.619] and no difference was found between  $\%HR_{\text{max}}$  across conditions (B). As for  $\%VO_{2\text{max}}$  (C), a main effect was also observed for rounds [ $F_{(1,657,24,858)} = 46.866$ ,  $\eta^2 = 0.758$ ,  $p < 0.001$ , CI 95% = 10.241–3.090]. The  $\%VO_{2\text{max}}$  was lower in the first round vs. others in all conditions ( $p < 0.05$ ). In addition, a main effect was found for sessions [ $F_{(1,15)} = 0.696$ ,  $\eta^2 = 0.044$ ,  $p = 0.02$ , CI 95% = 14.938–2.852], and comparisons between groups showed greater  $\%VO_{2\text{max}}$  in FRI-10 vs. FRI-30 at the first, second, and third rounds ( $p < 0.05$ ). In consequence,  $\%VO_{2\text{max}}$  (D) was greater in FRI-10 vs. FRI-30 and SSRI ( $p < 0.01$ ).

Figure 2 exhibits the results of TQR. A main effect was detected for rounds in all conditions [ $F_{(1,871,28,059)} = 31.208$ ,  $\eta^2 = 0.675$ ,  $p < 0.001$ , CI 95% = 11.882–9.118] and sessions [ $F_{(1,15)} = 0.017$ ,  $\eta^2 = 0.442$ ,  $p = 0.02$ , CI 95% = 1.372–2.872]. Overall, the recovery perception decreased in each subsequent round in the three conditions. Figure 3 shows significant and inverse correlations between recovery perception and HR throughout the HIRT sessions. No difference was found for the enjoyment responses assessed by PACES between FRI-10 ( $102.8 \pm 15.8$ ), FRI-30 ( $105.8 \pm 13.1$ ), and SSRI ( $109.2 \pm 13.1$ ).



**Fig. 1** Relative HR and  $\text{VO}_2$  during each round (Panels A and C) and overall (Panels B and D) during HIRT with fixed and self-selected rest intervals (mean  $\pm$  SD). \*Difference between the first vs. other rounds in all conditions ( $p < 0.05$ ); †: difference between the second

vs. third and fourth rounds in indicated conditions ( $p < 0.001$ ); #; difference between the fourth vs. other rounds in SSRI ( $p < 0.05$ ); ‡; difference between FRI-10 vs. FRI-30 in indicated rounds ( $p < 0.05$ ); ^: difference between FRI-10 vs. FRI-30 ( $p = 0.01$ )

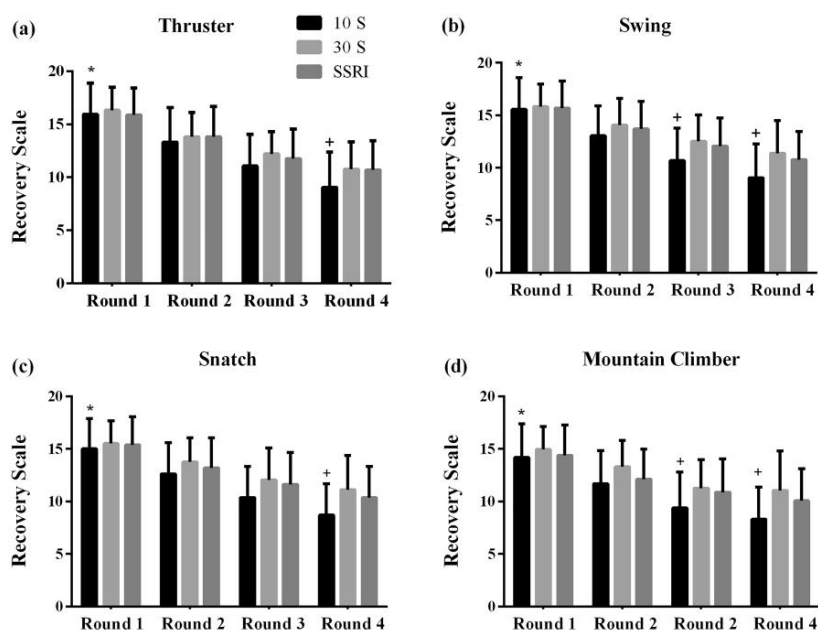
Figure 4 exhibits the average energy expenditure (A) and EPOC (B) in each HIRT condition, as well as the energy expenditure (C) and  $\text{VO}_2$  (D) along post-exercise recovery. A main effect was found for sessions [ $F_{(1, 15)} = 0.445$ ,  $\eta^2 = 0.634$ ,  $p = 0.01$ , CI 95% = 8.342–1.987], and rounds [ $F_{(1.7241, 27.793)} = 54.323$ ,  $\eta^2 = 0.763$ ,  $p < 0.001$ , CI 95% = 1.335–2.210]. The overall energy expenditure was greater in FRI-30 vs. FRI-10 and SSRI ( $p < 0.001$ ), but all conditions elicited similar EPOC. As for the energy expenditure (C) and  $\text{VO}_2$  (D) during recovery, a decrease occurred between 5 and 25 min assessments in all conditions ( $p < 0.05$ ). In addition, in the first 5 min of recovery, the energy expenditure and  $\text{VO}_2$  were greater in FRI-10 than in FRI-30 ( $p = 0.01$ ).

## Discussion

This study investigated the effects of different rest interval strategies during HIRT on cardiorespiratory, perceptual, and enjoyment responses among trained young men. Our hypothesis was partially confirmed, as the intensity of the

sessions, perceived recovery, and enjoyment responses were not different between FRI and SSRI. The  $\text{VO}_2$  during exercise was greater in FRI-10 than FRI-30, while no difference occurred between SSRI and bouts performed with FRI. On the other hand, HR, EPOC, recovery perception, and enjoyment responses were similar across conditions.

HR is one of the variables most used to control exercise intensity (Mann et al. 2013; American College of Sports Medicine 2018). The relative HR during exercise sessions may be classified as vigorous (90%  $\text{HR}_{\text{max}}$ —FRI-10; 86%  $\text{HR}_{\text{max}}$ —FRI-30; 87%  $\text{HR}_{\text{max}}$ —SSRI), while the intensity based on  $\text{VO}_2$  (55%  $\text{VO}_{2\text{max}}$ —FRI-10; 47%  $\text{VO}_{2\text{max}}$ —FRI-30; 52%  $\text{VO}_{2\text{max}}$ —SSRI) could be classified as moderate (American College of Sports Medicine 2018). However, the interplay between energy systems must be considered. An elevated anaerobic demand may result from short-duration stimuli performed in all-out intensity (Sousa et al. 2017). On the other hand, the combination of anaerobic and aerobic systems in HIRT seems to be effective for a simultaneous and efficient improvement of cardiorespiratory and neuromuscular fitness (McRae et al. 2012; Buckley et al. 2015). The overall energy expenditure was greater in FRI-30 vs.



**Fig. 2** Total Quality Recovery scores (mean  $\pm$  SD) along the recovery from each round of HIRT with fixed and self-selected rest intervals. **A** Thruster; **B** Swing; **C** Snatch; **D** Mountain Climber. \*Difference

between the first vs. other rounds in all conditions; +: difference between FRI-10 vs. FRI-30 ( $p < 0.05$ )

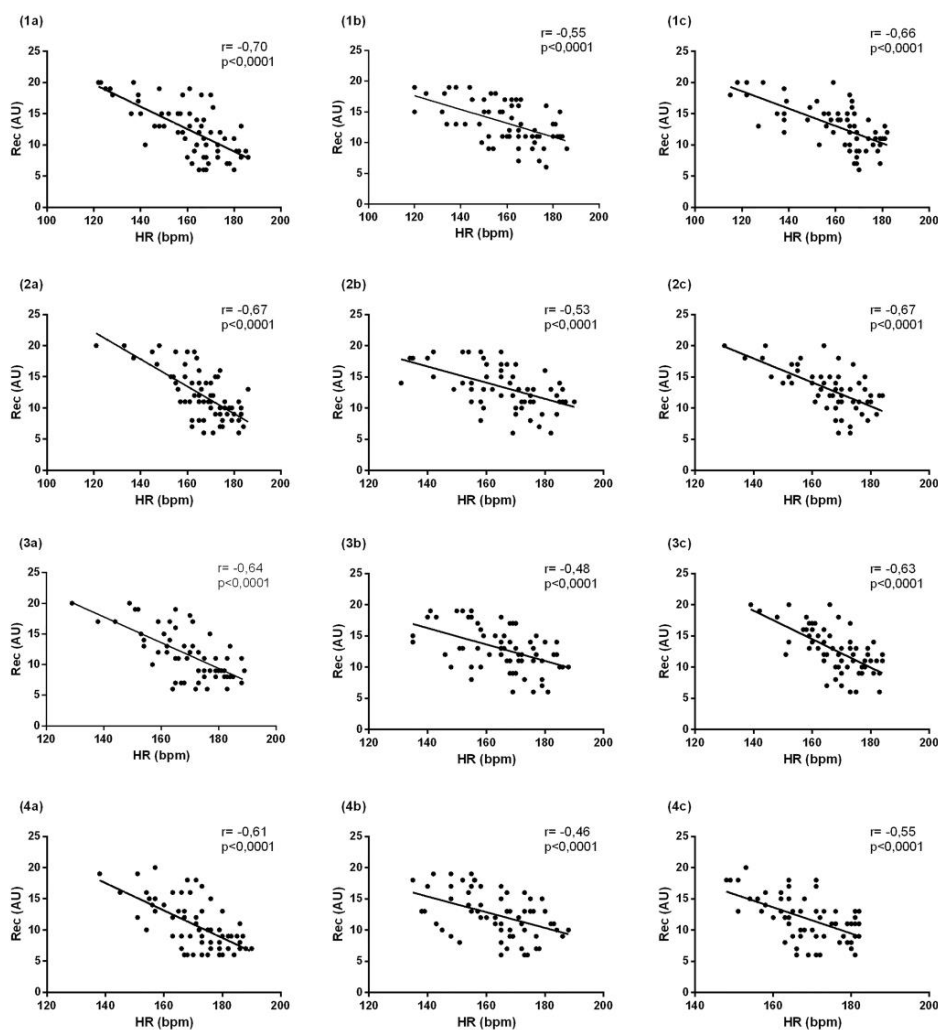
FRI-10 or SSRI. However, the magnitude of those differences would probably not impact practical issues such as weight loss (American College of Sports Medicine 2018).

In all conditions,  $\%HR_{max}$  similarly increased between successive HIRT circuits. The HR increase was expected because in all cases the intervals were not long enough to allow a complete HR recovery. The  $VO_2$  during HIRT circuits was also similar between SSRI vs. FRI. This concurs with a previous trial (Schoenmakers and Reed 2019) comparing the  $\%VO_{2max}$  during HIIT on a treadmill performed with FRI and SSRI. It could be therefore claimed that SSRI would be an efficient strategy for keeping high effort intensities, at least in trained male individuals. The choice of FRI or SSRI seemed not to be a major issue in terms of exercise intensity variation. Despite this, there are advantages to adopting SSRI over FRI due to its practical and individualized application (MacInnis and Gibala 2017), which should be considered by practitioners.

The recovery perception was monitored by the TQR scale, which has been shown to correlate with HR during exercise (Kenttä and Hassmén 1998). Short intervals increase the accumulation of metabolites enhancing the fatigue

perception (Warr-di Piero et al. 2018). Accordingly, the recovery perception similarly decreased along HIRT circuits in all conditions. In addition, enjoyment responses assessed by the PACES inventory were not affected by the rest interval strategy. Investigations on enjoyment responses after HIRT are scarce, but some studies observed better affective responses vs. continuous exercise (Heisz et al. 2016; Thum et al. 2017). In short, the application of FRI or SSRI seemed to be indifferent in terms of fatigue and enjoyment perception during HIRT, at least in our sample of trained men. Unfortunately, we could not locate previous trials comparing the enjoyment responses to HIRT performed with different rest interval strategies. Further studies are warranted to ratify our data. It is worth noticing that those results are initial and some questions remain unanswered. A major point refers to the applicability of SSRIs in different populations, levels of training, and during long-term training interventions. Thus, additional studies are warranted to ratify the present findings in different populations and HIRT settings.

This study has strengths and limitations. This is probably the first study evaluating the impact of fixed and self-selected intervals on physiological, perceptual, and

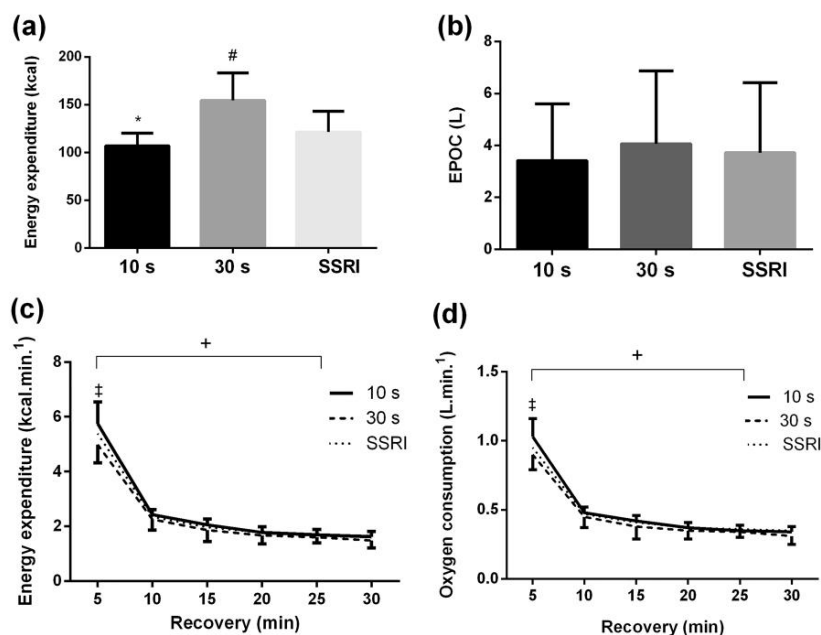


**Fig. 3** Relationship between recovery perception and heart rate in each exercise and condition. Panels 1 to 4 refer to the Thruster, Swing, Snatch, and Mountain Climber. Panels A to C refer to FRI-10, FRI-30, and SSRI, respectively

enjoyment responses to HIRT circuits. Our protocol was structured not to use any machine-based exercises, which favors the execution in different environments. In addition, the circuit was composed of easy-to-perform exercises, with FRI commonly used in circuits of this nature (10 s and 30 s). Finally, we tested the use of the SSRI which

considers the individual perception in defining the recovery time. The major limitation refers to the self-selection of exercise loads. However, exercises should be performed in an “all-out” intensity, and participants were experienced with resistance training—those factors reduced the possibility of load underestimation.





**Fig. 4** Energy expenditure and EPOC during post-exercise recovery from HIRT with fixed and self-selected rest intervals. Panels **A** and **B** show average values. Panels **C** and **D** show data at each 5 min. \*Difference between FRI-10 vs. FRI-30 and SSRI ( $p < 0.001$ ); #: differ-

ence between FRI-30 vs. SSRI ( $p < 0.001$ ); +: difference 5–25 min in all conditions ( $p < 0.05$ ); ‡: difference between FRI-10 vs. FRI-30 ( $p < 0.01$ )

## Conclusions

Successive HIRT circuits performed with FRI and SSRI by young trained men elicited similar intensity, recovery perception, and enjoyment responses. High exercise intensity was maintained regardless of the rest interval strategy, without negative repercussions on the duration of training sessions and enjoyment responses after exercise. This is interesting information that could be applied in HIRT training since SSRI allows a more individual determination of recovery time before the next stimulus. Given its applicability, SSRI should be considered as an alternative for recovery between exercises and sets within HIRT circuits.

**Author contributions** AF and WM were involved in the conception and design of the research; AF, RP, GMR, and LMS collected the data; PF, BRRO, and WM analyzed the data; AF, PF, and WM drafted the manuscript. All authors critically revised the manuscript and approved its submission.

**Data availability** Raw data from this study are not publicly available but some data might be available upon reasonable request made to the corresponding author.

## Declarations

**Conflict of interest** All authors certify that they have no affiliations with or involvement in any organization or entity with any financial interest or non-financial interest in the subject matter or materials discussed in this manuscript.

**Ethical approval** This study was performed in line with the principles of the Declaration of Helsinki and was approved by the Institutional Research Ethics Committee of Salgado de Oliveira University (CAAE: 08275619.6.0000.5289).

**Consent to participate** Informed consent was obtained from all participants included in the study.

## References

- American College of Sports Medicine (2018) ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, Tenth. Wolters Kluwer Health, Philadelphia
- Bornath DPD, Kenno KA (2022) Physiological responses to increasing battling rope weight during two 3-week high-intensity interval training programs. *J Strength Cond Res* 36:352–358. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003470>
- Bouaziz W, Malgoyre A, Schmitt E et al (2020) Effect of high-intensity interval training and continuous endurance training on peak oxygen uptake among seniors aged 65 or older: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Clin Pract* 74:e13490. <https://doi.org/10.1111/ijcp.13490>
- Buckley S, Knapp K, Lackie A et al (2015) Multimodal high-intensity interval training increases muscle function and metabolic performance in females. *Appl Physiol Nutr Metab* 40:1157–1162. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0238>
- Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L (2006) Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc* 106:881–903. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2006.02.009>
- Cunha FA, Midgley AW, Monteiro W et al (2013) How long does it take to achieve steady state for an accurate assessment of resting VO<sub>2</sub> in healthy men? *Eur J Appl Physiol* 113:1441–1447. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2571-x>
- Fidalgo A, Joi S, Lattari E et al (2022) Influence of HIIRT with fixed and self-selected recovery intervals on physiological, affective, and enjoyment responses. *Res Q Exerc Sport*. <https://doi.org/10.1080/02701367.2022.2042463>
- García-Hermoso A, Cerrillo-Urbina AJ, Herrera-Valenzuela T et al (2016) Is high-intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta-analysis. *Obes Rev* 17:531–540. <https://doi.org/10.1111/obr.12395>
- Heisz JJ, Tejada MG, Paolucci EM, Muir C (2016) Enjoyment for high-intensity interval exercise increases during the first six weeks of training: implications for promoting exercise adherence in sedentary adults. *PLoS ONE* 11:e0168534. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168534>
- Hendker A, Eils E (2021) A group-based 8-week functional interval-type outdoor training program improves physical performance in recreationally active adults. *Front Sport Act Living* 3:627853. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.627853>
- Howley ET, Bassett DR, Welch HG (1995) Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc* 27:1292–1301
- Kendzierski D, DeCarlo KJ (1991) Physical activity enjoyment scale: two validation studies. *J Sport Exerc Psychol* 13:50–64. <https://doi.org/10.1123/jsep.13.1.50>
- Kenttä G, Hassmén P (1998) Overtraining and recovery. *Sports Med* 26:1–16. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826010-00001>
- Laursen P, Buchheit M (2019) Science and application of high-intensity interval training: solutions to the programming puzzle. *Human Kinetics, Cham*
- Lu Y, Wiltshire HD, Baker JS et al (2023) The effect of Tabata-style functional high-intensity interval training on cardiometabolic health and physical activity in female university students. *Front Physiol* 14:264. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1095315>
- MacInnis MJ, Gibala MJ (2017) Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *J Physiol* 595:2915–2930. <https://doi.org/10.1113/jp273196>
- Mann T, Lamberts RP, Lambert MI (2013) Methods of prescribing relative exercise intensity: physiological and practical considerations. *Sports Med* 43:613–625. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0045-x>
- Matthews CE, Heil DP, Freedson PS, Pastides H (1999) Classification of cardiorespiratory fitness without exercise testing. *Med Sci Sports Exerc* 31:486–493. <https://doi.org/10.1097/00005768-199903000-00019>
- McEwan G, Arthur R, Phillips SM et al (2018) Interval running with self-selected recovery: physiology, performance, and perception. *Eur J Sport Sci* 18:1058–1067. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1472811>
- McRae G, Payne A, Zelt JG et al (2012) Extremely low volume, whole-body aerobic-resistance training improves aerobic fitness and muscular endurance in females. *Appl Physiol Nutr Metab* 37:1124–1131. <https://doi.org/10.1139/h2012-093>
- Milanović Z, Sporiš G, Weston M (2015) Effectiveness of high-intensity interval training (HIIT) and continuous endurance training for VO<sub>2</sub>max improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sport Med* 45:1469–1481. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0365-0>
- Myers TR, Schneider MG, Schmale MS, Hazell TJ (2015) Whole-body aerobic resistance training circuit improves aerobic fitness and muscle strength in sedentary young females. *J Strength Cond Res* 29:1592–1600. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000790>
- Núñez TP, Amorim FT, Beltz NM et al (2020) Metabolic effects of two high-intensity circuit training protocols: Does sequence matter? *J Exerc Sci Fit* 18:14–20. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2019.08.001>
- Ozaki H, Loenneke JP, Thiebaut RS, Abe T (2013) Resistance training induced increase in VO<sub>2</sub>max in young and older subjects. *Eur Rev Aging Phys Act* 10:107–116. <https://doi.org/10.1007/s11556-013-0120-1>
- Schoenmakers PPJM, Reed KE (2019) The effects of recovery duration on physiological and perceptual responses of trained runners during four self-paced HIIT sessions. *J Sci Med Sport* 22:462–466. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.09.230>
- Seiler S, Hetlelid KJ (2005) The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. *Med Sci Sports Exerc* 37:1601–1607. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000177560.18014.d8>
- Shi Q, Tong TK, Sun S et al (2018) Influence of recovery duration during 6-s sprint interval exercise on time spent at high rates of oxygen uptake. *J Exerc Sci Fit* 16:16–20. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2018.01.001>
- Smilios I, Myrkos A, Zafeiridis A et al (2018) The effects of recovery duration during high-intensity interval exercise on time spent at high rates of oxygen consumption, oxygen kinetics, and blood lactate. *J Strength Cond Res* 32:2183–2189. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001904>
- Sousa FAB, Vasque RE, Gobatto CA (2017) Anaerobic metabolism during short all-out efforts in tethered running: comparison of energy expenditure and mechanical parameters between different sprint durations for testing. *PLoS ONE* 12:1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179378>
- Sperlich B, Wallmann-Sperlich B, Zinner C et al (2017) Functional high-intensity circuit training improves body composition, peak oxygen uptake, strength, and alters certain dimensions of quality of life in overweight women. *Front Physiol* 8:172. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00172>
- Sultana RN, Sabag A, Keating SE, Johnson NA (2019) The effect of low-volume high-intensity interval training on body composition and cardiorespiratory fitness: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 49:1687–1721. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01167-w>
- Tabata I, Nishimura K, Kouzaki M et al (1996) Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO<sub>2</sub> max. *Med Sci Sports*

- Exerc 28:1327–1330. <https://doi.org/10.1097/00005768-199610000-00018>
- Thum JS, Parsons G, Whittle T, Astorino TA (2017) High-intensity interval training elicits higher enjoyment than moderate intensity continuous exercise. *PLoS ONE* 12:1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166299>
- Warr-di Piero D, Valverde-Estevé T, Redondo-Castán JC et al (2018) Effects of work-interval duration and sport specificity on blood lactate concentration, heart rate and perceptual responses during high intensity interval training. *PLoS ONE* 13:e0200690. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200690>
- Weir JBdV (1949) New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 109:1–9. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1949.sp004363>
- Publisher's Note** Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.
- Springer Nature or its licensor (e.g. a society or other partner) holds exclusive rights to this article under a publishing agreement with the author(s) or other rightsholder(s); author self-archiving of the accepted manuscript version of this article is solely governed by the terms of such publishing agreement and applicable law.

**ANEXO A - Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)**

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), do estudo intitulado “RESPOSTAS PSICOFISIOLÓGICAS DECORRENTES DA APLICAÇÃO DE ESTÍMULOS E INTERVALOS DE RECUPERAÇÃO AUTOSSELECIONADOS EM SESSÕES DE HIGH-INTENSITY INTERVAL RESISTANCE TRAINING EM HOMENS TREINADOS”. O estudo terá como responsáveis Andressa Santoro Faber Fidalgo e Wallace David Monteiro. O trabalho objetiva analisar como se comportam as variáveis ventilatórias, frequência cardíaca e lactato sanguíneo, antes, durante e após as sessões de exercícios. Sua colaboração é importante e necessária para o desenvolvimento da pesquisa, porém sua participação é voluntária.

Você foi selecionado(a) por ter estar dentro da faixa etária adequada e ter experiência com o tipo de exercício que será utilizado no estudo. Sua participação não é obrigatória. A qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa, desistência ou retirada de consentimento não acarretará prejuízo.

Riscos e benefícios: Muito embora seja remota, não se pode descartar a possibilidade de ocorrer algum tipo de risco ou desconforto durante e após a realização do protocolo experimental. Possíveis desconfortos podem advir da realização do exercício com máscara (para medir as variáveis ventilatórias) e da coleta de sangue (gotas retiradas do lobo da orelha) enquanto você se exercita. Devido à intensidade imposta nas sessões de exercício, você poderá sentir dores musculares nos dias seguintes às coletas. Sendo voluntário, você não terá nenhum pagamento e/ou despesa referente à sua participação no estudo.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em 5 (cinco) visitas ao laboratório, no período da manhã (8h às 12h). No primeiro dia, será aplicado um questionário de triagem de saúde pré exercício, anamnese e teste cardiopulmonar de exercício em esteira rolante. No segundo dia será realizada uma familiarização com os aparatos e com o circuito. Do terceiro ao quinto dia, serão realizadas sessões de exercícios em circuito, compostas por exercícios contrarresistência. Durante as sessões experimentais você será monitorado quanto às variáveis ventilatórias, frequência cardíaca, lactato sanguíneo e percepção da afetividade.

Todas as informações referentes às variáveis coletadas e protocolos empregados na pesquisa serão devidamente explicados ao voluntário pelos pesquisadores responsáveis. Caso você não entenda, ou tenha alguma dúvida quanto a qualquer procedimento empregado, sinta-se à vontade para esclarecer tudo com os responsáveis pela pesquisa.

Os dados obtidos por meio desta pesquisa serão confidenciais e não serão divulgados em nível individual, visando assegurar o sigilo de sua participação.

O pesquisador responsável se comprometeu a tornar públicos nos meios acadêmicos e científicos os resultados obtidos de forma consolidada sem qualquer identificação de indivíduos ou instituições participantes.

Caso você concorde em participar desta pesquisa, assine ao final deste documento, que possui duas vias, sendo uma delas sua, e a outra, do pesquisador responsável / coordenador da pesquisa. Seguem os telefones e o endereço institucional do pesquisador responsável e do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP, onde você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação nele, agora ou a qualquer momento.

Contatos do pesquisador responsável: Andressa Santoro Faber Fidalgo, doutorando, [fidalgo.andressa@gmail.com](mailto:fidalgo.andressa@gmail.com) +55 21 992863447. Caso você tenha dificuldade em entrar em contato com o pesquisador responsável, comunique o fato à Comissão de Ética em Pesquisa da UERJ: Rua São Francisco Xavier, 524, sala 3018, bloco E, 3º andar, - Maracanã - Rio de Janeiro, RJ, e-mail: [etica@uerj.br](mailto:etica@uerj.br) - Telefone: (021) 2334-2180.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa, e que concordo em participar.

Rio de Janeiro, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Assinatura do(a) participante: \_\_\_\_\_

Assinatura do(a) pesquisador(a): \_\_\_\_\_

## ANEXO B – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa – Artigo 1



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E PERCEPTIVAS EM SESSÕES DE HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING COM DIFERENTES INTERVALOS ENTRE ESTÍMULOS

**Pesquisador:** ANDRESSA SANTORO FABER FIDALGO

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 08275619.6.0000.5289

**Instituição Proponente:** ASSOCIACAO SALGADO DE OLIVEIRA DE EDUCACAO E CULTURA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.265.432

#### Apresentação do Projeto:

Apropriada.

#### Objetivo da Pesquisa:

Adequado e de acordo com o texto apresentado na introdução.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Avaliação apresentada e coerente com o projeto.

#### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Nada digno de nota.

#### Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos apresentados.

#### Recomendações:

Nada a acrescentar.

#### Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências verificadas. Projeto parece estar pronto para sua aplicação.

#### Considerações Finais a critério do CEP:

**Endereço:** MARECHAL DEODORO, 263 Bl. B - 3º andar  
**Bairro:** CENTRO **CEP:** 24.030-060  
**UF:** RJ **Município:** NITEROI  
**Telefone:** (21)2138-4941 **Fax:** (21)2138-4941 **E-mail:** cepuniverso@nt.universo.edu.br



UNIVERSIDADE SALGADO DE  
OLIVEIRA - UNIVERSO



Continuação do Parecer: 3.265.432

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1282449.pdf	10/01/2019 19:44:33		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_ANDRESSA_FIDALGO.doc	10/01/2019 19:44:03	ANDRESSA SANTORO FABER FIDALGO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_ANDRESSA_FIDALGO.docx	10/01/2019 19:31:08	ANDRESSA SANTORO FABER FIDALGO	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO_ANDRESSA_FIDALGO.pdf	10/01/2019 19:20:44	ANDRESSA SANTORO FABER FIDALGO	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

NITEROI, 15 de Abril de 2019

---

**Assinado por:**  
**Regina Celi Lema**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** MARECHAL DEODORO, 263 Bl. B - 3º andar  
**Bairro:** CENTRO **CEP:** 24.030-060  
**UF:** RJ **Município:** NITEROI  
**Telefone:** (21)2138-4941 **Fax:** (21)2138-4941 **E-mail:** cepuniverso@nt.universo.edu.br

**ANEXO C - Escala de recuperação de qualidade total**

6	Em nada recuperado
7	Extremamente mal recuperado
8	
9	Muito mal recuperado
10	
11	
12	
13	Razoavelmente recuperado
14	
15	Bem recuperado
16	
17	Muito bem recuperado
18	
19	Extremamente bem recuperado
20	Totalmente bem recuperado

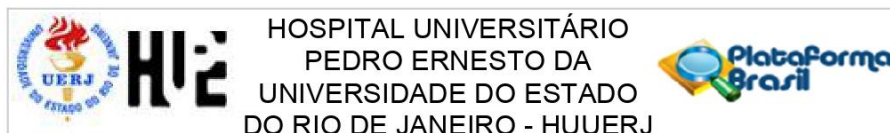
KENTTÄ G., HASSMÉN D. Overtraining and Recovery, a conceptual model. Sports Medicine, v. 26, n. 1, p. 1-16, 1998.



## ANEXO D - Physical Activity Enjoyment Scale (PACES)

Questionário de divertimento após o treinamento							
DATA: _____/_____/_____							
AVALIADO: _____							
ATIVIDADE: _____							
* Eu me diverti	1	2	3	4	5	6 7	Eu odiei
Eu me senti aborrecido	1	2	3	4	5	6 7	Eu me senti interessado
Eu não gostei	1	2	3	4	5	6 7	Eu gostei
* Eu senti prazer	1	2	3	4	5	6 7	Eu não senti prazer
* Eu fiquei entretido com a atividade	1	2	3	4	5	6 7	Eu não fiquei entretido com a atividade
Não foi nada divertido	1	2	3	4	5	6 7	Foi muito divertido
* Eu achei energizante	1	2	3	4	5	6 7	Eu achei cansativo
Me deixou abatido	1	2	3	4	5	6 7	Me deixou alegre
* Foi muito prazeroso	1	2	3	4	5	6 7	Foi nada prazeroso
* Eu me senti fisicamente bem fazendo a atividade	1	2	3	4	5	6 7	Eu me senti fisicamente mal fazendo a atividade
* Foi muito revigorante	1	2	3	4	5	6 7	Foi nada revigorante
Eu fiquei muito frustrado	1	2	3	4	5	6 7	Eu não fiquei nada frustrado
* Foi muito gratificante	1	2	3	4	5	6 7	Foi nada gratificante
* Foi muito animadora	1	2	3	4	5	6 7	Foi nada animadora
* Foi nada estimulante	1	2	3	4	5	6 7	Foi muito estimulante
* Me deu uma sensação de realização	1	2	3	4	5	6 7	Não me deu uma sensação de realização
* Foi muito vitalizante	1	2	3	4	5	6 7	Foi nada vitalizante
Senti que preferia estar fazendo outra coisa	1	2	3	4	5	6 7	Senti como se não houvesse nada que eu preferia

## ANEXO E – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa – Artigo 2



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Aspectos metodológicos e fisiológicos do High Intensity Interval Resistance Training em homens saudáveis

**Pesquisador:** Wallace David Monteiro

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 68285422.4.0000.5259

**Instituição Proponente:** Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.968.441

#### Apresentação do Projeto:

Transcrição editada do conteúdo registrado do protocolo "Nome do Arquivo: PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_DO\_PROJETO\_2000967" e dos arquivos anexados à Plataforma Brasil.

Introdução: dentre as variáveis de prescrição do High-Intensity Interval Resistance Training (HIRT), que influenciam diretamente no tempo

sustentado nas altas intensidades, destaca-se a duração dos estímulos e da recuperação, e a inclusão de estações de exercícios aeróbios.

Interessantes estratégias de prescrição do treinamento que ainda não foram investigadas no HIRT, diz respeito à aplicação de estímulos e

recuperação auto selecionados, bem como a inclusão de estações de corrida na sessão. Objetivo: avaliar o efeito da manipulação de estímulos com

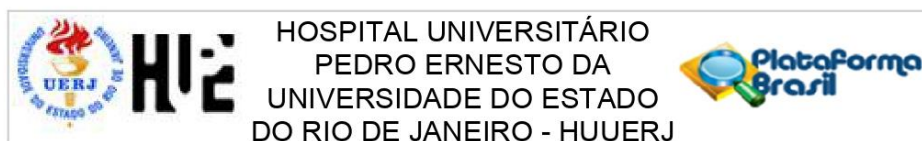
durações fixas e auto selecionadas, bem como a inclusão de estação de corrida em sessões de HIRT nas respostas cardiometabólicas, perceptivas

e afetivas, bem como no volume de treinamento, em homens treinados. Métodos: os sujeitos realizarão teste cardiopulmonar de exercício em esteira

rolante e teste de carga nos exercícios propostos. Posteriormente, será aplicada uma familiarização com os circuitos HIRT e com os aparatos

utilizados para a execução dos mesmos. Do terceiro ao sexto dia, em ordem randomizada, serão

**Endereço:** Av. 28 de setembro, nº77 - CePeM - Centro de Pesquisa Clínica Multiusuário - 2º andar/sala nº 28 - prédio  
**Bairro:** Vila Isabel **CEP:** 20.551-030  
**UF:** RJ **Município:** RIO DE JANEIRO  
**Telefone:** (21)2868-8253 **E-mail:** cep@hupe.uerj.br



Continuação do Parecer: 5.968.441

Investigador	Projeto_HIIRT_estacao_esteira.pdf	13/12/2022 14:55:42	Wallace David Monteiro	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_HIIRT.pdf	13/12/2022 14:46:18	Wallace David Monteiro	Aceito
Folha de Rosto	Plataforma_Brasil_Assinada_HIIRT.pdf	13/12/2022 14:41:17	Wallace David Monteiro	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

RIO DE JANEIRO, 28 de Março de 2023

---

**Assinado por:**  
**WILLE OIGMAN**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Av. 28 de setembro, nº77 - CePeM - Centro de Pesquisa Clínica Multiusuário - 2º andar/sala nº 28 - prédio  
**Bairro:** Vila Isabel **CEP:** 20.551-030  
**UF:** RJ **Município:** RIO DE JANEIRO  
**Telefone:** (21)2868-8253 **E-mail:** cep@hupe.uerj.br

**ANEXO F - Questionário PAR-Q**

1 - Seu médico já disse que você possui algum problema cardíaco e recomendou atividades físicas apenas sob supervisão médica?

(  ) Sim    (  ) Não

2 - Você tem dor no peito provocada por atividades físicas?

(  ) Sim    (  ) Não

3 - Você teve dor no peito no último mês?

(  ) Sim    (  ) Não

4 - Você já perdeu a consciência em alguma ocasião ou sofreu alguma queda em virtude de tontura?

(  ) Sim    (  ) Não

5 - Você tem algum problema ósseo ou articular que poderia se agravar com as atividades físicas propostas?

(  ) Sim    (  ) Não

6 - Algum médico já lhe prescreveu medicamento para pressão arterial ou para o coração?

(  ) Sim    (  ) Não

7 - Você tem conhecimento, por informação médica ou pela própria experiência, de algum motivo que poderia impedi-lo de participar de atividades físicas sem supervisão médica?

(  ) Sim    (  ) Não

**ANEXO G - Anamnese**

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_

1 – Você tem algum problema de ordem cardiovascular, respiratório, ósseo, muscular ou articular que o impeça ou o limite a praticar exercícios?

( ) Não      ( ) Sim

Em caso positivo, descreva.

---

---

2 – Você utiliza algum medicamento de uso contínuo ou descontínuo?

( ) Não      ( ) Sim

Em caso positivo, descreva.

---

---

3 – Há quanto tempo você é praticante regular de modalidades mistas de exercícios?

---

4 – Qual a frequência semanal que você pratica atividades mistas de exercícios?

( ) 1 a 2      ( ) 2 a 3      ( ) 3 a 4      ( ) 4 a 5      ( ) > 5

5 - Você pratica outro tipo de atividade física além das atividades mistas?

( ) Não      ( ) Sim

Em caso positivo, descreva a atividade e frequência semanal.

---

Frequência semanal: ( ) 1 a 2      ( ) 2 a 3      ( ) 3 a 4      ( ) 4 a 5      ( ) > 5

6 - Existe algum esclarecimento ou informação a respeito dos itens inquiridos acima que você deseja relatar?

( ) Não      ( ) Sim

Em caso positivo, descreva.

---

---

**ANEXO H - Feeling Scale**

+5	Muito bom
+4	
+3	Bom
+2	
+1	Levemente bom
0	Neutro
-1	Levemente ruim
-2	
-3	Ruim
-4	
-5	Muito ruim

HARDY, Charles J.; REJESKI, W. Jack. Not what, but how one feels: the measurement of affect during exercise. *Journal of sport and exercise psychology*, v. 11, n. 3, p. 304-317, 1989.

**ANEXO I - Felt Arousal Scale**

6	Muito ativado
5	
4	
3	
2	
1	Pouco ativado

HARDY, Charles J.; REJESKI, W. Jack. Not what, but how one feels: the measurement of affect during exercise. *Journal of sport and exercise psychology*, v. 11, n. 3, p. 304-317, 1989.