



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

Luciano Lima dos Santos

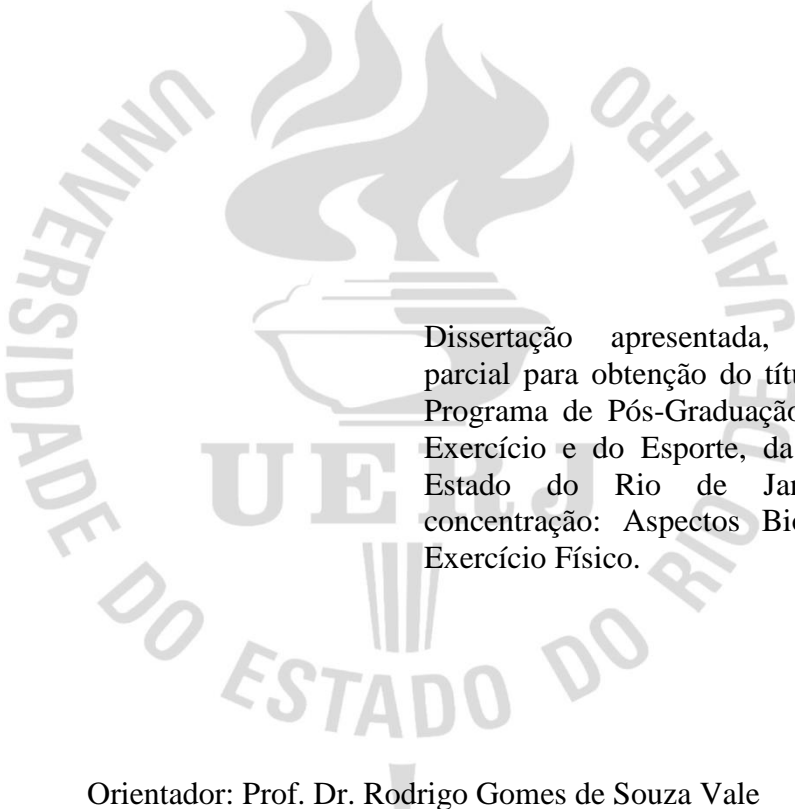
**Efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade, longo e de *sprint*,
sobre os marcadores fisiológicos e patológicos da síndrome metabólica e
saúde hepática em adultos**

Rio de Janeiro

2023

Luciano Lima dos Santos

Efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade, longo e de *sprint*, sobre os marcadores fisiológicos e patológicos da síndrome metabólica e saúde hepática em adultos



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, 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. Rodrigo Gomes de Souza Vale

Rio de Janeiro

2023

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

S237 Santos, Luciano Lima dos.

Efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade, longo e de sprint, sobre os marcadores fisiológicos e patológicos da síndrome metabólica e saúde hepática em adultos / Luciano Lima dos Santos. – 2023.

75 f : il.

Orientador: Rodrigo Gomes de Souza Vale.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Exercícios físicos – Aspectos fisiológicos - Teses. 2. Síndrome metabólica – Teses. 3. Militares – Aspectos da saúde – Teses. 4. Treinamento intervalado de alta intensidade - Teses. 5. Fígado – Doenças – Teses. I. Vale, Rodrigo Gomes de Souza. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU 612.766.1:616.36

Bibliotecária: Eliane de Almeida Prata CRB7 4578/94

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

Assinatura

Data

Luciano Lima dos Santos

Efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade, longo e de *sprint*, sobre os marcadores fisiológicos e patológicos da síndrome metabólica e saúde hepática em adultos.

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, 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 7 de julho de 2023.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale (Orientador)
Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

Prof. Dr. Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes
Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

Prof. Dr. Marcos de Sá Rego Fortes
Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército

Rio de Janeiro

2023

DEDICATÓRIA

Dedico ao meu orientador Rodrigo Vale, a minha esposa Cristina, ao meu filho Lucas, ao amigo e incentivador Samir e ao grupo Labees - UERJ, em especial aos amigos Diego Gama Linhares, Juliana Brandão Pinto de Castro, Andressa Oliveira Barros dos Santos e Lilliany de Souza Cordeiro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força que me deu em todos os momentos.

Ao meu orientador Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale pela motivação, pela excelência das aulas, pelo dom de ensinar e pela amizade.

Aos professores do programa que pude cursar disciplinas que tanto agregaram conhecimento.

Aos membros da banca, Professor Rodolfo Alkmim que se dispôs a aprimorar minha visão sobre como fazer o teste de esforço cardíaco e ao Professor Marcos Fortes que desde o início dos meus trabalhos me mostrou o caminho das lacunas a serem estudadas nos assuntos relacionados à Síndrome Metabólica e da saúde hepática.

Ao corpo docente da Escola de Educação Física do Exército pela motivação à pesquisa, principalmente a Professora Miriam, minha madrinha na pesquisa científica e ao amigo Tenente-Coronel Romão.

Aos pesquisadores militares do IPCFEx, Tenente-Coronel Samir, Maj Méd Aline, Ten Laisse, Ten Paula Fernandes, Subtenente Márcio, Sargento Andreza, meus parceiros na coleta.

Aos Diretores do Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx), Coronel Soeiro e Coronel Rafael Pinheiro, por autorizarem o uso dos laboratórios do IPCFEx.

Aos Chefes do Centro de Capacitação Física do Exército (CCFEx), meus comandantes diretos General Allão “Eu vejo anjos ao meu redor”, General Lima Gil e General Cureau que me autorizaram a realizar o curso *Stricto Sensu* para agregar conhecimento institucional para o Exército.

Aos amigos do grupo Labees- UERJ, em especial o Diego Gama Linhares, a Juliana Brandão Pinto de Castro, a Andressa Oliveira Barros dos Santos e a Lilliany de Souza Cordeiro, que foram fundamentais no meu processo de formação.

Ao meu amigo Tenente-Coronel Samir Ezequiel da Rosa que com seu Dom e expertise, conhecendo profundamente a mim e a minha família, me inspirou, me motivou e acreditou em mim.

A minha esposa Ana Cristina Alves Corrêa dos Santos e ao meu filho Lucas Alves Corrêa dos Santos pela compreensão, carinho, abraços antes de dormirem e pelo amor incondicional.

À Universidade do Estado do Rio de Janeiro, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte.

RESUMO

SANTOS, Luciano Lima dos. *Efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade, longo e de sprint, sobre os marcadores fisiológicos e patológicos da síndrome metabólica e saúde hepática em adultos*. 2023. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Exercício e do Esporte) - Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Contextualização: A doença hepática gordurosa metabólica associada, reconhecida como componente da Síndrome Metabólica (SM), agrega fatores de risco com efeito multiplicador para doenças cardiovasculares (DCV), diabetes mellitus tipo 2 (DM2). Ela se caracteriza por critérios de obesidade central, dislipidemia, hiperglicemia e hipertensão, revelando-se um dos maiores desafios para a saúde pública mundial. Dentre os métodos de treinamento mais utilizados, o *High-Intensity Long Interval Training* (HILIT) e o *Sprint Interval Training* (SIT), apresentam-se como métodos de treinamento físico populares e aderentes que economizam tempo de execução. Objetivos: Este documento refere-se a pesquisa por meio da aplicação de ações metodológicas distintas. A primeira ação foi a realização de uma revisão sistemática com metanálise de acordo com a metodologia PRISMA para analisar os efeitos do exercício físico sobre biomarcadores inflamatórios hepáticos em indivíduos adultos: uma revisão sistemática e metanálise. A segunda ação visou investigar os efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade, longo e de sprint, sobre os marcadores fisiológicos e patológicos da síndrome metabólica e da saúde hepática em adultos submetidos a 12 semanas de treinamento. Métodos: Trata-se de uma pesquisa experimental com desenho para dois grupos que foram avaliados pré e pós-períodos de intervenção. A amostra foi composta por militares músicos do Exército Brasileiro do sexo masculino não sedentários, moradores da cidade do Rio de Janeiro e de Resende-RJ, pertencentes a faixa de idade entre 30 e 55 anos. Foram realizadas avaliações de composição corporal, avaliações antropométricas, avaliação da capacidade aeróbia, medidas da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), coletas sanguíneas para análise dos marcadores fisiológicos da SM: lipoproteína de alta densidade (HDL-C), triglicérides (TRIG), e glicose (GLIC) e de dano hepático: Albumina (ALB), Bilirrubina (BIL), Aspartato Aminotransaminase (AST), Alanina Aminotransaminase (ALT), Gama Glutamil Transferase (GGT). Em seguida os participantes realizaram 12 semanas de intervenção com frequência de 2 a 3 vezes por semana com a equalização do treinamento através do cálculo do *Training Impulse* (TRIMP) e após a intervenção foi feita uma nova coleta de dados de todas as variáveis do estudo. Resultados: O HILIT melhorou ($p < 0,05$) a saúde hepática, a composição corporal e a capacidade aeróbica nos parâmetros da massa gorda, massa magra, índice de massa corporal (IMC), tecido adiposo visceral (TAV), GLIC, ALB, BIL Direta, distância percorrida e consumo de oxigênio (VO₂), promovendo um importante resultado de recomposição corporal refletindo em aplicabilidade para mudança de estilo de vida para a sociedade. O SIT melhorou ($p < 0,05$) os parâmetros do TAV, GLIC, ALB, BIL Direta, GGT, distância percorrida e a PAD. Conclusão: A intervenção com utilização do HILIT e SIT, proporcionaram respostas positivas sobre a composição corporal, sobre os marcadores fisiológicos e patológicos da SM e da saúde hepática em adultos, tendo o HILIT observado ser mais eficiente do que o SIT.

Palavras-chave: Síndrome metabólica. Disfunção metabólica da doença gordurosa não alcoólica. Treinamento intervalado de alta intensidade e militar.

ABSTRACT

SANTOS, Luciano Lima dos. *Effects of high-intensity interval training, long and sprint, on physiological and pathological markers of metabolic syndrome and liver health in adults*. 2023. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Exercício e do Esporte) - Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Background: The metabolic associated fatty liver disease (MAFLD) recognized as a component of the Metabolic Syndrome (MS) aggregate together risk factors with a multiplier effect for cardiovascular diseases (CVD), type 2 diabetes mellitus (T2DM) and It is characterized by criteria of central obesity, dyslipidemia, hyperglycemia, and hypertension, proving to be one of the greatest challenges for global public health. Among the most used training methods, safely planned to gain physical conditioning and improve body composition, High-Intensity Interval Training (HIIT) presents itself as a popular and adherent physical training method that save time. **Objectives:** This document refers to research through the application of different methodological actions. The first action refers to conducting a systematic review with meta-analysis according to the PRISMA methodology to analyze the effects of physical exercise on hepatic inflammatory biomarkers in adults: a systematic review and meta-analysis. The second action will investigate the effects of High-Intensity Long Interval Training (HILIT) and Sprint Interval Training (SIT) on physiological and pathological markers of metabolic syndrome and liver health in adults undergoing 12 weeks of training. **Methods:** This is an experimental study designed for two groups that will be evaluated pre and post-intervention periods. The sample will be composed of non-sedentary male military musicians from the Brazilian Army, residents in the Rio de Janeiro city, and Resende city, belonging to the age group between 30 and 55 years. Body composition assessments, anthropometric assessments, aerobic capacity assessment, systolic (SBP) and diastolic (DBP) blood pressure measurements, blood samples for analysis of physiological markers of MS: high-density lipoprotein (HDL-C), triglycerides (TRIG), and glucose (GLIC) and liver damage: Albumin (ALB), Bilirubin (BIL), Aspartate Aminotransferase (AST), Alanine Aminotransferase (ALT), Gamma Glutamyl Transferase (GGT). Then the participants performed 12 weeks of intervention with a frequency of 2 to 3 times a week with the training equalization through the calculation of the Training Impulse (TRIMP) and after the intervention a new data were collected of all the study variables. **Results:** The HILIT improved ($p < 0.05$) liver health, body composition, and aerobic capacity in the parameters of fat mass, lean mass, body mass index (BMI), visceral adipose tissue (VAT), GLIC, ALB, Direct BIL, distance run, and VO₂, also promoting an important result of body recomposition reflecting on applicability for changing lifestyle for society. The SIT improved ($p < 0.05$) the parameters of VAT, GLIC, ALB, Direct BIL, GGT, distance run, and DBP. **Conclusions:** The HILIT and SIT interventions provided positive responses on body composition, on the physiological and pathological markers of the MS and liver health in adults, with the HILIT observed to be more efficient than the SIT.

Keywords: Metabolic syndrome. Nonalcoholic fatty disease metabolic dysfunction. High-intensity interval training, and military.

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	8
1	ARTIGO 1: EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO SOBRE BIOMARCADORES INFLAMATÓRIOS HEPÁTICOS EM INDIVÍDUOS ADULTOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA E METANÁLISE	16
2	ARTIGO 2: ANÁLISE OS EFEITOS DO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE, LONGO E DE <i>SPRINT</i>, SOBRE OS MARCADORES FISIOLÓGICOS E PATOLÓGICOS DA SÍNDROME METABÓLICA E SAÚDE HEPÁTICA EM ADULTOS: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO	30
	CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO	66
	REFERÊNCIAS	68
	ANEXO A – Parecer CEP	74
	ANEXO B – Registro do ensaio clínico no registro brasileiro de ensaios clínicos (REBEC)	75

INTRODUÇÃO

A síndrome metabólica (SM), caracterizada por obesidade central, dislipidemia, hiperglicemia e hipertensão, é um dos maiores desafios para a saúde pública mundial, em que considera importantes fatores de risco para as doenças cardiovasculares (DCV) e diabetes tipo 2 (DM2) (ALBERTI *et al.*, 2009; BLÜHER, 2019). Esta doença é diagnosticada na presença de três das cinco medidas metabólicas anormais: circunferência da cintura (CC) aumentada, triglicerídeos (TRIG) elevados, níveis baixos de lipoproteína de alta densidade (HDL-C), pressão arterial elevada e glicemia (GLIC) de jejum elevada (CARYN CARSON; LAWSON, 2018).

O estudo de Engin *et al.* (2017) revelou que a prevalência da SM mundial é de 31% com base no National Cholesterol Education Program - Adult Treatment Panel III (NCEP-ATP III) (ENGIN, 2017).

Em um importante estudo recente, Oliveira *et al.* (2020) mostraram que a prevalência no Brasil da SM é de 38,4%, destacando que a CC aumentada (65,5%) e HDL baixo (49,4%) foram os componentes mais prevalentes, inclusive em indivíduos jovens (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Ainda no Brasil, um estudo de base populacional, realizado entre 2009 e 2014 com 818 adultos maiores de 20 anos na cidade de Florianópolis, mostrou que a prevalência de SM foi de 30,9% (DOS SANTOS *et al.*, 2020).

Especificamente, para os militares brasileiros, segundo Fortes *et al.* (2019), que avaliaram transversalmente 2.719 homens do Exército Brasileiro (EB) entre os anos de 2014 e 2016, com média de idade de 27,7 anos (\pm 8.59), a SM teve uma prevalência de 12,21%. Neste mesmo estudo, os pesquisadores apontaram que a CC acima \geq 90 cm e o HDL $<$ 40 mg/dL, foram os parâmetros mais preditores de alterações em marcadores da SM, sendo encontrados em 65,5% e 49,4% dos diagnosticados com a doença, respectivamente. O estudo também revelou que a CC e o IMC aumentam as chances dos indivíduos serem afetados pela SM em 34 vezes e 15 vezes, respectivamente (FORTES *et al.*, 2019).

Os dados de pesquisa envolvendo militares do Exército Americano mostram, assustadoramente, que a SM está presente em quase o dobro do percentual dos militares brasileiros, cerca de 21% dos militares americanos (BAYGI *et al.*, 2020).

A recente mudança da nomenclatura para doença hepática gordurosa metabólica associada (DHGMA), nomeação mais clara para aumentar a conscientização e compreensão da importância do fígado (FOUAD *et al.*, 2020; LIN *et al.*, 2020), também é reconhecida

como doença hepática componente da SM. Ela tem seu diagnóstico baseado na detecção de fígado gorduroso por histologia (biópsia), imagem ou biomarcador sanguíneo, além de no mínimo mais um dos três critérios: sobrepeso ou obesidade, de presença de diabetes mellitus II (DM2) ou de evidência de desregulação metabólica (CHALASANI *et al.*, 2012, 2018; ESLAM *et al.*, 2020; LIU *et al.*, 2021; 2022).

O estudo de Sherry *et al.* (2023) mostraram que as pessoas que praticam regularmente maiores quantidades de atividade física têm um nível reduzido de esteatose hepática. Esta relação benéfica é mais evidente para as atividades físicas de intensidade vigorosa e é mais visível para os indivíduos com níveis mais elevados de gordura hepática e gordura corporal.

No estudo de Tofano *et al.* (2020), evidenciou-se que tanto a síndrome da sobrecarga hepática de ferro (hiperferritinemia) quanto a SM, são frequentemente associadas com outras patologias globalmente relevantes com significativa morbidade e mortalidade. Este estudo transversal, que incluiu 269 pacientes mostrou que a presença da SM e da hipertrigliceridemia aumentam entre 2,1 e 1,88 vezes a probabilidade de ter hiperferritinemia em mulheres e em cerca de 6,2 vezes em homens.

Mais estudos são necessários para mostrar as relações entre essas patologias. A hiperferritinemia pode estar relacionada a danos no miocárdio, fígado e vários outros tecidos (TOFANO *et al.*, 2020).

Números elevados indicam que há prevalência combinada da DHGMA com a DM2 e com a SM em percentuais de 19,7% e 57,5%, respectivamente e que houve um aumento da Doença hepática Gordurosa Não Alcoólica (DHGNA) de 15% em 2005 para 25% em 2010 (LIU *et al.*, 2022; YOUNOSSI *et al.*, 2016). A diferença de prevalência da DGHNA entre os sexos masculino e feminino é de cerca de 31% e 16%, respectivamente entre homens e mulheres (CHEN *et al.*, 2008).

O processo de melhoria da saúde do fígado pode ser modificado por intervenções exógenas (por exemplo, alterações no estilo de vida), estados de doença sobrepostos (por exemplo, diabetes mellitus tipo 2), predisposição hereditária, podendo regredir “espontaneamente”. Isso foi demonstrado no grupo placebo de participantes em ensaios de tratamento e por estudos observacionais de biópsia dupla em ambientes de cuidados secundários/terciários (LIN *et al.*, 2020).

No contexto do controle da avaliação da DHGMA e da obesidade, a composição corporal tem grande importância, especificamente na quantificação do tecido adiposo visceral (TAV), que deve ser monitorado por possuir característica patogênica e endócrina e forte ação na SM (ROSA *et al.*, 2018).

O tecido adiposo atua de forma autócrina, parácrina e endócrina, com papel ativo na homeostase energética por meio da liberação de um grande número de citocinas e mediadores bioativos, que pode ser mensurado pela absorciometria de raio-X de dupla energia (DXA), padrão ouro para mensuração da composição corporal (GUPTA *et al.*, 2019; ROSA *et al.*, 2018).

Um estudo meta-analisado que apresentou resultados de prevalência da DHGNA em população de indivíduos magros e não obesos de 10,2% e 15,7%, respectivamente, corrobora a necessidade do monitoramento da saúde do fígado na prevenção da DHGNA, da obesidade mundial e da DM2 (SHI *et al.*, 2020).

Pesquisas apontam a biopsia como o padrão ouro para definição de DHGMA, método invasivo e de difícil acessibilidade aos pacientes, por outro lado existem estudos com forte correlação do monitoramento da saúde hepática através das imagens da elastografia, exame mais moderno, de ultrassom, da Ressonância Magnética (RM) e com a utilização de marcadores bioquímicos (NEWSOME *et al.*, 2020). Especificamente sobre os marcadores bioquímicos, são de fácil realização e tem custo mais barato, tornando-os uma ferramenta rápida e interessante no controle da saúde (EGUCHI *et al.*, 2020). De forma mais comum, eles são utilizados no processo de triagem e identificação da DHGMA por coleta sanguínea as variáveis bioquímicas: Fosfatase Alcalina (ALP) Bilirrubina (BIL) direta, indireta e total, Aspartato Aminotransferase (AST), Alanina Aminotransferase (ALT) e Gama-Glutamil Transferase (GGT) (MORADI *et al.*, 2020).

Provenientes do exercício físico, as Exercinas ganharam protagonismo fundamental na saúde humana, caracterizando-se por serem substâncias liberadas em resposta ao exercício agudo ou crônico, sendo hormônios, metabólitos, proteínas ou ácidos nucleicos com potencial para o tratamento de doenças cardiovasculares, DM2 e obesidade, e possivelmente na facilitação do envelhecimento mais saudável. Estudos recentes abordam as alterações do exercício sobre as miocinas, hepatocinas, adipocinas, baptoquinas (tec adiposo marrom) e neuroquinas, com seus benefícios e correspondentes alterações (CHOW *et al.*, 2022; SEVERINSEN; PEDERSEN, 2021).

A combinação do controle do estilo de vida com a farmacoterapia é cada vez mais reconhecido como uma opção de tratamento eficaz e segura para muitas pessoas com obesidade. Heymsfield *et al.* (2021) mostraram ações em receptores intestinais, como uma outra opção bastante promissora na classe dos anticorpos que se ligam ao receptor da activina, inibindo a ação das proteínas que degradam o músculo com a Miostatina. Os estudos de fase 3 tem mostrado segurança e eficácia, visando a qualidade e a quantidade do peso perdido, com

ganho de massa magra, e com redução de cerca de 20% da massa de gordura corporal total melhorando a sensibilidade à insulina.

Estudos recentes sobre o remodelamento fibro adipocitário através das FATs, que são células progenitoras fibro adipocitárias que fazem a substituição do tecido muscular por tecido fibroso gorduroso (PARKER; HAMRICK, 2021). São inúmeros os medicamentos a base de liraglutida e da semaglutida, como agonistas, e ainda a Tirzepatida, como biagonista GL-1 e GIP e ainda a retatrudida com resultados impressionantes. A evolução dos medicamentos com efeito semelhante à cirurgia parecia utópico no passado, mas vai se tornando uma realidade (NAUCK *et al.*, 2021).

Knerr *et al.* (2022) apontaram que as estratégias farmacológicas que envolvem múltiplos mecanismos de ação desenham, em modelos experimentais com animais, benefícios sinérgicos para a doença metabólica. Como a ativação simultânea dos receptores do peptídeo-1 semelhante ao glucagon (GLP-1), do peptídeo insulínico dependente da glicose (GIP) e do glucagon (Gcg), ou seja, um triagonismo, que combina as atividades anorexígenas e insulínicas do GLP-1 e do GIP com o efeito de gasto energético do glucagon. Embora a eficácia do triagonismo em modelos pré-clínicos seja conhecida, a contribuição relativa da ativação dos receptores GcgR continua em evolução (KNERR *et al.*, 2022).

O músculo esquelético ganha destaque por compreender cerca de um terço da massa corporal e tem um papel importante no exercício, os efeitos da atividade física foram inicialmente atribuídos a fatores transmitidos pelo sangue, particularmente hormônios secretos musculares (micocinas). Das mioquinas, a interleucina 6 (IL-6) tem sido a mais estudada desde a sua descoberta em 2000 (CHOW *et al.*, 2022; SEVERINSEN; PEDERSEN, 2021). Katashima *et al.* (2022) mostraram a relação entre IL-6 e receptores hipotalâmicos, onde a IL-6 é produzida localmente no músculo esquelético em resposta ao exercício, e a IL-6 é conhecida por induzir a produção hepática de glicose e induzir a lipólise. Esses fatos indicam que a IL-6 pode representar um elo importante entre a contração dos músculos esqueléticos e as alterações metabólicas relacionadas ao exercício. Ainda, IL6 induz a expressão gênica relacionada à neurogênese no hipotálamo. A via IL6/ERK1/2 hipotalâmica requer a via alfa 2-adrenérgica para modificar o metabolismo do músculo esquelético de ácidos graxos.

Nos anos 2000, estudos comprovaram que a contração muscular liberava a IL-6, e muitas outras moléculas de sinalização associadas ao exercício. Definidas como frações de sinalização liberadas em resposta ao exercício agudo e/ou crônico, as Exercinas exercem seus efeitos pelas vias endócrina, parácrina e/ou autócrina. Vários são os órgãos, células e tecidos

que liberam essas substâncias, incluindo o músculo esquelético (miocinas), o coração (cardiocinas), fígado (hepatocinas), tecido adiposo branco (adipocinas), tecido adiposo marrom (baptocinas) e neurônios (neurocininas). As exercinas têm função na melhoria cardiovascular, metabólica, saúde imunológica e neurológica (CHOW *et al.*, 2022; SEVERINSEN; PEDERSEN, 2021).

As hepatocinas são um novo grupo de substâncias relacionando o exercício físico ao fígado. Proteínas como o fator de crescimento de fibroblastos 21, a folistatina, proteína semelhante à angiopoietina, proteína de choque térmico, e IGF-1 são liberadas do fígado e aumentadas na corrente sanguínea durante o exercício ou na recuperação após uma sessão de exercício. É fundamental a avaliação desse novo marcador do exercício com foco sobre a regulação e função potencial no metabolismo do exercício e adaptações. Essas hepatocinas podem transmitir alguns efeitos benéficos do exercício em todo o corpo que podem melhorar doenças metabólicas, como obesidade ou DM2 (DE OLIVEIRA DOS SANTOS *et al.*, 2021).

Um outro aspecto que norteia a ciência é a sensibilidade dos tecidos ao exercício de acordo com a hora do dia e o alinhamento do ciclo circadiano (VAN DER VELDE *et al.*, 2023). O gasto energético durante a atividade física depende do tipo de exercício, bem como de sua intensidade e duração. Teoricamente, o conteúdo energético de 1 kg de gordura permite que uma pessoa de 70 kg corra aproximadamente 125 km (LITLESKARE *et al.*, 2020). O momento ideal da prática do exercício para obtenção de um resultado metabólico desejado, ainda é uma lacuna não definida. O estudo de Van Der Velde *et al.* (2023) aponta que a execução de atividade moderada a vigorosa à tarde ou à noite foi associada a uma redução de até 25% na resistência à insulina (VAN DER VELDE *et al.*, 2023). E riscos cardiovasculares e metabólicos, e descobertas recentes sugerem que os benefícios cardiovasculares na pressão arterial e no controle autonômico são maiores com o exercício noturno do que com o exercício matinal (BRITO *et al.*, 2022). Um outro achado direciona que a atividade física matinal está associada a menores riscos de incidência de doenças cardiovasculares (ALBALAK *et al.*, 2023).

A Epigenética relacionada a SM e seus malefícios correlacionados possuem muitas questões que ainda estão abertas e se tornam questões a serem respondidas (CARYN CARSON; LAWSON, 2018). Permanecem obscuros apontamentos que envolvem o entendimento da relação epigenótipo fenótipo e também das razões pelas quais alguns indivíduos respondem à modificações no estilo de vida, enquanto outros requerem intervenções terapêuticas para controlar complicações metabólicas chamados de respondedores e não respondedores (CARYN CARSON; LAWSON, 2018).

Uma abordagem interessante é sobre a herança genética e exercício. Uma pesquisa da família, saúde, fatores de risco, treinamento físico e genética (HERITAGE) envolveu 20 semanas de treinamento físico aeróbico supervisionado em 481 adultos sedentários, saudáveis e brancos de 98 famílias de duas gerações, apontou que a estimativa máxima de hereditariedade para a resposta da capacidade aeróbia foi de cerca de 47% (BOUCHARD *et al.*, 1999; CHOW *et al.*, 2022). Além disso, o treinamento físico crônico provocou uma "não resposta" em termos de melhoria da capacidade aeróbica em aproximadamente 20% dos indivíduos. Outro dado interessante foi que de 7 a 15% dos indivíduos demonstraram uma "resposta adversa" em relação a alterações na pressão arterial sistólica, bem como nos níveis de jejum de HDL-C, TRIG e insulina (BOUCHARD *et al.*, 1999; CHOW *et al.*, 2022).

A mudança de estilo de vida pode ocorrer em função do exercício físico, que é considerada uma ferramenta de combate a SM e DHGNA. Assim, a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda para perda de peso significativa da população adulta no mínimo 250 minutos semanalmente de atividade física moderada ou 75 a 150 minutos de atividade física intensa (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2010). Dessa forma, a abolição do sedentarismo (LIANG *et al.*, 2022) e a prática regular de atividade física são considerados como um remédio importante para a prevenção e tratamento da SM e saúde hepática pode alterar a composição corporal (SEVERINSEN; PEDERSEN, 2021).

O tecido adiposo pode ser classificado em dois tipos: o tecido adiposo subcutâneo (TAS) e o tecido adiposo visceral (TAV) (AZZU *et al.*, 2020). Contudo é TAVo principal preditor de eventos problemas metabólicos, cardíacos e cardiovasculares, incluindo a SM (CHANG; YANG; SHUN, 2021; CYPESS, 2022; GROUSSARD *et al.*, 2019; HASKELL *et al.*, 2007).

Para o militar das Forças Armadas é relevante, além dos aspectos da saúde geral, melhorar a capacidade de consumo máximo de oxigênio (VO₂max) e a qualidade física da velocidade de deslocamento, pois isso são fatores fundamentais no campo de batalha buscando a vitória ou a sobrevivência. Em geral, nas operações de combate os militares são expostos à períodos de atividade de moderada à alta intensidade, como por exemplo, movimentos rápidos em direção a um inimigo, sair de área sob tiro inimigo e se proteger de explosões, correr pelo campo de batalha e atravessar obstáculos em terrenos rurais e urbanos e movimentos de longos períodos de atividade de baixa intensidade (DICKS; PETTITT, 2021).

Com o foco na capacidade de correr com alta velocidade as distâncias curtas, o método *Sprint Interval Training* (SIT), que tem a maioria dos protocolos de estudos preliminares utilizado a bicicleta estacionária, poderá contribuir cientificamente, com novo

arcabouço de conhecimento doutrinário para uso no EB (ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO, 2021), a ser desenvolvido na modalidade corrida, e aplicado ao ar livre (LEE *et al.*, 2017).

Nesse sentido, como treinamento para a redução dos níveis de obesidade e controle da GLIC, o *High-Intensity Interval Training* (HIIT) apresenta-se como uma técnica de treinamento importante (ZHANG *et al.*, 2017), agradável e com excelente adesão (VELLA; TAYLOR; DRUMMER, 2017), sendo considerado o mais popular na atualidade, antes do período pandêmico COVID 19, posicionando-se entre as 20 principais tendências mundiais de condicionamento físico (THOMPSON, 2019).

Ele caracteriza-se por exercícios curtos e intermitentes de atividade vigorosa intercalados com períodos de recuperação passiva ou ativa com exercícios de baixa intensidade (CRESS; PORCARI; FOSTER, 2015; RAMOS-FILHO *et al.*, 2015). O HIIT pode contribuir na redução do TAV através de uma maior ativação do sistema nervoso simpático (por liberação de noradrenalina) durante sua execução, ressaltando-se que no tecido adiposo visceral o conteúdo de receptores β -adrenérgicos pode ser maior do que no subcutâneo (MAILLARD; PEREIRA; BOISSEAU, 2018a).

Uma meta-análise recente relatou que o HIIT pode produzir maior benefício na melhoria da saúde hepática em comparação com o treinamento físico de intensidade baixa a moderada (KATSAGONI *et al.*, 2017).

O presente estudo visa experimentar dois métodos de treinamento de alta intensidade, o HILIT e o SIT. O primeiro considerando esforços mais longos (> 60 s) são considerados de longa duração com potência ou velocidade entre o segundo limiar ventilatório e o VO₂Máx. O segundo considerando esforços curta duração (< 60 s), com uma potência ou velocidade acima das associadas ao VO₂Máx (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a, 2013b; ROSENBLAT; PERROTTA; THOMAS, 2020).

Entre os métodos disponibilizados pela ciência, o HILIT, único método de treinamento HIIT utilizado pelos militares do Exército Brasileiro, utiliza intensidade entre 80 e 90 % da Frequência Cardíaca Máxima (FCMáx) com estímulos de 200m ou 400m, prescrito a partir do teste de 12 minutos de Cooper, sendo de 60 a 90 segundos o tempo de intervalo recuperativo ativo entre os estímulos (COOPER, 1968; COMANDO DE OPERAÇÕES TERRESTRES, 2021; LAURSEN; BUCHHEIT, 2019).

O SIT, nova estratégia para a utilização no âmbito do Exército, executado com estímulos de intensidade a 160% a 180% da velocidade do VO₂máx (vVO₂Máx), com duração dos estímulos de sprint de 10 a 30 segundos e intervalos de 1 a 4 minutos de recuperação passiva exigindo respostas glicolíticas e neuromusculares predominantemente

anaeróbicas (LAURSEN; BUCHHEIT, 2019). Vários estudos mostraram que o SIT aumenta a expressão de enzimas oxidativas no músculo esquelético. Segundo De Matos *et al.* (2018) o HIIT promoveram a melhora da sensibilidade à insulina, modificou componentes da via de sinalização da insulina e do metabolismo oxidativo no músculo esquelético (DE MATOS *et al.*, 2018).

O SIT é uma forma de exercício de baixo volume e alta intensidade proposto como treinamento potente com eficiência de tempo que induz adaptações fisiológicas semelhantes a exercícios aeróbicos mais prolongados e de intensidade moderada (LAURSEN; BUCHHEIT, 2019).

Dessa forma, torna-se importante aprofundar a investigação científica sobre os fatores determinantes da SM, sobre os biomarcadores inflamatórios hepáticos e sobre a composição corporal, analisando suas mudanças pela intervenção dos HIIT propostos para adultos.

Na impossibilidade de intervenção através de dieta para os participantes do estudo e pelo fato do estudo poder ser influenciado pela variabilidade da alimentação, optou-se por desenvolver palestras de orientação nutricional para todos os participantes do estudo destacando a importância de uma alimentação saudável e verificar os hábitos alimentares mais comuns do grupo através de anamnese e recordatório alimentar. Foi estabelecida uma sugestão de distribuição dos macronutrientes para as refeições ambos os grupos de 25% de proteínas, 25% de carboidratos e 50% de vegetais crus e cozidos. A quantidade suggestionada de refeições realizadas pelos grupos foi de três refeições diárias, a cada cinco horas, distribuídas em café da manhã, almoço e jantar (PROBST; ZAMMIT, 2016).

Sendo assim, esta dissertação está organizada em dois estudos intitulados na forma que segue: 1 – Análise dos efeitos do exercício físico sobre biomarcadores inflamatórios hepáticos em indivíduos adultos: uma revisão sistemática e metanálise, a qual foi realizada de acordo com a metodologia PRISMA. 2 - Análise dos efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade, longo e de sprint, sobre os marcadores fisiológicos e patológicos da síndrome metabólica e da saúde hepática em adultos submetidos a 12 semanas de treinamento: um ensaio clínico randomizado, com o objetivo de analisar os efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade, longo e de sprint, sobre os marcadores fisiológicos e patológicos da síndrome metabólica e de saúde hepática em adultos.

**1 ARTIGO 1: EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO SOBRE BIOMARCADORES
INFLAMATÓRIOS HEPÁTICOS EM INDIVÍDUOS ADULTOS: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA E METANÁLISE**

Effects of Physical Exercise on Hepatic Biomarkers in Adult Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis

Efectos del ejercicio físico sobre los biomarcadores hepáticos en adultos: revisión sistemática y metanálisis

*Luciano Lima dos Santos, *Juliana Brandão Pinto de Castro, *Diego Gama Linhares, *Andressa Oliveira Barros dos Santos, †Lillian de Souza Cordeiro, **Claudio Joaquim Borba-Pinheiro, Rodrigo Gomes de Souza Vale

*Rio de Janeiro State University (Brasil), **Pará State University (Brasil)

Abstract. Objective: This study aimed to analyze the effects of physical exercise on hepatic biomarkers in adult individuals. Methods: We conducted a systematic review and meta-analysis following the PRISMA recommendations and registered in PROSPERO (CRD42022337749). MEDLINE (via PubMed), Scopus, SPORTDiscus, and Web of Science were searched, using the terms of the Medical Subject Headings (MeSH) "exercise", "liver diseases", and "biomarkers". Results: Fourteen studies achieved eligibility with a total of 485 participants. Interventions ranged from 4 to 12 weeks, lasting 24 to 90 minutes per session, with 3 to 5 sessions per week. Interventions with aerobic and resistance exercises, with or without a vibration device and diet implementation, demonstrated a reduction in different hepatic biomarkers, such as aspartate transferase (AST), alanine transferase (ALT), gamma-glutamyl transferase (GGT), alkaline phosphatase (ALP), albumin (ALB), ferritin (Fe), and indirect bilirubin (Bil). The main results of the meta-analysis showed no significant difference in ALB, GGT, AST, and ALP. However, there was a significant difference in ALT (SMD: -0.41; 95% CI: -0.71 to -0.11; $p = 0.008$; $I^2 = 0\%$). Conclusion: Physical exercise (e.g., resistance training, aerobic training, high-intensity interval training) favored the reduction of AST, ALT, GGT, ALP, ALB, Fe, and Bil. This study pointed out that the regular practice of physical exercise can be an efficient and recommended strategy to minimize the deleterious effects of liver diseases.

Keywords: exercise; liver disease; non-alcoholic fatty liver disease; biomarkers; resistance training; high-intensity interval training.

Resumen. Objetivo: Este estudio tuvo como objetivo analizar los efectos del ejercicio físico sobre biomarcadores hepáticos en individuos adultos. Métodos: Realizamos una revisión sistemática y metanálisis siguiendo las recomendaciones PRISMA y registrados en PROSPERO (CRD42022337749). Se realizaron búsquedas en MEDLINE (a través de PubMed), Scopus, SPORTDiscus y Web of Science, utilizando los términos de Medical Subject Headings (MeSH) "ejercicio", "enfermedades hepáticas" y "biomarcadores". Resultados: Catorce estudios lograron la elegibilidad con un total de 485 participantes. Las intervenciones variaron de cuatro a 12 semanas, con una duración de 24 a 90 minutos por sesión, con tres a cinco sesiones por semana. Las intervenciones con ejercicios aeróbicos y de resistencia, con o sin dispositivo de vibración e implementación de dieta, demostraron una reducción en diferentes biomarcadores hepáticos, como aspartato transferasa (AST), alanina transferasa (ALT), gamma-glutamyl transferasa (GGT), fosfatasa alcalina (ALP), albúmina (ALB), ferritina (Fe) y bilirrubina indirecta (Bil). Los principales resultados del metanálisis no mostraron diferencias significativas en ALB, GGT, AST y ALP. Sin embargo, hubo una diferencia significativa en ALT (SMD: -0,41; IC del 95 %: -0,71 a -0,11; $p = 0,008$; $I^2 = 0\%$). Conclusión: El ejercicio físico (por ejemplo, entrenamiento de resistencia, entrenamiento aeróbico, entrenamiento interválico de alta intensidad) favoreció la reducción de AST, ALT, GGT, ALP, ALB, Fe y Bil. Este estudio apuntó que la práctica regular de ejercicio físico puede ser una estrategia eficaz y recomendable para minimizar los efectos deletéreos de las enfermedades hepáticas.

Palabras clave: ejercicio; enfermedad del hígado; enfermedad del hígado graso no alcohólico; biomarcadores; entrenamiento de resistencia; entrenamiento por intervalos de alta intensidad.

Fecha recepción: 12-03-23. Fecha de aceptación: 29-05-23

PHD Rodrigo Vale

rodrigovale@gmail.com

Introduction

Liver disease, as an initial condition for chronic non-communicable diseases, is prevalent in obese and non-obese individuals and can lead to premature death. Liver disease is characterized by inflammation, fat accumulation, or structural damage in the liver, and it is prevalent in more than 25% of the world's population. In the period between 1975 and 2016, the global prevalence of obesity has nearly tripled (Simón Mora et al., 2020). In South America, liver diseases affect about 30.45% of people. Visceral fat has been considered a better predictor and associated of insulin resistance and type II diabetes mellitus (T2DM), cardiovascular disease (CVD), and the onset of non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD). NAFLD, as a spectrum of liver diseases (including steatosis, fibrosis, and cirrhosis), is associated with fat accumulation in the liver, even in non-obese people

(Chalasan et al., 2018; Hernandez-Rodas et al., 2015; Liu et al., 2021; Shi et al., 2020; Simón Mora et al., 2020; Ye et al., 2020; Younossi et al., 2016).

Liver biomarkers represent a less invasive, simple, reproducible, and reliable way to monitor health, as they are important for the diagnosis of liver health, also acting in the prediction of functional changes in the organ and its subsequent response evaluation to the treatment proposed. Among them, we can highlight aspartate transferase (AST), alanine transferase (ALT), gamma-glutamyl transferase (GGT), alkaline phosphatase (ALP), albumin (ALB), total bilirubin (Bil), indirect Bil and direct Bil (Hernandez-Rodas et al., 2015; Trejo Trejo et al., 2017; Wieckowska et al., 2007).

Lifestyle changes, encompassing diet and regular physical activity will contribute to lowering the risk of health problems in a sedentary lifestyle and increasing the com-

fort of life, these are non-pharmacological therapeutic measures to improve liver health, as they can reduce body weight and improve histopathological characteristics in individuals who have hepatic steatosis (Chalasan et al., 2018; Devi et al., 2023; Kul et al., 2022). In this sense, physical exercise can bring benefits and be an efficient strategy in the prevention and treatment of liver disease. There are recommendations for adopting continuous moderate-intensity training with a minimum of 150 to 300 min or 75 to 150 min of vigorous-intensity exercise per week (Kanaley et al., 2022; Khalafi & Symonds, 2021; Piercy et al., 2018).

Vigorous activity can be combined with high-intensity training, which can be used among sedentary and recreationally active individuals has also been becoming widespread as it provides effective development in an efficient short period of time, in their typologies, suggest improvement in anthropometric variables, body composition, aerobic capacity, abdominal and visceral fat mass, and inflammatory markers, thus reducing cardiometabolic risk. In addition, the implementation of diet and resistance training are also options that collaborate to improve liver health (Kanaley et al., 2022; Khalafi & Symonds, 2021; Kul et al., 2022; Piercy et al., 2018). However, the effects of exercise monitored by liver biomarkers remain controversial.

Exerkines in health have gained scientific protagonism, being substances released in response to acute or chronic exercise, with the potential for the treatment of cardiovascular diseases, type 2 diabetes mellitus, and obesity. Those related to the liver and exercise, hepatokines can improve metabolic diseases such as obesity or type 2 diabetes health (Chow et al., 2022; de Oliveira dos Santos et al., 2021; Severinsen & Pedersen, 2021).

The association of physical exercises and training strategies can promote, when biological individuality is respected, several benefits to the human body, reducing hepatic fat and improving the quality of life (Xiong et al., 2021). In this sense, resistance training, aerobics, or concurrent training, increase the deleterious effects of obesity (Simón Mora et al., 2020).

The increase in information about exercise monitoring through liver biomarkers may influence new approaches that contribute to a better lifestyle, and an improvement in body composition, mainly in the context of reducing visceral fat, improving liver health, and the possibility to add emphasis to a more efficient type of training for these individuals. Thus, the present study aimed to analyse the effects of physical exercise on hepatic biomarkers in adult individuals.

Methods

This study is characterized as a systematic literature review and meta-analysis. The procedures for conducting this research followed the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) criteria (Page et al., 2021). The protocol of this study was regis-

tered in the International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO), with registration ID CRD42022337749.

Search strategy

Two independent and experienced researchers conducted an electronic search without language or time filters, in December 2022 in MEDLINE (via PubMed), Scopus, SPORTDiscus, Web of Science, and ScienceDirect databases. Any disagreements between the two investigators were solved through discussion or arbitration by a third investigator. We used the descriptors "exercise", "liver diseases", and "biomarkers", available in the Health Sciences Descriptors (DeCS) and the Medical Subject Headings (MeSH). These words and their synonyms were combined using the Boolean operators OR (between synonyms) and AND (between terms) to form the search phrase (Appendix A).

Eligibility criteria

We included randomized clinical trials (RCTs) and quasi-experimental studies that analyzed the effects of physical exercise on hepatic biomarkers in adult individuals. Articles that did not use physical exercise as the main intervention, studies with children, those that did not inform the results of the interventions, and studies published in conferences, systematic review articles, and meta-analyses were excluded.

Risk of bias assessment

The risk of bias in the quasi-experimental studies was verified using the Risk Of Bias In Non-randomized Studies - of Interventions (ROBINS-I) tool, which contains seven elements for classification and is performed in the pre-intervention, intervention, and post-intervention stages. This tool is used in non-randomized studies to evaluate interventions in the health area. Each domain must have the risk of bias classified as "high risk of bias", "severe risk of bias", "critical risk of bias", "moderate risk of bias", or "not informed" (Schünemann et al., 2019; Sterne et al., 2016).

The risk of bias of the RCTs was analyzed using the Cochrane Collaboration tool, available at: <<https://training.cochrane.org/handbook/>>. The domains that analyze the risk of bias are: 1) random sequence generation; 2) allocation concealment; 3) blinding of evaluators and participants; 4) blinding of outcome evaluators; 5) incomplete results; 6) reports of selective results; 7) report on other sources of bias. Each domain has the risk of bias classified as "high", "uncertain", or "low". The final score is assigned with the highest score among the domains evaluated in each study (Cumpston et al., 2019; Cumpston et al., 2022).

In both instruments, the assessment was performed by two independent researchers, and differences were analyzed by another researcher for consensus.

Data Extraction

Data from the publications included were independently extracted by two investigators, and any discrepancies were solved in a consensus meeting with a third investigator. The variables extracted were authors, year of publication, country, characteristics of the study population (age, sex, and sample size), participant characteristics, intervention data, including general and specific exercises, intervention duration (weeks), volume and training intensity (duration of training session, weekly frequency, and training load), types of exercises, assessment and outcomes related to liver biomarkers.

Meta-Analysis

We used the Review Manager 5.4.1 program, available at <http://tech.cochrane.org/revman>, accessed on 31 October 2022, to analyze the effects of physical exercise in adults with liver disease and its biomarkers. Meta-analyses were performed when two or more studies could be pooled (DerSimonian & Laird, 1986). As variables were continuous, we used the inverse variance statistical method and the analysis model with the fixed or random effect when appropriate. Most of the data from studies were reported as mean \pm standard deviation (SD). Conversely, some data points were reported as median, standard error (SE), or 95% confidence interval (CI) (DerSimonian & Laird, 1986). The effect measure was the difference between the means with a 95% confidence interval from the studies. The meta-analysis and distribution of the studies were analyzed by the weight of each variable in the meta-analysis.

Evidence-Level Assessment

Two independent researchers used the grading of recommendations assessment, development, and evaluation (GRADE) approach to evaluate the evidence level for each investigated outcome. The quality of evidence can be assessed by four classification levels: high, moderate, low, and very low. RCTs start with high-quality evidence, and observational studies begin with low-quality evidence. Five aspects can decrease the quality of the evidence: methodological limitations, inconsistency, indirect evidence, inaccuracy, and publication bias. Contrariwise, three aspects can increase the quality of the evidence: effect size, dose-response gradient, and confounding (Guyatt et al., 2011).

Approach to the Research Question

The decision to carry out a systematic review with meta-analysis on the effect of exercise on liver biomarkers in adults is justified by the understanding of the scientific state of the art as a future contribution factor for the basis for carrying out a new longitudinal experimental study of high-intensity interval training HIIT intensity, in the typology of long HIIT and sprint, where liver alterations will be verified, mainly changes in visceral fat.

Results

In total, 894 studies were identified in the databases (MEDLINE via PubMed = 360; Scopus = 330; SPORTDiscus = 6; Web of Science = 190; ScienceDirect = 8). After using the selection criteria, 14 studies were included in the systematic review (Abdelbasset et al., 2020; Cassidy et al., 2016; Çevik Saldıran et al., 2020; El-Kader et al., 2014; Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; Moradi et al., 2020; Nayebifar et al., 2020; O’Gorman et al., 2021; Oh et al., 2014; Skrypnik et al., 2016; Winn et al., 2018; Zenith et al., 2014) and seven studies (Abdelbasset et al., 2020; Cassidy et al., 2016; Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; O’Gorman et al., 2021; Zenith et al., 2014) provided data to be included in the meta-analysis (Figure 1).



Figure 1. PRISMA flowchart of the study selection.

Table 1 shows the risk of bias for non-randomized studies. It was observed that the study by Oh et al. (2014) presented a severe risk of confounding in the design and monitoring of the intervention. It also obtained a moderate rating for reported data loss. As for the studies by O’Gorman et al. (2021) and Abd El-Kader et al. (2014), the risk of bias was evaluated as low, favorably meeting the criteria listed by the methodological quality tool.

Table 1. Risk of bias analysis for quasi-experimental studies (ROBINS-I).

Studies	1	2	3	4	5	6	7	Total
O’Gorman et al. (2021)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
El-Kader et al. (2014)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Oh et al. (2014)	Severe	Low	Low	Low	Moderate	Low	Low	Serious

1: Bias due to confounding; 2: Bias in the selection of participants in the study; 3: Bias in the classification of interventions; 4: Bias due to deviations from intended interventions; 5: Bias due to missing data; 6: Bias in the measurement of outcomes; 7: Bias in the selection of the reported result.

Table 2 shows the risk of bias assessment of the RCTs. Winn et al. (2018) and Zenith et al. (2014) presented a high risk of bias. Winn et al. (2018) reported non-blinding of researchers and assessments and non-assessment of blood tests in the control group. On the other hand, Zenith et al. (2014) reported not using a blind evaluator for thigh circumference measurements and thigh ultrasonography at the end of the study, which was also classified as having a high risk of bias. Nayebifar et al. (2020), for not presenting clarity in the information regarding the blinding of the results and their evaluators, and Skrypnik et al. (2016) for not clearly describing the randomization process, not presenting clarity in the information regarding the blinding of the results and their evaluators and not

presenting clarity in the information in the blinding of the evaluators and the results, obtaining an uncertain overall risk assessment. The other RCTs were evaluated with a low risk of bias. With the classification of low risk of bias, the seven studies (Abdelbasset et al., 2020; Cassidy et al., 2016; Çevik Saldıran et al., 2020; Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; Moradi et al., 2020) presented a good methodological structure within the evaluation criteria and according to the Cochrane Collaboration tool. Interventions in the included studies presented the description of the warm-up, stretching, intervention-specific exercises, and relaxation phases to improve aerobic capacity, body composition, and biomarkers.

Tables 2.

Risk of bias analysis for randomized studies (Cochrane Collaboration tool)

Studies	1	2	3	4	5	6	7	Total
Abdelbasset et al. (2020)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Moradi et al. (2020)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Nayebifar et al. (2020)	Uncertain	Low	Uncertain	Low	Low	Low	Low	Uncertain
Saldıran et al. (2020)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Winn et al. (2018)	Low	Low	High	Uncertain	High	Low	Low	High
Houghton et al. (2017)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Houghton et al. (2017)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Cassidy et al. (2016)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Skrypnik et al. (2016)	Uncertain	Low	Uncertain	Uncertain	Low	Low	Low	Uncertain
Hallsworth et al. (2015)	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Zenith et al. (2014)	Low	Low	Low	High	Low	Low	Low	High

1: Generation of the random sequence; 2: Allocation concealment; 3: Blinding of evaluators and participants; 4: Blinding of outcome evaluators; 5: Incomplete outcomes; 6: Reports of selective outcomes; 7: Report on other sources of bias.

Table 3 shows that the included studies were carried out between 2014 and 2021 in Asia, Europe, and North

America. The total sample number was 485 participants. The samples varied between 19 and 72 participants, with balanced participation between sexes, in adults between 20 and 65 years old. NAFLD and obesity were the main topics investigated in the studies filtered in the present review, and there were also participants with liver cirrhosis, T2DM, and hepatitis C.

Tables 3.

Characteristics of the included studies.

Author	Year	Country	EG (n)	CG (n)	Total (n)	Sex	Age (mean \pm SD, in years)	Participants characteristics
O'Gorman et al. (2021)	2021	Ireland	13	18	31	18 ♂ 13 ♀	40 \pm 8	Hepatic C
Abdelbasset et al. (2020)	2020	Saudi Arabia	EG1: 16 EG2: 15	16	47	27 ♂ 20 ♀	40 – 60	Obese with NAFLD and T2DM
Moradi et al. (2020)	2020	Iran	EG1: 12 EG2: 11 EG3: 11	11	45	♀	65.27 \pm 3.16	Older obese women with NAFLD
Nayebifar et al. (2020)	2020	Iran	EG1: 8 EG2: 8 EG3: 8	8	32	♂	20 – 30	Sedentary people
Saldıran et al. (2020)	2020	Turkey	EG1: 15 EG2: 16	–	31	12 ♂ 19 ♀	45.07 \pm 9.11	NAFLD
Winn et al. (2018)	2018	USA	EG1: 9 EG2: 9	5	23	NR	46 \pm 18	Obese
Houghton et al. (2017)	2017	UK	14	13	27	♀ ♂	54 \pm 11	Overweight or obese alcohol drinkers
Houghton et al. (2017)	2016	UK	12	12	24	NR	59 \pm 12	NASH
Cassidy et al. (2016)	2015	UK	11	12	23	18 ♂ 5 ♀	60 \pm 9	T2DM
Skrypnik et al. (2016)	2016	Poland	EG1: 21 EG2: 17	–	38	♀	49.8 \pm 9.8	Obese
Hallsworth et al. (2015)	2015	UK	11	12	23	NR	54 \pm 10	NAFLD
El-Kader et al. (2014)	2014	Saudi Arabia	EG1: 25 EG2: 25	–	50	♂ ♀	51 \pm 6	NAFLD
Oh et al. (2014)	2014	Japan	52	20	72	♂	51.2 \pm 1.7	NAFLD
Zenith et al. (2014)	2014	Canada	9	10	19	♂ ♀	57.6 \pm 6.7	Cirrhotic

USA: United States of America; UK: United Kingdom; SD: standard deviation; EG: exercise group; CG: control group; NAFLD: non-alcoholic fatty liver disease; T2DM: type 2 diabetes mellitus; NASH: nonalcoholic steatohepatitis; ♂: man; ♀: woman; NR: not reported.

Table 4 shows that the same study may have used multiple types of interventions. It is observed that the exercise on the stationary bike was used in eight studies (Çevik Saldıran et al., 2020; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; O’Gorman et al., 2021; Skrypnik et al., 2016; Zenith et al., 2014). Four studies (El-Kader et al., 2014; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Moradi et al., 2020; Skrypnik et al., 2016) used resistance training with free weights or machines and five studies (El-Kader et al., 2014; Nayebifar et al., 2020; O’Gorman et al., 2021; Oh et al., 2014; Winn et al., 2018) used running, walking, or treadmill. It was observed as an aspect common to all studies, the choice of the frequency of three times a week in their intervention protocols and the variation of its duration between 24 and 90 minutes per training session. The total longitudinal period of the interventions ranged from 4 to 12 weeks of intervention, being prevalent in nine studies (Cassidy et al., 2016; El-Kader et al., 2014; Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; Moradi et al., 2020; O’Gorman et al., 2021; Oh et al., 2014; Skrypnik et al., 2016) the choice for 12 weeks of training. It was also observed that

seven studies (Çevik Saldıran et al., 2020; El-Kader et al., 2014; O’Gorman et al., 2021; Oh et al., 2014; Skrypnik et al., 2016; Winn et al., 2018; Zenith et al., 2014) opted for aerobic exercises, four studies used resistance training (El-Kader et al., 2014; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Moradi et al., 2020; Skrypnik et al., 2016) and seven studies (Abdelbasset et al., 2020; Cassidy et al., 2016; Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; Nayebifar et al., 2020; Winn et al., 2018) opted for high-intensity interval training (HIIT). The biochemical indicator ALT was found in all studies. Following the prevalence of choices of biochemical variables, nine analyses (Çevik Saldıran et al., 2020; Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; Moradi et al., 2020; Nayebifar et al., 2020; O’Gorman et al., 2021; Oh et al., 2014; Skrypnik et al., 2016) included the GGT and/or the ALP. Four analyses (Çevik Saldıran et al., 2020; Moradi et al., 2020; Skrypnik et al., 2016; Zenith et al., 2014) included bilirubin. Five studies (Çevik Saldıran et al., 2020; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; Oh et al., 2014; Zenith et al., 2014) chose albumin and/or ferritin and only three studies (Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Winn et al., 2018) used the analysis of hepatic triglyceride content (HTGC).

Tables 4.
Intervention data and outcomes from included studies.

Study	Intervention	Training volume	Results
O’Gorman et al. (2021)	EG: Moderate-to-vigorous intensity aerobic exercise using treadmills, ASEC, and elliptical exercises training intensity of exercise HR reserve 40–75 % increasing in progress alongside the aerobic duration (21–42’). CG: No exercise.	3 ×/wk 12 wks 28–47’	EG: ↔ ALT, p = 0.384 ↔ AST, p = 0.586 ↔ ALP, p = 0.179 ↔ GGT, p = 0.948
Abdelbasset et al. (2020)	EG1 (ASEC HIIT training): 5’ warm-up + 3 sets of 4’ bouts (80–85%) HR _{max} , 2’ rest at 50% of the VO _{2max} between sets + 5’ cool-down EG2: 5’ warm-up + MIC 40–50’ (60–70%) HR _{max} + 5’ cool-down. CG: No exercise.	3 ×/wk 8 wks 40’	EG1: ↓ ALT, p = 0.01 EG2: ↓ ALT, p = 0.04
Moradi et al. (2020)	EG1 (RT in the gym) and EG3 (RT in the gym + Curcumin supplement group): 5–8’ warm-up + 5’ stretching + RT (nonlinear RT program) gym exercises: knee extension, bench press, incline bench press, seated row, deadlift, pully crunches, lat pull-downs, calf raise, hamstring curl, press behind neck, upright row, and arm curl) + 20’ cool-down. Rest period: very light: 1’; light and moderate: 1–2’; heavy: 3–4’; very heavy: 5–7’ + 1 set 20 reps 40% of 1 repetition maximum. EG2: Curcumin supplement. CG: No exercise and placebo.	3 ×/wk 12 wks 60–70’	EG1: ↓ ALT, p < 0.05 ↓ AST, p < 0.05 ↔ Total Bil, p > 0.05 ↔ ALP, p > 0.05 EG2: ↔ ALT, p > 0.05 ↔ AST, p > 0.05 ↔ Total Bil, p > 0.05 ↔ ALP, p > 0.05 EG3: ↓ ALT, p < 0.05 ↓ AST, p < 0.05 ↔ Total Bil, p > 0.05 ↔ ALP, p > 0.05
Nayebifar et al. (2020)	EG1 (omega 3 supplement + 40-mSRT HIIT) and EG3 (40-mSRT HIIT): 4–8 bouts of 30’ (85–95%) HR _{max} with 30’ rest + 20’ warm-up. 1–4-week bouts increasing 1 bout each week. 5 th and 6 th remain 8 bouts. EG2: Omega 3 supplements only. CG: No exercise and placebo.	3 ×/wk 6 wks 24–28’	EG1: ↓ ALT, p < 0.05 ↓ AST, p < 0.05 ↓ ALP, p < 0.05 EG3: ↓ ALT, p < 0.05 ↓ AST, p < 0.05 ↓ ALP, p < 0.05
Saldıran et al.	EG1: ASEC training, 5’ warm-up, 30’ ASEC 60–80% HR, and 5’ cool-down + 15’ in	3 ×/wk	EG1:

(2020)	vertical-stimulated vibration platform whole-body vibration. Amplitude intensity of 2–4 mm and frequency of 30 Hz. Rest for 60" between exercises. EG2: ASEC training and exercises with whole-body vibration (load increased 5% a week), 5' warm-up, 30' ASEC 60–80% HR, and 5' cool-down + 15' rest whole-body vibration. CG: No exercise.	8 wks 40'	↓ ALT, $p < 0.05$ ↓ AST, $p < 0.05$ ↔ ALP, $p > 0.05$ ↔ GGT, $p > 0.05$ ↑ Total Bil, $p < 0.05$ ↑ Direct Bil, $p < 0.05$ ↔ Fer, $p > 0.05$ ↔ ALB, $p > 0.05$ EG2: ↓ ALT, $p < 0.05$ ↔ AST, $p > 0.05$ ↔ ALP, $p > 0.05$ ↔ GGT, $p > 0.05$ ↔ Total Bil, $p < 0.05$ ↔ Direct Bil, $p > 0.05$ ↔ Fer, $p > 0.05$ ↔ ALB, $p > 0.05$
Winn et al. (2018)	EG1 (treadmill running training moderate-intensity continuous training): 10' of stretching + 5' warm-up + 30' treadmill moderate-intensity continuous training (55% VO ₂ peak) + 5' cool-down. EG2 (treadmill running training HIIT): 10' of stretching + 5' warm-up + treadmill HIIT (4' 80% VO ₂ peak / 3' active recovery, 50% VO ₂ peak) + 5' cool-down. CG: No exercise.	3 ×/wk 4 wks 50'	EG1: ↔ ALT, $p > 0.05$ ↔ AST, $p > 0.05$ ↔ HTGC, $p > 0.05$ EG2: ↔ ALT, $p > 0.05$ ↔ AST, $p > 0.05$ ↔ HTGC, $p > 0.05$
Houghton et al. (2017)	EG (HIIT ASEC training and circuit of RT using free weights and machines): 45–60' ASEC with 5' warm-up and 3' intervals on a stationary bike for 2' with 1' rest in between. Ergometer cycling HIIT exercise corresponding to a Borg rating of perceived exertion of 16–18 ('very hard'), and free weights and machines, hip and knee extension, horizontal row, chest press, vertical row, and knee extension weight for each RT using Borg rating of 14–16 ('hard'). CG: No exercise and alcohol consumption (144–336 g/wk for men and 88–224 g/wk for women).	3 ×/wk 12 wks 45–60'	EG: ↔ ALT, $p = 0.47$ ↔ AST, $p = 0.27$ ↔ GGT, $p = 0.33$ ↓ Fer, $p = 0.049$ ↔ ALB, $p = 0.31$ ↔ HTGC, $p = 0.34$ ↔ AST/ALT, $p = 0.20$ ↔ FIB-4 score, $p = 0.15$
Houghton et al. (2017)	EG (ASEC HIIT training): 5' warm-up + 3 sets for 2' with 1' rest. Exercise intensity 6–20 points Borg RPE with bike intervals corresponding to an RPE of 16–18 ('very hard') + RT 5 exercises: hip and knee extension, horizontal row, chest press, vertical row, and knee extension. CG: No exercise.	3 ×/wk 12 wks 60'	EG: ↔ ALT, $p = 0.31$ ↔ AST, $p = 0.17$ ↓ GGT, $p = 0.04$ ↔ ALB, $p = 0.31$
Cassidy et al. (2016)	EG (ASEC HIIT training): 5' warm-up with RPE of 9–13 ('very light' to 'somewhat hard') + 5 sets for 2' with 90" passive recovery, and 4 light band exercises: face-pull, horizontal push, horizontal pull, and 30" push + 5' cool-down. CG: No exercise.	3 ×/wk 12 wks 30'–40'	EG: ↔ ALT, $p = 0.14$ ↔ AST, $p = 0.25$ ↓ ALP, $p = 0.03$
Skrypnik et al. (2016)	EG1 (ASEC training): 5' warm-up (50–60% HR _{max}) + 45' (50–80% HR _{max}), 5' without load + 5' cool-down. EG2 (RT and ASEC training): 5' warm-up 50–60% HR _{max} + 20' strength (neck barbell and gymnastic ball) + 25' endurance on ASEC (50 and 80% HR _{max}) + 5' cycling without load + 5' cool-down.	3 ×/wk 12 wks 60'	EG1: ↔ ALT, $p > 0.05$ ↔ AST, $p > 0.05$ ↓ GGT, $p < 0.05$ ↔ Total Bil, $p > 0.05$ ↔ Direct Bil, $p > 0.05$ ↔ Indirect Bil, $p > 0.05$ ↔ ALP, $p > 0.05$ EG2: ↔ ALT, $p > 0.05$ ↔ AST, $p > 0.05$ ↓ GGT, $p < 0.05$ ↔ Total Bil, $p > 0.05$ ↔ Direct Bil, $p > 0.05$ ↓ Indirect Bil, $p < 0.05$ ↔ ALP, $p > 0.05$
Hallewoeth et al. (2015)	EG (ASEC HIIT training): 5' warm-up with RPE of 9–13 ('very light' to 'somewhat hard') + 5 sets for 2' with 90" passive recovery, and 4 light band exercises: face-pull, horizontal push, horizontal pull, and 30" push + 5' cool-down. CG: No exercise.	3 ×/wk 12 wks 30'–40'	EG: ↓ ALT, $p = 0.03$ ↓ AST, $p = 0.04$ ↔ GGT, $p = 0.55$ ↓ HTGC, $p = 0.03$
El-Kaier et al. (2014)	EG1 (aerobic training walking or running): 10' of stretching + 5' warm-up + 30' walking or running, and + 5' cool-down. 1 st to 2 nd weeks: 60–70% of HR _{max} . 3 rd to 12 th weeks (70–80% HR _{max}) walking or running. EG2 (RT machines): 10' of stretching + 40' RT exercises (3 sets of 8–12 reps, 60" rest between each set). Resistance 5 pounds plus/3 sets of 8 reps on 3 rd days 60–80% of 1 repetition maximum. RT exercises chest press, bicep curl, triceps extension, lower back, abdominals, leg press, leg curl, and leg extension.	3 ×/wk 12 wks 50'	EG1: ↓ ALT, $p < 0.05$ ↓ AST, $p < 0.05$ EG2: ↓ ALT, $p < 0.05$ ↓ AST, $p < 0.05$
Oh et al. (2014)	EG1 (walking or running): 15–20' warm-up + 40–60' walking or running HR _{max} > 40% + 15–20' cool-down, and Diet.	3 ×/wk 12 wks	EG1: ↓ ALT, $p < 0.05$

EG2: Diet caloric intake of 1680 kcal per day and no exercise.		90'	↓ AST, p < 0.05 ↓ GGT, p < 0.05 EG2: ↓ ALT, p < 0.05 ↓ AST, p < 0.05 ↓ GGT, p < 0.05
Zenith et al. (2014)	EG (ASEC endurance training): At 60–80% peak VO ₂ , 5' warm-up of low-level cycling + 30' cycling (increasing 150" per session each week until study completion) + 5' cool-down. CG: No exercise.	3 × /wk 8 wks 40–55'	↔ ALT, p = 0.83 ↔ AST EG1, p = 0.35 ↔ Bil, p = 0.54 ↔ ALB, p = 0.59

EG: exercise group; CG: control group; HR: heart rate; RT: resistance training; VO_{2max}: maximum oxygen volume; ASEC: aerobic static ergometer cycling; RPE: rating of perceived exertion; 40-mSRT: 40 meters shuttle run test; ALP: alkaline phosphatase; ALT: alanine transaminase; AST: aspartate aminotransferase; GGT: gamma-glutamyl transferase; HTGC: hepatic triglyceride content; ALB: albumin; Fer: ferritin; Bil: bilirubin; MIC: moderate-intensity continuous exercise; ×/wk: times per week; wks: weeks; ': minutes; " : seconds; reps: repetitions; mm: millimeters; ↔: no change; ↓: decreased; ↑: increased.

sworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; O’Gorman et al., 2021), AST (Cassidy et al., 2016; Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; O’Gorman et al., 2021; Zenith et al., 2014), ALT (Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; O’Gorman et al., 2021), AST (Cassidy et al., 2016; Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; O’Gorman et al., 2021; Zenith et al., 2014), and ALP (Cassidy et al., 2016; O’Gorman et al., 2021). The effect size was calculated by the standardized mean difference (SMD) with a confidence interval (CI) of 95%. When calculating the effect size, the negative sign means greater effects on the EG compared to the CG. In the forest plot, lines on the left side of the graph denote participants who received HIIT and presented significant positive changes compared to control participants. The average effect size of all RCTs is represented by the diamond and should be interpreted equally. About ALB biomarker there was no significant difference (95% CI: -0.48 to 0.46) with inconsistency I² = 0% and p-value = 0.97. For the GGT biomarker there was no significant difference (95% CI: -0.89 to 0.25) with inconsistency I² = 52% and p-value = 0.27. For AST there was no significant difference (95% CI: -0.56 to 0.10) with inconsistency I² = 0% and p-value = 0.17. For the meta-analyses of studies that used ALP for biomarkers assessment. There was no significant difference in ALP (95% CI: -0.39 to 0.68) with inconsistency I² = 0% and p-value = 0.59. For the meta-analyses of studies that used ALT for biomarkers assessment there was a significant difference in ALT (95% CI: -0.71 to -0.11) with inconsistency I² = 0% and p-value = 0.008.

Table 5 shows the level of evidence of the included studies (Abdelbasset et al., 2020; Cassidy et al., 2016; Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; O’Gorman et al., 2021; Zenith et al., 2014), which was considered high, according to the GRADE tool. This means that there is high confidence in the estimated effect.

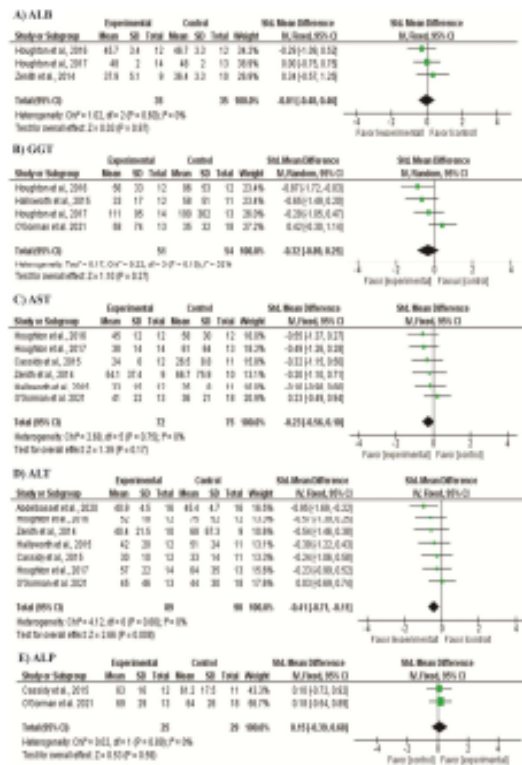


Figure 2. Forest Plot ALB, GGT, AST, ALT, and ALP.

Figure 2 shows the results of the meta-analyses of the ALB (Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; Zenith et al., 2014), GGT (Hall-

Tables 5.
Level of evidence (GRADE).

No. of Studies	Study Design	Risk of Bias	Certainty Assessment				Other Considerations	No. of Participants		Effect		Certainty	Importance
			Inconsistency	Indirectness	Imprecision			EG	CG	Relative (95% CI)	Absolute (95% CI)		
Biomarkers (analyzed with ALB)													
3	RCTs	not serious	not serious	not serious	not serious	none	35	35	—	mean 0.16 highest (-0.47 lower to 0.79 higher)	⊕⊕⊕⊕ HIGH	Important	
Biomarkers (analyzed with AST)													
6	RCTs	not serious	not serious	not serious	not serious	none	72	75	—	mean -0.09 highest (-0.57 lower to 0.38 higher)	⊕⊕⊕⊕ HIGH	Important	
Biomarkers (analyzed with GGT)													
4	RCTs	not serious	not serious	not serious	not serious	none	51	54	—	mean -0.14 highest (-0.42 lower to 0.69 higher)	⊕⊕⊕⊕ HIGH	Important	
Biomarkers (analyzed with ALT)													
7	RCTs	not serious	not serious	not serious	not serious	none	89	90	—	mean -0.41 highest (-0.71 lower to -0.11 higher)	⊕⊕⊕⊕ HIGH	Important	
Biomarkers (analyzed with ALP)													
2	RCTs	not serious	not serious	not serious	not serious	none	25	29	—	mean -0.15 highest (-0.39 lower to 0.68 higher)	⊕⊕⊕⊕ HIGH	Important	

RCTs: randomized controlled trials; EG: experimental group; CG: control group; CI: confidence interval; ALB: albumin; AST: aspartate transferase; GGT: gamma-glutamyl transferase; ALT: alanine transferase; ALP: alkaline phosphatase; ⊕⊕⊕⊕: represents high confidence in the estimated effect.

Discussion

This systematic review and meta-analysis focused on analyzing the effects of physical exercise on hepatic biomarkers in adult individuals. The analysis of the 14 included studies showed that the practice of physical exercise, for at least 4 to 12 weeks, lasting 24 to 90 minutes per training, with 3 to 5 sessions per week, can be positive in improving liver health and reducing its biomarkers in exercise program participants (Abdelbasset et al., 2020; Cassidy et al., 2016; Çevik Saldıran et al., 2020; El-Kader et al., 2014; Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; Moradi et al., 2020; Nayebifar et al., 2020; O'Gorman et al., 2021; Oh et al., 2014; Skrypnik et al., 2016; Winn et al., 2018; Zenith et al., 2014).

Notably, most of the studies selected in the present review about the liver disease had patients with NAFLD as a sample, with different typologies and intervention strategies, whose samples varied in relation to age and sex. The studies involved aerobic exercise and body vibration apparatus (Çevik Saldıran et al., 2020), resistance training and turmeric diet (Moradi et al., 2020), aerobic training with caloric control (Oh et al., 2014), and aerobic and resistance training (El-Kader et al., 2014). This points to specific knowledge for patients with NAFLD, corroborating with

data on worldwide prevalence (Barros et al., 2021; Li et al., 2019; Ye et al., 2020; Younossi et al., 2016).

Seven studies (Abdelbasset et al., 2020; Cassidy et al., 2016; Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; Nayebifar et al., 2020; Winn et al., 2018) involved HIIT. Nayebifar et al. (2020), after 6 weeks of exercise found reductions ($p < 0.05$) in ALT, AST, triglyceride marker, and improvements ($p > 0.05$) in body composition, VO_2 peak capacity, and insulin resistance. Houghton et al. (2017) partially corroborated these results, also presenting favorable results ($p < 0.05$) for body composition. In contrast, Winn et al. (2018) showed favorable results ($p < 0.05$) only for intrahepatic fat content. Thompson (2019) corroborates that HIIT training remains a strong worldwide trend for users who practice physical activity.

Nayebifar et al. (2020) presented a reduction in ALT e AST levels ($p < 0.05$) with an intervention with HIIT, lasting 6 weeks and a short HIIT of 30/30 sec, with a difference in the percentage of intensity applied of 85–95% HRmax. The protocol used by Winn et al. (2018) was a long HIIT, lasting 4 weeks using 4 min 80% VO_{2peak} /3 min active recovery at 50% VO_{2peak} that showed no differences in biomarkers, aerobic capacity, and body composition, but showed reduction in biomarkers results ($p < 0.05$) only in intrahepatic fat content (Andreato, 2020; Buchheit & Laursen, 2013a, 2013b; Hallsworth et al., 2015a; Khalafi & Symonds, 2020; Madueno et al., 2019; Perrier-Melo et al., 2021; Reljic et al., 2019; 2019; Skomko et al., 2021; Viana et al., 2019; Xiong et al., 2021). In the same direction, some studies (Cassidy et al., 2016; Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Thoma, et al., 2017) found a reduction in different biomarkers (GGT, ALT, AST, and ALP) with

the use of long HIIT, lasting 12 weeks and training intensity controlled by rating of perceived exertion (RPE) (hard to very hard), alternating with passive and active recovery (light intensity resistance training).

The studies analyzed in the present systematic review used different interventions. Eight studies used a cycle ergometer (Abdelbasset et al., 2020; Cassidy et al., 2016; Çevik Saldiran et al., 2020; Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; O’Gorman et al., 2021; Skrypnik et al., 2016; Zenith et al., 2014), and four studies adopted running, walking, or treadmill (El-Kader et al., 2014; Nayebifar et al., 2020; Oh et al., 2014; Winn et al., 2018), which indicates good options for interventions with individuals with NAFLD. Aerobic exercises are identified as movement activities that are beneficial to health and have an impact on longevity for their practitioners. There was no specific report of an intervention study conducted outdoors or on an athletics track, which is a gap in scientific knowledge to be investigated in future studies (Celis-Morales et al., 2017; Dinu et al., 2019; Lee et al., 2017; Nordengen et al., 2019a, 2019b).

Alcohol abuse is one of the causes of liver cirrhosis. Houghton et al. (2017) involved overweight and obese patients who consumed alcohol and performed HIIT on a cycle ergometer. The authors found no changes in liver biomarkers of inflammatory signaling in patients who consumed more than 20g/day of alcohol, although Niemelä (2016) presented that ethanol-sensitive biomarkers respond to the state of oxidative stress and their levels are modulated by lifestyle factors, including weight gain, exercise, or coffee consumption dependent on age and gender. These results indicate that alcohol consumption may decrease the benefits of exercise for liver health (Aamann et al., 2018; Kruger et al., 2018; Sirisunhirun et al., 2022).

Zenith et al. (2014) analyzed cirrhotic patients and indicated a marked improvement ($p < 0.05$) in VO_2 peak with the use of beta-blockers that did not seem to affect this primary outcome, with an improvement in body composition. The study by Kruger et al. (2018) corroborates these findings, albeit with less quantitative results ($p > 0.05$). On the other hand, Sirisunhirun et al. (2022) and Aamann et al. (2018) found no positive changes in aerobic capacity in cirrhotic patients.

Resistance training was used in 4 studies selected in this review (El-Kader et al., 2014; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Moradi et al., 2020; Skrypnik et al., 2016). Except for Houghton et al. (2017), the other studies observed that resistance training modified liver function promoting a decrease in ferritin levels. The meta-analysis by Xiong et al. (2021) partially corroborates this review, as it identifies that for resistance training only the decrease ($p < 0.05$) in the biomarker AST seems to improve liver health (El-Kader et al., 2014; Khalafi & Symonds, 2021; Xiong et al., 2021).

Two studies of the present systematic review and meta-analysis investigated physical exercise and supplementation with curcumin and omega-3 (Moradi et al., 2020;

Nayebifar et al., 2020). Due to the aim of our study, we only extracted information from the exercise groups (without supplementation) and control groups. Moradi et al. (2020) used turmeric supplementation, Nayebifar et al. (2020) used the consumption of omega-3, and Oh et al. (2014) applied a calorie-restricted diet. Moradi et al. (2020) found positive results ($p < 0.05$) in the exercise and turmeric supplementation groups regarding the biomarkers AST and ALT ($p < 0.05$). Nayebifar et al. (2020) also found a reduction ($p < 0.05$) in ALT and AST biomarkers with training in conjunction with omega-3 supplementation. Oh et al. (2014) did not find improvement in liver biochemical markers and it was methodologically evaluated with a severe risk of bias. In this sense, Yabe et al. (2021) presented that low-quality in diet and physical inactivity are risk factors for NAFLD. In contrast, for Baker et al. (2021), the use of diet is not an essential factor for effectiveness in improving liver health, but the control of the lipid profile and the measurement of liver biomarkers are shown to be positive in the mapping, monitoring, and evaluation of the treatment of metabolic syndrome and liver disease (Ye et al., 2020).

The meta-analysis of the RCTs (Abdelbasset et al., 2020; Cassidy et al., 2016; Hallsworth et al., 2015b; Houghton, Hallsworth, et al., 2017; Houghton, Thoma, et al., 2017; O’Gorman et al., 2021; Zenith et al., 2014) (Figures 2) showed the results of the hepatic biomarkers ALB, GGT, AST, ALP, and ALT. The reduction in these hepatic biomarkers after the intervention period can be explained by the physiological adaptations that can occur as a consequence of physical exercise practice (Celis-Morales et al., 2017; Viana et al., 2019).

This systematic review highlights a better understanding between the biochemical markers of liver health and the effects of physical exercise. ALT was evaluated in all included studies. On the other hand, the present systematic review has some limitations. A limitation to be highlighted was the presence of different intervention methods in the analysis of the effects of exercise on liver biomarkers, which difficult a better comparison between training methods. Due to the limited number of quality studies, the results must be taken cautiously, especially for the meta-analysis. Experimental studies are expected to investigate the metabolic dysfunction of NAFLD. Interventions are expected to be concerned with the equalization of volume/intensity by arbitrary units or by the caloric expenditure spent, thus conveying more qualitative isonomy in the comparison of their results (Andreato, 2020; Khalafi & Symonds, 2021).

Conclusion

The analysis of the included studies revealed that physical exercise with resistance training, aerobic training, and HIIT interventions favored the reduction of biochemical markers (AST, ALT, GGT, ferritin, indirect bilirubin, and ALP). The meta-analysis showed a reduction in ALT in

exercise groups. Moreover, new proposals for scientific experiments involving physical training with an outcome for liver health need to be conducted. Our study points out that those interventions can be proposed to improve the health of individuals with liver disease associated or not with comorbidities. In this way, the present study is limited by the fact of not being able to point out the best training strategy, but the regular practice of physical exercise, associated with new methods and new training trends, can be an efficient and recommended intervention strategy to minimize the deleterious effects of NAFLD and provide a better perception of human health and well-being.

It is recommended that future experimental studies investigate the effect of high-intensity exercise on liver health, with equalization of training variables (volume, duration, interval, and intensity) in obese and non-obese participants.

Authorship

Conceptualization, L.L.d.S. and R.G.d.S.V.; methodology, L.L.d.S., J.B.P.d.C., and D.G.L.; writing—original draft preparation, L.L.d.S., J.B.P.d.C., D.G.L., A.O.B.d.S., L.d.S.C., C.J.B.-P., and R.G.d.S.V.; writing—review and editing, L.L.d.S., J.B.P.d.C., D.G.L., C.J.B.-P., A.O.B.d.S., and R.G.d.S.V.; supervision, J.B.P.d.C., C.J.B.-P., and R.G.d.S.V. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Funding sources

This research received no external funding.

Protocol

This systematic review follows the PRISMA recommendations and is registered in PROSPERO (CRD42022337749).

Appendix A:

Database	Search phrase
MEDLINE (PubMed)	("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields] OR "exercise"[All Fields] OR "exercise therapy"[MeSH Terms] OR ("exercise"[All Fields] AND "therapy"[All Fields]) OR "exercise therapy"[All Fields] OR "exercise s"[All Fields] OR "exercised"[All Fields] OR "exerciser"[All Fields] OR "exercisers"[All Fields] OR "exercising"[All Fields]) AND ("liver disease"[MeSH Terms] OR ("liver"[All Fields] AND "disease"[All Fields]) OR "liver diseases"[All Fields] OR ("liver"[All Fields] AND "disease"[All Fields]) OR "liver disease"[All Fields]) AND ("biomarker s"[All Fields] OR "biomarkers"[MeSH Terms] OR "biomarkers"[All Fields] OR "biomarker"[All Fields])
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (exercise) AND TITLE-ABS-KEY (liver AND disease) AND TITLE-ABS-KEY (biomarkers))
SPORTDiscus	exercise AND liver disease AND biomarkers
Web of Science	((ALL=(exercise)) AND ALL=(liver disease)) AND ALL=(biomarkers)
ScienceDirect	(exercise) AND ("liver disease") AND (biomarkers)

References

- Aamann, L., Dam, G., Rinnov, A. R., Vilstrup, H., & Gluud, L. L. (2018). Physical exercise for people with cirrhosis. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12(12), CD012678. doi: 10.1002/14651858.CD012678.pub2
- Abdelbasset, W. K., Tantawy, S. A., Kamel, D. M., Alqahtani, B. A., Elnegamy, T. E., Soliman, G. S., & Ibrahim, A. A. (2020). Effects of high-intensity interval and moderate-intensity continuous aerobic exercise on diabetic obese patients with nonalcoholic fatty liver disease: A comparative randomized controlled trial. *Medicine*, 99(10), e19471. doi: 10.1097/MD.00000000000019471
- Andreato, L. V. (2020). High-Intensity Interval Training: Methodological Considerations for Interpreting Results and Conducting Research. *Trends in Endocrinology and Metabolism: TEM*, 31(11), 812–817. doi: 10.1016/j.tem.2020.08.003
- Baker, C. J., Martinez-Huenchullan, S. F., D'Souza, M., Xu, Y., Li, M., Bi, Y., Johnson, N. A., & Twigg, S. M. (2021). Effect of exercise on hepatic steatosis: Are benefits seen without dietary intervention? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Diabetes*, 13(1), 63–77. doi: 10.1111/1753-0407.13086
- Barros, B. S. V., Monteiro, F. C., Terra, C., & Gomes, M. B. (2021). Prevalence of non-alcoholic fatty liver disease and its associated factors in individuals with type 1 diabetes: a cross-sectional study in a tertiary care center in Brazil. *Diabetology and Metabolic Syndrome*, 13(1), 1–11. doi: 10.1186/s13098-021-00649-0
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013a). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 43(5), 313–338. doi: 10.1007/s40279-013-0029-x
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013b). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 43(10), 927–954. doi: 10.1007/s40279-013-0066-5
- Cassidy, S., Thoma, C., Hallsworth, K., Parikh, J., Hollingsworth, K. G., Taylor, R., Jakovljevic, D. G., & Trenell, M. I. (2016). High intensity intermittent exercise improves cardiac structure and function and reduces liver fat in patients with type 2 diabetes: a randomised controlled trial. *Diabetologia*, 59(1), 56–66. doi: 10.1007/s00125-015-3741-2
- Celis-Morales, C. A., Lyall, D. M., Welsh, P., Anderson, J., Steell, L., Guo, Y., Maldonado, R., Mackay, D. F., Pell, J. P., Sattar, N., & Gill, J. M. R. (2017). Association between active commuting and incident cardiovascular disease, cancer, and mortality: prospective cohort study. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 357, j1456. doi: 10.1136/bmj.j1456
- Çevik Saldıran, T., Muthuay, F. K., Yağcı, İ., & Yılmaz, Y. (2020). Impact of aerobic training with and without whole-body vibration training on metabolic features

- and quality of life in non-alcoholic fatty liver disease patients. *Annales d'Endocrinologie*, 81(5), 493–499. doi: 10.1016/j.ando.2020.05.003
- Chalasan, N., Younossi, Z., Lavine, J. E., Charlton, M., Cusi, K., Rinella, M., Harrison, S. A., Brunt, E. M., & Sanyal, A. J. (2018). The diagnosis and management of nonalcoholic fatty liver disease: Practice guidance from the American Association for the Study of Liver Diseases. *Hepatology*, 67(1), 328–357. doi: 10.1002/hep.29367
- Chow, L. S., Gerszten, R. E., Taylor, J. M., Pedersen, B. K., van Praag, H., Trappe, S., Febbraio, M. A., Galis, Z. S., Gao, Y., Haus, J. M., Lanza, I. R., Lavie, C. J., Lee, C. H., Lucia, A., Moro, C., Pandey, A., Robbins, J. M., Stanford, K. L., Thackray, A. E., ... Snyder, M. P. (2022). Exerkines in health, resilience and disease. *Nature Reviews Endocrinology*, 18(5), 273–289. doi:10.1038/s41574-022-00641-2
- Cumpston, M., Li, T., Page, M. J., Chandler, J., Welch, V. A., Higgins, J. P., & Thomas, J. (2019). Updated guidance for trusted systematic reviews: a new edition of the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 10, 142. doi: 10.1002/14651858.ED000142
- Cumpston, M. S., McKenzie, J. E., Welch, V. A., & Brennan, S. E. (2022). Strengthening systematic reviews in public health: guidance in the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions, 2nd edition. *Journal of Public Health*, 1–5. doi: 10.1093/pubmed/fdac036
- De Oliveira dos Santos, A. R., de Oliveira Zanuso, B., Miola, V. F. B., Barbalho, S. M., Santos Bueno, P. C., Flato, U. A. P., Detregiachi, C. R. P., Buchaim, D. V., Buchaim, R. L., Tofano, R. J., Mendes, C. G., Tofano, V. A. C., & dos Santos Haber, J. F. (2021). Adipokines, Myokines, and Hepatokines: Crosstalk and Metabolic Repercussions. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(5), 2639. doi:10.3390/ijms22052639
- Dersimonian, R., & Laird, N. (1986). *Meta-Analysis in Clinical Trials*. *Control. Clin. Trials* 1986, 7, 177–188. doi: 10.1016/0197-2456(86)90046-2
- Devi, A. I., Rejeki, P. S., Argarini, R., Shakila, N., Yosnengsih, Y., Ilmi, S. B. Z., Karimullah, A., Ayubi, N., & Herawati, L. (2023). Response of TNF- α Levels and Blood Glucose Levels after Acute High-Intensity Intermittent Exercise in Overweight Women. *Retos*, 48, 101–105. doi: 10.47197/retos.v48.94305
- Dimu, M., Pagliai, G., Macchi, C., & Sofi, F. (2019). Active Commuting and Multiple Health Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 49(3), 437–452. doi: 10.1007/s40279-018-1023-0
- El-Kader, S. M. A., Al-Jiffri, O. H., & Al-Shreef, F. M. (2014). Markers of liver function and inflammatory cytokines modulation by aerobic versus resisted exercise training for nonalcoholic steatohepatitis patients. *African Health Sciences*, 14(3), 551–557. doi: 10.4314/ahs.v14i3.8
- Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Montori, V., Vist, G., Kunz, R., Brozek, J., Alonso-Coello, P., Djulbegovic, B., Atkins, D., Falck-Ytter, Y., Williams, J. W., Meerpohl, J., Norris, S. L., Akl, E. A., & Schünemann, H. J. (2011). GRADE guidelines: 5. Rating the quality of evidence - Publication bias. *Journal of Clinical Epidemiology*, 64(12), 1277–1282. doi: 10.1016/j.jclinepi.2011.01.011
- Hallsworth, K., Thoma, C., Hollingsworth, K. G., Cassidy, S., Anstee, Q. M., Day, C. P., & Trenell, M. I. (2015a). Modified high-intensity interval training reduces liver fat and improves cardiac function in non-alcoholic fatty liver disease: a randomized controlled trial. *Clinical Science (London, England: 1979)*, 129(12), 1097–1105. doi: 10.1042/CS20150308
- Hallsworth, K., Thoma, C., Hollingsworth, K. G., Cassidy, S., Anstee, Q. M., Day, C. P., & Trenell, M. I. (2015b). Modified high-intensity interval training reduces liver fat and improves cardiac function in non-alcoholic fatty liver disease: A randomized controlled trial. *Clinical Science*, 129(12), 1097–1105. doi: 10.1042/CS20150308
- Hernandez-Rodas, M. C., Valenzuela, R., & Videla, L. A. (2015). Relevant aspects of nutritional and dietary interventions in non-alcoholic fatty liver disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(10), 25168–25198. doi: 10.3390/ijms161025168
- Houghton, D., Hallsworth, K., Thoma, C., Cassidy, S., Hardy, T., Heaps, S., Hollingsworth, K. G., Taylor, R., Day, C. P., Masson, S., McPherson, S., Anstee, Q. M., & Trenell, M. I. (2017). Effects of Exercise on Liver Fat and Metabolism in Alcohol Drinkers. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 15(10), 1596-1603.e3. doi: 10.1016/j.cgh.2017.05.001
- Houghton, D., Thoma, C., Hallsworth, K., Cassidy, S., Hardy, T., Burt, A. D., Tiniakos, D., Hollingsworth, K. G., Taylor, R., Day, C. P., McPherson, S., Anstee, Q. M., & Trenell, M. I. (2017). Exercise Reduces Liver Lipids and Visceral Adiposity in Patients With Non-alcoholic Steatohepatitis in a Randomized Controlled Trial. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 15(1), 96-102.e3. doi: 10.1016/j.cgh.2016.07.031
- Kanaley, J. A., Colberg, S. R., Corcoran, M. H., Malin, S. K., Rodriguez, N. R., Crespo, C. J., Kirwan, J. P., & Zierath, J. R. (2022). Exercise/Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Consensus Statement from the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(2), 353–368. doi: 10.1249/MSS.0000000000002800
- Khalafi, M., & Symonds, M. E. (2020). The impact of high-intensity interval training on inflammatory markers in metabolic disorders: A meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(11), 2020–2036. doi: 10.1111/sms.13754
- Khalafi, M., & Symonds, M. E. (2021). The impact of high intensity interval training on liver fat content in overweight or obese adults: A meta-analysis. *Physiology & Behavior*, 236, 113416. doi: 10.1016/j.physbeh.2021.113416
- Kruger, C., McNeely, M. L., Bailey, R. J., Yavari, M., Abrahams, J. G., Carbonneau, M., Newnham, K., Denheyer, V., Ma, M., Thompson, R., Paterson, I.,

- Haykowsky, M. J., & Tandon, P. (2018). Home Exercise Training Improves Exercise Capacity in Cirrhosis Patients: Role of Exercise Adherence. *Scientific Reports*, 8(1), 1–10. doi: 10.1038/s41598-017-18320-y
- Kul, M., Turkmen, M., Yildirim, U., Ceylan, R., Sipal, O., Çabuk, R., Akova, A., Aksoy, O. F., & Adatepe, E. (2022). High-Intensity Interval Training with Cycling and Calisthenics: Effects on Aerobic Endurance, Critical Power, Sprint and Maximal Strength Performance in Sedentary Males. *Retos*, 46(46), 538–544. doi:10.47197/retos.v46.94255
- Lee, D. chul, Brellenthin, A. G., Thompson, P. D., Sui, X., Lee, I. M., & Lavie, C. J. (2017). Running as a Key Lifestyle Medicine for Longevity. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 60(1), 45–55. doi: 10.1016/j.pcad.2017.03.005
- Li, J., Zou, B., Yeo, Y. H., Feng, Y., Xie, X., Lee, D. H., Fujii, H., Wu, Y., Kam, L. Y., Ji, F., Li, X., Chien, N., Wei, M., Ogawa, E., Zhao, C., Wu, X., Stave, C. D., Henry, L., Barnett, S., ... Nguyen, M. H. (2019). Prevalence, incidence, and outcome of non-alcoholic fatty liver disease in Asia, 1999–2019: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Gastroenterology and Hepatology*, 4(5), 389–398. doi: 10.1016/S2468-1253(19)30039-1
- Liu, J., Mu, C., Li, K., Luo, H., Liu, Y., & Li, Z. (2021). Estimating Global Prevalence of Metabolic Dysfunction-Associated Fatty Liver Disease in Overweight or Obese Children and Adolescents: Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Public Health*, 66(October), 1–9. doi: 10.3389/ijph.2021.1604371
- Madueno, M. C., Guy, J. H., Dalbo, V. J., & Scanlan, A. T. (2019). A systematic review examining the physiological, perceptual, and performance effects of active and passive recovery modes applied between repeated sprints. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(9), 1492–1502. doi: 10.23736/S0022-4707.18.09188-0
- Moradi, B., Rahmati-Ahmadabad, S., Farzanegi, P., Helalizadeh, M., & Azarbayjani, M. A. (2020). Effects of non-linear resistance training and curcumin supplementation on the liver biochemical markers levels and structure in older women with non-alcoholic fatty liver disease. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 24(3), 154–160. doi: 10.1016/j.jbmt.2020.02.021
- Nayebifar, S. H., Ghasemi, E., & Karimipour, S. (2020). Effect of high-intensity interval training and omega-3 supplementation on liver enzymes and lipid profile of young men. *Science and Sports*, 35(1), e1–e9. doi: 10.1016/j.scispo.2019.03.004
- Niemelä, O. (2016). Biomarker-based approaches for assessing alcohol use disorders. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(2). doi: 10.3390/ijerph13020166
- Nordengen, S., Andersen, L. B., Solbraa, A. K., & Rüsser, A. (2019a). Cycling and cardiovascular disease risk factors including body composition, blood lipids and cardiorespiratory fitness analysed as continuous variables: Part 2 - Systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(14), 879–885. doi: 10.1136/bjsports-2018-099778
- Nordengen, S., Andersen, L. B., Solbraa, A. K., & Rüsser, A. (2019b). Cycling is associated with a lower incidence of cardiovascular diseases and death: Part 1 - Systematic review of cohort studies with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(14), 870–878. doi: 10.1136/bjsports-2018-099099
- O’Gorman, P., Strahan, O., Ferguson, D., Monaghan, A., Kennedy, M., Forde, C., Melo, A. M., Doherty, D. G., O’Brien, K. K., McKiernan, S., Kenny, R. A., Coen, R., Doherty, C., Bergin, C., Gormley, J., & Norris, S. (2021). Improvement in cognitive impairment following a 12-week aerobic exercise intervention in individuals with non-cirrhotic chronic hepatitis C. *Journal of Viral Hepatitis*, 28(4), 637–650. doi: 10.1111/jvh.13460
- Oh, S., Tanaka, K., Tsujimoto, T., So, R., Shida, T., & Shoda, J. (2014). Regular exercise coupled to diet regimen accelerates reduction of hepatic steatosis and associated pathological conditions in nonalcoholic fatty liver disease. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, 12(5), 290–298. doi: 10.1089/met.2013.0143
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372. doi: 10.1136/bmj.n71
- Perrier-Melo, R. J., D’Amorim, I., Meireles Santos, T., Caldas Costa, E., Rodrigues Barbosa, R., & da Cunha Costa, M. (2021). Effect of active versus passive recovery on performance-related outcome during high-intensity interval exercise. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 61(4), 562–570. doi: 10.23736/S0022-4707.20.11070-3
- Piercy, K. L., Troiano, R. P., Ballard, R. M., Carlson, S. A., Fulton, J. E., Galuska, D. A., George, S. M., & Olson, R. D. (2018). The physical activity guidelines for Americans. *JAMA - Journal of the American Medical Association*, 320(19), 2020–2028. doi: 10.1001/jama.2018.14854
- Reljic, D., Lampe, D., Wolf, F., Zopf, Y., Herrmann, H. J., & Fischer, J. (2019). Prevalence and predictors of dropout from high-intensity interval training in sedentary individuals: A meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(9), 1288–1304. doi: 10.1111/sms.13452
- Schoenmakers, P. P. J. M., Hettinga, F. J., & Reed, K. E. (2019). The Moderating Role of Recovery Durations in High-Intensity Interval-Training Protocols. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(6), 859–867. doi: 10.1123/ijsp.2018-0876
- Schünemann, H. J., Cuello, C., Akl, E. A., Mustafa, R. A., Meerpohl, J. J., Thayer, K., Morgan, R. L., Gartlehner, G., Kunz, R., Katikireddi, S. V., Sterne, J., Higgins, J. P., & Guyatt, G. (2019). GRADE guidelines: 18. How ROBINS-I and other tools to as-

- sess risk of bias in nonrandomized studies should be used to rate the certainty of a body of evidence. *Journal of Clinical Epidemiology*, *111*, 105–114. doi: 10.1016/j.jclinepi.2018.01.012
- Severinsen, M. C. K., & Pedersen, B. K. (2021). Muscle-Organ Crosstalk: The Emerging Roles of Myokines. *Endocrine Reviews*, *42*(1), 97–99. Doi:10.1210/edrv/bnaa024
- Shi, Y., Wang, Q., Sun, Y., Zhao, X., Kong, Y., Ou, X., Jia, J., Wu, S., & You, H. (2020). The Prevalence of Lean/Nonobese Nonalcoholic Fatty Liver Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Gastroenterology*, *54*(4), 378–387. doi: 10.1097/MCG.0000000000001270
- Simón Mora, R. M., Sánchez Oliver, A. J., Suárez Carmona, W., & González Jurado, J. A. (2020). Efecto de un programa de ejercicio físico sobre la condición física y la grasa visceral en personas con obesidad (Effect of a physical exercise program on physical fitness and visceral fat in people with obesity). *Retos*, *2041*(39), 723–730. doi:10.47197/retos.v0i39.78997
- Sirisunhirun, P., Bandidniyanon, W., Jrerattakon, Y., Muangsomboon, K., Pramyothin, P., Nimanong, S., Tanwandee, T., Charatcharoenwitthaya, P., Chainuvatti, S., & Chotiyaputta, W. (2022). Effect of a 12-week home-based exercise training program on aerobic capacity, muscle mass, liver and spleen stiffness, and quality of life in cirrhotic patients: a randomized controlled clinical trial. *BMC Gastroenterology*, *22*(1), 1–11. doi: 10.1186/s12876-022-02147-7
- Skrypnik, D., Ratajczak, M., Karolkiewicz, J., Madry, E., Papek-Musialik, D., Hansdorfer-Korzon, R., Walkowiak, J., Jakubowski, H., & Bogdański, P. (2016). Effects of endurance and endurance-strength exercise on biochemical parameters of liver function in women with abdominal obesity. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, *80*, 1–7. doi: 10.1016/j.biopha.2016.02.017
- Slomko, J., Zalewska, M., Niemirow, W., Kujawski, S., Shupski, M., Januszko-Giergielewicz, B., Zawadka-Kunikowska, M., Newton, J., Hodges, L., Kubica, J., & Zalewski, P. (2021). Evidence-Based Aerobic Exercise Training in Metabolic-Associated Fatty Liver Disease: Systematic Review with Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, *10*(8). doi: 10.3390/jcm10081659
- Sterne, J. A., Hernán, M. A., Reeves, B. C., Savović, J., Berkman, N. D., Viswanathan, M., Henry, D., Altman, D. G., Ansari, M. T., Boutron, I., Carpenter, J. R., Chan, A. W., Churchill, R., Deeks, J. J., Hróbjartsson, A., Kirkham, J., Jüni, P., Loke, Y. K., Pigott, T. D., ... Higgins, J. P. (2016). ROBINS-I: A tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ (Online)*, *355*, 4–10. doi: 10.1136/bmj.i4919
- Thompson, W. R. (2019). Worldwide Survey of Fitness Trends for 2020. *ACSM's Health and Fitness Journal*, *23*(6), 10–18. doi: 10.1249/FIT.0000000000000526
- Trejo Trejo, M., Díaz Cisneros, F. C. J., Kornhauser Araujo, C., Macías Cervantes, M. H., Najera Garcidueñas, M., Arce Guridi, R. C., & Pineda Espejel, H. A. (2017). Efecto del ejercicio máximo y submáximo sobre excreción de albúmina en adultos mayores (Effect of maximal and submaximal exercise on albumin excretion in older adults). *Retos*, *2041*(33), 238–240. doi:10.47197/retos.v0i33.52382
- Viana, R. B., de Lira, C. A. B., Naves, J. P. A., Coswig, V. S., del Vecchio, F. B., & Gentil, P. (2019). Tabata protocol: a review of its application, variations and outcomes. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *39*(1), 1–8. doi: 10.1111/cpf.12513
- Wieckowska, A., McCullough, A. J., & Feldstein, A. E. (2007). Noninvasive diagnosis and monitoring of non-alcoholic steatohepatitis: Present and future. *Hepatology*, *46*(2), 582–589. doi: 10.1002/hep.21768
- Winn, N. C., Liu, Y., Rector, R. S., Parks, E. J., Ibdah, J. A., & Kanaley, J. A. (2018). Energy-matched moderate and high intensity exercise training improves nonalcoholic fatty liver disease risk independent of changes in body mass or abdominal adiposity — A randomized trial. *Metabolism: Clinical and Experimental*, *78*, 128–140. doi: 10.1016/j.metabol.2017.08.012
- Xiong, Y., Peng, Q., Cao, C., Xu, Z., & Zhang, B. (2021). Effect of Different Exercise Methods on Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: A Meta-Analysis and Meta-Regression. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(6). doi: 10.3390/ijerph18063242
- Yabe, Y., Kim, T., Oh, S., Shida, T., Oshida, N., Hasegawa, N., Okada, K., Someya, N., Mizokami, Y., & Shoda, J. (2021). Relationships of dietary habits and physical activity status with non-alcoholic fatty liver disease featuring advanced fibrosis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(17). doi: 10.3390/ijerph18178918
- Ye, Q., Zou, B., Yeo, Y. H., Li, J., Huang, D. Q., Wu, Y., Yang, H., Liu, C., Kam, Y. E., Tan, X. X. E., Chien, N., Trinh, S., Henry, L., Stave, C. D., Hosaka, T., ChKam, Leung, R. C., & Nguyen, M. H. (2020). Global prevalence, incidence, and outcomes of non-obese or lean non-alcoholic fatty liver disease: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Gastroenterology and Hepatology*, *5*(8), 739–752. doi: 10.1016/S2468-1253(20)30077-7
- Younossi, Z. M., Koenig, A. B., Abdelatif, D., Fazel, Y., Henry, L., & Wymer, M. (2016). Global Epidemiology of Nonalcoholic Fatty Liver Disease-Meta-Analytic Assessment of Prevalence, Incidence, and Outcomes. *Hepatology*, *64*(1), 73–84. doi: 10.1002/hep.28431/supinfo
- Zenith, L., Meena, N., Ramadi, A., Yavari, M., Harvey, A., Carbonneau, M., Ma, M., Abalde, J. G., Paterson, I., Haykowsky, M. J., & Tandon, P. (2014). Eight Weeks of Exercise Training Increases Aerobic Capacity and Muscle Mass and Reduces Fatigue in Patients With Cirrhosis. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, *12*(11), 1920-1926.e2. doi: 10.1016/j.cgh.2014.04.016

2 ARTIGO 2: ANÁLISE OS EFEITOS DO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE, LONGO E DE *SPRINT*, SOBRE OS MARCADORES FISIOLÓGICOS E PATOLÓGICOS DA SÍNDROME METABÓLICA E SAÚDE HEPÁTICA EM ADULTOS: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

Contextualização: A Doença Hepática Gordurosa Metabólica Associada (DHGMA) e a Síndrome Metabólica (SM) têm efeito multiplicador para doenças cardiovasculares (DCV), diabetes mellitus tipo 2 e são caracterizadas por critérios de obesidade central, dislipidemia, hiperglicemia e hipertensão, desenhando um problema de saúde pública mundial. Em destaque *High-Intensity Interval Training* (HIIT) é um método de treinamento físico rápido e popular que economiza tempo de execução e tem grande adesão entre os usuários, sendo o *High-Intensity Long Interval Training* (HILIT) e o *Sprint Interval Training* (SIT) duas tipologias planejadas e validadas para ganho de condicionamento físico e melhorar a composição corporal. **Objetivo:** Este estudo teve como objetivo verificar os efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade, sprint e longo, sobre os marcadores fisiológicos e patológicos da síndrome metabólica e da saúde hepática em adultos submetidos a 12 semanas de treinamento. **Métodos:** Realizou-se um ensaio clínico randomizado com desenho para dois grupos, grupo HILIT e SIT, que foram alocados aleatoriamente e avaliados pré e pós-períodos da intervenção. A amostra foi composta por 38 adultos do sexo masculino não sedentários com idade entre 30 e 55 anos ($42,75 \pm 8,26$). Foram realizadas as avaliações de composição corporal, avaliações antropométricas, testes de esforço cardíaco, medidas da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), coletas sanguíneas para análise dos marcadores fisiológicos da SM: triglicérides (TRIG), lipoproteína de alta densidade (HDL-C) e glicose (GLIC) e de dano hepático: Albumina (ALB), Bilirrubina (BIL), Aspartato Aminotransaminase (AST), Alanina Aminotransaminase (ALT), Gama-Glutamil Transaminase (GGT). Os grupos tiveram a prescrição da intervenção equalizada pela fórmula do *Training Impulse* (TRIMP). **Resultados:** Houve melhora significativa intragrupo para HILIT nos parâmetros de massa gorda, massa magra, índice de massa corporal (IMC), tecido adiposo visceral (TAV), GLIC, ALB, BIL Direta, distância percorrida e consumo de oxigênio (VO₂) e para o SIT nos parâmetros de TAV, GLIC, ALB, BIL Direta, GGT e distância percorrida. Houve diferença significativa na comparação intergrupo somente para PAD em favor do SIT. **Conclusão:** concluímos que 12 semanas de treinamento intervalado para os grupos HILIT e SIT foram capazes de produzir efeitos positivos de variáveis de composição corporal, de capacidade aeróbica, da SM e da Saúde Hepática em homens adultos, com melhores resultados para o HILIT nesta população.

Palavras-chave: Síndrome Metabólica, Doença Hepática Gordurosa Metabólica Associada, Treinamento Intervalado de Alta Intensidade e Militar.

Effects of High-intensity interval training, long and sprint, on physiological and pathological markers of metabolic syndrome and liver health in adults.

Contextualization: The Metabolic Associated Fatty Liver Disease (MAFLD) and the Metabolic Syndrome (MS) have a multiplier effect on cardiovascular diseases (CVD), and type 2 diabetes mellitus (T2DM) and are characterized by criteria of central obesity, dyslipidemia, hyperglycemia, and hypertension, designing a global public health problem. Highlights High-Intensity Interval Training (HIIT) is a fast and popular physical training method that saves execution time and has great adherence among users, High-Intensity Long Interval Training (HILIT) and Sprint Interval Training (SIT) are two typologies planned and validated to gain physical conditioning and improve body composition. **Objective:** This study aims to verify the effects of high-intensity interval training, sprint and long, on physiological and pathological markers of MS and liver health in adults submitted to 12 weeks of training. **Methods:** A randomized clinical trial was carried out with a design for two groups, HILIT Group and SIT Group, which were randomly allocated and evaluated pre and post-intervention periods. The sample consisted of 38 non-sedentary male adults aged between 30 and 55 years (42.75 ± 8.26). Body composition assessments, anthropometric assessments, cardiac stress tests, measurements of systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP), and blood samples were taken to analyze the physiological markers of MS: triglycerides (TRIG), high-density lipoprotein (HDL-C) and glucose (GLIC) and liver damage: Albumin (ALB), Bilirubin (BIL), Aspartate Aminotransferase (AST), Alamine Aminotransferase (ALT), Gamma Glutamyl Transferase (GGT). The groups had the intervention prescription equalized by the Training Impulse formula (TRIMP). **Results:** For HILIT there was a significant intragroup improvement in the parameters of fat mass, lean mass, body mass index (BMI), visceral adipose fat (VAT), GLIC, ALB, Direct BIL, distance run, and oxygen consumption (VO₂). For SIT there was a significant intragroup improvement in the parameters of VAT, GLIC, ALB, Direct BIL, GGT, and distance run. There was a significant difference in the intergroup comparison only for DBP in favor of the SIT group. **Conclusion:** we conclude that 12 weeks of HILIT and SIT interval training were able to produce positive effects on body composition variables, aerobic capacity, Metabolic Syndrome, and Liver Health in adult men, with better results for HILIT in this population. **Keywords:** Metabolic Syndrome, Metabolic Associated Fatty Liver Disease, High-Intensity Interval Training, and Military.

INTRODUÇÃO

O *High-Intensity Interval Training* (HIIT), caracterizado por exercícios curtos e intermitentes de atividade vigorosa intercalados com períodos de recuperação passiva ou ativa (CRESS; PORCARI; FOSTER, 2015; RAMOS-FILHO *et al.*, 2015) é considerado uma alternativa eficiente para melhoria do condicionamento e redução do sobrepeso e obesidade (AMARO-GAHETE *et al.*, 2019). Pela excelente aderência do HIIT na sociedade, o experimento tem foco no *High-Intensity Long Interval Training* (HILIT) e no *Sprint Interval Training* (SIT) (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a, 2013b).

HILIT é proposto na forma de corrida em terreno plano com tiros acima de 1 minuto considerados de longa duração com potência ou velocidade entre o segundo limiar ventilatório e o consumo máximo de oxigênio (VO₂Máx) (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a, 2013b).

Já o SIT também na modalidade de corrida em terreno plano é realizado com tiros de duração inferior a 1 minuto e com uma potência ou velocidade acima das associadas ao VO₂Máx (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a, 2013b).

Diversos estudos apontam a modalidade de corrida parece ser mais eficaz na redução da massa gorda total, incluindo o tecido adiposo visceral (TAV). Porém não há muitos estudos realizados ao ar livre usando pista de atletismo, o que fomentaria a aplicabilidade no método (MAILLARD; PEREIRA; BOISSEAU, 2018b; WEWEGE *et al.*, 2017).

No contexto da prescrição da intervenção, com base nas variáveis obtidas no teste de esforço cardíaco optou-se por utilizar a fórmula do *Training Impulse* (TRIMP) de Banister, dimensionando de forma equilibrada o treinamento nas sessões da intervenção (HAYES; QUINN, 2009).

Estudo de Le Jemtel *et al.* (2018) mostrou o HIIT como método reversor do tecido adiposo visceral, reduzindo o risco cardiovascular e melhorando a composição corporal (LE JEMTEL *et al.*, 2018).

Assim, os métodos HILIT e SIT serão investigados para promoção da melhoria da composição corporal, melhoria capacidade VO₂ e redução da SM e dos marcadores hepáticos.

Através do HILIT e do SIT busca-se efeitos de redução dos fatores de risco da Síndrome Metabólica (SM) e da Doença Hepática Gordurosa Metabólica Associada (DHGMA).

A SM é um grande desafio para a saúde pública mundial, com importantes fatores de risco para as doenças cardiovasculares (DCV) e diabetes tipo 2 (DM2) (ALBERTI *et al.*, 2009; BLÜHER, 2019). Com diagnóstico na presença de três das cinco medidas metabólicas:

circunferência da cintura (CC) ≥ 90 cm, triglicérides (TRIG) ≥ 100 mg/dL, HDL-C < 40 mg/dL, pressão arterial sistólica (PAS) ≥ 130 e/ou pressão arterial diastólica (PAD) ≥ 85 mmHg e glicose (GLIC) ≥ 150 mg/dL (CARYN CARSON; LAWSON, 2018). A prevalência no Brasil da SM é de 38,4%, com destaque para a CC aumentada (65,5%) e colesterol HDL baixo (49,4%) como componentes mais prevalentes, inclusive em indivíduos jovens (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

DHGMA é a expressão hepática da síndrome metabólica com diagnóstico de fígado gorduroso por histologia (biópsia), imagem ou biomarcador sanguíneo, além de no mínimo mais um dos três perigosos critérios de sobrepeso ou obesidade, de presença de DM2 ou de evidência de desregulação metabólica (CHALASANI *et al.*, 2012, 2018; ESLAM *et al.*, 2020; LIU *et al.*, 2021, 2022).

Sendo assim, este estudo teve como objetivo verificar os efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade HILIT e SIT sobre os marcadores fisiológicos e patológicos da síndrome metabólica e da saúde hepática em adultos submetidos a 12 semanas de treinamento.

MÉTODOS

Delineamento

Trata-se de uma pesquisa experimental com desenho para dois grupos que serão avaliados pré e pós-período de intervenção (GERHARDT, 2009; THOMAS; NELSON; SILVERMAN, 2012).

Participantes

A amostra foi composta por 38 indivíduos militares do Exército do sexo masculino oriundos de banda de música, entre 30 e 55 anos. O cálculo do tamanho amostral apontado pelo programa GPower foi estimado em 36 indivíduos (FRANZ *et al.*, 2007), utilizando das seguintes informações: ANOVA com medidas repetidas, tamanho do efeito de 0,25, erro alfa de 0,05, poder do experimento de 0,80 e correlação entre as medidas de 0,5 para dois grupos em dois momentos de medidas (BECK, 2013). Foram adotados os seguintes critérios de inclusão: a) Sexo masculino, b) militares pertencentes as bandas de música c) submetidos a um recordatório alimentar e as refeições nos quartéis sede (PROBST; ZAMMIT, 2016). Os critérios de exclusão envolveram: a) militares que realizaram qualquer tipo de cirurgia abdominal, com algum tipo de lesão osteoarticulares ou musculoesqueléticas e outros quadros clínicos que os impedissem de realizar o treinamento ou alguma das avaliações, que

limitassem movimentos ou em tratamentos médicos restritivos, b) militares que estavam fazendo uso de qualquer substância ou fármaco capaz de alterar os resultados dos testes c) que não puderam comparecer à todas as etapas da coleta de dados ou considerados inaptos fisicamente por uma avaliação médica prévia, principalmente avaliação da saúde cardiopulmonar. Após o processo de amostragem, os participantes foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos HILIT e SIT (Figura 1), utilizando-se a função aleatória do software Excel.

Todos os 38 indivíduos concordaram com a participação no presente estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), respeitando os aspectos éticos das pesquisas que envolvem seres humanos da resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, momento em que foi esclarecido aos mesmos que suas identidades seriam preservadas, de acordo com as normas éticas previstas. O estudo também foi submetido a um comitê de ética e pesquisa pela plataforma Brasil com aprovação do CEP do Centro de Capacitação Física do Exército sob o registro CAAE: 52772121.3.0000.9433.

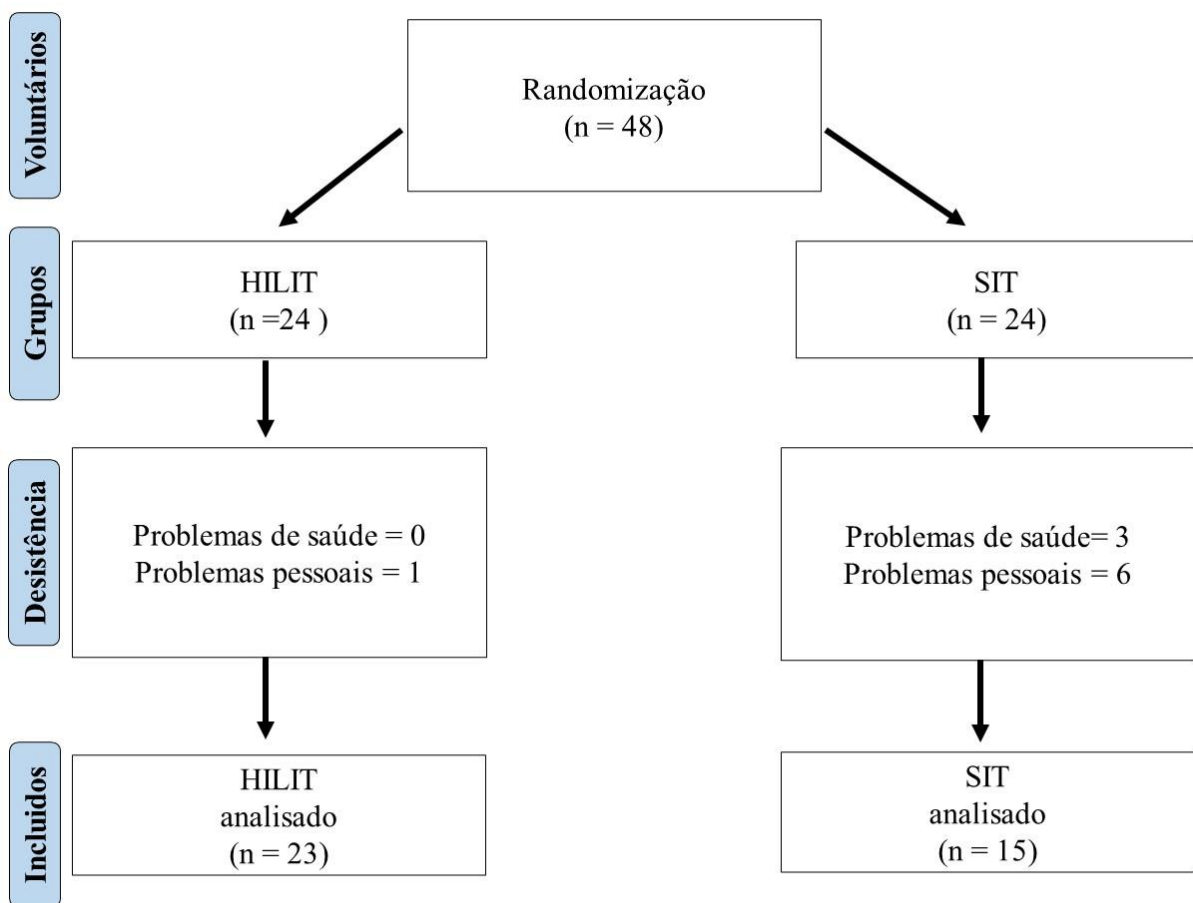


Figura 1 - Processo de randomização do estudo

Organização do estudo

Os participantes foram avaliados em dois momentos distintos com intervalo de 12 semanas entre eles (Figura 2). No primeiro momento, cada participante foi submetido à avaliação da composição corporal no aparelho DXA e de exame de sangue bioquímico, seguido pelo TEC para a avaliação da capacidade aeróbia. No segundo momento, os voluntários foram randomizados e divididos em dois grupos, um grupo HILIT e um grupo SIT, realizaram intervenção planejada de 12 semanas, sendo prescrita de forma equalizada pela equação do TRIMP proposto por Banister, os grupos realizaram o treinamento de corrida em pista de atletismo ou campo de futebol e foi comum na sessão de treinamento, para ambos os grupos, o aquecimento e os 10 exercícios para fortalecimento neuromuscular do CORE, sendo o fator diferencial à prescrição específica do HILIT e do SIT. No terceiro momento, os pré testes realizados no primeiro momento foram repetidos (DXA, bioquímico e o TEC).

Todos os testes, pré e pós experimento, foram realizados no Centro de Capacitação Física do Exército e as sessões de treinamento foram realizadas, de forma orientada e assistida, nas respectivas organizações militares sedes dos militares.

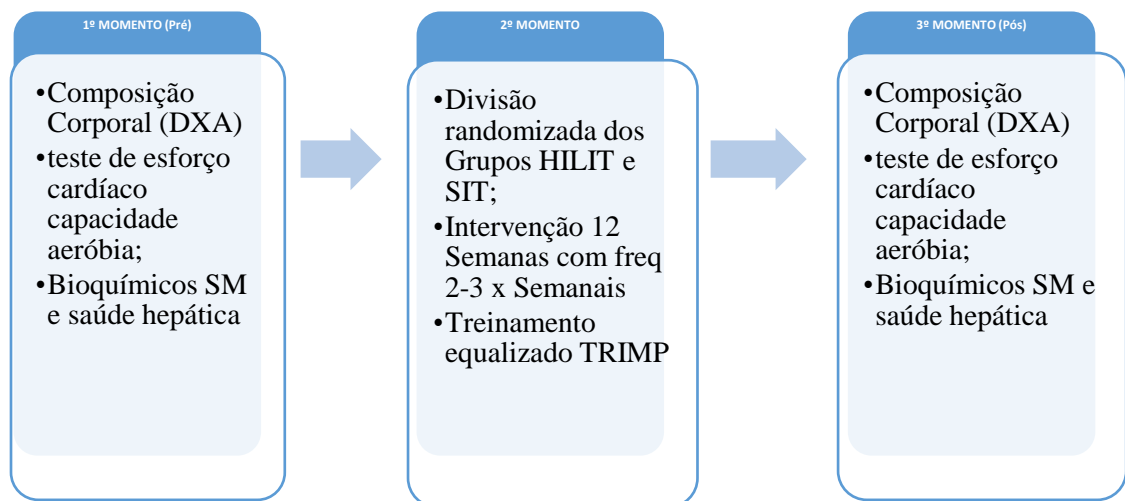


Figura 2 – Fluxograma da organização do estudo

Procedimentos de coleta de dados

Na primeira visita foi esclarecido para cada indivíduo os procedimentos do estudo. Foi feito o preenchimento do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) e realizada a triagem pré-exercício do PAR-Q e anamnese (FERNANDES FRANÇA *et al.*, 2020). O PAR-Q é um questionário composto por 7 perguntas com o intuito de detectar possíveis riscos para a realização de alguma atividade física. No caso resposta positiva, o indivíduo foi aconselhado a não realizar a atividade e foi sugerido que se encaminhe para uma avaliação

médica (FERNANDES FRANÇA *et al.*, 2020) .

Na sequência os participantes realizaram 12 semanas de intervenção HILIT e SIT específico para cada grupo e por último uma nova coleta de dados de todas as variáveis do estudo.

Nutrição

Antes do início do experimento, foram realizadas palestras aos voluntários sobre orientação nutricional e alimentação saudável. Não houve proposta de dieta ao experimento e o controle nutricional foi realizado através de recordatório alimentar, onde três refeições foram realizadas nos quarteis sede (PROBST; ZAMMIT, 2016).

Os procedimentos de planejamento e condução das palestras de orientação nutricional e suas respectivas análises foram conduzidas em momento pré intervenção pela nutricionista do Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx) no Rio de Janeiro, RJ.

Composição corporal

A composição corporal foi avaliada através do aparelho de absormetria de raio-X de dupla emissão (DXA) (GE Healthcare, Madison, WI, USA) nas medidas da massa total, massa magra, massa gorda, tecido adiposo visceral (TAV) (GRIPP *et al.*, 2020; RECH *et al.*, 2007).

Os procedimentos das avaliações do DXA e suas respectivas análises foram realizados em jejum de 8 horas conduzidos por uma equipe de profissionais militares habilitados e com experiência laboratorial, técnico em radiologia e médicos pertencentes ao IPCFEx no Rio de Janeiro, RJ.

Capacidade Aeróbica

A aptidão aeróbia de VO₂Máx foi avaliada de forma indireta por de Teste Cardíaco de Esforço (TCE) assistido por médico cardiologista. O protocolo do TEC foi feito em esteira da marca Inbramed modelo ATL Super (Cascavel, Paraná, Brasil) utilizando o software ErgoMet13v1 0.3.6 da Heartware até a exaustão do participante, em fases progressivas de duração de 120 segundos e velocidade inicial de 4 km/h com incremento de 2 km/h e inclinação constante de 1%. A fase de recuperação foi realizada com uma velocidade de 40% da máxima atingida por um minuto para observação do comportamento cardiopulmonar retornando ao repouso (BALADY *et al.*, 2010; MURIAS; POGLIAGHI; PATERSON, 2018).

Foram mensuradas variáveis de PAS e PAD, frequência cardíaca durante o esforço, a distância máxima percorrida e a estimativa de VO₂ alcançada por cada participante (BENTLEY; NEWELL; BISHOP, 2007).

Os procedimentos das avaliações da capacidade aeróbica e suas respectivas análises foram realizados por profissional médico cardiologista e equipe auxiliar pertencente ao IPCFEx no Rio de Janeiro, RJ.

Coleta sanguínea

As coletas sanguíneas foram conduzidas avaliando os marcadores bioquímicos da SM (GRUNDY *et al.*, 2004) de dano hepático (ALBERTI *et al.*, 2009): GLIC, HDL-C, LDL-C, (TRIG), AST, ALT, GGT, ALB) e as BIL. As amostras de sangue (14 ml) dos indivíduos foram coletadas pela veia ante cubital, com os indivíduos permanecendo em uma posição sentada. Imediatamente após as coletas, o sangue foi centrifugado e o plasma ou soro congelado e armazenado a -80° C para posterior análise dos biomarcadores clínicos no laboratório de Bioquímica do Exercício do IPCFEx. Após os procedimentos pré-analíticos, foi utilizado o analisador automatizado bioquímico da marca BT 3000, fabricado pela Empresa Wiener Lab (Wiener Lab, Rosário, BA, Argentina). Todos os exames dos marcadores bioquímicos foram duplicados e o coeficiente de variação (CV) foi menor que 3%.

Os procedimentos de coleta das amostras sanguíneas e suas respectivas análises foram realizados por equipe de profissionais farmacêuticos ou bioquímicos ou técnico em bioquímica com experiência na área do Laboratório de Bioquímica do IPCFEx, Rio de Janeiro, RJ. Todo o material utilizado na coleta sanguínea foi descartável e seguiu os critérios para descarte de resíduo biológico e material perfurocortante. Após a finalização de todos os procedimentos de análise das amostras sanguíneas, as sobras de amostras de laboratório contendo sangue foram descartadas de acordo com a Legislação ANVISA – RDC 306 de 7 de dezembro de 2004, que dispõe sobre o regulamento técnico para gerenciamento de resíduo de serviços de saúde.

Intervenção

Para a prescrição da intervenção do HILIT e SIT (tabela 1), optou-se por um desenho longitudinal de 12 semanas (SŁOMKO *et al.*, 2021), na modalidade corrida, que teve como base os dados individualizados da capacidade aeróbia obtido pelo TCE.

Tabela 1. Sessão de treinamento de alta intensidade

Item	Conteúdo	Tempo (min)
Aquecimento dinâmico	2 a 3 min de corrida leve; e 9 (nove) exercícios de efeitos localizados em movimento.	6 - 8
Pentágono	10 (dez) exercícios, sendo dinâmicos e calistênicos com sua carga baseada em número de repetições e tempo de execução; e 5 (cinco) exercícios que objetivam a região do CORE.	8 - 10
HILIT ou SIT	HILIT – de 2 a 12 estímulos de 80 a 90% FCMáx com duração de 60 a 120 segundos, intervalo ativo a 50% FCMáx com duração de 60 a 120 segundos; e SIT - 1 a 8 tiros curtos a 160% vVO2Máx com tempo de estímulo de 10 a 20 segundos de duração e com 4 minutos de intervalo ativo a 50% FCMáx.	8 – 27
Volta a calma	Exercícios de alongamento e relaxamento envolvendo as articulações e músculos envolvidos na intervenção proposta.	5
Tempo total da sessão		27 - 50

HILIT: *High-Intensity Long Interval Training*; SIT: *Sprint Interval Training*; min: minuto(s); CORE: centro; FCMáx: Frequência Cardíaca Máxima; vVO2Máx: velocidade máxima alcançada no momento de máximo consumo de oxigênio.

As sessões dos exercícios foram conduzidas por profissional de educação física, possuidor do Curso da Escola de Educação Física do Exército ou de graduação em Educação Física reconhecida pelo Ministério da Educação.

As duas primeiras semanas de intervenção, para minimizar lesões musculoesquelética e consequente perda amostral, foram de adaptação ao treinamento de alta intensidade, onde o volume será reduzido a 50% com base no cálculo do treinamento prescrito, visando uma melhor adaptação neuromuscular. A partir da 3ª semana até a 12ª semana já feita a adaptação

ao treinamento, seguimos a proposta de 100% de volume da prescrição da intervenção individualizada.

A sessão de treinamento foi composta com base no que a doutrina do Exército Brasileiro (EB) prescreve, para ambos os grupos e de forma centralizada, composta de um aquecimento dinâmico, de uma série de exercícios calistênicos e de exercícios do CORE denominado Pentágono, da sessão propriamente dita de HILIT ou SIT (grupos randomizados) e de um relaxamento para volta a calma (ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO, 2021).

O aquecimento dinâmico visou a melhora do desempenho, o aumento da temperatura corporal, da extensibilidade do músculo e o aumento da frequência cardíaca, sendo composto por uma corrida de intensidade leve de 2 a 3 minutos e posteriormente com 9 (nove) exercícios de efeitos localizados em movimento, sendo: corrida com rotação dos braços, abdução e adução dos braços na horizontal, extensão alternada dos braços na vertical, polichinelo, corrida com torção do tronco, corrida lateral, corrida com extensão da perna a frente, corrida com elevação dos calcanhares e corrida com elevação dos joelhos (ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO, 2021; FRADKIN; ZAZRYN; SMOLIGA, 2010).

Após o término do aquecimento, com a finalidade de complemento e manutenção dos padrões físicos comuns exigidos aos militares do EB, foi realizado treinamento calistênico Pentágono, constituído de 10 exercícios que incluem exercícios para os membros superiores, inferiores e da região do CORE (abdominal oblíquo, reto abdominal e região lombar), sendo dinâmicos e calistênicos com sua carga baseada em número de repetições e tempo de execução: 30 (trinta) polichinelos, 5 (cinco) sugados com salto vertical, 10 (dez) agachamentos afundo, corrida estacionária com elevação dos joelhos e dos calcanhares (coordenação), e 15 (quinze) segundos de 5 (cinco) exercícios para a região do CORE: ponte bipodal isométrica, prancha frontal, triângulo com apoio do braço (prancha lateral), apoio inverso unipodal, abdominal supra, propriocepção do tornozelo (ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO, 2021; VALENTE, 2020) .

O HILIT foi prescrito na zona de 80 a 90% da FCM_{máx} com estímulos de duração de 60 a 120 segundos, em intervalo ativo a 50% FCM_{máx} com duração de 60 a 120 segundos em pista de atletismo, com monitoramento do treinamento com software *Fisrt Beat* para monitoramento e ajuste da carga (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013c, 2013d).

Da mesma forma, o SIT teve sua prescrição da intervenção com base nos dados individualizados de VO₂M_{máx} pelo TCE, para cálculo da velocidade máxima da captação máxima do oxigênio (vVO₂M_{máx}). O protocolo do HIIT sprint variou de 1 a 8 tiros curtos a 160% vVO₂M_{máx} com tempo de estímulo de 10 a 20 segundos de duração e com 4 minutos de

intervalo ativo a 50% FCMáx entre os tiros, na modalidade de corrida em pista de atletismo, com monitoramento mensal do treinamento com software Fisrt Beat para monitoramento e ajuste da carga (BEN ABDERRAHMAN *et al.*, 2013; BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a, 2013b).

Anteriormente a fase experimental dos treinamentos, com o objetivo de melhor controlar e ajustar as cargas de trabalho durante o experimento, foi calculado com base no resultado individual do TCE do participante, contabilizando os dados da FCMáx, Frequência Cardíaca de Esforço (FCE), Frequência Cardíaca de Repouso (FCR) e o tempo de execução do treino em alta intensidade e seus intervalos que resultou em um número de Unidades Arbitrárias (UA) de medida Training Impulse (TRIMP) proposto por Banister com a fórmula (Figura 3) (PARMAR; JONES; HAYES, 2021).

Trimp Banister: Mulheres = $0,86e^{1,672 \times Fc \text{ Reserva}}$

$$TRIMP = T \times \left[\frac{(HR_{ex} - HR_{rest})}{(HR_{max} - HR_{rest})} \right] \times 0.64e^{1.92 \left[\frac{(HR_{ex} - HR_{rest})}{(HR_{max} - HR_{rest})} \right]}$$

Homens

Onde: T = duração do exercício; HR_{ex} = frequência cardíaca do exercício; HR_{rest} = frequência cardíaca de repouso; HR_{max} = frequência cardíaca máxima

Figura 3 – Fórmula do TRIMP proposto por Banister

Após a divisão randomizada dos grupos em HILIT e SIT, aplicada a fórmula do TRIMP, foi calculada a média de UA do TRIMP de cada grupo para comparação e equalização do treinamento, resultando em grupos HILIT e SIT com equilíbrio de UA de TRIMP proporcionando uma comparação mais isonômica do esforço dispendido na sessão de treinamento entre os grupos de intervenção (FOSTER; RODRIGUEZ-MARROYO; DE KONING, 2017a).

Análise de dados

Os dados foram analisados pelo programa IBM SPSS Statistics 25 for Windows e apresentados como média e desvio-padrão. A normalidade e esfericidade dos dados da amostra foram analisadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. A fim de determinar o efeito das variáveis independentes (treinamento HILIT e SIT) nas variáveis de desfecho (Testes bioquímicos, composição corporal e TEC), foi feita uma ANOVA com medidas repetidas (2 x 2), seguida do post hoc de Bonferroni ajustado, para a comparação das variáveis dependentes do estudo e entre as avaliações das variáveis independentes decorrentes

dos grupos HILIT e SIT (FIELD, 2011). O tamanho do efeito de Cohen (d) foi calculado para analisar o impacto clínico das diferentes intervenções sobre as variáveis de estudo e interpretados de acordo com a padronização de correlação a seguir: 0 a 0,2 fraco, de 0,3 a 0,7 moderado e igual ou acima de 0,8 forte. O valor de $p < 0,05$ foi adotado para a significância estatística (FIELD, 2011; TRIOLA, 1999).

RESULTADOS

A tabela 2 apresenta a caracterização da amostra por grupos, em valores de média e desvio padrão quanto a estatura, a idade, a massa corporal total e o IMC. O teste t de *Student* para amostras independentes mostrou que os grupos eram semelhantes no início do estudo, pois não houve diferença ($p > 0,05$) entre as variáveis analisadas (FIELD, 2011).

Tabela 2. Características básicas dos participantes

	HIIT longo (n=23)	HIIT Sprint (n=15)	Valor p
Estatura (m)	1,72 ± 6,39	1,74 ± 7,63	0,986
Idade (anos)	42,75 ± 8,26	38,88 ± 6,35	0,100
MCT (kg)	84,15 ± 15,56	83,89 ± 14,10	0,236
IMC (kg/m²)	28,46 ± 4,25	27,48 ± 3,67	0,154

MCT: Massa Corporal Total; IMC: Índice de Massa Corporal.

Na tabela 3 foram analisados os valores médios dos dados obtidos na avaliação da composição corporal pelo DXA. Na comparação intragrupos de HILIT houve uma redução significativa nas variáveis de Massa gorda, IMC e VAT, e ainda houve um aumento significativo de massa magra após 12 semanas de treinamento. No grupo SIT apenas foi encontrado redução significativa de TAV.

Tabela 3. Análise da composição corporal entre os grupos HILIT e SIT

Variável	Grupo	Média pré ± DP	Média pós ± DP	Δ%	<i>d</i>	Valor p*	Valor p [†]
Massa Gorda	HILIT	25,74 ± 8,81	24,36 ± 8,40	-5,38	-0,16	0,002	0,610
	SIT	23,61 ± 8,40	22,94 ± 8,12	-2,81	-0,08	0,205	
Massa Magra	HILIT	55,45 ± 8,42	56,04 ± 8,43	1,06	0,07	0,002	0,565
	SIT	57,15 ± 7,31	57,59 ± 7,42	0,77	0,06	0,052	
CC	HILIT	93,33 ± 10,59	92,55 ± 9,84	-0,83	-0,07	0,251	0,701
	SIT	92,19 ± 8,73	91,35 ± 8,41	-0,91	-0,10	0,316	
IMC	HILIT	28,47 ± 4,25	28,14 ± 4,03	-1,16	-0,08	0,046	0,548
	SIT	27,48 ± 3,66	27,36 ± 3,62	-0,44	-0,03	0,548	
TAV g	HILIT	1358,00 ± 684,53	1251,61 ± 653,65	-7,83	-0,16	0,013	0,120
	SIT	1044,13 ± 566,53	941,60 ± 462,42	-9,82	-0,18	0,048	

* $p < 0,05$, pré vs. pós; † $p < 0,05$, HILIT pós vs. SIT pós; *d*: tamanho de efeito (Cohen); DP: Desvio Padrão; IMC: Índice de Massa Corporal; CC: Circunferência da Cintura; TAV: Tecido Adiposo Visceral.

Na tabela 4 foram analisados os valores médios dos dados obtidos na avaliação da capacidade aeróbia pelo TCE. Após 12 semanas de treinamento, no grupo HILIT ocorreu uma melhora nas variáveis de capacidade aeróbia (distância percorrida e de VO₂) e no grupo SIT houve apenas aumento na variável de distância percorrida. Houve melhora na comparação intergrupo para variável da PAD.

Tabela 4. Análise da capacidade aeróbia entre os grupos HILIT e SIT

Variável	Grupo	Média pré ± DP	Média pós ± DP	Δ%	<i>d</i>	Valor p*	Valor p [†]
Distância	HILIT	1321,78 ± 415,98	1424,00 ± 417,56	7,73	0,25	0,005	0,177
	SIT	1491,33 ± 378,24	1607,87 ± 376,08	7,81	0,31	0,009	
VO₂	HILIT	44,59 ± 6,78	47,02 ± 6,66	5,46	0,36	0,002	0,155
	SIT	49,23 ± 5,20	50,17 ± 6,30	1,90	0,18	0,307	

PAS Repouso	HILIT	122,00 ± 15,79	116,00 ± 11,52	-4,92	-0,38	0,051	0,356
	SIT	115,73 ± 16,21	112,40 ± 11,72	-2,88	-0,21	0,371	
PAD Repouso	HILIT	78,35 ± 10,73	78,87 ± 10,73	0,66	0,05	0,804	<0,001
	SIT	70,40 ± 7,53	67,47 ± 7,07	-4,16	-0,39	0,265	

* p < 0,05, pré vs. pós; † p < 0,05, HILIT pós vs. SIT pós; d: tamanho de efeito (Cohen); DP: Desvio Padrão.

Na tabela 5 foram analisados os valores médios dos dados obtidos nas avaliações bioquímicas do sangue. Houve, na comparação intergrupo, redução significativa nas variáveis de GLI, ALB, BD para o grupo HILIT e para o grupo SIT houve, redução significativa nas variáveis de GLI, ALB, BD e GGT.

Tabela 5. Análise bioquímica do sangue entre os grupos HILIT e SIT

Variável	Grupo	Média pré ± DP	Média pós ± DP	Δ%	d	Valor p*	Valor p [†]
TRIG	HILIT	135,96 ± 74,91	126,30 ± 87,60	-7,10	-0,13	0,431	0,270
	SIT	95,73 ± 30,61	98,13 ± 51,76	2,51	0,08	0,874	
HDL	HILIT	51,43 ± 8,40	53,87 ± 11,67	4,73	0,29	0,193	0,957
	SIT	52,60 ± 8,02	54,07 ± 9,32	2,79	0,18	0,523	
GLI	HILIT	99,52 ± 15,71	95,00 ± 17,54	-4,54	-0,29	0,011	0,160
	SIT	94,00 ± 8,12	88,20 ± 6,43	-6,17	-0,71	0,009	
ALB	HILIT	4,27 ± 0,15	3,89 ± 0,42	-9,05	-2,51	<0,001	0,702
	SIT	4,23 ± 0,14	3,94 ± 0,41	-6,93	-2,10	0,014	
BD	HILIT	0,13 ± 0,07	0,20 ± 0,10	56,16	0,95	0,002	0,853
	SIT	0,11 ± 0,09	0,20 ± 0,08	81,07	1,02	0,001	
BT	HILIT	0,50 ± 0,31	0,57 ± 0,33	13,41	0,22	0,376	0,579
	SIT	0,58 ± 0,52	0,63 ± 0,29	7,94	0,09	0,622	
AST	HILIT	25,35 ± 7,68	24,26 ± 9,15	-4,29	-0,14	0,624	0,475
	SIT	26,73 ± 13,13	22,00 ± 9,89	-17,71	-0,36	0,091	
ALT	HILIT	30,83 ± 11,87	31,57 ± 14,57	2,40	0,06	0,740	0,587

	SIT	32,80 ± 31,95	28,33 ± 21,90	-13,62	-0,14	0,112	
GGT	HILIT	35,35 ± 18,09	35,96 ± 15,61	1,72	0,03	0,807	0,512
	SIT	39,67 ± 35,73	31,73 ± 23,76	-20,00	-0,22	0,014	

* $p < 0,05$, pré vs. pós; † $p < 0,05$, HILIT pós vs. SIT pós; *d*: tamanho de efeito (Cohen); DP: Desvio Padrão.

Na tabela 6 foram analisados os valores médios dos dados obtidos na avaliação da SM. Embora não tenha ocorrido melhora significativa na análise da variável categórica síndrome metabólica, houve uma redução percentual de 39.1% para 17.4% de pessoas com a doença no grupo HILIT e de 6.6% no grupo SIT, bem como a redução das médias nas variáveis de GLI nas comparações intragrupo em ambos os grupos e na variável da PAS na interação intergrupo.

Tabela 6. Análise da Síndrome metabólica entre os grupos HILIT e SIT

Variável	Grupo	Média pré ± DP	Média pós ± DP	Δ%	<i>d</i>	Valor p*	Valor p [†]
TRIG	HILIT	135,96 ± 74,91	126,30 ± 87,60	-7,10	-0,13	0,431	0,270
	SIT	95,73 ± 30,61	98,13 ± 51,76	2,51	0,08	0,874	
HDL	HILIT	51,43 ± 8,40	53,87 ± 11,67	4,73	0,29	0,193	0,957
	SIT	52,60 ± 8,02	54,07 ± 9,32	2,79	0,18	0,523	
GLI	HILIT	99,52 ± 15,71	95,00 ± 17,54	-4,54	-0,29	0,011	0,160
	SIT	94,00 ± 8,12	88,20 ± 6,43	-6,17	-0,71	0,009	
CC	HILIT	93,33 ± 10,59	92,55 ± 9,84	-0,83	-0,07	0,251	0,701
	SIT	92,19 ± 8,73	91,35 ± 8,41	-0,91	-0,10	0,316	
PAS Repouso	HILIT	122,00 ± 15,79	116,00 ± 11,52	-4,92	-0,38	0,051	0,356
	SIT	115,73 ± 16,21	112,40 ± 11,72	-2,88	-0,21	0,371	
PAD Repouso	HILIT	78,35 ± 10,73	78,87 ± 10,73	0,66	0,05	0,804	<0,001
	SIT	70,40 ± 7,53	67,47 ± 7,07	-4,16	-0,39	0,265	

* $p < 0,05$, pré vs. pós; † $p < 0,05$, HILIT pós vs. SIT pós; *d*: tamanho de efeito (Cohen); DP: Desvio Padrão.

DISCUSSÃO

Este estudo, um ensaio clínico randomizado, teve como objetivo analisar efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade HILIT e SIT sobre os marcadores fisiológicos e patológicos da síndrome metabólica e da saúde hepática em adultos submetidos a 12 semanas de treinamento.

Os dados foram discutidos decorrentes da análise estatística do cruzamento entre o pré e pós-teste nas condições intra e intergrupos.

Observou-se (tabela 2) que houve comportamento normal da curva estatística das características básicas dos participantes, onde os dados de massa corporal, estatura e a consequente média do IMC dos grupos HILIT e SIT descrevem uma amostra sobrepesada ($30 > \text{IMC} > 25$). Os grupos eram semelhantes no início do estudo, não havendo diferença entre as variáveis analisadas (FIELD, 2011; TRIOLA, 1999).

A composição corporal foi investigada neste estudo através das medições antropométricas e exame de absorciometria de raio X de dupla energia (DXA) (GUPTA *et al.*, 2019; ROSA *et al.*, 2018). Na comparação intragrupo (tabela 3) do grupo HILIT houve redução da massa total, do TAV e houve aumento da massa magra. Corroborando o presente estudo, o trabalho das revisões sistemáticas e metanálises realizado por Bellicha *et al.* (2021) analisou 12 revisões sistemáticas com metanálise que englobaram 149 estudos avaliados, com adultos maiores de 18 anos, em situação de obesidade ou sobrepeso, que utilizaram o exercício HIIT como intervenção, sendo encontradas diferenças no TAV, com melhoria na saúde cardiometabólica. Da mesma forma, Taylor *et al.* (2020), em estudo controlado randomizado com 38 adultos realizando intervenção de HIIT e Treinamento Contínuo de Intensidade Moderada (TCIM), obtiveram resultados significativos de redução do TAV.

O estudo de Irving *et al.* (2008) investigou os efeitos da intensidade do treinamento físico de 16 semanas no TAV abdominal e na composição corporal em 27 (51 ± 9 anos) mulheres obesas com SM e relatou que o HIIT foi mais eficaz para reduzir gordura abdominal total, gordura abdominal subcutânea e TAV.

A redução do TAV foi identificada (tabela 3) nas comparações intragrupo em ambos os grupos HILIT e SIT, com diferença da média de $1.358,00 \pm 684,53$ gr para $1.251,61 \pm 653,65$ gr para o grupo HILIT e de $1.044,13 \pm 566,53$ gr para $941,60 \pm 462,42$ gr para o grupo SIT, que mostra uma redução significativa no comportamento do TAV corporal através do treinamento. Corroborando o presente estudo Khalafi *et al.* (2021) em uma revisão sistemática com metanálise, onde 10 estudos investigaram o efeito do treinamento HIIT no conteúdo de gordura do fígado em adultos com sobrepeso ou obesos com distúrbios

metabólicos, sendo observado que a diminuição do TAV está diretamente correlacionada com a diminuição do conteúdo gorduroso hepático.

Sobre os resultados do estudo da massa total, verificou-se que em ambos os grupos houve uma leve redução da diferença da média, no grupo HILIT de $84,15 \pm 15,56$ kg para $83,35 \pm 15,12$ kg e que no grupo SIT de $83,89 \pm 14,10$ Kg para $83,71 \pm 14,42$ Kg, Constatou-se que, embora as diferenças e mudanças não tenham sido estatisticamente significativas o estudo revelou uma melhora de diminuição do comportamento da massa total com o treinamento, sendo sua expressão melhor no HILIT do que no SIT. Muitos estudos corroboram o presente estudo, como a metanálise de Su *et al.* (2020) que avaliou os efeitos do HIIT e do Treinamento Contínuo de Intensidade Moderada (TCIM) em 22 artigos com um total de 620 participantes. Os resultados do HIIT mostraram em reduções para massa total, mostrando que o HIIT melhorou não somente a composição corporal, mas também o VO₂Máx e o perfil lipídico.

Em respeito a análise da massa magra (tabela 3), entendeu-se que no grupo HILIT houve um aumento que refletiu na diferença da média de $55,45 \pm 8,41$ kg para $56,04 \pm 8,43$ kg, já para o grupo SIT constatou-se um aumento da diferença da média de $57,15 \pm 7,31$ para $57,59 \pm 7,41$ kg, apontando que o comportamento da massa magra melhorou com o treinamento alcançando um dos objetivos mais frequentes em programas de exercícios voltados à saúde e à estética (VECCHIO, 2022).

Na avaliação da massa gorda, verificou-se (tabela 3) uma diminuição para ambos os grupos, no grupo HILIT de $25,74 \pm 8,81$ Kg para $24,36 \pm 8,40$ Kg, já para o grupo SIT de $23,61 \pm 8,40$ Kg para $22,94 \pm 8,11$ Kg. Isso mostra que a massa de gordura corporal reduziu com o treinamento proposto, alcançando mais um importante objetivo do estudo, sendo sua expressão significativa somente no HILIT. Importante ressaltar que os achados de redução da massa gorda (MAILLARD; PEREIRA; BOISSEAU, 2018b; WEWEGE *et al.*, 2017) e o aumento da massa magra representaram a definição de recomposição corporal advinda de um experimento de 12 semanas sem dieta (VECCHIO, 2022).

Já no estudo de metanálise de Maillard *et al.* (2018) que avaliou 39 estudos com 617 indivíduos com idade média de $38,8$ anos $\pm 14,4$, o HIIT reduziu a massa gorda total, abdominal e o TAV, sem diferenças entre os sexos. Revelaram ainda que a corrida foi eficaz na redução da massa de gordura visceral e total e que o HIIT acima de 90% da frequência cardíaca máxima foi mais bem-sucedido que em outras intensidades na redução da adiposidade corporal total.

A questão da equalização é estratégica e combina elementos de intensidade e duração

do treinamento no conceito único de carga de treinamento, que no presente estudo foi realizada através da equação de Banister, demonstrou que o TRIMP trouxe mais igualdade de esforço entre os grupos para os resultados alcançados, o que à primeira vista pode tornar mais coerente e definitivo um resultado científico (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a, 2013b; FOSTER; RODRIGUEZ-MARROYO; DE KONING, 2017b). Nesse sentido, corrobora a necessidade de isonomia entre as intervenções o estudo de revisão sistemática com metanálise de Andreato *et al.* (2019) que metanalisou 48 estudos objetivando avaliar a influência do treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) nas variáveis antropométricas de 1.222 adultos de ambos os sexos, com idade entre 18 e 65 anos, com sobrepeso ou obesidade. Este estudo apontou o HIIT ter sido eficaz na redução da massa corporal, IMC, circunferência da cintura, RCQ, percentual de gordura corporal e área de TAV, porém quando considerou os estudos com equalização do treinamento a única diferença que permaneceu foi para redução da massa corporal.

O estudo de Andreato *et al.* (2019) apresentou dados interessantes em relação as diferentes escolhas das modalidades de exercícios, mostrando que 30 estudos adotaram o ciclismo e 18 estudos escolheram a corrida/caminhada, sendo 12 em esteira, 4 em quadra poliesportiva coberta, 1 estudo executou exercício ao ar livre e 1 em quadra, onde em nenhum deles foi observada redução de TAV para estudos equalizados.

De maneira geral, os marcadores hepáticos são utilizados por serem mais baratos, pouco invasivos, de fácil gestão de processamento científico e de precisão diagnóstica moderada, dando relevante perspectiva da doença hepática, como lesão celular ou inflamação (EGUCHI *et al.*, 2020). Santos *et al.* (2023) apontaram que o exercício físico com treinamento resistido, treinamento aeróbico e intervenções HIIT favoreceram a redução dos marcadores bioquímicos (AST, ALT, GGT, ferritina, bilirrubina indireta e ALP), mostraram ainda uma redução na ALT nos grupos de exercícios.

No presente estudo utilizou-se aminotransferases ALT e AST para verificar os marcadores de lesão hepatocelular, as BIL como testes de metabolismo hepático e a ALB como teste de função sintética hepática, valendo a pena destacar que para Woreta *et al.* (2014) a comprovação do diagnóstico de doença hepática crônica deveria haver um mapeamento dos biomarcadores enzimático de no mínimo 6 meses.

O AST (tabela 5) presente em diversos órgãos como coração, rim, cérebro, no músculo e no sangue e por consequência menos específica para o fígado, havendo correlação com lesão hepática quando da elevação dos valores de referência (WORETA; ALQAHTANI, 2014). No experimento em pauta os resultados ficaram dentro dos parâmetros da normalidade,

entre 0 e 38 U/L (SCHOCH; WHITEMAN, 2007), mas nas comparações intragrupo (tabela 5) obtiveram no grupo HILIT redução da média de $25,35 \pm 7,68$ U/L para $24,26 \pm 9,15$ U/L, com nível quase estável e no grupo SIT, embora não significativa, redução mais proeminente de $26,73 \pm 13,13$ U/L para $22,00 \pm 9,89$ U/L. Tais resultados direcionam a contribuição do treinamento intervalado de alta intensidade na melhora da saúde hepática, sendo mais proeminente para o SIT do que para o HILIT.

A ALT (tabela 5) que se caracteriza como marcador mais específico do fígado se evidencia quando em situações de detecção de lesão hepática, presente no citoplasma da célula e depositado na corrente sanguínea (WORETA; ALQAHTANI, 2014), que no presente estudo obteve médias estimadas dentro dos menores valores de referência de normalidade entre 0 e 41 U/L da literatura científica (SCHOCH; WHITEMAN, 2007). Nas comparações intragrupo (tabela 5) se comportaram de maneira contrastante com aumento da diferença média no grupo HILIT de $30,83 \pm 11,87$ U/L para $31,57 \pm 14,57$ U/L e uma diminuição da média, embora não significativa no grupo SIT de $32,80 \pm 31,95$ U/L para $28,33 \pm 21,90$ U/L. O contraste do resultado direciona um comportamento favorável do ALT para o SIT e desfavorável para o HILIT.

No comportamento da ALB (tabela 5), consolida a afirmação que não houve dieta ou suplementação da ALB para o presente estudo, como um marcador de avaliação do estado nutricional importante para o organismo, a albumina sérica serve como teste da função sintética hepática. A albumina sérica tem uma longa meia-vida de cerca de 21 dias (WORETA; ALQAHTANI, 2014). Cerca de 4% são degradados por dia, e devido à sua meia-vida longa, os níveis de albumina sérica podem não ser afetados na doença hepática aguda, como hepatite viral aguda ou lesão hepática induzida por drogas (WORETA; ALQAHTANI, 2014). Na cirrose ou na doença hepática crônica, a albumina sérica baixa pode ser um sinal de doença hepática avançada. No entanto, a albumina sérica baixa não é específica para doença hepática e pode ocorrer em outras condições, como desnutrição, infecções, síndrome nefrótica ou enteropatia perdedora de proteínas (WORETA; ALQAHTANI, 2014).

Em relação a ALB, o presente estudo constatou que as médias ficaram dentro dos limites de referência entre 3,9 e 4,9 g/L, com resultados (tabela 5) que demonstram que o exercício HILIT diminuiu a média de $4,27 \pm 0,15$ g/L para $3,89 \pm 0,42$ g/L e no grupo SIT diminuiu de $4,23 \pm 0,14$ g/L para $3,94 \pm 0,41$ g/L, retratando uma diminuição dos seus valores, saindo de uma tendência de média central e se aproximando do valor inferior da referência (SCHOCH; WHITEMAN, 2007).

Para o GGT, observou-se (tabela 5) um leve aumento ou quase estabilidade no HILIT

e redução significativa ($p < 0,05$) no SIT, embora as médias tenham ficado dentro dos limites de normalidade entre 11 e 50 U/L (SCHOCH; WHITEMAN, 2007), comportamento semelhante ao ALT. O aumento da média no grupo HILIT variou de $35,35 \pm 18,09$ U/L para $35,96 \pm 15,61$ U/L, refletindo uma leve piora da saúde hepática. Em contraste, no grupo SIT houve a diminuição significativa da média de $39,67 \pm 35,73$ U/L para $31,73 \pm 23,76$ U/L, isso demonstra que o exercício na modalidade SIT produziu efeito de melhora do metabolismo hepático do GGT, com em efeitos benéficos para saúde. O aumento da GGT sérica é um indicador sensível da presença de lesão nos ductos biliares ou no fígado (WORETA; ALQAHTANI, 2014).

BT na pesquisa em discussão, permaneceu dentro dos limites de referência de 0 até 1 mg/dL (SCHOCH; WHITEMAN, 2007), com aumento (tabela 5) para ambos os grupos de forma não significativa. No grupo HILIT houve aumento da diferença das médias de $0,50 \pm 0,31$ mg/dL para $0,57 \pm 0,33$ mg/dL e no grupo SIT houve aumento da diferença das médias de $0,58 \pm 0,52$ mg/dL para $0,63 \pm 0,29$ mg/dL. Em uma análise da BT, constatado a estabilidade da BI, seu aumento diz respeito ao aumento da função da BD, para ambos os grupos, que se traduz em um aumento da função de conjugação da Bilirrubina para sua forma mais solúvel que se correlaciona com as atividades de formação da bile e função intestinal (WORETA; ALQAHTANI, 2014).

Os resultados da BI encontrados no presente estudo (tabela 5) ficaram dentro dos limites de referência entre 0 até 1 mg/dL. No grupo HILIT o valor da média não sofreu mudança permanecendo igual nos momentos pré e pós experimento com valor $0,37 \pm 0,25$ mg/dL. No grupo SIT houve diminuição da diferença das médias de $0,47 \pm 0,46$ mg/dL para $0,42 \pm 0,23$ mg/dL. A análise da BI revela estabilidade nas funções de conjugação pelo baço e fígado.

A BD, fase em que a bilirrubina é metabolizada no fígado para ficar solúvel e depois transportada para bile para funções intestinais de absorção de gordura e de outras substâncias, obteve um resultado de aumento da conjugação da bilirrubina para o processo de formação da bile, que no grupo HILIT variou de $0,13 \pm 0,07$ mg/dL para $0,20 \pm 0,10$ mg/dL e no grupo SIT de $0,11 \pm 0,09$ mg/dL para $0,20 \pm 0,08$ mg/dL que ainda dentro dos limites de normalidade estabelecido pela hepatologia (SCHOCH; WHITEMAN, 2007). Tais achados podem ser explicados por conta do aumento do stress fisiológico provocado pelo exercício no processo da hemólise acarretando um aumento da função de conjugação da Bilirrubina (WORETA; ALQAHTANI, 2014).

O estudo de Belicha *et al.* (2021) enfatizou, da mesma forma que o estudo presente, o uso do TEC na segurança cardiovascular para prescrição e início do treinamento intervalado de alta intensidade. Também na mesma direção do presente estudo e valorizando a avaliação cardiopulmonar, o estudo de Mayorga *et al.* (2016) metanalisou 123 estudos examinando a validade de critério dos testes de caminhada ou corrida baseados em distância e tempo para estimar a aptidão cardiorrespiratória entre crianças e adultos aparentemente saudáveis apontaram fortes evidências de que a aptidão cardiorrespiratória constitui um importante preditor de morbidade e mortalidade, sendo considerado um dos marcadores de saúde mais poderosos, com relevância sobre outros indicadores tradicionais, como estado de peso, pressão arterial ou nível de colesterol. Em outro olhar, Taylor *et al.* (2017) em estudo longitudinal de 12 meses com cem adultos cardiopatas corroboraram a segurança na utilização do HIIT e os resultados de melhorias no pico de VO₂ devido ao potente estímulo do exercício fornecido durante os períodos de intervalo de alta intensidade, acreditando que intensidades mais altas invocam maior adaptação aeróbica e cardiovascular do que intensidades baixas a moderadas. Não houve nenhum registro de acidente durante o TEC pré e pós realizado e todos os participantes concluíram o TEC em esteira até a exaustão, não sendo verificado nenhuma anomalia cardíaca que contraindicasse o participante.

O protocolo utilizado, testado em estudo piloto, realizou uma estimativa de VO₂ através de teste indireto com boa associação pela PSE apresentada pelos participantes do estudo. Estudos recentes direcionam para o estabelecimento de uma fase de verificação no TEC para obtenção do VO₂ verdadeiro (MURIAS; POGGIAGHI; PATERSON, 2018).

A melhora, em ambos os grupos, da distância atingida (tabela 4) no teste de capacidade aeróbia na variável VO₂ demonstra um desenvolvimento específico da modalidade corrida. Na comparação intragrupo do grupo HILIT houve aumento da diferença da média de distância alcançada no protocolo do TEC de 1321,7±415,98 m para 1424,0±417,56 m. Para o grupo SIT o aumento foi de 1491,3±378,24 m para 1607,8±376,07 m que revela que o comportamento da distância alcançada no TEC melhorou o condicionamento e performance da corrida em ambos os grupos de exercício, sendo estatisticamente significativo somente no grupo HILIT. Em estudo de metanálise que comparou as metodologias do HIIT e SIT mostraram ganhos semelhantes na aptidão cardiorrespiratória (DE OLIVEIRA-NUNES *et al.*, 2021).

A respeito dos marcadores da SM, foi observado (tabela 6) que os participantes do estudo melhoraram os seus índices da SM de CC, PA, TRIG, GLI e HDL, revelando uma importante redução do número de pessoas com SM de 39,13% (9 participantes) para 17,4%

(4 participantes) no grupo HILIT e de 6,6% (1 participante) para 0% (nenhum) no grupo SIT.

O comportamento da CC diminuiu (tabela 3) em ambos os grupos na comparação intragrupo, no grupo HILIT a média passou de $93,33 \pm 10,59$ cm para $92,55 \pm 9,84$ cm e no grupo SIT de $92,19 \pm 8,73$ cm para $91,35 \pm 8,41$ cm, sendo vista como fator importante para melhoria da saúde dos parâmetros da SM ($CC \geq 90$ cm). Nessa mesma direção, a metanálise de Wewege *et al.* (2017) mostrou que o HIIT não modificou significativamente a CC. Em consonância com nosso estudo, que teve melhora de redução nas medidas da CC além disso a redução no TAV nas comparações intragrupos, o estudo de Ross *et al.* (2020) ratificaram que a CC deve ser considerada vital para análise clínica da saúde pública e ressaltar mais ainda quando o exercício prescrito proporcionar também a diminuição do TAV. Além desse, Fortes *et al.* (2019) verificaram em um estudo transversal em 2.719 militares do Exército Brasileiro que a CC $88,9 \pm 13,9$ cm é um eficiente preditor de mudanças fisiológica da SM. A redução da CC traduz forte associação com os marcadores fisiológicos da SM (FORTES *et al.*, 2019).

O resultado do IMC (tabela 3) no presente estudo sofreu leve alteração em ambos os grupos na comparação intragrupo: no grupo HILIT a média passou de $28,46 \pm 4,25$ Kg/m² para $28,14 \pm 4,03$ Kg/m² e no grupo SIT de $27,48 \pm 3,67$ Kg/m² para $27,36 \pm 3,63$ Kg/m², sendo fator importante que contribui para melhoria da saúde. No estudo de Fortes *et al.* (2019), com foco na média do IMC $25,1 \pm 3,4$ Kg/m², provou ser bom preditor de mudança para os marcadores fisiológicos da SM. A diminuição do IMC está fortemente associada a marcadores fisiológicos de saúde.

A PAS estabeleceu-se com médias dentro dos limites de referência de 135,0 mmHg (ALBERTI *et al.*, 2009), sendo neste estudo o parâmetro mais sensível para mudança e melhoria da SM, onde sua diminuição foi observada em ambos os grupos do experimento, sendo no grupo HILIT $122,00 \pm 15,79$ mmHg para $116,00 \pm 11,52$ mmHg e no SIT $115,73 \pm 16,21$ mmHg para $112,40 \pm 11,72$ mmHg. Isso se traduz segundo Kumari *et al.* (2019) na redução da problemática da hipertensão identificada como o principal fator de risco para mortalidade e que ocupa o terceiro lugar como causa de redução de anos de vida por incapacidade, sendo também uma manifestação comum dos distúrbios metabólicos associados à resistência à insulina e hiperinsulinemia (KUMARI; KUMAR; KANT, 2019). No estudo de Fortes *et al.* (2019) verificou-se transversalmente em 2.719 militares do Exército Brasileiro que a média da PAS $120,3 \pm 10,1$ foi quantitativamente semelhante às médias encontradas neste estudo.

Da PAD constatou-se que as médias ficaram dentro dos limites de referência de 85,0 mmHg (ALBERTI *et al.*, 2009), mas sofreu leve aumento nas comparações intragrupo para o

grupo HILIT $78,35 \pm 10,73$ mmHg para $78,87 \pm 9,66$ mmHg e uma diminuição no SIT de $70,40 \pm 7,53$ mmHg para $67,47 \pm 7,07$ mmHg. Fortes *et al.* (2019) verificaram que PAD $77,2 \pm 8,8$, médias semelhantes às encontradas no grupo HILIT.

Na análise do TRIG (tabela 5) constata-se que as médias ficaram dentro dos limites de referência abaixo de 150 mg/dL (ALBERTI *et al.*, 2009) e que no grupo HILIT houve diminuição da diferença da média de $135,96 \pm 74,91$ mg/dL para $126,30 \pm 87,60$ mg/dL e no grupo SIT houve aumento da diferença da média de $95,73 \pm 30,61$ mg/dL para $98,13 \pm 51,76$ mg/dL, mostrando que o comportamento do TRIG melhorou no grupo HILIT e piorou no grupo SIT. Tais achados apontam que para esse marcador o HILIT é o melhor método com resultados favoráveis a saúde dos participantes, que segundo Kumari *et al.* (2019) reduz o risco cardiovascular pela redução dos TRIG na corrente sanguínea. Para Fortes *et al.* (2019), onde registraram um TRIG $92,0 \pm 57,4$, observou-se uma média bem mais baixa que às encontradas no presente estudo.

No comportamento da GLI (tabela 5) constata-se que as médias ficaram abaixo do limite de referência de 100 mg/dL (ALBERTI *et al.*, 2009) e que a redução desse marcador em ambos os grupos foi significativa e fundamental, juntamente com a PA, para redução dos parâmetros da SM. No grupo HILIT houve redução da diferença da média de $99,52 \pm 15,71$ mg/dL para $95,00 \pm 17,54$ mg/dL e no grupo SIT a redução foi de $94,00 \pm 8,12$ mg/dL para $88,20 \pm 6,43$ mg/dL. Em estudo longitudinal de 2 semanas, com 54 homens adultos de idade entre 40 e 55 anos, Honkala *et al.* (2020) corroboram ao nosso estudo, verificando que o treinamento intervalado de alta intensidade melhorou a absorção de glicose estimulada pela insulina no tecido adiposo visceral de forma mais eficiente do que o MICT. Para Fortes *et al.* (2019) que em sua análise transversal de 2.719 militares do Exército Brasileiro obteve o GLI $88,9 \pm 13,9$, tem-se uma média semelhante ao período pós-intervenção do grupo SIT deste estudo.

O HDL, colesterol do bem, foi um outro fator da SM que melhorou em ambos os grupos (tabela 5) com as médias ficando acima do valor de referência de 40 mg/dL (homens) (ALBERTI *et al.*, 2009). Para o grupo HILIT o aumento da diferença da média de $51,43 \pm 8,40$ mg/dL para $53,87 \pm 11,67$ mg/dL e para o grupo SIT o aumento da diferença da média foi de $52,60 \pm 8,02$ mg/dL para $54,07 \pm 9,32$ mg/dL, o que revela que o treinamento intervalado de alta intensidade, em ambos os métodos utilizados, trazem melhorias a saúde e redução de risco cardiovascular. No estudo de Fortes *et al.* (2019), o HDL foi de $47,0 \pm 13,1$ mg/dL, média acima da normalidade, porém bem mais baixa que as encontradas neste estudo.

A escolha do longitudinal de 12 semanas na modalidade corrida foi apontada como

relevante pelo estudo de Campbell *et al.* (2019) para avaliação da magnitude e a sustentabilidade de mudanças clinicamente importantes em alguns resultados de saúde fisiológicos, morfológicos e cardiometabólicos em intervenção de HIIT. No estudo metanalisado de Vissers *et al.* (2013) verificou-se em 15 artigos o efeito geral do exercício no tecido adiposo visceral em diferentes regimes de exercícios, sem restrição calórica, no tecido adiposo visceral de pessoas obesas, onde os resultados sugeriram que o tamanho do efeito não aumenta ao prolongar o período de intervenção para além de 12 semanas. O estudo longitudinal de Okauchi *et al.* (2007), que avaliou 2.336 homens japoneses com idade 48.0 ± 10.5 anos ratifica a importância de um experimento mais longo, obtendo em 1 ano, uma redução do TAV que foi associada a diminuição significativa no número de fatores de risco metabólicos, com uma diminuição de $0,30 \text{ cm}^2$ de gordura visceral.

O presente estudo proporcionou o preenchimento de uma lacuna importante da literatura científica ao realizamos a intervenção ao ar livre (GRIPP *et al.*, 2020), pois a maioria dos estudos segundo Andreato *et al.* (2019) que verificou a influência do HIIT sobre as variáveis antropométricas de adultos com sobrepeso ou obesidade, avaliando 48 estudos com 1.222 pessoas, mostrou que em relação a modalidade HIIT houveram cerca de 30 estudos que adotaram ciclismo ergométrico, 18 que adotaram corrida ou caminhada, sendo 12 em esteira, 3 em quadra poliesportiva coberta, 1 em quadra e 1 único estudo ao ar livre.

Segundo Foster *et al.* (2017), o uso de tecnologia para monitoramento da carga contribui para a segurança na execução do treinamento dos participantes do experimento e controle de variáveis importantes do treinamento. Durante as sessões de treinamento do presente estudo, com participantes não sedentários avaliados como sobrepesados, utilizaram-se do software *First Beat* que contribuiu durante a execução dos treinamentos para o ajuste da carga e verificação das zonas alvo do HILIT e do SIT, tendo sido observado que o acompanhamento do SIT é mais complexo pela resposta tardia da frequência cardíaca registrada nos aparelhos e a dificuldade de monitoramento de esforços máximos ou submáximos de sprints (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a, 2013b; FOSTER; RODRIGUEZ-MARROYO; DE KONING, 2017b).

A pesquisa em discussão referente ao grupo SIT obteve bons resultados, porém seus achados podem ter sido influenciados pela perda amostral de 9 participantes, cerca de 37,5% de morte amostral. Foram 3 perdas amostrais por motivo de saúde, onde somente 1 decorrente de lesão no posterior de coxa no 1º treinamento e 6 por motivos administrativos de transferência para outro quartel do Exército.

Sobre perda amostral, no que diz respeito a desistência do método HIIT, o estudo de

Reljic *et al.* (2019) mostrou dados de cinquenta e cinco estudos que relataram resultados de 67 intervenções de HIIT com 1.318 participantes, onde a taxa de desistência em todas as intervenções foi de 17,6%. Interessante que as taxas de abandono foram significativamente menores em intervenções baseadas no ciclismo em comparação com estudos usando corrida/caminhada como modalidade de exercício e previram maior desistência as intervenções com maior tempo de sessão, maior tempo de esforço/semana e tempo total de esforço/intervenção (RELJIC *et al.*, 2019).

Estudos indicam um melhor aproveitamento do SIT quando o indivíduo possui um perfil de qualidades físicas mais voltados para a explosão do que para o Endurance (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a, 2013b).

O intervalo ativo a 50% FCM_{máx} entre os tiros de intervalado de alta intensidade foi utilizado como aspecto comum para ambos os grupos HILIT e SIT. Mello *et al.* (2022) verificaram em estudo experimental com 15 homens militares do Exército Brasileiro com excelente condicionamento físico, a contribuição do intervalo ativo como uma escolha capaz de promover menor dano muscular e que para o estudo presente constatou-se uma melhora do VO₂ e também uma boa adaptação dos participantes aos métodos HILIT e SIT. Os estudos de Germano *et al.* (2022) corroboram os intervalos de recuperação ativa que apresentam maior potencial para alcançar e permanecer em um percentual elevado de $\dot{V}O_{2Máx}$ e FCM_{máx}. Em contraponto, outros estudos têm sugerido que o intervalo de recuperação passiva pode induzir maior VO₂ (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013a).

No contexto da escolha do método do SIT, verifica-se que o sprint e o ganho de capacidade aeróbia foram ganhos importantes desse estudo com excelente potencial para ser desenvolvido, se estratificado dentro das faixas de idade de interesse, e para ambos os sexos, que espelham uma tendência (HARMAN *et al.*, 2008) além disso, também possuem engajamento e aplicabilidade nos esportes coletivos como o futebol e outros (BISHOP; GIRARD; MENDEZ-VILLANUEVA, 2011).

Na comparação entre os métodos propostos, HILIT e SIT, o presente estudo aponta melhor resultado para o HILIT. Na mesma direção, Rosenblat *et al.* (2020), em uma metanálise, revisaram sistematicamente seis estudos randomizados, com adultos entre 18 e 45 anos moderadamente treinados, determinando qual modo de treinamento intervalado, HIIT versus SIT, mostrou o HILIT como uma forma ideal de treinamento intervalado para melhorar o desempenho.

No aspecto da melhora da SM, nos exames e testes realizados no início do experimento, foram detectados 9 pessoas com SM no grupo HILIT e 1 participante no grupo

SIT. Na avaliação pós experimento reduziram para quatro participantes no grupo HILIT e para zero indivíduos com SM no grupo SIT, mostrando que o exercício intervalado de alta intensidade, objetivo do estudo, embora não mostrando diferenças significativa ($p < 0,05$) trouxe melhoria para a saúde dos participantes dos grupos experimentais HILIT e SIT. Um olhar para o grupo em percentuais revela uma melhora de 39.1% para 17,4 % e de 6,6% das pessoas com SM no pós experimento, refletindo em melhoria da saúde, onde o fator que mais contribuiu para a descaracterização da SM foi a redução da PAS e a GLI.

Como pontos fortes do presente estudo pode-se destacar, a prescrição do exercício a partir de teste de esforço cardíaco assistido por cardiologista, a utilização da equalização do experimento, a padronização do aquecimento, o uso de exercícios calistênicos e a fase de relaxamento proposta comum para ambos os grupos e na mesma sessão de treinamento.

Em relação a comparação intergrupo advindo do exercício a discussão revela que houve melhora em importantes parâmetros da SM, da saúde hepática e da capacidade aeróbia. Entretanto, houve limitações no estudo que devem ser levados em consideração, como a impossibilidade de controle da variável alimentação e a utilização do TEC de rampa que embora tenha sido idealizado e testado como segundo protocolo de fase única progressiva de rampa, por restrição logística de operacionalizar uma nova coleta com os voluntários, foi efetivado o protocolo escalonado, ficando o segundo protocolo registrado e já testado para estudos futuros. Ainda sobre o TEC, estudos futuros poderão estabelecer uma fase de verificação para obtenção do VO₂ verdadeiro, que também não fez parte desse estudo por circunstâncias logísticas para viabilizar os testes para a amostra do experimento e de material ergoespirométrico.

CONCLUSÃO

Os resultados aplicados dos métodos HILIT e SIT mostraram uma redução do número de pessoas com SM de nove pessoas ($n=23$) que representavam 39.1% do grupo HILIT para um resultado de quatro pessoas com SM que representa um novo percentual de 17,4 % ($n=23$), já no grupo SIT inicialmente com um portador da doença SM significava 6,6% ($n=15$) para nenhum caso de portador de SM.

No método SIT constatou-se a melhoria significativa intragrupo ($p < 0,05$) nos parâmetros de TAV, GLIC, ALB, BD, GGT e distância percorrida. Houve diferença significativa na comparação intergrupo somente para Pressão Arterial Diastólica.

A escolha do método HILIT proporcionou a melhoria significativa intragrupo ($p < 0,05$) da saúde hepática, da composição corporal e da capacidade aeróbica nos parâmetros

importantes para a saúde de massa gorda, massa magra, IMC, TAV, GLIC, ALB, BD, distância percorrida e VO₂. O HILIT promoveu um importante resultado de recomposição corporal refletindo em possibilidade aplicada para mudança de estilo de vida da sociedade. Para o presente estudo e nas condições que foi desenvolvido, o HILIT mostrou-se mais eficiente do que o SIT. O estudo tem aplicabilidade para a sociedade em geral, especificamente para população militar e adultos não sedentários.

Recomenda-se futuros estudos que envolvam a utilização de instrumento de imagem hepática de forma não invasiva com padrão ouro, tal como a elastografia. Isso traria melhor qualidade no dimensionamento e verificação da saúde hepática pós experimento, podendo ser um passo importante para a ciência do exercício físico e, conseqüentemente, para a sociedade. Seria interessante ainda, estudos que envolvessem o HILIT e o SIT, a SM e a saúde hepática correlacionados com o comportamento do ciclo circadiano, com a epigenética e com as exercinas.

Nosso estudo contribui para aplicabilidade e entendimento dos treinamentos HILIT e SIT na população brasileira, com possibilidade prática de melhoria na conscientização da saúde do fígado e no controle da SM e conseqüente economia de gastos hospitalares futuros. Pode-se ainda obter resultados positivos diretos para os participantes da pesquisa e trazer à tona um novo direcionamento para a prescrição de exercícios voltados a prevenção da SM e da DHGMA.

REFERÊNCIAS

ALBERTI, K. G. M. M.; Eckel, R. H.; Grundy, S. M.; Zimmet, P. Z.; Cleeman, J. I.; Donato, K. A.; Fruchart, J. C.; James, W. P. T.; Loria, C. M.; Smith, S. C. Harmonizing the metabolic syndrome: A joint interim statement of the international diabetes federation task force on epidemiology and prevention; National heart, lung, and blood institute; American heart association; World heart federation; International. **Circulation**, v. 120, n. 16, p. 1640–1645, 2009.

AMARO-GAHETE, F. J.; DE-LA-O, A.; JURADO-FASOLI, L.; RUIZ, J. R. CASTILLO, M. J.; GUTIÉRREZ, Á. Effects of different exercise training programs on body composition: A randomized control trial. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 29, n. 7, p. 968–979, 2019.

ANDREATO, L. V.; ESTEVES, J. V.; COIMBRA, D. R.; MORAES, A. J. P.; CARVALHO, T. The influence of high- intensity interval training on anthropometric variables of adults with overweight or obesity: a systematic review and network meta- analysis. **Obesity Reviews**, v. 20, n. 1, p. 142–155, jan. 2019.

BALADY, G. J.; ARENA, R.; SIETSEMA, K.; MYERS, J.; COKE, L.; FLETCHER, G. F.; FORMAN, D.; FRANKLIN, B.; GUAZZI, M.; GULATI, M.; KETHEYIAN, S. J.; LAVIE, C. J.; MACKO, R.; MANCINI, D.; MILANI, R. V. Clinician’s guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: A scientific statement from the American heart association. **Circulation**, v. 122, n. 2, p. 191–225, 2010.

BECK, T. W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 8, p. 2323–2337, 2013.

BELLIHA, A.; VAN BAAK, M. A.; BATTISTA, F.; BEAULIEU, K.; BLUNDELL, J. E.; BUSETTO, L.; CARRAÇA, E. V.; DICKER, D.; ENCANTADO, J.; ERMOLAO, A.; FARPOUR-LAMBERT, N.; PRAMONO, A.; WOODWARD, E.; OPPERT, J. M. Effect of exercise training on weight loss, body composition changes, and weight maintenance in adults with overweight or obesity: An overview of 12 systematic reviews and 149 studies. **Obesity Reviews**, 22(S4), p. 1-13, 2021.

BEN ABDERRAHMAN, A.; ZOUHAL, H.; CHAMARI, K.; THEVENET, D.; DE MULLENHEIM, P. Y.; GASTINGER, S.; TABKA, Z.; PRIOUX, J. Effects of recovery mode (active vs. passive) on performance during a short high-intensity interval training

program: A longitudinal study. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 6, p. 1373–1383, jun. 2013.

BENTLEY, D. J.; NEWELL, J.; BISHOP, D. Incremental exercise test design and analysis: Implications for performance diagnostics in endurance athletes. **Sports Medicine**, v. 37, n. 7, p. 575–586, 2007.

BISHOP, D.; GIRARD, O.; MENDEZ-VILLANUEVA, A. Repeated-sprint ability part II: Recommendations for training. **Sports Medicine**, v. 41, n. 9, p. 741–756, 2011.

BLÜHER, M. Obesity: global epidemiology and pathogenesis. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 15, n. 5, p. 288–298, 27 maio. 2019.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 43, n. 5, p. 313–338, maio 2013a.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 43, n. 10, p. 927–954, out. 2013b.

CAMPBELL, W. W.; KRAUS, W. E.; POWELL, K. E.; HASKELL, W. L.; JANZ, K. F.; JAKICIC, J. M.; TROIANO, R. P.; SPROW, K.; TORRES, A.; PIERCY, K. L.; BARTLETT, D. B. High-Intensity Interval Training for Cardiometabolic Disease Prevention. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 51, n. 6, p. 1220–1226, jun. 2019.

CARYN CARSON; LAWSON, H. A. The Epigenetics of Metabolic Syndrome. **Physiological genomics**, v. 6, n. 1, p. 1–8, 2018.

CHALASANI, N.; YOUNOSSI, Z.; LAVINE, J. E.; DIEHL, A. M.; BRUNT, E. M.; CUSI, K.; CHARLTON, M.; SANYAL, A. J. The diagnosis and management of non-alcoholic fatty liver disease: Practice Guideline by the American Association for the Study of Liver Diseases, American College of Gastroenterology, and the American Gastroenterological Association. **Hepatology**, v. 55, n. 6, p. 2005–2023, 2012.

CHALASANI, N.; YOUNOSSI, Z.; LAVINE, J. E.; CHARLTON, M.; CUSI, K.; RINELLA, M.; HARRISON, S. A.; BRUNT, E. M.; SANYAL, A. J. The diagnosis and management of nonalcoholic fatty liver disease: Practice guidance from the American Association for the Study of Liver Diseases. **Hepatology**, v. 67, n. 1, p. 328–357, jan. 2018.

CRESS, M.; PORCARI, J.; FOSTER, C. Health & Fitness A to Z. **ACSM's Health and Fitness Journal**, v. 19, n. 6, p. 3–6, 2015.

DE OLIVEIRA-NUNES, S. G.; CASTRO, A.; SARDELI, A. V.; CAVAGLIERI, C. R.; CHACON-MIKAHIL, M. P. T. HIIT vs. SIT: What is the better to improve VO2 max? a systematic review and meta-analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 24, p. 7–9, 2021.

EGUCHI, Y.; WONG, G.; AKHTAR, O.; SUMIDA, Y. Non-invasive diagnosis of non-alcoholic steatohepatitis and advanced fibrosis in Japan: A targeted literature review. **Hepatology Research**, v. 50, n. 6, p. 645–655, 2020.

ESLAM, M.; NEWSOME, P. N.; SARIN, S. K.; ANSTEE, Q. M.; TARGHER, G.; ROMERO-GOMEZ, M.; ZELBER-SAGI, S.; WAI-SUN WONG, V.; DUFOUR, J. F.; SCHATTENBERG, J. M.; KAWAGUCHI, T.; ARRESE, M.; VALENTI, L.; SHIHA, G.; TIRIBELLI, C.; YKI-JÄRVINEN, H.; FAN, J. G.; GRØNBÆK, H.; YILMAZ, Y.; CORTEZ-PINTO, H.; OLIVEIRA, C.P.; BEDOSSA, P.; ADAMS, L. A.; ZHENG, M. H.; FOUAD, Y.; CHAN, W. K.; MENDEZ-SANCHEZ, N.; AHN, S. H.; CASTERA, L.; BUGIANESI, E.; RATZIU, V.; GEORGE, J. A new definition for metabolic dysfunction-associated fatty liver disease: An international expert consensus statement. **Journal of Hepatology**, v. 73, n. 1, p. 202–209, 2020.

ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO. Manual de Campanha Treinamento Físico Militar. v. EB70-MC-10, n. 5^a Edição, p. 293, 2021.

FERNANDES FRANÇA, E.; MONTEIRO MACEDO, M.; REGINA DE FRANÇA, T.; FIGUEIREDO COSSOTE, D.; GONÇALVES, L.; CAMPOS DOS SANTOS, P. A.; MIYAKE, G. M. Triagem de saúde para participação nos programas de Exercício Físico pós-pandemia de COVID-19: Uma ação necessária e emergente ao Profissional de Educação Física. **InterAmerican Journal of Medicine and Health**, v. 3, p. 3–6, 26 jul. 2020.

FIELD, A. **Descobrimo a estatística usando o SPSS**. 2009. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, 2011.

FORTES, M. S. R.; ROSA, S. E.; COUTINHO, W.; NEVES, E. B. Epidemiological study of metabolic syndrome in Brazilian soldiers. **Archives of Endocrinology and Metabolism**, v. 63, n. 4, p. 345–350, 18 mar. 2019.

FOSTER, C.; RODRIGUEZ-MARROYO, J. A.; DE KONING, J. J. “Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future”. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. 2, p. 24, 2017a.

FOSTER, C.; RODRIGUEZ-MARROYO, J. A.; DE KONING, J. J. Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. **International journal of sports physiology and performance**, v. 12, n. Suppl 2, p. S22–S28, abr. 2017b.

FRADKIN, A. J.; ZAZRYN, T. R.; SMOLIGA, J. M. Effects of Warming-up on Physical Performance: A Systematic Review With Meta-analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 1, p. 140–148, jan. 2010.

FRANZ, F. ERDFELDER, E.; LANG, A. B. A. G * Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior Research Methods**, v. 39, n. 2, p. 175–191, 2007.

GERHARDT, E. T. S. T.; DENISE. **MÉTODOS DE PESQUISA**. 1ª Edição ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

GERMANO, M. D. SINDORF, M. A. G.; CRISP, A. H.; BRAZ, T. V.; BRIGATTO, F. A.; NUNES, A. G.; VERLENGIA, R.; MORENO, M. A.; AOKI, M. S.; LOPES, C. R. 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.

GRIPP, F. *et al.* HIIT is superior than MICT on cardiometabolic health during training and detraining. **European journal of applied physiology**, 2020.

GRUNDY, S. M.; BREWER, H. B.; CLEEMAN, J. I.; SMITH, S. C.; LENFANT, C. Definition of Metabolic Syndrome: Report of the National Heart, Lung, and Blood Institute/American Heart Association Conference on Scientific Issues Related to Definition. **Circulation**, v. 109, n. 3, p. 433–438, 2004.

GUPTA, P.; LANCA, C.; GAN, A.T. L.; SOH, P.; THAKUR, S.; TAO, Y.; KUMARI, N.; MAN, R. E. K.; FENWICK, E. K.; LAMOUREUX, E. L. The Association between Body Composition using Dual energy X-ray Absorptiometry and Type-2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational studies. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 12634, 2 set. 2019.

HARMAN, E. A.; GUTEKUNST, D. J.; FRYKMAN, P. N.; NINDL, B. C.; ALEMANY, J. A.; MELLO, R. P.; SHARP, M. A. Effects of two different eight-week training programs on military physical performance. **Journal of strength and conditioning research**, v. 22, n. 2, p. 524–34, mar. 2008.

HAYES, P. R.; QUINN, M. D. A mathematical model for quantifying training. **European journal of applied physiology**, v. 106, n. 6, p. 839–847, ago. 2009.

HONKALA, S. M.; MOTIANI, P.; KIVELÄ, R.; HEMANTHAKUMAR, K. A.; TOLVANEN, E.; MOTIANI, K. K.; ESKELINEN, J.; VIRTANEN, K. A.; KEMPPAINEN, J.; HEISKANEN, M. A.; LÖYTTYNIEMI, E.; NUUTILA, P.; KALLIOKOSKI, K. K.; HANNUKAINEN, J. C. Exercise training improves adipose tissue metabolism and vasculature regardless of baseline glucose tolerance and sex. **BMJ Open Diabetes Research & Care**, v. 8, n. 1, p. e000830, 17 ago. 2020.

IRVING, B. A.; DAVIS, C. K.; BROCK, D. W.; WELTMAN, J. Y.; SWIFT, D.; BARRETT, E. J.; GAESSER, G. A.; WELTMAN, A. EFFECT of exercise training intensity on abdominal visceral fat and body composition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 11, p. 1863–1872, 2008.

KHALAFI, M.; SYMONDS, M. E. The impact of high-intensity interval training on liver fat content in overweight or obese adults: A meta-analysis. **Physiology & behavior**, v. 236, p. 113416, jul. 2021.

KUMARI, R.; KUMAR, S.; KANT, R. An update on metabolic syndrome: Metabolic risk markers and adipokines in the development of metabolic syndrome. **Diabetes and Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews**, v. 13, n. 4, p. 2409–2417, 2019.

LE JEMTEL, T. H.; SAMSON, R.; MILLIGAN, G.; JAISWAL, A.; OPARIL, S. Visceral Adipose Tissue Accumulation and Residual Cardiovascular Risk. **Current Hypertension Reports**, v. 20, n. 9, 2018.

LIMA, L.; BRANDÃO, J. B. P. C.; LINHARES, D. G.; OLIVEIRA, A.B. S.; CORDEIRO, L. S.; BORBA-PINHEIRO, C. J.; VALE, R. G.S. Effects of Physical Exercise on Hepatic Biomarkers in Adult Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Retos**, v. 49, n. 1988–2041, p. 762–774, 2023.

LIU, J.; Mu, C.; LI, K.; LUO, H.; LIU, Y.; LI, Z. ESTIMATING Global Prevalence of Metabolic Dysfunction-Associated Fatty Liver Disease in Overweight or Obese Children and

Adolescents: Systematic Review and Meta-Analysis. **International Journal of Public Health**, v. 66, n. October, p. 1–9, 2021.

LIU, J.; AYADA, I.; ZHANG, X.; WANG, L.; LI, Y.; WEN, T.; MA, Z.; BRUNO, M. J.; DE KNEGT, R. J.; CAO, W.; PEPPELENBOSCH, M. P.; GHANBARI, M.; LI, Z.; PAN, Q. ESTIMATING Global Prevalence of Metabolic Dysfunction-Associated Fatty Liver Disease in Overweight or Obese Adults. **Clinical Gastroenterology and Hepatology**, v. 20, n. 3, p. e573–e582, 2022.

MADDEN, A. M.; SMITH, S. Body composition and morphological assessment of nutritional status in adults: A review of anthropometric variables. **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, v. 29, n. 1, p. 7–25, 2016.

MAILLARD, F.; PEREIRA, B.; BOISSEAU, N. Effect of High-Intensity Interval Training on Total, Abdominal and Visceral Fat Mass: A Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 48, n. 2, p. 269–288, 2018a.

MAILLARD, F.; PEREIRA, B.; BOISSEAU, N. Effect of High-Intensity Interval Training on Total, Abdominal and Visceral Fat Mass: A Meta-Analysis. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 48, n. 2, p. 269–288, 2018b.

MAYORGA-VEGA, D. BOCANEGRA-PARRILLA, R.; ORNELAS, M.; VICIANA, J. Criterion-related validity of the distance- and time-based walk/run field tests for estimating cardiorespiratory fitness: A systematic review and meta-analysis. **PLoS ONE**, v. 11, n. 3, p. e0151671, 2016.

MELLO, D.; DIAS S. T.; AMARAL F. S.; LUCIO, S. J. M.; ALVES, F. F.; ANTONIO, B. S. M.; DIAS, P. M.; ROSA, A. G.; GOMES. S. V. R. Effect of running High-Intensity Interval Training type of recovery on muscle injury and oxidative stress markers. **Brazilian Magazine of prescription and exercise physiology**, v. 16, n. 104, p. 396–404, 2022.

MURIAS, J. M.; POGLIAGHI, S.; PATERSON, D. H. Measurement of a true $\dot{V}O_{2\max}$ during a ramp incremental test is not confirmed by a verification phase. **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. p. 1–8, fev. 2018.

OKAUCHI, Y.; NISHIZAWA, H.; FUNAHASHI, T.; OGAWA, T.; NOGUCHI, M.; RYO, M.; KIHARA, S.; IWAHASHI, H.; YAMAGATA, K.; NAKAMURA, T.; SHIMOMURA, I.; MATSUZAWA, Y. Reduction of Visceral Fat Is Associated With Decrease in the Number of

Metabolic Risk Factors in Japanese Men. **Diabetes Care**, v. 30, n. 9, p. 2392–2394, 1 set. 2007.

OLIVEIRA, L. V. A.; DOS SANTOS, B. N. S.; MACHADO, Í. E.; MALTA, D. C.; VELASQUEZ-MELENDEZ, G.; FELISBINO-MENDES, M. S. Prevalence of the metabolic syndrome and its components in the Brazilian adult population. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 11, p. 4269–4280, 2020.

PARMAR, A.; JONES, T. W.; HAYES, P. R. The dose-response relationship between interval-training and VO₂max in well-trained endurance runners: A systematic review. **Journal of Sports Sciences**, v. 39, n. 12, p. 1410–1427, 18 jun. 2021.

PROBST, Y.; ZAMMIT, G. Predictors for Reporting of Dietary Assessment Methods in Food-based Randomized Controlled Trials over a Ten-year Period. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 12, p. 2069–2090, 2016.

RAMOS-FILHO, D. *et al.* High-Intensity Interval Training (HIIT) Induces Specific Changes in Respiration and Electron Leakage in the Mitochondria of Different Rat Skeletal Muscles. **PloS one**, v. 10, n. 6, p. e0131766, 2015.

RECH, C. R.; FERREIRA, A. A.; CORDEIRO, B. A.; VASCONCELOS, F. A. G.; PETROSKI, E. L. Body composition estimates using dual-energy X-ray Absorptiometry. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 15, n. 4, p. 87–98, 2007.

RELJIC, D. LAMPE, D.; WOLF, F.; ZOPF, Y.; HERRMANN, H. J.; FISCHER, J. Prevalence and predictors of dropout from high- intensity interval training in sedentary individuals: A meta- analysis. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 29, n. 9, p. 1288–1304, 23 set. 2019.

ROSA, S. E. D.; LIPPERT, M. A.; MARSON, R. A.; FORTES, M. S. R.; RODRIGUES, L. C.; FILHO, J. F. Physical performance, body composition and metabolic syndrome in military personnel from the Brazilian army. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 24, n. 6, p. 422–425, 2018.

ROSENBLAT, M. A.; PERROTTA, A. S.; THOMAS, S. G. Effect of High-Intensity Interval Training Versus Sprint Interval Training on Time-Trial Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 50, n. 6, p. 1145–1161, jun. 2020.

ROSS, R.; NEELAND, I. J.; YAMASHITA, S.; SHAI, I.; SEIDELL, J.; MAGNI, P.; SANTOS, R. D. ARSENAULT, B.; CUEVAS, A.; HU, F. B.; GRIFFIN, B. A.; ZAMBON,

A. BARTER, P.; FRUCHART, J. C.; ECKEL, R. H.; MATSUZAWA, Y.; DESPRÉS, J. P. Waist circumference as a vital sign in clinical practice: a Consensus Statement from the IAS and ICCR Working Group on Visceral Obesity. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 16, n. 3, p. 177–189, 2020.

SCHOCH, L.; WHITEMAN, K. Monitoring liver function. **Nursing**, p. 22–23, 2007.

SŁOMKO, J.; ZALEWSKA, M.; NIEMIRO, W.; KUJAWSKI, S.; SŁUPSKI, M.; JANUSZKO-GIERGIELEWICZ, B.; ZAWADKA-KUNIKOWSKA, M.; NEWTON, J.; HODGES, L.; KUBICA, J.; ZALEWSKI, P. Evidence-Based Aerobic Exercise Training in Metabolic-Associated Fatty Liver Disease: Systematic Review with Meta-Analysis. **Journal of clinical medicine**, v. 10, n. 8, 2021.

SU, L.; FU, J.; SUN, S.; ZHAO, G.; CHENG, W.; DOU, C.; QUAN, M. Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. **PloS one**, v. 14, n. 1, p. e0210644, 2019.

TAYLOR, J. *et al.* Study protocol for the FITR Heart Study: Feasibility, safety, adherence, and efficacy of high intensity interval training in a hospital-initiated rehabilitation program for coronary heart disease. **Contemporary Clinical Trials Communications**, v. 8, p. 181–191, dez. 2017.

TAYLOR, J. L.; HOLLAND, D. J.; MIELKE, G. I.; BAILEY, T. G.; JOHNSON, N. A.; LEVERITT, M. D.; GOMERSALL, S. R.; ROWLANDS, A. V.; COOMBES, J. S.; KEATING, S. E. Effect of High- Intensity Interval Training on Visceral and Liver Fat in Cardiac Rehabilitation: A Randomized Controlled Trial. **Obesity**, v. 28, n. 7, p. 1245–1253, 31 jul. 2020.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

TRIOLA, M. F. **Introdução a Estatística**. 7^a Edição ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

VALENTE, R. **Pentágono A**. Disponível em: <<http://www.ipcfex.eb.mil.br/app-cross-operacional/8-assuntos/251-metodo-pentagonos>>. Acesso em: 12 nov. 2022.

VECCHIO, F. B. DEL. Body Recomposition: would it be possible to induce fat loss and muscle hypertrophy at the same time? **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 24, p. 4–9, 2022.

VISSERS, D.; HENS, W.; TAEYMANS, J.; BAEYENS, J. P.; POORTMANS, J.; VAN GAAL, L. The Effect of Exercise on Visceral Adipose Tissue in Overweight Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. **PloS one**, v. 8, n. 2, p. e56415, 2013.

WEWEGE, M.; VAN DEN BERG, R.; WARD, R. E.; KEECH, A. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. **Obesity Reviews**, v. 18, n. 6, p. 635–646, 2017.

WORETA, T. A.; ALQAHTANI, S. A. Evaluation of Abnormal Liver Tests. **Medical Clinics of North America**, v. 98, n. 1, p. 1–16, jan. 2014.

CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO

A partir da revisão sistemática realizada, através dos resultados encontrados no capítulo I, foi possível compreender melhor as variáveis bioquímicas hepáticas no exercício. Os estudos incluídos nessa revisão sistemática tiveram como objetivo analisar os efeitos do exercício físico nos biomarcadores hepáticos em indivíduos adultos: uma revisão sistemática e metanálise, onde verificou-se que o exercício físico com treinamento resistido, treinamento aeróbico e intervenções HIIT favorecem a redução dos marcadores bioquímicos.

A ciência se mantém na busca constante da evolução dos aparelhos e equipamentos que detectem anomalias hepáticas, havendo um movimento natural para descoberta de métodos menos invasivos e de alta validação científica-clínica.

Destaca-se a utilização do teste de esforço cardíaco para segurança na prescrição dos exercícios aos participantes não sedentários, o que deve ser mais relevante para o caso de participantes sedentários.

Ressalta-se a relevância da utilização da equalização do treinamento para estudos controlados randomizados que não utilizem o grupo controle em sua metodologia, provocando mais isonomia entre diferentes métodos de treinamento.

Um outro aspecto interessante a ser considerado foi a padronização do aquecimento, exercícios calistênicos e alongamento em todas as sessões e para ambos os grupos de treinamento do experimento que além de terem preparado os participantes para a sessão específica de alta intensidade, refletiu na inexistência de problemas administrativos e laborais do Exército Brasileiro. Dessa forma a realização do aquecimento e dos exercícios calistênicos ajudaram a suprir a demanda de rotina obrigatória das tarefas físicas militares, que em análise, também dificultaria a utilização de grupo controle para essa população.

Ressalta-se a dificuldade prática da execução do intervalo ativo a 50% FCM_{max} entre os tiros de intervalado de alta intensidade, que foi utilizado como aspecto comum para ambos os grupos HILIT e SIT. Embora o intervalo ativo foi realizado com sucesso, cabe ressaltar que foi implementado e desenhado após estudo piloto, só sendo possível pelo acompanhamento metódico das sessões de treinamento por profissional de educação física, bem como pela realização de sessão de treinamento escola inicial conduzido para retirar dúvidas dos participantes. Por último, foi importante estabelecermos as duas primeiras semanas de treinamento como adaptativas ao treinamento intervalado de alta intensidade com volume de tiros executados pela metade (50%) do volume teoricamente calculado.

Os métodos de intervenção escolhidos, *High-Intensity Long Interval Training* (HILIT) e o *Sprint Interval Training* (SIT) atenderam bem as prescrições equalizadas pelo TRIMP na modalidade corrida ao ar livre em pista de atletismo, bem como no aspecto segurança na prescrição da intervenção.

Na análise dos efeitos do método SIT constatou-se a melhoria significativa intragrupo ($p < 0.05$) nos parâmetros de TAV, GLIC, ALB, BD, GGT e distância percorrida.

Na análise do método HILIT proporcionou a melhoria significativa intragrupo ($p < 0.05$) da saúde hepática, da composição corporal e da capacidade aeróbica nos parâmetros importantes para a saúde de massa gorda, massa magra, IMC, TAV, GLIC, ALB, BD, distância percorrida e VO₂. Para o presente estudo e nas condições que foi desenvolvido, o HILIT mostrou-se mais eficiente do que o SIT. O experimento demonstrou ter aplicabilidade para a sociedade em geral, especificamente para população militar e adultos não sedentários.

Ainda sobre o artigo experimental, o resultado da composição corporal através do treinamento intervalado de alta intensidade evidenciou o fenômeno da recomposição corporal, com ganho de massa magra e perda de massa gorda.

Os resultados encontrados no artigo II demonstraram a eficácia do treinamento intervalado de alta intensidade com redução geral da SM nos participantes de 26,3% para 10,52%. As variáveis de Pressão Arterial e Glicemia se mostraram ser as mais sensíveis de modificação para redução do quadro dos fatores de risco da SM. O estudo também demonstra ter aplicabilidade para a sociedade em geral, especificamente para população militar e adultos não sedentários.

Recomenda-se estudos que utilizem instrumento de imagem hepática, tal como a elastografia. Seria interessante ainda, estudos que envolvessem o HILIT e o SIT, a SM e a saúde hepática de forma associada com o comportamento do ciclo circadiano, epigenética e outros hormônios e substâncias como as exercinas.

Sugere-se, fortemente, a realização de estudos futuros para o Exército Brasileiro que envolvam o método SIT, pois é eminente a busca das Forças Armadas por melhorias em seus aspectos operacionais e da saúde geral de seus militares, bem como a melhoria da capacidade física geral e da qualidade física de velocidade de deslocamento, que podem ter sucesso no aprimoramento da utilização desse método e seus posteriores resultados práticos nas suas ações laborais. Este método pode ser realizado em diferentes faixas etárias, para ambos os sexos e para obesos e não obesos. Assim, a utilização do SIT poderá ser considerada como mais um método de treinamento regular, posto que o HILIT já faz parte do cabedal doutrinário do Exército.

REFERÊNCIAS

- ALBALAK, G.; STIJNTJES, M.; VAN BODEGOM, D.; JUKEMA, D. W.; AT SMA, D. E.; VAN HEEMST, D.; NOORDAM, R. Setting your clock: associations between timing of objective physical activity and cardiovascular disease risk in the general population. **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 30, n. 3, p. 232–240, 2023.
- ALBERTI, K. G. M. M.; Eckel, R. H.; Grundy, S. M.; Zimmet, P. Z.; Cleeman, J. I.; Donato, K. A.; Fruchart, J. C.; James, W. P. T.; Loria, C. M.; Smith, S. C. Harmonizing the metabolic syndrome: A joint interim statement of the international diabetes federation task force on epidemiology and prevention; National heart, lung, and blood institute; American heart association; World heart federation; International. **Circulation**, v. 120, n. 16, p. 1640–1645, 2009.
- AZZU, V.; VACCA, M.; VIRTUE, S.; ALLISON, M.; VIDAL-PUIG, A. Adipose Tissue-Liver Cross Talk in the Control of Whole-Body Metabolism: Implications in Nonalcoholic Fatty Liver Disease. **Gastroenterology**, v. 158, n. 7, p. 1899–1912, 2020.
- BAYGI, F.; HERTTUA, K.; JENSEN, O. C.; DJALALINIA, S.; MAHDAVI G. A.; ASAYESH, H.; QORBANI, M. Global prevalence of cardiometabolic risk factors in the military population: A systematic review and meta-analysis. **BMC Endocrine Disorders**, v. 20, n. 1, p. 1–17, 2020.
- BLÜHER, M. Obesity: global epidemiology and pathogenesis. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 15, n. 5, p. 288–298, 27 maio. 2019.
- BOUCHARD, C.; An, P.; RICE, T.; SKINNER, J. S.; WILMORE, J. H.; GAGNON, J.; PÉRUSSE, L.; LEON, A. S. RAO, D. C. Familial aggregation of $\dot{V}O_{2\max}$ response to exercise training: Results from the HERITAGE family study. **Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 3, p. 1003–1008, 1999.
- BRITO, L. C. MARIN, T. C.; AZEVÊDO, L.; ROSA-SILVA, J. M.; SHEA, S. A.; THOSAR, S. S. Chronobiology of Exercise: Evaluating the Best Time to Exercise for Greater Cardiovascular and Metabolic Benefits. **Comprehensive Physiology**. Wiley, v. 12, p. 3621–3639, 2022.
- BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 43, n. 5, p. 313–338, maio. 2013a.
- BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 43, n. 10, p. 927–954, out. 2013b.
- CARYN CARSON; LAWSON, H. A. The Epigenetics of Metabolic Syndrome. **Physiological genomics**, v. 6, n. 1, p. 1–8, 2018.
- CHALASANI, N.; YOUNOSSI, Z.; LAVINE, J. E.; DIEHL, A. M.; BRUNT, E. M.; CUSI, K.; CHARLTON, M.; SANYAL, A. J. The diagnosis and management of non-alcoholic fatty liver disease: Practice Guideline by the American Association for the Study of Liver Diseases,

American College of Gastroenterology, and the American Gastroenterological Association. **Hepatology**, v. 55, n. 6, p. 2005–2023, 2012.

CHALASANI, N.; YOUNOSSI, Z.; LAVINE, J. E.; CHARLTON, M.; CUSI, K.; RINELLA, M.; HARRISON, S. A.; BRUNT, E. M.; SANYAL, A. J. The diagnosis and management of nonalcoholic fatty liver disease: Practice guidance from the American Association for the Study of Liver Diseases. **Hepatology**, v. 67, n. 1, p. 328–357, jan. 2018.

CHANG, Y. H.; YANG, H. Y.; SHUN, S. C. Effect of exercise intervention dosage on reducing visceral adipose tissue: a systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. **International journal of obesity (2005)**, v. 45, n. 5, p. 982–997, maio. 2021.

CHEN, Z. W.; CHEN, L. Y.; DAI, H. L.; CHEN, J. H.; FANG, L. Z. Relationship between alanine aminotransferase levels and metabolic syndrome in nonalcoholic fatty liver disease. **Journal of Zhejiang University: Science B**, v. 9, n. 8, p. 616–622, 2008.

CHOW, L. S.; GERSZTEN, R. E.; TAYLOR, J. M.; PEDERSEN, B. K.; VAN PRAAG, H. TRAPPE, S.; FEBBRAIO, M. A. GALIS, Z. S.; GAO, Y.; HAUS, J. M.; LANZA, I. R.; LAVIE, C. J.; LEE, C. H.; LUCIA, A.; MORO, C.; PANDEY, A.; ROBBINS, J. M.; STANFORD, K. I.; THACKRAY, A. E.; VILLEDA, S.; WATT, M. J.; XIA, A.; ZIERATH, J. R.; GOODPASTER, B. H. SNYDER, M. P. Exerkines in health, resilience and disease. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 18, n. 5, p. 273–289, 2022.

CRESS, M.; PORCARI, J.; FOSTER, C. Health & Fitness A to Z. **ACSM's Health and Fitness Journal**, v. 19, n. 6, p. 3–6, 2015.

CYPESS, A. M. Reassessing Human Adipose Tissue. **The New England journal of medicine**, v. 386, n. 8, p. 768–779, 2022.

DE MATOS, M. A. VIEIRA, D. V.; PINHAL, K. C.; LOPES, J. F.; DIAS-PEIXOTO, M. F.; PAULI, J. R.; DE CASTRO MAGALHÃES, F.; LITTLE, J. P.; ROCHA-VIEIRA, E.; AMORIM, F. T. High-Intensity Interval Training Improves Markers of Oxidative Metabolism in Skeletal Muscle of Individuals With Obesity and Insulin Resistance. **Frontiers in physiology**, v. 9, n. OCT, p. 1451, 31 out. 2018.

DE OLIVEIRA DOS SANTOS, A. R.; DE OLIVEIRA ZANUSO, B.; MIOLA, V. F. B.; BARBALHO, S. M.; SANTOS BUENO, P. C.; FLATO, U. A. P.; DETREGIACHI, C. R. P.; BUCHAIM, D. V.; BUCHAIM, R. L.; TOFANO, R. J.; MENDES, C. G.; TOFANO, V. A. C.; DOS SANTOS HABER, J. F. Adipokines, Myokines, and Hepatokines: Crosstalk and Metabolic Repercussions. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 5, p. 2639, 5 mar. 2021.

DICKS, N. D.; PETTITT, R. W. Optimization of the critical speed concept for tactical professionals: A brief review. **Sports**, v. 9, n. 8, p. 1–10, 2021.

DOS SANTOS, F. A. A.; BACK, I. D. C.; GIEHL, M. W. C.; FASSULA, A. S.; BOING, A. F.; GONZÁLEZ-CHICA, D. A. Level of leisure-time physical activity and its association with the prevalence of metabolic syndrome in adults: A population-based study. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 23, n. 485327, p. 1–13, 2020.

EGUCHI, Y.; WONG, G.; AKHTAR, O.; SUMIDA, Y. Non-invasive diagnosis of non-alcoholic steatohepatitis and advanced fibrosis in Japan: A targeted literature review. **Hepatology Research**, v. 50, n. 6, p. 645–655, 2020.

ENGIN, A. **Obesity and Lipotoxicity**. Cham: Springer International Publishing, 2017. v. 960

ESLAM, M.; NEWSOME, P. N.; SARIN, S. K.; ANSTEE, Q. M.; TARGHER, G.; ROMERO-GOMEZ, M.; ZELBER-SAGI, S.; WAI-SUN WONG, V.; DUFOUR, J. F.; SCHATTENBERG, J. M.; KAWAGUCHI, T.; ARRESE, M.; VALENTI, L.; SHIHA, G.; TIRIBELLI, C.; YKI-JÄRVINEN, H.; FAN, J. G.; GRØNBÆK, H.; YILMAZ, Y.; CORTEZ-PINTO, H.; OLIVEIRA, C.P.; BEDOSSA, P.; ADAMS, L. A.; ZHENG, M. H.; FOUAD, Y.; CHAN, W. K.; MENDEZ-SANCHEZ, N.; AHN, S. H.; CASTERA, L.; BUGIANESI, E.; RATZIU, V.; GEORGE, J. A new definition for metabolic dysfunction-associated fatty liver disease: An international expert consensus statement. **Journal of Hepatology**, v. 73, n. 1, p. 202–209, 2020.

ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO. **Manual de Campanha Treinamento Físico Militar**. 5. ed. [S.l.]: EB70-MC–10, 2021. p. 293.

FORTES, M. S. R.; ROSA, S. E.; COUTINHO, W.; NEVES, E. B. Epidemiological study of metabolic syndrome in Brazilian soldiers. **Archives of Endocrinology and Metabolism**, v. 63, n. 4, p. 345–350, 18 mar. 2019.

FOUAD, Y.; WAKED, I.; BOLLIPO, S.; GOMAA, A.; AJLOUNI, Y.; ATTIA, D. What's in a name? Renaming 'NAFLD' to 'MAFLD'. **Liver International**, v. 40, n. 6, p. 1254–1261, 28 jun. 2020.

GROUSSARD, C.; MAILLARD, F.; VAZEILLE, E.; BARNICH, N.; SIRVENT, P.; OTERO, Y. F.; COMBARET, L.; MADEUF, E.; SOURDRILLE, A.; DELCROS, G.; ETIENNE, M.; TEIXEIRA, A.; SAUVANET, P.; PIALOUX, V.; BOISSEAU, N. Tissue-Specific Oxidative Stress Modulation by Exercise: A Comparison between MICT and HIIT in an Obese Rat Model. **Oxidative medicine and cellular longevity**, v. 2019, p. 1965364, 2019.

GUPTA, P.; LANCA, C.; GAN, A.T. L.; SOH, P.; THAKUR, S.; TAO, Y.; KUMARI, N.; MAN, R. E. K.; FENWICK, E. K.; LAMOUREUX, E. L. The Association between Body Composition using Dual energy X-ray Absorptiometry and Type-2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational studies. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 12634, 2 set. 2019.

HASKELL, W. L.; LEE, I. M.; PATE, R. R.; POWELL, K. E.; BLAIR, S. N.; FRANKLIN, B. A.; MACERA, C. A.; HEATH, G. W.; THOMPSON, P. D.; BAUMAN, A. Physical activity and public health: Updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 8, p. 1423–1434, 2007.

HEYMSFIELD, S. B. COLEMAN, L. A.; MILLER, R.; ROOKS, D. S.; LAURENT, D.; PETRICOUL, O.; PRAESTGAARD, J.; SWAN, T.; WADE, T.; PERRY, R. G.; GOODPASTER, B. H.; ROUBENOFF, R. Effect of Bimagrumab vs Placebo on Body Fat Mass Among Adults With Type 2 Diabetes and Obesity: A Phase 2 Randomized Clinical Trial. **JAMA network open**, v. 4, n. 1, p. e2033457, 4 jan. 2021.

KATASHIMA, C. K. DE OLIVEIRA MICHELETTI, T.; BRAGA, R. R.; GASPAR, R. S.; GOEMINNE, L. J. E.; MOURA-ASSIS, A.; CRISOL, B. M.; BRÍCOLA, R. S.; SILVA, V. R. R.; DE OLIVEIRA RAMOS, C.; DA ROCHA, A. L.; TAVARES, M. R.; SIMABUCO, F. M.; MATHEUS, V. A.; BUSCARATTI, L.; MARQUES-SOUZA, H.; PAZOS, P.; GONZALEZ-TOUCEDA, D.; TOVAR, S.; DEL CARMEN GARCÍA, M.; NETO, J. C. R.; CURI, R.; HIRABARA, S. M.; BRUM, P. C.; PRADA, P. O.; DE MOURA, L. P.; PAULI, J. R.; DA SILVA, A. S. R.; CINTRA, D. E.; VELLOSO, L. A.; ROPELLE, E. R. Evidence for a neuromuscular circuit involving hypothalamic interleukin-6 in the control of skeletal muscle metabolism. **Science advances**, v. 8, n. 30, p. eabm7355, 29 jul. 2022.

KATSAGONI, C. N.; GEORGOULIS, M.; PAPTAEODORIDIS, G. V.; PANAGIOTAKOS, D. B.; KONTOGIANNI, M. D. EFFECTS of lifestyle interventions on clinical characteristics of patients with non-alcoholic fatty liver disease: A meta-analysis. **Metabolism: clinical and experimental**, v. 68, p. 119–132, mar. 2017.

KNERR, P. J. MOWERY, S. A.; DOUROS, J. D.; PREMDJEE, B.; HJOLLUND, K. R.; HE, Y.; KRUSE HANSEN, A. M.; OLSEN, A. K.; PEREZ-TILVE, D.; DIMARCHI, R. D.; FINAN, B. Next generation GLP-1/GIP/glucagon triple agonists normalize body weight in obese mice. **Molecular metabolism**, v. 63, n. July, p. 101533, set. 2022.

LAURSEN, P.; BUCHHEIT, M. **Science and Application of High-Intensity Interval Training**. 2018. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2019.

LEE, D. C.; BRELLENTHIN, A. G.; THOMPSON, P. D.; SUI, X.; LEE, I. M.; LAVIE, C. J. Running as a Key Lifestyle Medicine for Longevity. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 60, n. 1, p. 45–55, 2017.

LIANG, Z.; ZHANG, M.; WANG, C.; YUAN, Y.; LIANG, J. 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, 19 out. 2022.

LIN, S.; HUANG, J.; WANG, M.; KUMAR, R.; LIU, Y.; LIU, S.; WU, Y.; WANG, X.; ZHU, Y. Comparison of MAFLD and NAFLD diagnostic criteria in real world. **Liver International**, v. 40, n. 9, p. 2082–2089, 26 set. 2020.

LITLESKARE, S. ENOKSEN, E.; SANDVEI, M.; STOEN, L.; STENSRUD, T.; JOHANSEN, E.; JENSEN, J. Sprint Interval Running and Continuous Running Produce Training Specific Adaptations, Despite a Similar Improvement of Aerobic Endurance Capacity-A Randomized Trial of Healthy Adults. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 11, p. 3865, maio. 2020.

LIU, J.; Mu, C.; LI, K.; LUO, H.; LIU, Y.; LI, Z. ESTIMATING Global Prevalence of Metabolic Dysfunction-Associated Fatty Liver Disease in Overweight or Obese Children and Adolescents: Systematic Review and Meta-Analysis. **International Journal of Public Health**, v. 66, p. 1–9, out. 2021.

LIU, J.; AYADA, I.; ZHANG, X.; WANG, L.; LI, Y.; WEN, T.; MA, Z.; BRUNO, M. J.; DE KNEGT, R. J.; CAO, W.; PEPPELENBOSCH, M. P.; GHANBARI, M.; LI, Z.; PAN, Q. ESTIMATING Global Prevalence of Metabolic Dysfunction-Associated Fatty Liver Disease in Overweight or Obese Adults. **Clinical Gastroenterology and Hepatology**, v. 20, n. 3, p. e573–e582, 2022.

MAILLARD, F.; PEREIRA, B.; BOISSEAU, N. Effect of High-Intensity Interval Training on Total, Abdominal and Visceral Fat Mass: A Meta-Analysis. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 48, n. 2, p. 269–288, 2018.

MORADI, B. RAHMATI-AHMADABAD, S.; FARZANEGI, P.; HELALIZADEH, M.; AZARBAYJANI, M. A. Effects of non-linear resistance training and curcumin supplementation on the liver biochemical markers levels and structure in older women with non-alcoholic fatty liver disease. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 24, n. 3, p. 154–160, 2020.

NAUCK, M. A. QUAST, D. R.; WEFERS, J.; MEIER, J. J. GLP-1 receptor agonists in the treatment of type 2 diabetes - state-of-the-art. **Molecular metabolism**, v. 46, n. October 2020, p. 101102, abr. 2021.

NEWSOME, P. N. SASSO, M.; DEEKS, J. J.; PAREDES, A.; BOURSIER, J.; CHAN, W.; YILMAZ, Y.; CZERNICHOW, S.; ZHENG, M.; WONG, V. W.; ALLISON, M.; TSOCHATZIS, E.; ANSTEE, Q. M.; SHERIDAN, D. A.; EDDOWES, P. J.; GUHA, I. N.; COBBOLD, J. F.; PARADIS, V.; BEDOSSA, P.; MIETTE, V.; FOURNIER-POIZAT, C.; SANDRIN, L.; HARRISON, S. A. FibroScan-AST (FAST) score for the non-invasive identification of patients with non-alcoholic steatohepatitis with significant activity and fibrosis: a prospective derivation and global validation study. **The Lancet Gastroenterology & Hepatology**, v. 5, n. 4, p. 362–373, abr. 2020.

OLIVEIRA, L. V. A.; DOS SANTOS, B. N. S.; MACHADO, Í. E.; MALTA, D. C.; VELASQUEZ-MELENDZ, G.; FELISBINO-MENDES, M. S. Prevalence of the metabolic syndrome and its components in the Brazilian adult population. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 11, p. 4269–4280, 2020.

PARKER, E.; HAMRICK, M. W. Role of fibro-adipogenic progenitor cells in muscle atrophy and musculoskeletal diseases. **Current opinion in pharmacology**, v. 58, p. 1–7, jun. 2021.

PROBST, Y.; ZAMMIT, G. Predictors for Reporting of Dietary Assessment Methods in Food-based Randomized Controlled Trials over a Ten-year Period. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 12, p. 2069–2090, 2016.

RAMOS-FILHO, D. *et al.* High-Intensity Interval Training (HIIT) Induces Specific Changes in Respiration and Electron Leakage in the Mitochondria of Different Rat Skeletal Muscles. **PloS one**, v. 10, n. 6, p. 1–20, 2015.

ROSA, S. E. D.; LIPPERT, M. A.; MARSON, R. A.; FORTES, M. S. R.; RODRIGUES, L. C.; FILHO, J. F. Physical performance, body composition and metabolic syndrome in military personnel from the Brazilian army. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 24, n. 6, p. 422–425, 2018.

ROSENBLAT, M. A.; PERROTTA, A. S.; THOMAS, S. G. Effect of High-Intensity Interval Training Versus Sprint Interval Training on Time-Trial Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 50, n. 6, p. 1145–1161, jun. 2020.

SEVERINSEN, M. C. K.; PEDERSEN, B. K. Muscle-Organ Crosstalk: The Emerging Roles of Myokines. **Endocrine Reviews**, v. 42, n. 1, p. 97–99, 2021.

SHERRY, A. P.; WILLIS, S. A.; YATES, T.; JOHNSON, W.; RAZIEH, C.; SARGEANT, J. A.; MALAIKAH, S.; STENSEL, D. J.; AITHAL, G. P.; KING, J. A. Physical activity is inversely associated with hepatic fibro-inflammation: A population-based cohort study using UK Biobank data. **JHEP Reports**, v. 5, n. 1, p. 100622, jan. 2023.

SHI, Y.; WANG, Q.; SUN, Y.; ZHAO, X.; KONG, Y.; OU, X.; JIA, J.; WU, S.; YOU, H. The Prevalence of Lean/Nonobese Nonalcoholic Fatty Liver Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Journal of Clinical Gastroenterology**, v. 54, n. 4, p. 378–387, 2020.

THOMPSON, W. R. Worldwide Survey of Fitness Trends for 2020. **ACSM's Health and Fitness Journal**, v. 23, n. 6, p. 10–18, 2019.

TOFANO, R. J.; SALZEDAS, L. M. P.; CHAGAS, E. F. B.; DETREGIACHI, C. R. P.; GUIGUER, E. L.; ARAUJO, A. C.; BECHARA, M. D.; RUBIRA, C. J.; BARBALHO, S. M. Association of metabolic syndrome and hyperferritinemia in patients at cardiovascular risk. **Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity**, v. 13, p. 3239–3248, 2020.

VAN DER VELDE, J. H. P. M.; BOONE, S. C.; WINTERS-VAN EEKELLEN, E.; HESSELINK, M. K. C.; SCHRAUWEN-HINDERLING, V. B.; SCHRAUWEN, P.; LAMB, H. J.; ROSENDAAL, F. R.; DE MUTSERT, R. Timing of physical activity in relation to liver fat content and insulin resistance. **Diabetologia**, v. 66, n. 3, p. 461–471, 1 mar. 2023.

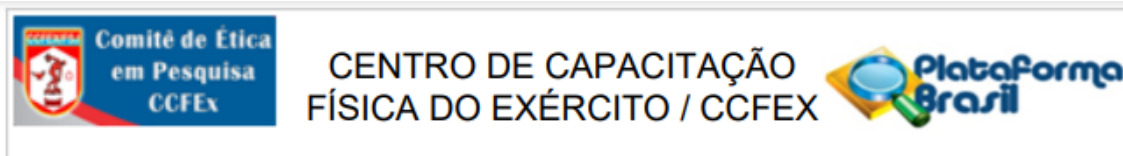
VELLA, C. A.; TAYLOR, K.; DRUMMER, D. High-intensity interval and moderate-intensity continuous training elicit similar enjoyment and adherence levels in overweight and obese adults. **European Journal of Sport Science**, v. 17, n. 9, p. 1203–1211, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global Recommendations on Physical Activity for Health WHO. **World Health Organization**, n. Global Recommendations on Physical Activity for Health, p. 55, 2010.

YOUNOSSI, Z. M.; KOENIG, A. B.; ABDELATIF, D.; FAZEL, Y.; HENRY, L.; WYMER, M. Global Epidemiology of Nonalcoholic Fatty Liver Disease-Meta-Analytic Assessment of Prevalence, Incidence, and Outcomes. **Hepatology**, v. 64, n. 1, p. 73–84, 2016.

ZHANG, H.; TONG, T. K.; QIU, W.; ZHANG, X.; ZHOU, S.; LIU, Y.; HE, Y. Comparable Effects of High-Intensity Interval Training and Prolonged Continuous Exercise Training on Abdominal Visceral Fat Reduction in Obese Young Women. **Journal of diabetes research**, v. 2017, p. 5071740, 2017.

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa



Continuação do Parecer: 5.434.473

Considerações Finais a critério do CEP:

Ressalta-se que cabe ao pesquisador responsável encaminhar os relatórios parciais (semestrais) e final da pesquisa, por meio da Plataforma Brasil, via notificação do tipo "relatório", para que sejam devidamente apreciados no CEP, conforme Norma Operacional CNS Nº001/13, item XI.2.d.

Esses relatórios devem conter as informações sucintas sobre fatos relevantes e resultados parciais ou finais (incluindo número de participantes avaliados). O pesquisador pode utilizar o modelo disponível no site do CEP-CCFEx (<http://www.ccfex.eb.mil.br/modelos>), atentando para o tipo de relatório (parcial ou final), devendo conter a menção ao período a que se refere. Para cada relatório, deve haver uma notificação separada. As informações contidas nos relatórios parciais devem ater-se ao período correspondente e não a todo o período da pesquisa até aquele momento.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1832856.pdf	29/04/2022 11:17:32		Aceito
Outros	Carta_resposta_4.pdf	29/04/2022 11:16:43	LUCIANO LIMA DOS SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_29_ABR_22.pdf	29/04/2022 11:15:52	LUCIANO LIMA DOS SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_PB_29_ABR_22.pdf	29/04/2022 11:15:27	LUCIANO LIMA DOS SANTOS	Aceito
Outros	Carta_de_Anuencia_1BGok.pdf	03/04/2022 23:13:41	LUCIANO LIMA DOS SANTOS	Aceito
Declaração de concordância	Carta_Anuencia_CCFExok.pdf	03/04/2022 23:11:27	LUCIANO LIMA DOS SANTOS	Aceito
Folha de Rosto	folharostoassinadaluciano.pdf	15/10/2021 16:02:44	LUCIANO LIMA DOS SANTOS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ANEXO B – Registro do ensaio clínico no registro brasileiro de ensaios clínicos (REBEC)

Aprovados

Atualizado em: 08/11/2022
 Título: Efeitos do Treinamento Moderado e do Treinamento de Alta Intensidade sobre as medidas de saúde do metabolismo e do fígado em adultos

Visualizar

Renovar

IRIS	Sumário	Identificação	Anexos	Patrocinadores	Condições de saúde	Intervenção	Recrutamento	Desenho do Estudo	Desfechos	Contatos	Resumos dos Resultados	Termo de Compartilhamento
Título	Efeitos do Treinamento Moderado e do Treinamento de Alta Intensidade sobre as medidas de saúde do metabolismo e do fígado em adultos											
Status	approved											

Modificações da última versão

PASSO	NOME	STATUS	ALTERADO
1	Identificação	Completo	
2	Anexos	Completo	
3	Patrocinadores	Completo	
4	Condições de Saúde	Completo	
5	Intervenção	Completo	
6	Recrutamento	Completo	
7	Desenho de Estudo	Completo	
8	Desfechos	Completo	
9	Contatos	Completo	
10	Resumos de Resultados	Completo	
11	Termo de Compartilhamento	Completo	