



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

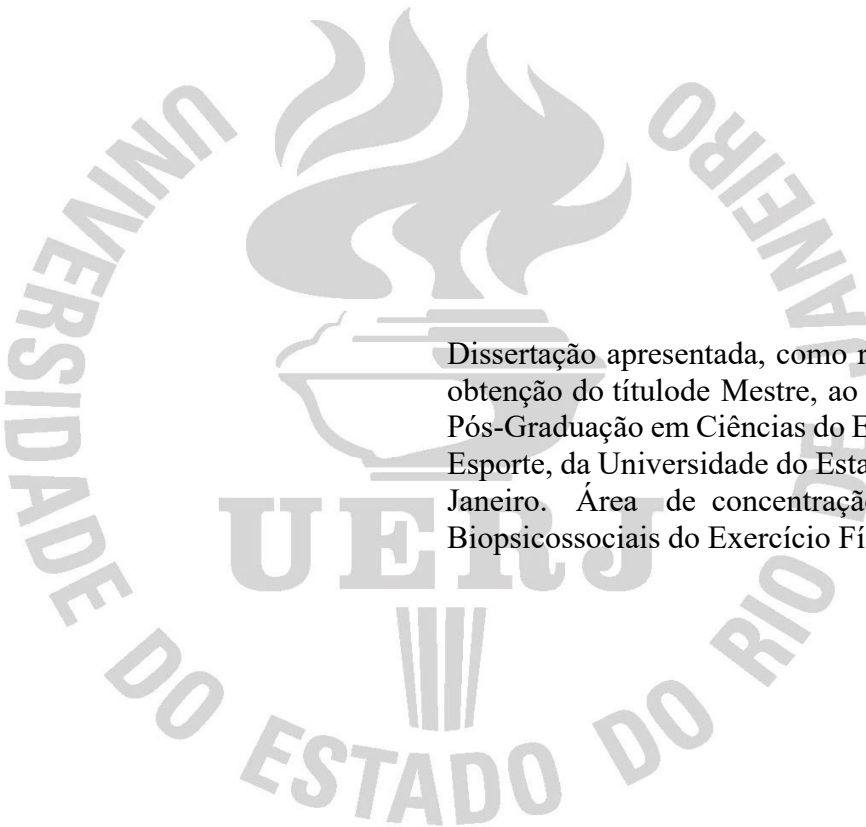
Thiago Dias Sales

**Associação entre composição corporal, marcadores fisiológicos,
temperatura da pele e desempenho físico em atletas na pista de pentatlo
militar**

Rio de Janeiro
2021

Thiago Dias Sales

Associação entre composição corporal, marcadores fisiológicos, temperatura da pele e desempenho físico em atletas na pista de pentatlo militar



Dissertação apresentada, como requisito 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

Coorientadora: Profa. Dra. Danielli Braga de Mello

Rio de Janeiro

2021

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

S163

Sales, Thiago Dias.

Associação entre composição corporal, marcadores fisiológicos, temperatura da pele e desempenho físico em atletas na pista de pentatlo militar / Thiago Dias Sales – 2021.
63 f.: il.

Orientador: Rodrigo Gomes de Souza Vale.

Coorientadora: Danielli Braga de Mello.

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

1. Pentatlo - Teses. 2. Atletas – Teses. 3. Composição corporal - Teses. 4. Termografia – Teses. 5. Biomarcadores – Teses. 6. Aptidão física – Teses. 7. Desempenho – Avaliação – Teses. I. Vale, Rodrigo Gomes de Souza. II. Mello, Danielli Braga de. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. IV. Título.

CDU 796.42

Bibliotecária: Mirna Lindenbaum. CRB7 4916

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

Assinatura

Data

Thiago Dias Sales

Associação entre composição corporal, marcadores fisiológicos, temperatura da pele e desempenho físico em atletas na pista de pentatlo militar

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 18 de novembro de 2021.

Banca Examinadora:

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

Profª. Dra. Danielli Braga de Mello (Coorientadora)
Escola de Educação Física do Exército

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

Prof. Dr. Eduardo Borba Neves
Escola de Educação Física do Exército

Rio de Janeiro

2021

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha ex-professora de graduação e Coorientadora Danielli Braga de Mello, minha esposa Naiara Jordão Souza Parteira, meu orientador Rodrigo Gomes de Souza Vale e aos meus pais Sandra dos Santos Dias Sales e Milton Ferreira Sales, que estiveram ao meu lado nessa caminhada. Em memória do meu avô Pedro Jorge Dias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus o Pai, nosso Todo Poderoso, que me deu a oportunidade de adquirir a vida, a fé, o amor e a persistência no meu caminho.

Aos meus orientadores Rodrigo Gomes de Souza Vale e Danielli Braga de Mello, que me deram oportunidade e orientação.

Aos Doutores membros da banca que são pesquisadores e de quem sou admirador: Eduardo Borba Neves e Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes.

À Comissão de Desportos do Exército.

Aos meus familiares.

À Sandra dos Santos Dias Sales (mãe), Milton Ferreira Sales (pai), Gabriel Dias Sales (irmão), Naiara Jordão Souza Parteira (esposa).

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

RESUMO

SALES, Thiago Dias. *Associação entre composição corporal, marcadores fisiológicos, temperatura da pele e desempenho em atletas na pista de Pentatlo Militar*. 2021. 63 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, 2021.

O pentatlo militar é um esporte que combina cinco modalidades esportivas (tiro, pista de pentatlo militar (PPM), natação utilitária, lançamento de granadas e corrida através campo). O desgaste físico durante a execução de uma prova de pentatlo militar tende a provocar uma série de alterações fisiológicas que geram diferentes respostas no desempenho do atleta. Dessa forma, essa dissertação tem como objetivo analisar as relações entre a composição corporal, os marcadores fisiológicos, temperatura da pele e o desempenho de atletas de pentatlo militar na execução da PPM. Para tal, foram desenvolvidos três estudos. No primeiro estudo foi realizada uma revisão sistemática que investigou os danos musculares em exercícios de alta intensidade. Os resultados da presente revisão apresentaram os biomarcadores de lesão tecidual CK e LDH, os protocolos de avaliação e resultados dos estudos selecionados. O segundo estudo foi do tipo descritivo exploratório correlacional de corte transversal, com o objetivo de analisar as relações entre a composição corporal, os marcadores fisiológicos, a temperatura da pele e o desempenho físico de atletas de pentatlo militar durante a execução da PPM. A amostra foi composta por atletas de pentatlo militar da equipe de Pentatlo Militar do Exército Brasileiro, de ambos os sexos, experientes (participação prévia em pelo menos uma prova de PPM anteriormente) e submetidos a uma rotina semanal de treino nas cinco modalidades esportivas. Os participantes foram submetidos a uma avaliação antropométrica, composição corporal (DXA), ergoespirometria e da temperatura da pele (Termografia infravermelha). Foi realizada uma prova de PPM para verificação do desempenho dos atletas. Foi observado correlação positiva entre limiar ventilatório 2 (LV2), velocidade máxima em teste incremental ($vVO_{2\text{pico}}$), nível de experiência e o desempenho na PPM. Observou-se ainda correlação negativa entre as regiões de interesse (ROIs) no momento pré PPM (na vista anterior: pescoço direito, ombro direito, ombro esquerdo, bíceps direito, e flexores do cotovelo direito e na vista posterior tríceps direito e cotovelo direito) com o desempenho. Pode-se concluir que os componentes anaeróbios (LV2 e $vVO_{2\text{pico}}$), assim como o nível de experiência, são os principais responsáveis pelo desempenho na PPM, devendo ser mais explorados durante o treinamento. Outrossim, o uso da termografia infravermelha mostrou-se de eficiente para a verificação do acúmulo das cargas de trabalho durante a fase competitiva. O terceiro estudo teve o objetivo de analisar os marcadores fisiológicos, a temperatura da pele e o desempenho de atletas de pentatlo militar durante a execução da PPM. Os voluntários foram avaliados em três momentos distintos com intervalo mínimo de 24 h e máximo de 72 h entre eles antes e durante o campeonato. Os participantes foram submetidos a uma avaliação antropométrica, bioquímica (CK, LDH e lactato sanguíneo) e da temperatura da pele (Termografia infravermelha). A intervenção foi realizada através de uma prova de PPM para verificação do desempenho dos atletas. Houve aumento de CK, LDH e lactato no momento pós PPM. No momento 24h pós os valores de CK atingiram o pico, enquanto LDH e lactato diminuíram. Observou-se correlação negativa entre o desempenho e algumas ROIs no momento pré PPM e correlação positiva entre desempenho e algumas ROIs nos momentos pós e 24h pós PPM. Foi observado correlação positiva entre CK e LDH nos momentos pós e 24h pós e entre CK e lactato sanguíneo nos momentos pré e 24h pós PPM. Algumas ROIs apresentaram correlação negativa com lactato sanguíneo no momento pós PPM. Os resultados deste estudo revelaram associação entre temperatura das ROIs nas vistas anterior e posterior, os biomarcadores analisados e o desempenho na PPM.

Palavras-chave: Marcadores fisiológicos. Aptidão física. Pentatlo militar. Termografia.

ABSTRACT

SALES, Thiago Dias. *Association between body composition, physiological, skin temperature and performance in athletes during the military pentathlon obstacle course*. 2021. 63 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, 2021

Military pentathlon is a sport that combines five sports (shooting, military pentathlon track (PPM), utility swimming, grenade launching and running across the field). Physical exhaustion during the execution of a military pentathlon tends to cause a series of physiological and biochemical changes that generate different responses in the athlete's performance. Thus, this dissertation aims to analyze the relationships between body composition, physiological, biochemical, and skin temperature markers in the performance of military pentathlon athletes in the execution of the PPM. To this end, two studies will be developed. In the first study, a systematic review was carried out that investigated muscle damage in high intensity exercises. The results of the present review presented the tissue injury biomarkers CK and LDH, the evaluation protocols and the results of the selected studies. The second study was a cross-sectional exploratory descriptive study, with the objective of analyzing the relationships between body composition, physiological markers, skin temperature and physical performance of military pentathlon athletes during the execution of PPM. The sample consisted of military pentathlon athletes from the Brazilian Army's Military Pentathlon team, of both genders, experienced (previous participation in at least one PPM test) and submitted to a weekly training routine in the five sports modalities. Participants underwent an anthropometric, body composition (DXA), ergospirometry and skin temperature (infrared thermography) assessment. It was performed a PPM test to verify the athletes' performance. A positive correlation was observed between ventilatory threshold 2 (VT2), maximum velocity in incremental test (vVO_{2peak}), experience level and PPM performance. A negative correlation was also observed between the regions of interest (ROIs) at the pre moment (in the anterior view: right neck, right shoulder, left shoulder, right biceps, and right elbow flexors and in the posterior view, right triceps, and right elbow) with performance. It can be concluded that the anaerobic components (LV2 and vVO_{2peak}), as well as the experience level, are the main responsible for the performance in PPM, and should be further explored during training. On the other hand, the use of infrared thermography proved to be efficient for verifying the accumulation of workloads during the competitive phase. The third study aimed to analyze the physiological markers, skin temperature and performance of military pentathlon athletes during the execution of PPM. The volunteers were evaluated at three different times with a minimum interval of 24 h and a maximum of 72 h between them before and during the championship. Participants underwent an anthropometric, biochemical (CK, LDH and blood lactate) and skin temperature (Infrared Thermography) evaluation. The intervention was performed through a PPM test to verify the athletes' performance. There was an increase in CK, LDH and lactate after PPM. At 24h post CK values peaked, while LDH and lactate decreased. There was a negative correlation between performance and some ROIs before PPM and a positive correlation between performance and some ROIs after and 24h post PPM. A positive correlation was observed between CK and LDH in moments post and 24h post and between CK and blood lactate in moments pre and 24h post PPM. Some ROIs were negatively correlated with blood lactate in the post PPM moment. The results of this study revealed an association between the temperature of the ROIs in the anterior and posterior views, the analyzed biomarkers and the performance in PPM.

Keywords: Physiological markers. Physical fitness. Military pentathlon. Thermography.

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	8
1	BIOMARKERS OF TISSUE INJURY IN HIGH-INTENSITY INTERVAL RUNNING: A SYSTEMATIC REVIEW	11
2	ASSOCIAÇÃO ENTRE MARCADORES FISIOLÓGICOS E DESEMPENHO FÍSICO EM ATLETAS NA PISTA DE PENTATLO MILITAR	24
3	ANÁLISE NA COMPOSIÇÃO CORPORAL, TEMPERATURA DA PELE E DESEMPENHO EM ATLETAS DE PENTATLO MILITAR DURANTE A PPM	40
	CONCLUSÃO.....	54
	REFERÊNCIAS	56
	ANEXO A- Parecer Consubstanciado do CEP.....	62
	ANEXO B- Questionário ParQ	63

INTRODUÇÃO

O Pentatlo Militar surgiu em 1946 quando o capitão francês Henri Debrus, observando o treinamento militar de tropas paraquedistas holandesas, organizou uma competição esportiva exclusiva para militares. A primeira competição ocorreu em 1947 contando com a presença de apenas três países (Bélgica, França e Holanda). Com o passar dos tempos, o esporte aumentou o número de adeptos e atualmente é praticado em mais de 30 países. Contemporaneamente é considerado o esporte militar de maior relevância pelo Conseil International Du Sport Militaire (CISM), entidade que regulamenta o esporte militar no mundo (1).

Trata-se de um esporte individual, que se subdivide em cinco modalidades: tiro de fuzil, pista de pentatlo militar (PPM), natação utilitária, lançamento de granadas e corrida através campo. O atleta deve realizar as 5 modalidades para obter uma classificação individual geral de acordo com o somatório da sua pontuação de pentatlo (1). Frente a essas modalidades apresentadas, será utilizada como objeto de estudo desse trabalho a PPM.

A PPM consiste em uma pista de 500m, contendo 20 obstáculos, dos quais as mulheres deixam de realizar os obstáculos que envolvem grandes quedas, realizando assim, 16 obstáculos. O atleta deve ultrapassar os obstáculos obedecendo as regras específicas da modalidade, podendo utilizar-se de técnicas para a realização de movimentos como correr, saltar, cair, abaixar, engatinhar e escalar, que melhorem sua performance atlética avaliada pelo realização da prova no menor tempo possível (1).

Para que atletas possam tolerar exercícios intensos, uma capacidade de captação de oxigênio satisfatória é fundamental (2). O consumo de oxigênio é apontado como um preditor de performance física, sendo um VO₂max alto pré-requisito para uma alta capacidade de endurance (3). Por sua vez a aptidão anaeróbia é um fator decisivo da performance em corridas que requerem uma conservação prolongada de grande potência e capacidade anaeróbia para provimento de energia (4), sendo um componente essencial para o bom desempenho em algumas modalidades desportivas, pois, em determinadas ocasiões, faz-se necessário um esforço anaeróbio máximo (5,6).

Em exercícios intensos podem ocorrer danos às fibras musculares como distorção

dos componentes contráteis das mio fibrilas, do citoesqueleto, alterações da matriz extracelular e liberação de enzimas musculares (7). Entre as enzimas musculares, o aumento nos níveis séricos da Creatina Kinase (CK) e Lactato Desidrogenase (LDH), provenientes da realização de esforços físicos, funcionam como indicadores das alterações que ocorrem no tecido muscular. Estas enzimas podem desencadear lesões musculares e inflamação, ilustrando o efeito agudo do exercício sobre o organismo de atletas (8).

Garrett e Kilerdall (9) relatam que a composição corporal do atleta também influencia diretamente sua performance, uma vez que o excesso ou a deficiência de massa gorda pode afetar o desempenho do esportista.

A capacidade da pele dissipar o calor gerado no esforço muscular também é outro fator relacionado ao desempenho (10). Comparar a temperatura da pele durante o treinamento ou competição com a temperatura basal pode apontar estresse fisiológico, dano muscular ou baixa adaptação a carga de treinamento (11). A aferição termográfica por infravermelho pode ser utilizada para ponderar esse processo de termo regulação e compreender como uma parte dessa energia se dissipa (12).

Dessa forma, a deficiência de preparação física para conservação de performance pode causar desequilíbrios que podem ocasiona fadiga muscular, danos e alterações na resposta inflamatória sistêmica, restringindo, assim, o desempenho atlético do indivíduo (13).

Ao perceber a diversidade de valências físicas e a complexidade desse esporte, cresce a importância de entender o perfil do atleta de pentatlo militar e as variáveis que afetam seu desempenho. Estudos sobre as relações entre a composição corporal, os marcadores fisiológicos e bioquímicos, as respostas termorreguladoras e o desempenho de atletas de pentatlo militar durante a PPM podem trazer novas informações científicas para a prescrição de treinamentos e possível melhora na performance dos praticantes.

Nesse sentido, esta dissertação está organizada em três estudos. O primeiro intitulado *Biomarkers of tissue injury in high-intensity interval running: a systematic review* teve por objetivo descrever as alterações nos biomarcadores CK e LDH após a execução de corrida intervalada em alta intensidade em uma revisão sistemática, a fim de fornecer base teórica sobre o tema.

O segundo estudo intitulado *Associação entre marcadores fisiológicos e desempenho em atletas na pista de Pentatlo Militar* que teve por objetivo analisar as relações entre a

composição corporal, os marcadores fisiológicos, temperatura da pele e desempenho em atletas na execução da PPM, por meio de um estudo descritivo exploratório correlacional de corte transversal.

O terceiro estudo *Análise da composição corporal, temperatura da pele e desempenho em atletas de pentatlo militar durante a PPM* cujo objetivo foi analisar as relações entre os marcadores fisiológicos, a temperatura da pele e o desempenho de atletas de pentatlo militar durante a execução da PPM em um estudo descritivo exploratório correlacional de corte transversal.

1 BIOMARKERS OF TISSUE INJURY IN HIGH-INTENSITY INTERVAL RUNNING: A SYSTEMATIC REVIEW

Como citar: Sales TD, Mello DB, Romão WS, Nunes RAM, Neves EB, Castro JBP et al. Biomarcadores de lesão tecidual em corrida intervalada de alta intensidade: uma revisão sistemática. Rev Bras Fisiol Exerc 2021;20(4):490-502. doi: 10.33233/rbfex.v20i4.4752

490

RBFEx
ISSN Online: 2675-1372

Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício

Revisão sistemática

Biomarcadores de lesão tecidual em corrida intervalada de alta intensidade: uma revisão sistemática

Biomarkers of tissue injury in high-intensity interval running: a systematic review

Thiago Dias Sales^{1,2}, Danielli Braga de Mello³, Wagner Siqueira Romão^{1,3}, Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes¹, Eduardo Borba Neves², Juliana Brandão Pinto de Castro¹, Rodrigo Gomes de Souza Vale^{1,4}

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
2. Comissão de Desportos do Exército, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
3. Escola de Educação Física do Exército, RJ, Brasil
4. Universidade Estácio de Sá, Cabo Frio, RJ, Brasil

RESUMO

Introdução: A melhora da capacidade aeróbia e anaeróbia em atletas de diferentes modalidades esportivas está relacionada à realização de exercícios de alta intensidade, que causam microlesões celulares e levam a um processo inflamatório necessário para adaptação muscular. Marcadores bioquímicos, como creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH) vêm sendo utilizados para a mensuração de danos musculares e inflamatórios a fim de identificar a resposta fisiológica e auxiliar na melhora do desempenho esportivo. **Objetivo:** Descrever as alterações nos biomarcadores CK e LDH após a execução de corrida intervalada em alta intensidade. **Métodos:** Foi realizada uma revisão sistemática, seguindo as recomendações do PRISMA e registrada na PROSPERO (CRD42020201678), com uma busca na literatura em fevereiro de 2021, nas bases Medline, Lilacs, Scopus, SPORTDiscus, CINAHL, Web of Science, ScienceDirect, Cochrane e Scielo, utilizando os descritores "HIIT", "L-Lactate Dehydrogenase", "Creatine Kinase" e seus sinônimos, disponíveis nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e Medical Subject Headings (MeSH). **Resultados:** Dos 80 estudos encontrados inicialmente, 6 atenderam aos critérios de inclusão. Destes, quatro estudos apresentaram aumento significativos de CK e LDH simultaneamente, enquanto 1 estudo observou aumento significativo apenas de CK e o outro estudo apenas de LDH. Os aumentos nos biomarcadores ocorreram em magnitudes diferentes. Os protocolos dos estudos e as características da amostra mostraram alta heterogeneidade. **Conclusão:** A corrida intervalada de alta intensidade pode elevar os níveis CK e LDH de forma aguda, o que torna os mesmos excelentes marcadores para o risco de lesão e dosagem das cargas do exercício.

Palavras-chave: treinamento intervalado de alta intensidade; creatina quinase; lactato desidrogenase.

ABSTRACT

Introduction: The improvement of aerobic and anaerobic capacity in athletes of different sports is related to high-intensity exercise performance, which causes cellular microlesions and leads to an inflammatory process necessary for muscle adaptation. Biochemical markers, such as creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH), have been used to measure muscle and inflammatory damage to identify the physiological response and improving sports performance. **Objective:** To describe the changes in the CK and LDH biomarkers after high intensity interval running. **Methods:** It was conducted a systematic review following the PRISMA guidelines and registered on PROSPERO (CRD42020201678), with a literature search, in February 2021, in the Medline, Lilacs, Scopus, SPORTDiscus, CINAHL, Web of Science, ScienceDirect, Cochrane, and Scielo databases. We used the descriptors "HIIT", "L-Lactate Dehydrogenase", "Creatine Kinase" and their synonyms, available in the *Descritores em Ciências da Saúde* (DeCS) and Medical Subject Headings (MeSH). **Results:** From the 80 studies found, 6 met the inclusion criteria. Of these, four studies showed significant increases in CK and LDH simultaneously, while one study observed a significant increase only in CK and the other study only in LDH. The increases in biomarkers occurred at different magnitudes. The studies' protocols and the sample characteristics showed high heterogeneity. **Conclusion:** High-intensity interval running can acutely elevate CK and LDH levels, making them excellent markers for injury risk and exercise load dosing.

Keywords: high-intensity interval training; creatine kinase; lactate dehydrogenase.

Recebido em: 4 de maio de 2021; Aceito em: 12 de julho de 2021.

Correspondência: Thiago Dias Sales, Comissão de Desportos do Exército, Almirante Floriano Peixoto, s/n Urca 22291-090 Rio de Janeiro RJ. thiago_tds90@yahoo.com.br

Introdução

O treinamento intervalado de alta intensidade (high intensity interval training - HIIT) é um método de treinamento amplamente utilizado e eficaz em vários esportes, incluindo eventos de resistência e sprint/potência [1]. De acordo com diferentes combinações de intensidade de trabalho e duração da sessão, o HIIT usa protocolos de intervalo de trabalho diferentes, incluindo intervalo longo (2-4 min de trabalho/sessão em intensidade submáxima, LI-HIIT), intervalo curto (< 45 s de trabalho/sessão em intensidade submáxima, SI-HIIT), intervalo de sprint (> 20-30 s de trabalho/sessão perto da intensidade máxima, SIT) e exercícios de sprint repetidos (\leq 10 s de trabalho/sessão próximo à intensidade máxima, RST). Quando o número de repetições é aumentado, os protocolos HIIT podem ser implementados com volume de sessão alto (16 min de trabalho) ou baixo (4 min de trabalho) (HV-HIIT ou LV-HIIT) [2].

O HIIT requer uma integração de vários sistemas fisiológicos. As contribuições de ATP-fosfocreatina (PCr) e da via metabólica glicolítica são necessárias para alcançar alta intensidade de exercício, enquanto uma via metabólica oxidativa é predominante para manter a alta intensidade de exercício o maior tempo possível [3].

Os exercícios de alta intensidade trazem benefícios para atletas de diferentes modalidades [4] e estão relacionados a uma série de adaptações aeróbicas e anaeróbicas, como o aumento nas dimensões das mitocôndrias, maior tolerância ao pH sanguíneo e aumento das capacidades anaeróbicas [5]. No entanto, exercícios extenuantes e de alta intensidade podem causar efeitos desfavoráveis quando a carga de trabalho não é controlada [6], o que pode gerar severos danos no tecido muscular. Algumas enzimas são utilizadas como indicadores de lesão tecidual. Entre essas enzimas, a creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH) são capazes de estimular inflamações e lesões musculares como consequência do estímulo físico sofrido pelo organismo [7].

A CK é uma enzima intramuscular que acelera a ressíntese de ATP e seus aumentos são percebidos nas dosagens sanguíneas após atividades extenuantes [8]. Geralmente, o pico de concentração se dá entre 24 e 48 horas pós-exercício e retorna aos valores basais entre 48 e 120 horas, dependendo da magnitude do pico [9].

A LDH é uma enzima que está localizada no citoplasma da maior parte das células do organismo e é responsável por catalisar a reação que resulta na conversão do piruvato em lactato [10]. Assim como a CK, está associada a lesões musculares [11].

O tempo de detecção da CK no sangue é dependente do nível de treinamento, tipo, intensidade e duração do exercício e seus valores apresentam muitas variações entre indivíduos, podendo mudar conforme sexo, idade, quantidade de massa muscular, raça, nível de treinamento e condição climática. Da mesma forma, a LDH apresenta variações pós-exercício, podendo se alterar também com o nível de treinamento [12].

O entendimento da dinâmica de expressão desses marcadores bioquímicos e seus critérios funcionais podem auxiliar nos ajustes da carga de treinamento e, posteriormente, nas adaptações no organismo dos atletas frente a este tipo de exercício [13]. Assim, os estudos que investigam os efeitos agudos do exercício físico sobre marcadores inflamatórios, feitos normalmente com coleta de sangue antes e imediatamente após a prática da atividade física, são importantes para a relação entre treinamento e desempenho [14].

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi descrever as alterações nos biomarcadores CK e LDH após a execução de corrida intervalada em alta intensidade.

Métodos

Protocolo e registro

Esta revisão sistemática foi redigida de acordo com as recomendações dos Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Metanálises (PRISMA) [15] e registrada no Registro Prospectivo Internacional de Revisões Sistemáticas (PROSPERO), com o número CRD42020201678.

Critério de inclusão

Foram incluídos estudos que atenderam os critérios de inclusão a seguir [16]: População: praticantes de corrida; Exposição de interesse (variável independente): corrida intervalada em alta intensidade; Desfecho (variável dependente): biomarcadores de lesão tecidual CK e LDH em indivíduos de ambos os sexos. Foram excluídos estudos de revisões sistemáticas, metanálises, estudos de caso e estudos com data de publicação anterior ao ano 2011, levando em consideração a revisão sistemática publicada sobre o tema em 2012 [17].

Estratégia de busca

Foi realizada uma busca sistemática na literatura, em fevereiro de 2021, sem filtro de idioma, nas bases *National Library of Medicine* (Medline), *Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde* (Lilacs), *Scopus*, *SPORTDiscus*, *Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature* (CINAHL), *Web of Science*, *ScienceDirect*, *Cochrane* e *Scielo*. Foram utilizados os descritores “HIIT”, “L-Lactate Dehydrogenase”, “Creatine Kinase” e seus sinônimos, disponíveis nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e *Medical Subject Headings* (MeSH). A seguinte frase de busca foi obtida utilizando os operadores booleanos “AND” entre os descritores e “OR” entre os sinônimos: (“High Intensity Interval Training” OR “High-Intensity Interval Trainings” OR “Interval Training, High-Intensity” OR “Interval Trainings, High-Intensity” OR “Training, High-Intensity Interval” OR “Trainings, High-Intensity Interval” OR “High-Intensity Intermittent Exercise” OR “Exercise, High-Intensity Intermittent” OR “Exercises, High-Intensity Intermittent” OR “High-Intensity Intermittent Exercises” OR “Sprint Interval Training” OR “Sprint Interval Trainings”) AND (“Crea-

tine kinase" OR "Kinase, Creatine" OR "ATP Creatine Phosphotransferase" OR "Creatine Phosphotransferase, ATP" OR "Phosphotransferase, ATP Creatine" OR "Creatine Phosphokinase" OR "Phosphokinase, Creatine" OR "ADP Phosphocreatine Phosphotransferase" OR "Phosphocreatine Phosphotransferase, ADP" OR "Phosphotransferase, ADP Phosphocreatine" OR "Macro-Creatine Kinase" OR "Macro Creatine Kinase") AND ("L-Lactate Dehydrogenase" OR "Dehydrogenase, L-Lactate" OR "L Lactate Dehydrogenase" OR "Lactate Dehydrogenase" OR "Dehydrogenase, Lactate").

Além disso, referências bibliográficas de outras fontes foram exploradas para encontrar estudos que, porventura, não tenham sido recuperados nas bases de dados. Dois avaliadores independentes realizaram a seleção dos estudos. Um terceiro pesquisador sanou as discordâncias encontradas pelos avaliadores. Este procedimento foi realizado em todas as fases do presente estudo.

Processo de coleta de dados

Os seguintes dados foram extraídos dos estudos: perfil dos participantes, sexo, idade, estatura, massa corporal total (MCT), percentual de gordura (%G), índice de massa corporal (IMC), consumo máximo de oxigênio máximo (VO_{2max}), protocolos de avaliação, análises bioquímicas de CK e LDH e resultados dos estudos.

Qualidade metodológica

A qualidade metodológica foi avaliada através dos critérios estabelecidos no *Tool for the assessment of Study quality and reporting in EXercise* (TESTEX). Os avaliadores pontuaram os 15 critérios pertencentes a escala, na qual cada item equivale a 1 ponto. Foram avaliados os seguintes domínios: 1) Critérios de elegibilidade incluídos; 2) Método de randomização declarado; 3) Ocultação de alocação; 4) Grupos semelhantes na linha de base; 5) Avaliador cego; 6) Retiradas do estudo < 15%; eventos adversos relatados; comparecimento à sessão relatado; 7) Análise de intenção de tratar; 8) Análise primária entre grupos; Análise secundária entre grupos; 9) Medidas pontuais para todos os resultados; 10) Controles de monitoramento de atividades; 11) Intensidade relativa do exercício ajustada; 12) Informação de gasto de energia do exercício relatada [18].

Risco de viés

A ferramenta da Cochrane para avaliação do risco de viés de estudos observacionais (*A Cochrane Risk Of Bias Assessment Tool for Non-Randomized Studies of Interventions – ACROBAT-NRSI*) foi utilizada para avaliar o risco de viés dos estudos incluídos. Essa ferramenta analisa sete domínios: 1) Viés devido à confusão; 2) Viés na seleção dos participantes do estudo; 3) Viés na medição das intervenções; 4) Viés devido a desvios das intervenções pretendidas; 5) Viés devido à falta de dados; 6) Viés na medição dos resultados; 7) Viés na seleção do resultado relatado [19]. Para cada domínio, os estudos foram classificados como não informado, baixo, moderado, severo ou crítico risco de viés. Para um estudo ser classificado como de "baixo risco", ele

deveria ter risco baixo em todos os domínios. Para um estudo ser classificado como de “crítico risco”, bastava ter sido classificado de crítico risco em pelo menos um dos sete domínios da ferramenta.

Resultados

Inicialmente, foram identificados 80 artigos nas bases de pesquisa (Medline = 19; Lilacs = 2; Scopus = 0; CINAHL = 31; SPORTDiscus = 0; Web of Science = 22; ScienceDirect = 0; Cochrane = 6; Scielo = 0). Quatro trabalhos foram incluídos manualmente. Após a utilização dos critérios de elegibilidade, seis estudos foram incluídos nesta revisão, conforme apresentado na Figura 1.

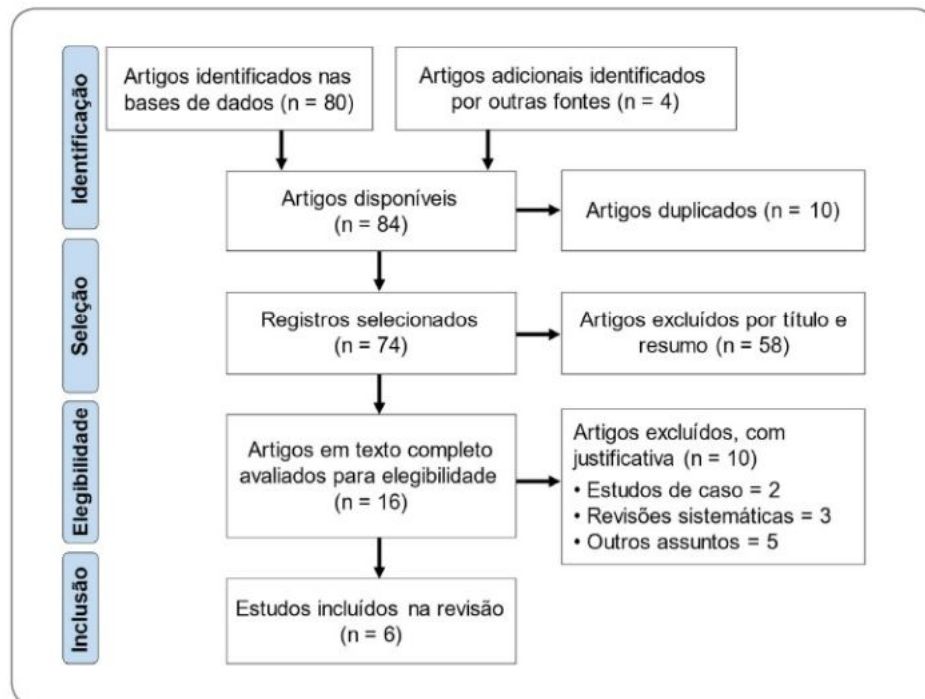


Figura 1 - Diagrama de fluxo dos estudos incluídos na revisão sistemática

As características da amostra e protocolos dos estudos incluídos estão sumariamente apresentadas na Tabela I. A amostra apresentou um total de 84 sujeitos participantes dos estudos, sendo 64 do sexo masculino e 20 não informados. Dentre as características dos sujeitos, nota-se que todos os seis estudos apresentaram idade, massa corporal total e estatura. Somente Cipryan [20] não apresentou o IMC. Três estudos exibiram a capacidade aeróbia (VO_{2max}) [20–22]. Apenas Cipryan [20] e Santos *et al.* [23] apresentaram percentual de gordura (%G). Quatro estudos utilizaram protocolos HIIT [19–22,24] e dois utilizaram testes que se assemelham a protocolos HIIT [23,25].

Tabela I - Características da amostra e protocolos dos estudos incluídos

Estudo	Participantes	VO _{2max} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Protocolo
Dorneles <i>et al.</i> , 2016 [27]	22 H (10 N, 12 O) Id.: N: 26,5 ± 6,11; O: 27,41 ± 9,20 Est.: N: 1,73 ± 0,06; O: 1,75 ± 0,04 MCT: N: 66,07 ± 7,61; O: 98,82 ± 13,15* IMC: N: 22,00 ± 1,63; O: 31,99 ± 3,93*	NI	HIIE: 10 × 60 s (85-90% PMax)/75 s (50% PMax)
Aloui <i>et al.</i> , 2017 [28]	11 estudantes Id.: 21,00 ± 0,48 Est.: 1,81 ± 2,28 MCT: 72,75 ± 1,79 IMC: 22.15 ± 0.54	NI	Teste intermitente (YYIRT) em duas horas do dia (07:00 h e 17:00 h), com descanso ≥ 36h entre os testes, em ordem randomizada
Cipryan, 2017 [23]	12 H Id.: 22,8 ± 1,7 Est.: 1,84 ± 0,78 MCT: 77,0 ± 8,4 %G: 9.9 ± 4.0	57,2 ± 6,3	3 × 12min, trabalho/descanso; trabalho a 100% VO _{2max} , descanso a 60% VO _{2max} , sendo: HIIT1: 15/15s; HIIT2: 30/30s; HIIT3: 60/60s
Farias-Junior <i>et al.</i> , 2019 [24]	15 H Id.: 28,9 ± 5,0 Est.: 1,7 ± 0,1 MCT: 87,1 ± 16,2 IMC: 29,2 ± 3,8	39,0 ± 4,1	HIIE: (10 × 1 min a 100% VO _{2max} /1 min recuperação)
Santos <i>et al.</i> , 2018 [26]	9 A Id.: 16,5 ± 1,5 Est.: 1,7 ± 0,1 MCT: 59,2 ± 11,4 %G: 12,6 ± 4,0 IMC: 19,6 ± 2,5	NI	Teste Rast = 6 sprints máximos de 35m com 10s de intervalo entre eles
Brandão <i>et al.</i> , 2020 [25]	15 H Id.: 28,0 ± 8,0 Est.: 1,7 ± 0,1 MCT: 73,9 ± 17,5 IMC: 24,9 ± 4,8	51,4 ± 5,7	HIIT1: 15s trabalho (130% vVO _{2max})/15s descanso passivo, até a exaustão. HIIT2: 30s trabalho (130% vVO _{2max})/30s descanso passivo, até a exaustão

H = homens; N = peso normal; O = sobrepeso; A = atletas; Id. = Idade (anos); Est. = estatura (m); MCT = massa corporal total (kg); IMC = índice de massa corporal (kg/m²); %G = porcentagem de gordura corporal (%); HIIE = High intensity interval exercise; HIIT = High intensity interval training; YYIRT = Yo-Yo intermittent recovery test; CK = creatina quinase; LDH = lactato desidrogenase. * diferença entre grupos; NI = não informado

A Tabela II apresenta os resultados e as variações bioquímicas dos estudos incluídos. Os protocolos mostram-se ligeiramente distintos no tocante aos momentos em que foram coletados os dados em cada estudo e a quantidade de coletas realizadas. Dois estudos coletaram apenas pré e pós-teste [23,25], Aloui *et al.* [25] realizaram medidas pré e pós duas vezes, sendo cada uma em um período distinto do dia (manhã e tarde). Outros três estudos [21,22,24] realizaram verificação de CK em 3 períodos, Farias-Junior *et al.* [21] e Brandão *et al.* [22] em pré, 24 e 48h, e Dorneles *et al.* [24] em

pré, pós e 30min. Por fim, Cipryan [20] colheu dados em quatro fases: pré, pós, 3 e 24h.

Todos os 6 estudos, cada qual com um protocolo diferente de exercício e momento de coleta, avaliaram CK e 5 desses estudos apresentaram um aumento significativo da CK [21-25]. Apenas Cipryan [20] não observou diferença significativa desse biomarcador em nenhum momento. Três estudos observaram aumento significativo imediatamente pós exercício [23-25]. Dorneles *et al.* [24] também verificaram aumento significativo 30min após o teste. Farias-Junior *et al.* [21] e Brandão *et al.* [22] averiguaram alterações 24 e 48h depois do trabalho realizado, com variação no momento 48h somente no protocolo 30/30.

Nos estudos de Cipryan [20], Farias-Junior *et al.* [21] e Brandão *et al.* [22], o aumento da CK atingiu o pico 24 horas após o exercício, enquanto o pico se deu em 30min em Dorneles *et al.* [24].

Quanto a LDH, 5 dos 6 estudos [20,22-25] averiguaram aumento significativo após a corrida intervalada em alta intensidade, 4 estudos [20,23-25] observaram aumentos apenas imediatamente pós-teste. Por sua vez, somente Brandão *et al.* [22] aferiram aumento significativo de LDH apenas no momento 24h depois do exercício. Farias-Junior *et al.* [21] não constataram diferença significativa de LDH em nenhum momento.

Farias-Junior *et al.* [21] e Brandão *et al.* [22] verificaram pico de LDH 24h após a realização do protocolo. Já Dorneles *et al.* [24] e Cipryan [20] observaram pico de LDH imediatamente pós exercício.

Tabela II - Resultados dos estudos incluídos

Estudo	Variações bioquímicas	Resultados
Dorneles <i>et al.</i> [24]	3 momentos (pré, pós e 30min) CK pré (U/L) HIIIE: N= 135 ± 15*; O= 188 ± 17* CK pós (U/L) HIIIE: N= 180 ± 25#; O= 225 ± 30# CK 30min (U/L) HIIIE: N= 185 ± 25#; O= 230 ± 30# LDH pré (U/L) HIIIE: N= 238 ± 12; O= 226 ± 7 LDH pós (U/L) HIIIE: N= 270 ± 13#; O= 275 ± 9# LDH 30min (U/L) HIIIE: N= 251 ± 9; O= 253 ± 9	Este tipo de exercício foi bem tolerado e pode ter implicações importantes na geração de efeitos anti-inflamatórios através de uma sessão de baixo volume, auxiliando no controle de inflamação crônica de baixo grau na obesidade.
Aloui <i>et al.</i> [25]	2 momentos (pré e pós); Períodos (manhã e tarde) CK (U/L) pré: manhã = 170,63 ± 16,01; tarde = 222,27 ± 1,81 CK (U/L) pós: manhã = 268,18 ± 27,09#; tarde = 320 ± 15,64*# LDH (U/L) pré: manhã = 264,54 ± 24,27; tarde = 363,18 ± 6,21 LDH (U/L) pós: manhã = 420,90 ± 28,61#; tarde = 458 ± 23,30*#	O desempenho foi prejudicado pela manhã em comparação com a tarde, associado a uma resposta oxidativa de variação patente, bem como medidas bioquímicas.

Tabela II - Continuação

Estudo	Variações bioquímicas	Resultados
Cipryan [20]	4 momentos (Pré, Pós, 3h e 24h) CK (μ kat/L) pré: 15/15 = $3,12 \pm 1,80$; 30/30 = $3,54 \pm 2,10$; 60/60 = $3,72 \pm 2,11$ CK (μ kat/L) pós: 15/15 = $3,81 \pm 1,76$; 30/30 = $4,42 \pm 2,03$; 60/60 = $4,61 \pm 2,06$ CK (μ kat/L) 3h: 15/15 = $3,65 \pm 1,62$; 30/30 = $4,01 \pm 1,97$; 60/60 = $4,15 \pm 2,07$ CK (μ kat/L) 24h: 15/15 = $4,02 \pm 1,97$; 30/30 = $4,63 \pm 2,05$; 60/60 = $4,75 \pm 2,17$ LDH (μ kat/L) pré: 15/15 = $2,38 \pm 0,36$; 30/30 = $2,28 \pm 0,42$; 60/60 = $2,35 \pm 0,43$ LDH (μ kat/L) pós: 15/15 = $2,90 \pm 0,51\#$; 30/30 = $2,89 \pm 0,60\#$; 60/60 = $2,96 \pm 0,48\#$ LDH (μ kat/L) 3h: 15/15 = $2,59 \pm 0,40$; 30/30 = $2,59 \pm 0,49$; 60/60 = $2,66 \pm 0,47$ LDH (μ kat/L) 24h: 15/15 = $2,47 \pm 0,39$; 30/30 = $2,42 \pm 0,41$; 60/60 = $2,53 \pm 0,53$	Os resultados indicaram que os protocolos 15/15 e 60/60 podem ser preferidos aos protocolos 30/30 para maximizar o estímulo do treinamento. LDH apresentou mudanças pós-exercício com intervalos de confiança de 90% para os HIIT 15/15, 30/30, 60/60.
Farias-Junior et al. [21]	3 momentos (pré, 24h e 48h) CK pré (U/L) HIIE: $147,3 \pm 48,5$ CK 24h (U/L) HIIE: $206,1 \pm 76,6\#$ CK 48h (U/L) HIIE: $198,0 \pm 76,4\#$ LDH pré (U/L) HIIE: $323,4 \pm 62,0$ LDH 24h (U/L) HIIE: $330,5 \pm 60,9$ LDH 48h (U/L) HIIE: $318,1 \pm 43,6$	Homens inativos com sobrepeso expressaram desagrado durante a realização de HIIE, particularmente no final da sessão de exercícios, quando o esforço metabólico e o esforço percebido eram maiores e a autoeficácia era menor do que MICE.
Santos et al. [23]	2 momentos (Pré e Pós) CK (U/L) pré: $278,1 \pm 78,64$; pós: $983,62 \pm 339,49\#$ LDH (U/L) pré: $326,0 \pm 72,65$; pós: $758,72 \pm 135,09\#$	O Teste Rast promoveu estresse oxidativo e dano muscular, com aumento significativo nos marcadores de dano muscular (LDH e CK) em jovens atletas.
Brandão et al. [22]	3 momentos (pré, 24h e 48h) CK (U/L) pré: 15/15 = 210 ± 170 ; 30/30 = 220 ± 170 CK (U/L) 24h: 15/15 = $370 \pm 180^*$; 30/30 = $340 \pm 160^*$ CK (U/L) 48h: 15/15 = 310 ± 230 ; 30/30 = $230 \pm 140\#$ LDH (U/L) pré: 15/15 = 200 ± 60 ; 30/30 = 190 ± 70 LDH (U/L) 24h: 15/15 = $270 \pm 80^*$; 30/30 = $250 \pm 60^*$ LDH (U/L) 48h: 15/15 = 240 ± 60 ; 30/30 = 230 ± 50	Os valores de desempenho foram semelhantes nos protocolos H15 e H30. A diferença entre as mudanças relativas (1%) foi maior para H15 em relação a H30 na atividade da enzima CK, um achado importante, uma vez que H15 teve desempenho semelhante em relação a H30.

H = homens; N = peso normal; O = sobrepeso; A = atletas; CK = creatina quinase; LDH = lactato desidrogenase; HIIE = high intensity interval exercise; HIIT = high intensity interval training; MICE = moderate intensity continuous exercise; NI = não informado. *diferença entre grupos; # diferença entre momentos

A tabela III apresenta a avaliação da qualidade metodológica, através da ferramenta TESTEX. As principais falhas metodológicas observadas foram referentes aos critérios de randomização declarados e cegamento dos avaliadores. Estes quesitos não foram pontuados em nenhum dos trabalhos incluídos, uma vez que todos os estudos tiveram por característica ser do tipo quase-experimental.

Tabela III - Qualidade metodológica dos estudos selecionados

Estudo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Dorneles et al. [24]	1	0	0	0	0	3	1	2	1	1	1	1	11
Aloui et al. [22]	1	0	1	1	0	2	0	2	1	1	1	1	11
Cipryan [20]	0	0	0	1	0	2	0	2	1	0	1	1	8
Farias-Junior et al. [21]	1	1	1	1	0	3	1	2	1	1	1	1	14
Santos et al. [23]	1	0	0	0	0	2	0	2	1	1	1	1	9
Brandão et al. [22]	1	0	0	1	0	3	1	2	1	1	1	1	12
Total	8	0	4	7	0	33	5	28	14	8	14	14	Med 10,83

1 - Critérios de elegibilidade incluídos; 2- Método de randomização declarado; 3 - Ocultação de alocação; 4 - Grupos semelhantes na linha de base; 5 - Avaliador cego; 6 - Retiradas do estudo < 15%; Eventos adversos relatados; Comparecimento à sessão relatado; 7 - Análise de intenção de tratar; 8 - Análise primária entre grupos. Análise secundária entre grupos; 9 - Medidas pontuais para todos os resultados; 10 - Controles de monitoramento de atividades; 11 - Intensidade relativa do exercício ajustada; 12 - Informação de gasto de energia do exercício relatada; Med = média

As principais fontes de viés na presente revisão foram relacionadas à medição dos resultados e na seleção do resultado reportado, pois, de acordo com a ferramenta ACROBAT-NRSI, utilizada para estudos não randomizados, a possibilidade de influência na mensuração dos resultados devido ao não cegamento dos pesquisadores é suficiente para que o risco de viés seja no mínimo moderado [22]. Assim, todos os estudos incluídos apresentaram um risco de viés moderado (Tabela IV).

Tabela IV - Análise de risco de viés dos estudos selecionados

Estudo	1	2	3	4	5	6	7	Risco
Dorneles et al. [24]	B	B	B	B	B	M	M	M
Aloui et al. [25]	B	B	B	B	NI	M	M	M
Cipryan [20]	B	M	B	B	NI	M	M	M
Farias-Junior et al. [21]	B	M	B	B	B	M	M	M
Santos et al. [23]	B	M	B	B	B	M	M	M
Brandão et al. [22]	B	B	B	B	B	M	M	M

1 - Viés devido a confusão; 2 - Viés na seleção dos participantes do estudo; 3 - Viés na medição das intervenções; 4 - Viés devido a desvios das intervenções pretendidas; 5 - Viés devido à falta de dados; 6 - Viés na medição dos resultados; 7 - Viés na seleção do resultado reportado. B = baixo; M = moderado; NI = não informado

Discussão

A presente revisão sistemática descreveu as alterações dos biomarcadores de lesão tecidual (CK e LDH) após a execução de corrida intervalada em alta intensidade. A heterogeneidade dos métodos e das características das amostras dos estudos incluídos sinalizam que os resultados encontrados devem ser analisados com cautela. Observou-se que, apesar dos diferentes protocolos utilizados, quatro dos seis estudos verificaram aumento significativo das concentrações de CK e LDH simultaneamente [22-25]. No entanto, a amplitude dessas mudanças nem sempre ocorreu na mesma magnitude.

Os resultados de CK foram consistentes quanto ao comportamento observado imediatamente pós-exercício, uma vez que cinco dos seis estudos apresentaram aumento dos níveis de CK [21-25]. A causa desse aumento é apontada para os danos causados nas estruturas de fibra muscular [26], mais especificamente na membrana sarcolemal [27].

Além disso, as respostas dependem ainda do protocolo utilizado, intensidade, volume, frequência, momento da coleta pós-teste, número e condicionamento físico das amostras [28]. Moghadam-Kia *et al.* [29] mencionam que o tipo e a duração do exercício são os principais fatores para variação dos níveis de CK, sendo exercícios extenuantes os responsáveis pela maior elevação. O sexo e raça também têm uma contribuição significativa para a variação desse biomarcador, com níveis de CK maiores em homens do que mulheres e em negros quando comparados com brancos [29,30].

O aumento de CK, observado nos estudos cujos protocolos envolveram corrida, pode ser explicado pelo mecanismo do ciclo alongamento-encurtamento, que gera microlesão muscular nos membros inferiores durante a corrida [31]. A elevação dos níveis de CK pode ser explicada, ainda, pelo fato de que exercícios com característica de gerar tensão promovem danos musculares e resultam no aumento dessa enzima [32]. Além disso, a ação muscular excêntrica implica em maiores danos musculares [27,30]. Tais alterações podem demorar uma semana para retornarem aos níveis basais [33].

O pico de CK se dá de 24 a 96h após o início da atividade [27,34,35], o que pode ser observado em três [20-22] dos seis estudos incluídos, embora o estudo de Cipryan [20] tenha apresentado o intervalo de 90% de confiança, o que requer análise cuidadosa desse resultado. Porém, assim como em Cerqueira *et al.* [36], outros três trabalhos não apresentaram tal padrão ou não realizaram coleta em tal momento [23-25]. Em repouso, os níveis de CK tendem a ser maiores em atletas quando comparados a indivíduos saudáveis, apesar de, após o exercício, o aumento dos níveis de CK tende a ser menor em atletas [3].

Apesar de LDH mostrar diferença de CK quanto a adaptações metabólicas ao exercício [27], observou-se um comportamento análogo entre os indicadores de lesão muscular CK e LDH em quatro [22-25] dos seis estudos incluídos. Esse achado pode ser explicado pela adaptação bioquímica à carga física, pois quando os níveis de CK permanecem elevados, os indivíduos também apresentam o LDH alterado [37]. Assim como para CK, o nível de aumento de LDH depende da duração e intensidade do esforço [12]. Além disso, van de Vyver *et al.* [35] relataram haver forte correlação entre VO_{2max} e os valores de pico dos biomarcadores CK e LDH.

Segundo Brancaccio *et al.* [34], a atividade de LDH parece estar correlacionada com os níveis de treinamento e performance esportiva. Um treinamento intervalado curto é capaz de aumentar a atividade das enzimas musculares glicolíticas e oxidativas, resultando em um ligeiro aumento de LDH. Isso foi encontrado no estudo de Klapińska *et al.* [37], ao averiguarem que a falta de adaptação ao treinamento em pessoas não treinadas pode ser observada pela maior concentração de LDH após um

único estímulo. Todavia, os níveis desse biomarcador se mostram mais altos em atletas em repouso [36,37].

Callegari *et al.* [31] relataram que exercícios aeróbicos, como corrida, podem causar um aumento em LDH de 12 até 24 h. Já Bessa *et al.* [38] observaram aumento significativo entre 3 e 6h após a realização de exercício intenso. Similarmente ao estudo anterior [38], um outro estudo demonstrou que o aumento nos níveis de LDH, em atividade física moderada a intensa, começa a ser notado de 1 a 3 h após o término do exercício, com pico de 3 a 6 h e retornando aos níveis basais em 24 h [39].

Tais afirmações ratificam os resultados apresentados pela maior parte dos estudos incluídos na presente revisão e contrariam Delsmann *et al.* [40], que observaram que o aumento de LDH pode ocorrer por até 14 dias após o exercício, sendo o pico entre o terceiro e quarto dia pós estímulo. Concomitantemente, Shin *et al.* [41] relatam que CK e LDH podem auxiliar como marcadores de avaliação do grau de lesão muscular, uma vez que tais enzimas demonstram déficit do músculo esquelético, danos musculares e necrose celular.

A presente revisão sistemática possui algumas limitações. Os diferentes momentos de avaliação dos biomarcadores, bem como a diferença dos protocolos de HIIT utilizados nos estudos incluídos dificultam uma análise comparativa com maior profundidade. Os estudos incluídos nesta revisão sistemática foram referentes a indivíduos saudáveis. Dessa forma, não é possível afirmar se os mesmos resultados seriam válidos para populações não saudáveis. Adicionalmente, todos os estudos realizaram o experimento com um pequeno número de participantes, o que pode ter contribuído para maior variabilidade individual. Portanto, os dados avaliados precisam ser observados com cautela.

Conclusão

Com base nas evidências observadas, o presente estudo apontou que os biomarcadores CK e LDH têm níveis elevados com a realização de corrida intervalada de alta intensidade. Verificou-se que a mensuração desses biomarcadores pode ser uma ferramenta estratégica de avaliação da carga de trabalho, acúmulo de exercício e intensidade da atividade física, riscos e grau de lesão.

Mais pesquisas são necessárias para examinar o impacto de outros tipos de exercício na inflamação. É importante que estudos futuros avaliem cuidadosamente a intensidade associada ao tipo e à duração do exercício, uma vez que esses aspectos influenciam a inflamação em exercícios intensos.

Potencial conflito de interesse

Nenhum conflito de interesses com potencial relevante para este artigo foi reportado.

Fontes de financiamento

Apoiado pelo DECEX/ Exército Brasileiro, EsEFEx, IPCFEx, CDE e CCFEx.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Sales TD, Mello DB, Romão WS, Castro JBP, Nunes RAM, Neves EB, Vale RGS. **Obtenção de dados:** Sales TD, Mello DB, Romão WS, Castro JBP, Vale RGS. **Análise e interpretação dos dados:** Sales TD, Mello DB, Castro JBP, Nunes RAM, Neves EB, Vale RGS. **Redação do manuscrito:** Sales TD, Mello DB, Romão WS, Castro JBP, Vale RGS. **Revisão crítica do manuscrito ao conteúdo intelectual importante:** Sales TD, Mello DB, Romão WS, Castro JBP, Nunes RAM, Neves EB, Vale RGS.

Referências

- Milanović Z, Sporiš G, Weston M. Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for $\dot{V}O_{2\max}$ improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sport Med* 2015;45(10):1469–81. doi: 10.1007/s40279-015-0365-0
- Wen D, Utesch T, Wu J, Robertson S, Liu J, Hu G, et al. Effects of different protocols of high intensity interval training for $\dot{V}O_{2\max}$ improvements in adults: A meta-analysis of randomised controlled trials. *J Sci Med Sport* 2019;22(8):941–7. doi: 10.1016/j.jsams.2019.01.013
- Cipryan L, Tschakert G, Hofmann P. Acute and post-exercise physiological responses to high-intensity interval training in endurance and sprint athletes. *J Sport Sci Med [Internet]*. 2017 [cited 2021 Aug 4];16(2):219–29. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28630575/>
- Girard J, Feng B, Chapman C. The effects of high-intensity interval training on athletic performance measures: a systematic review. *Phys Ther Rev* 2018;23(2):151–60. doi: 10.1080/10833196.2018.1462588
- Dolci F, Kilding AE, Chivers P, Piggott B, Hart NH. High-intensity interval training shock microcycle for enhancing sport performance: a brief review. *J Strength Cond Res* 2020;34(4):1188–96. doi: 10.1519/JSC.0000000000003499
- Warburton DER, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. *Curr Opin Cardiol* 2017;32(5):541–56. doi: 10.1097/HCO.0000000000000437
- Puggina EF, Tourinho Filho H, Machado DRL, Barbanti VJ. Efeitos do treinamento e de uma prova de triathlon em indicadores de lesão muscular e inflamação. *Rev Bras Cienc Esporte* 2016;38(2):115–23. doi: 10.1016/j.rbce.2015.10.014
- Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br Med Bull* 2007;81–82: doi: 10.1093/bmb/ldm014.
- Lavender AP, Nosaka K. Comparison between old and young men for changes in makers of muscle damage following voluntary eccentric exercise of the elbow flexors. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006;31(3):218–25. doi: 10.1139/h05-028
- Khan AA, Allemailem KS, Alhumaydhi FA, Gowder SJT, Rahmani AH. The biochemical and clinical perspectives of lactate dehydrogenase: an enzyme of active metabolism. *Endocr Metab Immune Disord Drug Targets* 2020;20(6):855–68. doi: 10.2174/1871530320666191230141110
- Schumann G, Bonora R, Ceriotti F, Féraud G, Ferrero CA, Franck PFH, et al. IFCC primary reference procedures for the measurement of catalytic activity concentrations of enzymes at 37 degrees C. International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. Part 5. Reference procedure for the measurement of catalytic concentration of aspartate aminotransferase. *Clin Chem Lab Med* 2005;40(7):725–33. doi: 10.1515/CCLM.2002.125
- Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. *Clin Chem Lab Med* 2010;48(6):757–67. doi: 10.1515/CCLM.2010.179
- Córdova A, Navas FJ, Lazzoli JK. Os radicais livres e o dano muscular produzido pelo exercício: papel dos antioxidantes. *Rev Bras Med Esporte* 2000 [Internet];6(5):204–8. [cited 2021 set 8]. Available from: <https://www.scielo.br/j/rbme/a/6kB5p4fVyKtKMvY7JrmFHsk/?format=pdf&lang=pt>
- Pedersen BK, Hoffman-Goetz L. Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. *Physiol Rev* 2000;80(3):1055–81. doi: 10.1152/physrev.2000.80.3.1055
- Page MJ, McKenzie J, Bossuyt P, Boutron I, Hoffmann T, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372. doi: 10.1136/bmj.n71
- Moola S, Munn Z, Sears K, Sfetcu R, Currie M, Lisy K, et al. Conducting systematic reviews of association (etiology): the Joanna Briggs Institute's approach. *Int J Evid Based Healthc* 2015;13(3):163–9. doi: 10.1097/XEB.0000000000000064
- Banfi G, Colombini A, Lombardi G, Lubkowska A. Metabolic markers in sports medicine. *Adv Clin Chem* 2012;56:1–54. doi: 10.1016/b978-0-12-394317-0.00015-7
- Smart NA, Waldron M, Ismail H, Giallauria F, Vigorito C, Cornelissen V, et al. Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. *Int J Evid Based Healthc* 2015;13(1):9–18. doi: 10.1097/XEB.0000000000000020
- Sterne JAC, Higgins JPT, Reeves BC on behalf of the development group for ACROBAT-NRSI. A Cochrane Risk Of Bias Assessment Tool: for Non-Randomized Studies of Interventions (ACROBAT-NRSI).

- Version 1.0.0, 24 September 2014. [Internet] [cited 2021 Aug 4]. Available from: <http://www.bristol.ac.uk/population-health-sciences/centres/cresyda/barr/riskofbias/robins-i/acrobat-nrsi/>
20. Cipryan L. IL-6, antioxidant capacity and muscle damage markers following high-intensity interval training protocols. *J Hum Kinet* 2017;56(1):139-48. doi: 10.1515/hukin-2017-0031
 21. Farias-Junior LF, Browne RAV, Freire YA, Oliveira-Dantas FF, Lemos TMAM, Galvão-Coelho NL, et al. Psychological responses, muscle damage, inflammation, and delayed onset muscle soreness to high-intensity interval and moderate-intensity continuous exercise in overweight men. *Physiol Behav* 2019;199:200-9. doi: 10.1016/j.physbeh.2018.11.028
 22. Brandão LHA, Chagas TPN, Vasconcelos ABS, Oliveira VC, Fortes LS, Almeida MB, et al. Physiological and performance impacts after field supramaximal high-intensity interval training with different work-recovery duration. *Front Physiol* 2020;11:1075. doi: 10.3389/fphys.2020.01075
 23. Santos PMF, Souza LMV, Santos MB, Araújo JES, Santos JL, Santos IB, et al. O efeito agudo do Rast Test sobre o estresse oxidativo e os marcadores de danos musculares em atletas jovens. *J Phys Educ* 2018;29(1):e-2980. doi: 10.4025/jphyseduc.v29i1.2980
 24. Dorneles GP, Haddad DO, Fagundes VO, Vargas BK, Kloecker A, Romão PRT, et al. High intensity interval exercise decreases IL-8 and enhances the immunomodulatory cytokine interleukin-10 in lean and overweight-obese individuals. *Cytokine* 2016;77:1-9. doi: 10.1016/j.cyto.2015.10.003
 25. Aloui K, Abedelmalek S, Chtourou H, Wong DP, Boussetta N, Souissi N. Effects of time-of-day on oxidative stress, cardiovascular parameters, biochemical markers, and hormonal response following level-1 Yo-Yo intermittent recovery test. *Physiol Int* 2017;104(1):77-90. doi: 10.1556/2060.104.2017.1.6
 26. Baumert P, Lake MJ, Stewart CE, Drust B, Erskine RM. Genetic variation and exercise-induced muscle damage: implications for athletic performance, injury and ageing. *Eur J Appl Physiol* 2016;116(9):1595-625. doi: 10.1007/s00421-016-3411-1
 27. Brancaccio P, Limongelli FM, Maffulli N. Monitoring of serum enzymes in sport. *Br J Sports Med* 2006;40(2):96-7. doi: 10.1136/bjism.2005.020719
 28. Silva FOC, Macedo DV. Exercício físico, processo inflamatório e adaptação: uma visão geral. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2011;13(4):320-8. doi: 10.5007/1980-0037.2011v13n4p320
 29. Moghadam-Kia S, Oddis CV, Aggarwal R. Approach to asymptomatic creatine kinase elevation. *Cleve Clin J Med* 2016;83(1):37-42. doi: 10.3949/ccjm.83a.14120
 30. Koch AJ, Pereira R, Machado M. The creatine kinase response to resistance exercise. *J Musculoskeletal Neuronal Interact* [Internet] 2014 [cited 2021 Aug 4];14(1):68-77. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24583542/>
 31. Callegari GA, Novaes JS, Neto GR, Dias I, Garrido ND, Dani C. Creatine kinase and lactate dehydrogenase responses after different resistance and aerobic exercise protocols. *J Hum Kinet* 2017;58(1):65-72. doi: 10.1515/hukin-2017-0071
 32. Paschalis V, Koutedakis Y, Jamurtas AZ, Mougios V, Baltzopoulos V. Equal volumes of high and low intensity of eccentric exercise in relation to muscle damage and performance. *J Strength Cond Res* 2005;19(1):184-8. doi: 10.1519/R-14763.1
 33. Kobayashi Y, Takeuchi T, Hosoi T, Yoshizaki H, Loepky JA. Effect of a marathon run on serum lipoproteins, creatine kinase, and lactate dehydrogenase in recreational runners. *Res Q Exerc Sport* 2005;76(4):450-5. doi: 10.1080/02701367.2005.10599318
 34. Brancaccio P, Maffulli N, Buonauro R, Limongelli FM. Serum enzyme monitoring in sports medicine. *Clin Sports Med* 2008;27(1):1-18. doi: 10.1016/j.csm.2007.09.005
 35. van de Vyver M, Myburgh KH. Cytokine and satellite cell responses to muscle damage: interpretation and possible confounding factors in human studies. *J Muscle Res Cell Motil* 2012;33(3-4):177-85. doi: 10.1007/s10974-012-9303-z
 36. Cerqueira É, Marinho DA, Neiva HP, Lourenço O. Inflammatory effects of high and moderate intensity exercise – A systematic review. *Front Physiol* 2020;10:1550. doi: 10.3389/fphys.2019.01550
 37. Klapcińska B, Iskra J, Poprzecki S, Grzesiok K. The effects of sprint (300 m) running on plasma lactate, uric acid, creatine kinase and lactate dehydrogenase in competitive hurdlers and untrained men. *J Sports Med Phys Fitness* [Internet]. 2001 [cited 2021 Aug 4];41(3):306-11. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11533559/>
 38. Bessa AL, Oliveira VN, Agostini GG, Oliveira RJS, Oliveira ACS, White GE, et al. Exercise intensity and recovery: Biomarkers of injury, inflammation, and oxidative stress. *J Strength Cond Res* 2016;30(2):311-9. doi: 10.1519/JSC.0b013e31828f1ee9
 39. Lippi G, Schena F, Ceriotti F. Diagnostic biomarkers of muscle injury and exertional rhabdomyolysis. *Clin Chem Lab Med* 2018;57(2):175-82. doi: 10.1515/cclm-2018-0656
 40. Delsmann MM, Stürznickel J, Amling M, Ueblacker P, Rolvien T. Musculoskeletal laboratory diagnostics in competitive sport. *Orthopade* 2021. doi: 10.1007/s00132-021-04072-1
 41. Shin K-A, Park KD, Ahn J, Park Y, Kim Y-J. Comparison of changes in biochemical markers for skeletal muscles, hepatic metabolism, and renal function after three types of long-distance running: observational study. *Medicine (Baltimore)* 2016;95(20):e3657. doi: 10.1097/MD.0000000000003657

2 ASSOCIAÇÃO ENTRE MARCADORES FISIOLÓGICOS E DESEMPENHO EM ATLETAS NA PISTA DE PENTATLO MILITAR.

RESUMO

Introdução: O pentatlo militar é constituído das disciplinas tiro de fuzil, pista de pentatlo militar (PPM), natação utilitária, lançamento de granadas e corrida através campo. O desempenho do atleta é influenciado por uma série de alterações fisiológicas geradas pelo desgaste físico durante a execução de cada prova. **Objetivo:** Analisar as relações entre os marcadores fisiológicos e desempenho de atletas de pentatlo militar durante a execução da PPM. **Método:** A amostra foi composta por atletas da seleção brasileira de pentatlo militar do Exército Brasileiro, de ambos os sexos, com idade entre 20 e 32 anos. Os participantes foram avaliados em três momentos distintos com intervalo mínimo de 24 h e máximo de 72 h entre eles antes e durante o campeonato. Os participantes foram submetidos a avaliação antropométrica, ergoespirometria, determinação de limiares, VO_{2max} e coleta de sangue para dosagem de CK, LDH e lactato sanguíneo. A intervenção foi realizada através de uma prova de PPM para verificação do desempenho dos atletas. **Resultados:** Foi observado correlação positiva ($p < 0,05$) entre limiar ventilatório 2 (LV2), velocidade máxima em teste incremental (vVO_{2pico}), nível de experiência e desempenho na PPM. Não foi observado correlação entre capacidade aeróbia (VO_{2max}) e o desempenho na PPM. Houve aumento de LDH e lactato no momento pós PPM ($p < 0,05$). No momento 24h pós PPM os valores de CK atingiram o pico ($p < 0,05$). **Conclusão:** Os resultados deste estudo sugerem que os componentes anaeróbios (LV2 e vVO_{2pico}) parecem ser mais determinantes para o desempenho na PPM, assim como o nível de experiência. Portanto, devem ser melhor explorados durante a fase de treinamento. Outrossim, execução da PPM é capaz de causar aumento significativo dos marcadores bioquímicos CK, LDH e lactato sanguíneo.

Palavras-chave: marcadores fisiológicos; aptidão física; performance; atletas.

ABSTRACT

Introduction: Military pentathlon is constituted by the disciplines of rifle shooting, military pentathlon track (PPM), utility swimming, grenade throwing and running through the field. Athlete's performance is influenced by a series of physiological changes generated by physical wear and tear during the execution of each test. **Objective:** To analyze the relationships between body composition, physiological markers and performance of military pentathlon athletes during PPM execution. **Method:** The sample consisted of athletes from the Brazilian military pentathlon team of the Brazilian Army, of both genders, aged between 20 and 32 years. The participants were evaluated at three different times with a minimum interval of 24 h and a maximum of 72 h between them before and during the championship. Participants underwent anthropometric assessment, ergospirometry, determination of thresholds, VO₂max and blood collection to measure CK, LDH and blood lactate. The intervention was performed through a PPM test to verify the athletes' performance. **Results:** A positive correlation ($p < 0.05$) was observed between ventilatory threshold 2 (VT₂), maximum velocity in incremental test (vVO_{2peak}), experience level and performance in PPM. There was no correlation between aerobic capacity (VO₂max) and performance in PPM. There was an increase in LDH and lactate after PPM ($p < 0.05$). At the moment 24h post PPM the CK values reached the peak ($p < 0.05$). **Conclusion:** The results of this study suggest that the anaerobic components (LV₂ and vVO_{2peak}) seem to be more determinant for the performance in PPM, as well as the level of experience. Therefore, they should be better explored during the training phase. Furthermore, performing PPM is capable of causing a significant increase in the biochemical markers CK, LDH and blood lactate.

Keywords: physiological markers; physical fitness; performance; athletes.

INTRODUÇÃO

O Pentatlo Militar é considerado o esporte militar mais importante, sendo praticado em mais de 30 países (1). É um esporte individual composto por cinco modalidades: tiro, pista de pentatlo militar (PPM), natação utilitária, lançamento de granadas e corrida através campo (8km ou 4km). Ao final, o atleta atingirá uma pontuação formada pelo somatório de pontos alcançados em cada uma das modalidades. A PPM é composta por 20 obstáculos ao longo de uma pista de 500m. Por convenção as mulheres executam 16 obstáculos, não realizando os obstáculos que envolvem grandes quedas. O desempenho da prova é medido através de tempo, vencendo aquele que realizar no menor tempo possível (1).

Devido a predominância anaeróbia láctica (54), a prova de PPM pode ser considerada como sendo executada em alta intensidade, uma vez que o tempo médio de execução se aproxima a provas de 800 e 1500m ou a HIITs de baixo volume (16).

Baptista *et al.* (55) verificaram que o desempenho do atleta na PPM possui correlação com o tempo de corrida livre entre os obstáculos. Por sua vez, De-Oliveira *et al.* (4) relatam que corridas que necessitem de grande potência durante mais tempo e maior utilização de energia proveniente do sistema anaeróbio, tem como fator fundamental da performance a aptidão anaeróbia. Jacobs *et al.* (3) relatam que um VO₂max elevado é um pré requisito para uma alta capacidade de corrida de endurance, uma vez que o consumo de oxigênio é um bom indicador de desempenho físico.

Exercícios intensos causam o aumento de proteínas musculares como creatina kinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH). Os níveis séricos de CK por si só podem não fornecer um reflexo preciso do dano estrutural às células musculares. Portanto, o LDH pode ser analisado junto com a CK para fornecer uma resposta mais precisa de danos musculares em exercícios de alta intensidade (56).

Sendo assim o objetivo do presente estudo foi analisar a associação entre as alterações fisiológicas e o desempenho atlético de atletas de pentatlo militar durante a execução de uma prova de PPM.

MATERIAIS E MÉTODOS

Tipo de pesquisa

Trata-se de uma pesquisa do tipo descritiva exploratória e correlacional, de corte transversal pelo fato da seleção da amostra não contemplar todas as características de um experimento verdadeiro no que se refere à randomização e aplicação da intervenção (57).

Participantes

A seleção da amostra foi probabilística e composta por atletas da seleção brasileira de pentatlo militar de ambos os sexos, com idade entre 20 e 32 anos fizeram parte do estudo. Estes indivíduos pertencem as categorias de elite do esporte.

Os critérios para inclusão dos atletas foram: a) ambos os sexos, b) fazer parte de uma equipe de treinamento, c) alcançar índice igual ou superior a 930 pontos de pentatlo, ou seja, obter um tempo de performance igual ou inferior a 2min 50seg na prova de PPM.

Foram excluídos da amostra os atletas que: a) não realizaram treinamento supervisionado pela comissão técnica b) atletas com algum tipo de lesão osteoarticulares ou musculoesqueléticas e outros quadros clínicos que os impediram de realizar ou pudessem mascarar alguma das avaliações, que limitassem movimentos ou em tratamentos médicos restritivos, c) atletas que estivessem fazendo uso de qualquer substância ou fármaco capaz de alterar as análises de sangue, d) que não puderam comparecer à todas as etapas da coleta de dados.

O estudo iniciou com 19 atletas, porém três atletas foram excluídos porque não puderam realizar a prova de PPM, uma vez que se encontravam lesionados. Dessa forma, fizeram parte do presente estudo atletas de elite da seleção brasileira de pentatlo militar do EB. Foram avaliados 16 atletas, de ambos os sexos (9 homens e 7 mulheres), com idade $26,13 \pm 3,69$ anos.

O presente trabalho atendeu às Normas para a Realização de Pesquisa em Seres Humanos, Resolução 510/16, do Conselho Nacional de Saúde de 07/04/2016. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi assinado pelos voluntários ao estudo. Essa pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética e Pesquisa do Centro de Capacitação Física do Exército (CEP-CCFEX) por meio da Plataforma Brasil e aprovado sob número CAAE 45250321.5.0000.9433.

Procedimentos de coletas de dados

Desenho do estudo

Os voluntários foram avaliados em três momentos distintos com intervalo de 24 a 72 h

entre eles, como descrito no Fluxograma 1.

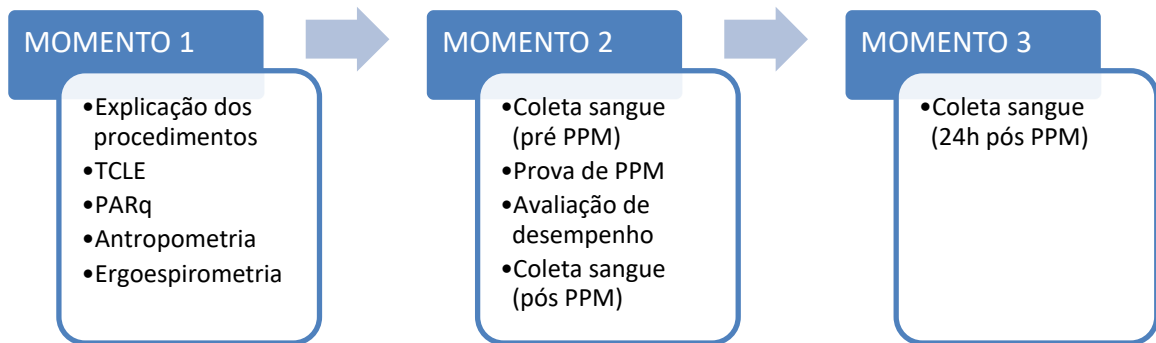


Figura 1 – Fluxograma do desenho do estudo

Os participantes foram avaliados durante a semana de competição antes de suas atividades de treinamento diário. Os atletas, orientados pela comissão técnica, seguiram o microciclo de treinamento, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Cronograma da semana de competição.

	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Manhã	Musculação/ Tiro	Granada/ Corrida	Prova Tiro	Prova Natação	Prova Corrida
Tarde	Natação	Reunião Preparatória	Prova PPM	Prova Granada	Livre

No momento 1, os voluntários foram informados a respeito dos procedimentos e orientações para coleta de dados da presente pesquisa, além de responderem ao TCLE e PARq. Após isso, foram submetidos à avaliação antropométrica e por fim teste ergoespirométrico, determinação de limiares e a avaliação do VO₂max conforme protocolos descritos a seguir.

- Antropometria

Foram utilizados os procedimentos do protocolo da *Internacional Society for the Advancement of Kinanthropometry* (58) para as variáveis antropométricas. Para a mensuração da massa corporal, estatura e perímetros foram utilizados os seguintes equipamentos: uma balança da marca Filizola® modelo PL 2007 (Brasil), estadiômetro da marca Sanny® modelo Professional (Brasil), trena antropométrica sem trava da marca Sanny® (Brasil) e um plicômetro científico tradicional da marca Cescorf® (Brasil) respectivamente.

- Ergoespirometria

A avaliação dos parâmetros cardiorrespiratórios foi realizada através do protocolo de rampa em esteira ergométrica Exite Run 900 da marca TechnoGym® (Itália). As características da rampa foram escolhidas para garantir uma duração do teste entre 8 e 12 minutos, seguindo a recomendação da *American Heart Association* (59). Os gases expirados durante os testes foram averiguados no modo respiração-respiração, armazenados como média de três respirações, através do analisador de gases metabólicos VO2000 (Medgraphics, USA). Utilizou-se o programa computacional Ergomet 13 (USA), o qual proporciona a visualização, em tempo real, dos dados ventilatórios, bem como o armazenamento dos dois. Desta forma obteve-se, dentre outros dados, VO₂max e LV. Os participantes também utilizaram monitor de frequência cardíaca Forerunner 920xt (Garmin Ltd, USA), além de responderem a Percepção Subjetiva de Esforço através da Escala de Borg (CR-10) (60).

No momento 2, os participantes do estudo foram submetidos a coleta sanguínea. Os atletas se apresentaram a sala de coleta de dados e um profissional qualificado realizou a coleta sanguínea seguindo todos os protocolos sanitários. Finalizado essa etapa, o atleta realizou seu aquecimento padrão seguido da prova de PPM. Imediatamente após o término da prova houve nova coleta sanguínea. Os protocolos das avaliações foram os seguintes:

- Marcadores bioquímicos: CK, LDH e lactato.

Para mensurar os marcadores bioquímicos de lesão e inflamação tecidual: CK, LDH e Lactato, as coletas de sangue ocorrerão em dois momentos, primeiro 20min antes da execução da PPM e imediatamente após o fim da prova. As amostras de sangue (14 ml) dos indivíduos foram coletadas pela veia antecubital, com os indivíduos permanecendo em uma posição sentada, em uma tenda. 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 (61).

Após os procedimentos pré-analíticos, foi utilizado o analisador automatizado bioquímico da marca BT 3000, fabricado pela Empresa Wiener Lab. para a determinação dos seguintes biomarcadores clínicos sorológicos: CK, LDH e Lactato. Ambas as análises seguiram as recomendações do Kit comercial (Wierner lab.) Os procedimentos de coleta das amostras

sanguíneas e suas respectivas análises foram realizados por um profissional bioquímico com experiência, seguindo as orientações do manual de coleta da Sociedade Brasileira de Patologia Clínica e Medicina Laboratorial (61).

Todo o material utilizado na coleta sanguínea será descartável e seguirá os critérios para descarte de resíduo biológico e material perfuro cortante. Após a finalização de todos os procedimentos de análise das amostras sanguíneas, as sobras de amostras de laboratório contendo sangue serão 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.

- Desempenho: execução da pista (PPM)

A modalidade analisada no presente estudo foi a PPM. Esta foi avaliada durante o Campeonato Brasileiro de Pentatlo Militar. Para mensuração do desempenho esportivo foi cronometrado o tempo gasto por cada atleta por meio de cronometro manual VL-237 da marca Vollo® (Brasil) e posteriormente convertido os resultados em pontos de pentatlo militar por meio da tabela de conversão das regras do CISM (1).

O controle da temperatura ambiente foi realizado, sendo mensurada a temperatura mínima e máxima, amplitude térmica e umidade relativa do ar através do termômetro Minipa®, modelo Mt-240 (Brasil).

Os atletas utilizaram o uniforme esportivo do Exército Brasileiro composto por calça e camisa de manga comprida, conforme previsto pelas regras do CISM (1). O material do uniforme em questão foi: calça em tecido suplex de poliamida, composição 90% poliamida e 10% elastano; e camisa de manga comprida em tecido 100% poliéster. Todos os atletas utilizaram tênis de corrida. Modelo e marca variando de acordo com a preferência de cada atleta.

No momento 3, foram realizadas avaliações bioquímicas 24h pós prova de PPM, seguindo os mesmos protocolos descritos anteriormente.

Análise de dados

Os dados foram analisados pelo IBM SPSS 23 *Software* estatístico. O teste de *Shapiro-Wilk* foi utilizado para analisar a normalidade dos dados da amostra. Os resultados foram apresentados como média, desvio-padrão, valor mínimo e máximo. Teste T – *student* para

amostras dependentes foi aplicado para a comparação das variáveis bioquímicas nos momentos pré e pós PPM (LDH e lactato sanguíneo) e nos momentos pré e 24h pós PPM (CK). O teste de correlação parcial, tendo como variável de controle o percentual de gordura foi empregado para analisar as associações entre as variáveis de estudo. O valor de $p < 0,05$ foi adotado para a significância estatística.

RESULTADOS

Nas tabelas 2 e 3 são apresentados os resultados descritivos para caracterização da amostra referentes as variáveis idade, experiência, estatura, massa corporal total (MCT), massa magra (MM), massa gorda (MG), percentual de gordura (%G), flexibilidade, força de preensão manual (Fm), capacidade aeróbia máxima (VO_{2max}), frequência cardíaca máxima (FC Max), limiar ventilatório (LV) 1 e 2, velocidade máxima em teste incremental (vVO_{2pico}). Foram observados valores dentro da normalidade para as variáveis estudadas.

Tabela 2. Tempo de experiência e dados antropométricos da amostra.

Variáveis	Média± DP	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	26,13±3,69	22,00	32,00
Experiência (anos)	6,44±3,52	2,00	14,00
Estatura (m)	1,72±0,09	1,57	1,92
MCT (kg)	65,92±10,64	51,70	88,90
MM (kg)	54,71±11,70	41,08	77,99
MG (kg)	8,38±2,90	5,22	16,17
%G	13,84±5,80	7,90	25,70

Legenda: DP= desvio padrão; MCT= massa corporal total; MM= massa magra; MG= massa gorda; %G= percentual de gordura.

Tabela 3. Aptidão neuromuscular e cardiorrespiratória da amostra.

Variáveis	Média± DP	Mínimo	Máximo
Flexibilidade (cm)	36,00±5,35	28,00	47,50
Fm direita (kgf)	42,13±8,75	32,00	60,00
Fm esquerda (kgf)	41,13±9,02	26,00	54,00
VO _{2max} (ml/kg.min)	55,45±9,03	41,40	68,80
FC Max (bpm)	197,81±8,38	185,00	217,00
LV1 (ml/kg.min)	39,20±5,91	29,30	52,10
LV2 (ml/kg.min)	49,91±8,12	37,40	64,00
vVO _{2pico} (km/h)	20,63±2,13	17,20	23,60
Desempenho PPM	1080,06±54,67	946,80	1145,60

Legenda: DP= desvio padrão; cm= centímetro; Fm= força de prensão manual; FC Max= frequência cardíaca máxima; LV= limiar ventilatório; vVO_{2pico}= velocidade máxima em teste incremental; PPM= pista de pentatlo militar; kg= quilograma; kgf= miligrama força; ml= mililitro; min= minuto; bpm= batimento por minuto.

Ao analisar a correlação entre as variáveis fisiológicas e desempenho dos atletas de pentatlo militar, foi observada uma correlação positiva ($p < 0,05$) entre o desempenho na PPM e o nível de experiência, força de prensão manual da mão esquerda, vVO_{2pico} e LV2 (Tabela 4). Não houve correlação entre a capacidade aeróbia máxima (VO_{2max}), as variáveis de composição corporal, as variáveis bioquímicas e o desempenho dos atletas na PPM.

Tabela 4. Correlação (Pearson r) entre desempenho na PPM e variáveis analisadas (n=16).

Variável	r	P
vVO _{2pico}	0,60	0,019*
LV2	0,65	0,009*
Experiência	0,65	0,006*
Fm esquerda	0,54	0,039*

Legenda: LV= limiar ventilatório; vVO_{2pico}= velocidade máxima em teste incremental; * $p < 0,05$.

Na tabela 5 são apresentados os resultados das variáveis bioquímicas CK, LDH e lactato sanguíneo. Houve aumento significativo no momento pós PPM em todos os biomarcadores analisados. CK 24h apresentou aumento significativo em relação ao momento pré, por outro lado LDH 24h evidenciou diminuição significativa, já o biomarcador lactato 24h não aponto diferença significativa. Quanto a comparação entre os momentos pós e 24h, LDH e lactato

apresentaram diminuição significativa, porém a CK não obteve o mesmo resultado.

Tabela 5. Variáveis bioquímicas da amostra.

Variáveis	Média± DP	Mínimo	Máximo
CK pré	199,16±73,79	114,60	352,00
CK 24h	273,66±74,19*	163,30	416,90
LDH pré	395,19±51,33	298,00	490,00
LDH pós	455,06±53,41*	350,00	539,00
Lactato pré	25,54±6,29	16,60	39,40
Lactato pós	151,49±22,00*	96,90	162,70

Legenda: DP= desvio padrão; CK= creatina kinase; LDH= lactato desidrogenase; h= horas; * p<0,05 diferença entre pré.

DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo analisar a associação entre marcadores fisiológicos, temperatura da pele e desempenho em atletas de pentatlo militar durante a execução da pista de pentatlo militar.

Ao analisar as variáveis fisiológicas, foram observadas correlações positivas entre $vVO_{2\text{pico}}$, LV2 e o nível de experiência com o desempenho na PPM. Por outro lado, não foi observada qualquer correlação entre $VO_{2\text{max}}$ e o desempenho na PPM.

Uma das dificuldades na utilização de índice fisiológicos para predição de desempenho é a influência do nível e/ou estado de treinamento, duração da prova e homogeneidade dos atletas (62). Péronnet *et al.* (63) observaram que $VO_{2\text{max}}$ possui uma forte correlação positiva com o desempenho em corridas de média e longa distância. Billat *et al.* (64) também relataram tal correlação para corredores de 1500m. O mesmo foi observado por Caputo *et al.* (62) em provas de ciclismo de 4km contra relógio. Observou-se alta correlação entre a potência aeróbia e o desempenho em atletas de esqui alpino (65). Matínez-Gómez *et al.* (66) relatam uma correlação positiva entre esse indicador e a performance em atletas e CrossFit. Também houve tal correlação em canoístas nas provas de 500 e 1000m (67).

Essa correlação ocorre, segundo Caputo *et al.* (62), devido ao fato de em exercícios máximos com duração entre 2 e 3 min, haver predominância do metabolismo aeróbio e por isso $VO_{2\text{max}}$ apresenta maior correlação com o desempenho. Entretanto, tal inferência não foi observada no presente estudo. Tal fato sugere que atletas com diferentes $VO_{2\text{max}}$ podem atingir desempenhos similares na PPM, não sendo possível afirmar ser esse parâmetro um

preditor de desempenho para essa modalidade específica.

Assim como verificado por Sangali *et al.* (68), o VO_{2max} pode não ter sido capaz de explicar o resultado desta prova, provavelmente pela homogeneidade da amostra. As pesquisas de Coyle *et al.* (69) e Impellizzeri *et al.* (70) constataram que indivíduos bem treinados ou atletas de elite que possuem VO_{2max} elevado, não manifestam correlação com o desempenho, o que reforça o presente achado. O fato dos índices fisiológicos terem sido determinados em laboratório possibilitam a formulação da hipótese de que avaliações em campo terem maior correlação com o desempenho (71).

Bunc *et al.* (72) observaram que o limiar ventilatório de maratonistas representando 86,7% do VO_{2max} , 82,3% em corredores de média distância, 80,5% em jogadores de futebol e 85,0% em patinadores. No presente estudo o LV2 representa em média 90% do VO_{2max} em atletas de pentatlo militar. Apesar de tal aproximação entre o LV2 e VO_{2max} (72), foi observada correlação positiva no presente estudo entre tal limiar e o desempenho na PPM. O que vai ao encontro dos relatos de Nakamura *et al.* (67), em seu estudo com atletas de canoagem na prova de 1000m, e de Impellizzeri *et al.* (70) em ciclistas cross country, os quais apresentam correlação entre esse marcador fisiológico e a performance esportiva.

Billat *et al.* (64) observaram que a velocidade máxima atingida no teste ergoespiométrico (vVO_{2pico}) explica 95% da variação na performance de corredores de 1500 metros, já no estudo de Denadai *et al.* (73), o vVO_{2pico} explicou 88% da performance na mesma distância. Observou-se correlação entre a velocidade e o desempenho em provas de 400 e 800m (74). Caputo *et al.* (62) também relatam correlação entre a velocidade máxima atingida no teste incremental e o desempenho em ciclistas em provas de 2km. No estudo de Matínez-Gómez *et al.* (66) há também a mesma correlação, porém para atletas de CrossFit. Esses dados apresentam consonância aos achados do presente estudo, o qual também observou correlação entre a vVO_{2pico} e o desempenho na PPM.

Billat e Koralztein (75) afirmam haver correlação entre vVO_{2max} e a velocidade de limiar de lactato. Lacour *et al.* (76) relatam que a velocidade no limiar anaeróbio corresponde a 86% de vVO_{2max} em corredores treinados. Pode-se afirmar que a velocidade de execução da prova de PPM foi acima de limiar anaeróbio (77), como pode ser observado nos valores de lactato sanguíneo apresentados imediatamente pós prova ($151,49 \pm 22,0$ mg/dl). A capacidade de realizar trabalhos próximo ao VO_{2max} sem grande acúmulo de lactato, pode determinar o sucesso entre corredores com características aeróbias homogêneas. Desta forma atletas que possuem um limiar anaeróbio alto podem performar melhor do que aqueles que possuem tal limiar menor, mesmo estes apresentando VO_{2max} superior do que aqueles (72,78).

Em relação ao desempenho dos atletas, Young *et al.* (79) observaram que o tempo de treinamento acumulado em atletas de 200m e 1500m é uma variável que contribui para a melhora do desempenho, bem como para a estabilização ou diminuição do declínio desta. Villaroel *et al.* (80) encontraram dados que sugerem ser a experiência relevante para o resultado em provas de triatlo olímpico. Isto pode explicar a correlação positiva encontrada no presente estudo entre a variável nível de experiência e o desempenho na PPM.

Allen *et al.* (81), após revisão sistemática, concluíram que o pico do desempenho se dá aos $28,3 \pm 3,1$ anos em provas de explosão/sprint, com uma disparidade de $0,6 \pm 0,7$ anos entre homens e mulheres; e $28,4 \pm 6,4$ anos em provas de endurance, diferença média de $0,1 \pm 1,0$ entre os sexos. Tais dados reforçam os achados de Hollings *et al.* (82) que observaram pico do desempenho entre corredores do sexo masculino em $25,1 \pm 0,3$ anos e $26,2 \pm 0,4$ anos para mulheres. A máxima performance ocorreu na faixa de idade entre 23 e 28 anos em provas de atletismos. Isso corrobora com os resultados encontrados no presente estudo, que investigou participantes com a média de idade de $26,13 \pm 3,69$ anos.

A técnica também é um fator importante para o desempenho em provas de Sprint e médias distâncias. Desta feita, um melhor desempenho em uma idade mais jovem, pode significar uma especialização ocorrida desde cedo (83,84).

Quanto aos marcadores fisiológicos, em consonância ao relatado por Sales *et al.* (85), CK e LDH apresentaram aumento significativo após execução de atividade intensa. Este aumento nos níveis de CK e LDH demonstram déficit do músculo esquelético, danos musculares e necrose celular (85).

Os valores de CK apresentou pico no momento 24h pós. Este achado é corroborado pela literatura (38,46,47), pois o motivo desse aumento é apontado para os danos causados as estruturas de fibra muscular (38), mais notadamente na membrana sarcolemal (24).

Similarmente à CK, os resultados analisados de LDH são maiores no momento pós PPM quando comparados ao momento pré PPM. No entanto, no momento 24h pós, houve uma diminuição dos valores quando comparado ao momento pós e pré PPM. Estes achados ratificam o estudo de Lippi *et al.* (51), que relataram aumento de LDH pós exercício e retorno aos valores basais em 24h.

O aumento do lactato sanguíneo no momento pós PPM está em consonância com o que é apresentado na literatura (4,74,77,78,86), que observaram aumento significativo após provas de média distância, bem como o retorno para os valores basais 24h pós exercício.

Uma limitação do estudo é o desenho adotado, que incluiu um grupo homogêneo de atletas de elite de pentatlo militar, porém sem um grupo controle. Tal fato pode limitar a

possibilidade de generalização para populações de outras idades ou níveis atléticos. Outra limitação do presente estudo foi a impossibilidade de realizar qualquer medição fisiológica como FC, VO_2 e lactato sanguíneo, devido às peculiaridades da prova que não possibilita nem mesmo o uso de equipamentos portáteis, durante a execução da prova de PPM. Além disso apesar de os atletas realizarem treinamento centralizado e com acompanhamento dos técnicos, algumas variáveis não foram controladas como alimentação e horas e qualidade do sono.

CONCLUSÃO

O estudo mostrou correlação positiva entre o desempenho na PPM e a capacidade anaeróbia elevada (LV2), a velocidade máxima em teste incremental ($vVO_{2\text{pico}}$) e o nível de experiência. Tal fato ocorreu, provavelmente, pelas características da prova quanto as exigências fisiológicas e pelas necessidades de habilidades técnicas específicas desta modalidade.

Contatou-se que a execução de uma prova de PPM foi suficiente para elevar significativamente os níveis de CK, LDH e lactato sanguíneo em atletas de pentatlo militar no momento pós PPM. Porém apenas CK permaneceu elevada no momento 24h pós. O que demonstra a alta intensidade exigida na referida prova.

Desta feita, é interessante que atletas e treinadores incluam em suas rotinas de treinamento atividades voltadas para o desenvolvimento e aprimoramento da capacidade anaeróbia, bem como da velocidade máxima. Além de realizar um maior monitoramento de carga durante a competição a fim de evitar influências negativas pela sobrecarga de treinamento.

Sugere-se estudos futuros a fim de melhor entender outras possíveis variáveis como força muscular, índice de fadiga e potência anaeróbia, que podem auxiliar na compreensão da PPM e da integração das cinco provas que compõem o pentatlo militar.

REFERÊNCIAS

1. Conseil International du Sport Militaire. Regras do Pentatlo Militar. International military sports council edition 2018 militay pentathlon. CISM. 2018;
3. Jacobs RA, Rasmussen P, Siebenmann C, Díaz V, Gassmann M, Pesta D, *et al.* Determinants of time trial performance and maximal incremental exercise in highly trained endurance athletes. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md: 1985). 2011 Nov;111(5):1422–30.
4. De-Oliveira FR, Lima-Silva AE, Nakamura FY, Kiss MAPDM, Loch MDSG. Testes

de pista para avaliação da capacidade láctica de corredores velocistas de alto nível. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2006;12(2):99–102.

16. Cipryan L, Tschakert G, Hofmann P. Acute and post-exercise physiological responses to high-intensity interval training in endurance and sprint athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2017;16(2):219–29.

24. Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. *Clinical chemistry and laboratory medicine*. 2010 Jun;48(6):757–67.

38. Baumert P, Lake MJ, Stewart CE, Drust B, Erskine RM. Genetic variation and exercise-induced muscle damage: implications for athletic performance, injury and ageing. Vol. 116, *European Journal of Applied Physiology*. Springer Berlin Heidelberg; 2016. 1595–1625.

46. Brancaccio P, Maffulli N, Buonauro R, Limongelli FM. Serum Enzyme Monitoring in Sports Medicine. *Clinics in Sports Medicine*. 2008;27(1):1–18.

47. van de Vyver M, Myburgh KH. Cytokine and satellite cell responses to muscle damage: interpretation and possible confounding factors in human studies. *Journal of muscle research and cell motility* [Internet]. 2012;33(3-4):177-185. Available from: <https://www.cochranelibrary.com/central/doi/10.1002/central/CN-00848531/full>

51. Lippi G, Schena F, Ceriotti F. Diagnostic biomarkers of muscle injury and exertional rhabdomyolysis. Vol. 57, *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*. 2019. p. 175–82.

54. Leite DG, Filho JEM de M, Mello DB de, Wechinewsky FM. Nível de lactato sanguíneo, em homens e mulheres, verificados antes e após a execução da pista de pentatlo militar. *Revista Agulhas Negras*. 2019;3(3):126–31.

55. Baptista M, Leite D, Machado F, Marson R, Marinho P. Analysis of competitive performance in obstacle run of military pentathlon through biomechanics. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2015;20(August 2015):S119.

56. Rahimi MH, Mohammadi H, Eshaghi H, Askari G, Miraghajani M. Journal of the American College of Nutrition The Effects of Beta-Hydroxy-Beta-Methylbutyrate Supplementation on Recovery Following Exercise- Induced Muscle Damage : A Systematic Review and The Effects of Beta-Hydroxy-Beta-Methylbutyrate Supplementation on. *Journal of the American College of Nutrition*. 2018;0(0):1–10.

57. Levy Y, Ellis TJ. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management A Guide for Novice Researchers on Experimental and Quasi-Experimental Studies in Information Systems Research*. A Guide for Novice Researchers on Experimental and Quasi-Experimental Studies in Information Systems Research Yair. 2011;6:1–11.

58. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, De Ridder J. *International Standards for Anthropometric Assessment*. Potchefstroom, South Africa, ISAK. 2011 Jan;137.

59. Balady GJ, Arena R, Sietsema K, Myers J, Coke L, Fletcher GF, *et al*. Clinician’s Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults. *Circulation*. 2010;122(2):191–225.

60. Borg, H; Löllgen. Borg’s Perceived Exertion and Pain Scales. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1998 Sep;30(9):1461.

61. Sbpç/Ml. Boas Práticas em Microbiologia Clínica. 2015. 323.

62. Caputo F, Lucas RD De, Mancini E, Lucas D. Comparação de diferentes índices obtidos em testes de campo para predição da performance aeróbia de curta duração no ciclismo. *Rev Bras Ciên e Mov*. 2001;9(4):13–7.

63. Péronnet F, Thibault G, Rhodes EC, McKenzie DC. Correlation between ventilatory threshold and endurance capability in marathon runners. *Medicine and science in sports and exercise*. 1987;19(6):610–5.

64. Billat V, Beillot J, Jan J, Rochcongar P, Carre F. Gender effect on the relationship of time limit at 100% VO₂max with other bioenergetic characteristics. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1996 Aug;28(8):1049–55.

65. Neumayr G, Hoertnagl H, Pfister R, Koller A, Eibl C, Raas E. Physical and Physiological Factors Associated with Success in Professional Alpine Skiing. *International*

Journal of Sports Medicine. 2003;24(8):571–5.

66. Martínez-Gómez R, Valenzuela PL, Alejo LB, Gil-Cabrera J, Montalvo-Pérez A, Talavera E, *et al.* Physiological predictors of competition performance in crossfit athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(10):1–12.
67. Nakamura FY, Hirai DM, Borges TO, Okano AH, De-Oliveira FR, Brunetto AF. Relação entre indicadores fisiológicos obtidos em teste ergoespiométrico em cicloergômetro de membros superiores e desempenho na canoagem. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2007;13(5):283–6.
68. Sangali EB, Zapatterra Campos E, Agostini Gobbo L, de Andrade VL, Papoti M, Freitas Júnior IF, *et al.* Relationship between physiological indices and aerobic performance tests in short and medium term of elite cyclists | Relação entre índices fisiológicos aeróbios e desempenho em provas de curta e média duração em ciclistas de elite. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. 2013;15(4):498–506.
69. Coyle E, Feltner M, Kautz S, Hamilton M, Montain S, Baylor A, *et al.* Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1991;23(1).
70. Impellizzeri FM, Marcora SM, Rampinini E, Mognoni P, Sassi A. Correlations between physiological variables and performance in high level cross country off road cyclists. *British Journal of Sports Medicine*. 2005;39(10):747–51.
71. Balikian PJ, Denadai BS. Aplicações do limiar anaeróbio determinado em teste de campo para o ciclismo: comparação com valores obtidos em laboratório. *Motriz Journal of Physical Education UNESP*. 1996;2(1):26–31.
72. Bunc V, Heller J, Leso J, Sprynarová S, Zdanowicz R. Ventilatory threshold in various groups of highly trained athletes. *International Journal of Sports Medicine*. 1987;8(4):275–80.
73. Denadai BS, Ortiz MJ, Mello MT de. Índices fisiológicos associados com a performance aeróbia em corredores de endurance: efeitos da duração da prova. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2004 Oct;10(5):401–4.
74. Lacour JR, Bouvat E, Barthélémy JC. Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1990;61(3–4):172–6.
75. Billat V, Koralsztein J. Significance of the velocity at $\dot{V}O_{2max}$ and time to exhaustion at this velocity. *Sports Medicine*. 1996;22(2):90–108.
76. Lacour JR, Padilla-Magunacelaya S, Chatard JC, Arsac L, Barthélémy JC. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1991;62(2):77–82.
77. Oliveira FR de, Gagliardi JFL, Kiss MAPD. Proposta de referências para a prescrição de treinamento aeróbio e anaeróbio para corredores de média e longa duração. *Rev paul Educ Fis*. 1994;8(2):68–76.
78. Brandon LJ. Physiological Factors Associated with Middle Distance Running Performance. *Sports Medicine*. 1995;19(4):268–77.
79. Young BW, Weir PL, Starkes JL, Medic N. Does lifelong training temper age-related decline in sport performance? Interpreting differences between cross-sectional and longitudinal data. *Experimental Aging Research*. 2008;34(1):27–48.
80. Villaroel C, Mora R, González-Parra GC. Elite triathlete performance related to age. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2011;6:363–73.
81. Allen S V., Hopkins WG. Age of Peak Competitive Performance of Elite Athletes: A Systematic Review. *Sports Medicine*. 2015;45(10):1431–41.
82. Hollings S, Hopkins W, Hume P. Age at peak performance of successful track & field athletes. *International Journal of Sports Science and Coaching*. 2014;9(4):651–61.
83. Figueiredo P, Pendergast DR, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ. Interplay of biomechanical,

energetic, coordinative, and muscular factors in a 200 m front crawl swim. *BioMed Research International*. 2013;2013(2).

84. Barbosa TM, Costa MJ, Marinho DA. Proposal of a deterministic model to explain swimming performance. *International Journal of Swimming Kinetics*. 2013;2(1):1–54.

85. Sales TD, Mello DB de, Romão W, Nunes R de AM, Neves EB, Castro JBP de, *et al.* Biomarkers of tissue injury in high-intensity interval running: a systematic review. *RBFEx Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*. 2021;20(4):490–502.

86. Hirvonen J, Nummela A, Rusko H, Rehunen S, Härkönen M. Fatigue and changes of ATP, creatine phosphate, and lactate during the 400-m sprint. *Canadian journal of sport sciences = Journal canadien des sciences du sport*. 1992;17(2):141–4.

3 ARTIGO: ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CORPORAL, TEMPERATURA DA PELE E DESEMPENHO EM ATLETAS DE PENTATLO MILITAR DURANTE A PPM.

RESUMO

Introdução: O pentatlo militar é composto por tiro de fuzil, pista de pentatlo militar (PPM), natação utilitária, lançamento de granadas e corrida através campo. Diversas alterações fisiológicas ocorrem quando da execução de uma prova de pentatlo militar, as quais geram diferentes respostas no desempenho do atleta. **Objetivo:** Analisar as relações entre a composição corporal, a temperatura da pele e o desempenho de atletas de pentatlo militar durante a execução da PPM. **Método:** A amostra foi composta por atletas da seleção brasileira de pentatlo militar do Exército Brasileiro, de ambos os sexos, com idade entre 20 e 32 anos. Os indivíduos foram avaliados em três momentos distintos com intervalo mínimo de 24 h e máximo de 72 h entre eles antes e durante o campeonato. Os participantes foram submetidos a uma avaliação antropométrica, composição corporal (DXA) e da temperatura da pele (Termografia infravermelha). A intervenção foi realizada através de uma prova de PPM para verificação do desempenho dos atletas. **Resultados:** Observou-se correlação negativa ($p < 0,05$) entre o desempenho e algumas regiões de interesse (ROIs) no momento pré PPM na vista frontal: pescoço direito, ombro direito, ombro esquerdo, bíceps direito, e flexores do cotovelo direito. Na vista posterior, houve tríceps direito e cotovelo direito. No momento pós PPM foi observado correlação negativa entre o desempenho e a ROI ombro esquerdo na vista anterior e a ROI calcanhar direito na vista posterior. 24h pós PPM houve correlação positiva entre desempenho e, na vista anterior, as ROIs: flexor do cotovelo esquerdo, coxa externa e coxa central; e na vista posterior: pescoço direito, ombro direito, cotovelo esquerdo, lombar direita, antebraço externo esquerdo, antebraço interno esquerdo, coxa externa direita, coxa externa esquerda, coxa central direita, coxa central esquerda, coxa interna direita e coxa interna esquerda, apresentaram correlação negativa com lactato sanguíneo no momento pós PPM. Não foi observada correlação entre a composição corporal e o desempenho na PPM. **Conclusão:** Os resultados deste estudo revelaram associação entre temperatura das ROIs nas vistas anterior e posterior e desempenho na PPM.

Palavras-chave: composição corporal; aptidão física; termografia; desempenho atlético.

ABSTRACT

Introduction: Military pentathlon is a sport that combines rifle shooting, obstacle run (PPM), obstacle swimming, throwing and cross country. Physical exhaustion during the performance of a race tends to cause a series of physiological and biochemical changes that generate different responses in the athlete's performance. **Objective:** To analyze the relationships between physiological markers, skin temperature and the performance of military pentathlon athletes during PPM execution. **Method:** The sample consisted of athletes from the Brazilian military pentathlon team of the Brazilian Army, of both genders, aged between 20 and 32 years. The volunteers were evaluated at three different times with a minimum interval of 24 h and a maximum of 72 h between them before and during the championship. Participants underwent an anthropometric, body composition (DXA) and skin temperature (Infrared Thermography) evaluation. The intervention was performed through a PPM test to verify the athletes' performance. **Results:** A negative correlation ($p < 0.05$) was observed between performance and some regions of interest (ROIs) at the pre-PPM moment in the frontal view: right neck, right shoulder, left shoulder, right biceps, and right elbow flexors. In the posterior view, there were right triceps and right elbow. At the post-PPM moment, a negative correlation was observed between performance and ROI left shoulder in the anterior view and ROI in the right heel in the posterior view. 24 hours after PPM, there was a positive correlation between performance and, in the anterior view, the ROIs: left elbow flexor, external thigh and central thigh; and in the posterior view: right neck, right shoulder, left elbow, right lumbar, left external forearm, left internal forearm, right external thigh, left external thigh, right central thigh, left central thigh, right internal thigh and left internal thigh, presented negative correlation with blood lactate at the time after PPM. No correlation was observed between body composition and PPM performance. **Conclusion:** The results of this study revealed an association between the temperature of the ROIs in the anterior and posterior views, the analyzed biomarkers and the performance in PPM.

Keywords: body composition; physical fitness; thermography, athletic performance.

INTRODUÇÃO

No âmbito militar o esporte considerado como o mais importante é o Pentatlo Militar, tendo praticantes em mais de 30 países (1). É um esporte individual, no qual o atleta deve realizar cinco modalidades: tiro, pista de pentatlo militar (PPM), natação utilitária, lançamento de granadas e corrida através campo (8km ou 4km). O resultado final é composto pelo somatório de pontos alcançados em cada uma das cinco modalidades. A PPM é composta por 20 obstáculos ao longo de uma pista de 500m. Atletas do sexo feminino executam somente 16 obstáculos, não realizando os obstáculos que envolvem grandes quedas. A performance da prova é medida através de tempo, vencendo o atleta que executar a pista no menor tempo (1).

A intensidade da prova de PPM pode ser considerada alta, sendo executada com predominância da via anaeróbia láctica (54), uma vez que o tempo médio de execução se aproxima a provas de 800 e 1500m ou a HIITs de baixo volume (16). Sendo a capacidade de correr em uma alta fração do VO_{2max} , sem grande acúmulo de lactato, um possível fator de sucesso quando fatores aeróbios são relativamente homogêneos (78).

Atletas são regularmente submetidos ao treinamento e competições, o que causam sobrecarga e por isso estão sujeitos a lesões (87). Através da termografia infravermelha é possível o acompanhamento da carga de trabalho / treinamento, bem como o diagnóstico de lesões musculares ou possíveis riscos (88). Além disso, uma assimetria térmica pode evidenciar um possível risco de lesão devido à sobrecarga de treinamento e/ou competição (89).

A massa corporal total e a superfície corporal são apontadas como importantes fatores independentes nos resultados termorreguladores durante o exercício (90,91)

A composição corporal do atleta também está diretamente relacionada à sua performance física (92). Essa é um componente importante da aptidão física, uma vez que o excesso ou a deficiência de massa gorda pode lesar o desempenho do esportista (9).

Sendo assim o objetivo do presente estudo foi analisar a associação entre a composição corporal, de temperatura da pele e o desempenho atlético de atletas de pentatlo militar durante a execução de uma prova de PPM.

MATERIAIS E MÉTODOS

Tipo de pesquisa

Foi realizada uma pesquisa do tipo descritiva exploratória e correlacional, de corte transversal tendo em vista que a seleção da amostra não atender todas as características de um experimento verdadeiro no que tange à realização da intervenção (57).

Participantes

Foi realizada uma seleção probabilística da amostra, a qual foi constituída de atletas da seleção brasileira de pentatlo militar de ambos os sexos, com idade entre 20 e 32 anos. Estes atletas fazem parte das categorias de elite do esporte.

O estudo adotou os seguintes critérios de inclusão: a) ambos os sexos, b) fazer parte de uma equipe de treinamento, c) alcançar índice igual ou superior a 930 pontos de pentatlo, ou seja, obter um tempo de performance igual ou inferior a 2min 50seg na prova de PPM.

Adotou-se como critérios de exclusão: a) não realizaram treinamento supervisionado pela comissão técnica b) atletas com algum tipo de lesão osteoarticulares ou musculoesqueléticas e outros quadros clínicos que os impediram de realizar ou pudessem mascarar alguma das avaliações, que limitassem movimentos ou em tratamentos médicos restritivos, c) atletas que estivessem fazendo uso de qualquer substância ou fármaco capaz de alterar as análises de sangue, d) que não puderam comparecer à todas as etapas da coleta de dados.

O tamanho da amostra foi calculado por meio do programa *G*Power* 3.1 (93). Foram utilizadas as informações: *ANOVA* com interação intragrupo; tamanho de efeito *f de Cohen* = 0,35; erro α = 0,05; poder do teste = 0,80 para um grupo com três medidas; coeficiente de correlação entre medidas repetidas = 0,5; e correção a não esfericidade = 1. O tamanho amostral foi estimado em 15 participantes para a realização do experimento (94)

Previendo as possíveis perdas amostrais, o estudo começou com 19 atletas. No entanto, três atletas foram excluídos porque não puderam realizar a prova de PPM, uma vez que se encontravam lesionados. Dessa forma, fizeram parte do presente estudo atletas de elite da seleção brasileira de pentatlo militar do EB. Foram avaliados 16 atletas, de ambos os sexos (9 homens e 7 mulheres), com idade $26,13 \pm 3,69$ anos.

O presente trabalho atendeu às Normas para a Realização de Pesquisa em Seres Humanos, Resolução 466/12, do Conselho Nacional de Saúde. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi assinado pelos participantes do estudo. Essa pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética e Pesquisa do Centro de Capacitação Física do Exército (CEP-CCFEX) por meio da Plataforma Brasil e aprovado sob número CAAE 45250321.5.0000.9433.

Procedimentos de coletas de dados

Desenho do estudo

Os voluntários foram analisados em três diferentes momentos tendo intervalo de 24 a 72 h entre eles, como descrito no Fluxograma 1.

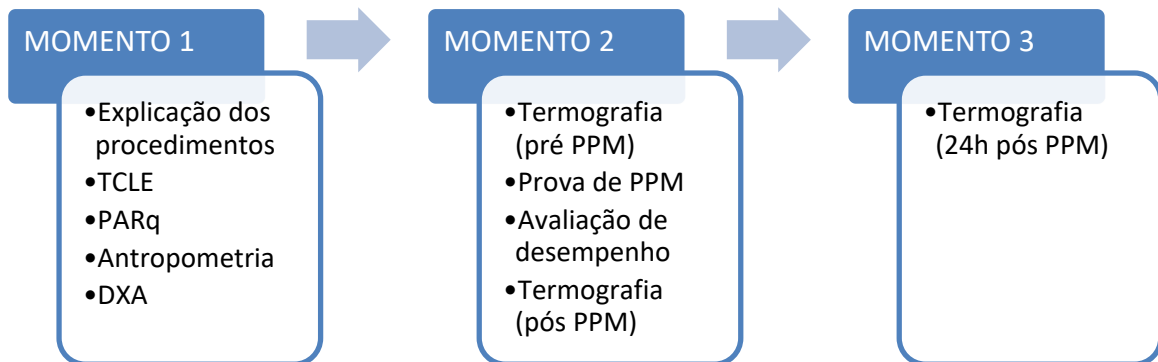


Figura 1 – Fluxograma do desenho do estudo

As avaliações ocorreram durante a semana de competição, antes de suas práticas de treinamento diário. A tabela 1 ilustra o microciclo de treinamento seguido pelos atletas, conforme orientados pela comissão técnica.

Tabela 1. Cronograma da semana de competição.

	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Manhã	Musculação/ Tiro	Granada/ Corrida	Prova Tiro	Prova Natação	Prova Corrida
Tarde	Natação	Reunião Preparatória	Prova PPM	Prova Granada	Livre

No momento 1, os voluntários foram informados a respeito dos procedimentos e orientações para coleta de dados da presente pesquisa, além de responderem ao TCLE e PARq. Após isso, foram submetidos à avaliação antropométrica, seguido de avaliação da composição corporal pelo DXA, conforme protocolo descrito a seguir.

- Antropometria

Foram utilizados os procedimentos do protocolo da *Internacional Society for the*

Advancement of Kinanthropometry (58) para as variáveis antropométricas. Para a mensuração da massa corporal, estatura e perímetros foram utilizados os seguintes equipamentos: uma balança da marca Filizola® modelo PL 2007 (Brasil), estadiômetro da marca Sanny® modelo Professional (Brasil), trena antropométrica sem trava da marca Sanny® (Brasil) e um plicômetro científico tradicional da marca Cescorf® (Brasil) respectivamente.

- Composição corporal: DXA

Composição corporal foi aferida utilizando o Equipamento GE® Healthcare, modelo Lunar iDXA o qual analisa a composição corporal através do processo DXA (dual X-ray absorptiometry), mediante escaneamento de corpo inteiro, para a determinação da percentagem de gordura, peso gordo, peso magro e peso total (95).

Para tanto, os sujeitos foram posicionados na área de escaneamento do equipamento, de modo que a linha sagital demarcada nessa área passasse sob o centro de alguns pontos anatômicos, como o crânio, a coluna vertebral, a pélvis e as pernas. Os sujeitos foram medidos trajando apenas sunga ou shorts, sem o uso de qualquer objeto de metal que pudesse interferir nas medidas. A medida adquirida por DXA tem sido acatada como "padrão-ouro" nos estudos de validação de métodos e equações para a estimativa da composição corporal (96).

No momento 2, os participantes do estudo foram submetidos a avaliação termográfica. Os atletas se apresentaram a sala de coleta de dados para avaliação do nível de desidratação. Após a confirmação do nível de hidratação dentro dos valores de normalidade, foi realizada a aclimatação de 15 min para a primeira avaliação da temperatura da pele, em repouso, de sunga ou biquíni (T1). Finalizado essa etapa, o atleta realizou seu aquecimento padrão seguido da prova de PPM. Imediatamente após o término da prova houve nova avaliação termográfica. Os protocolos das avaliações foram os seguintes:

- Temperatura da pele

Foram realizadas avaliações da temperatura da pele com imagens captadas por câmera infravermelha, antes da prova de PPM, conforme procedimento preconizado pela *European Association of Thermology*. As análises foram realizadas sempre em repouso, na mesma hora do dia e em uma sala climatizada a 23°C, onde os indivíduos realizaram uma primeira medida imediatamente após chegarem à sala, depois permaneceram em pé por 15 minutos para que

ocorresse a aclimatação necessária e um equilíbrio térmico (97). A captura da imagem termográfica foi realizada a uma distância média de 0,70 a 1,20m, com indivíduo em pé na posição anatômica, em vista anterior e posterior, para as regiões de interesse (ROIs) conforme apresentado na tabela 2.

Foram utilizados os seguintes instrumentos: uma câmera infravermelha FLIR®, modelo FlirE75®, faixa espectral, faixa de imagem de 15 °C até 35 °C, tamanho de 320 X 240 (768000 pixels). As imagens obtidas foram processadas usando um fator de emissividade de 0,98, utilizando o software ThermoHuman. Foi utilizado um termo higrômetro para monitorar a temperatura e umidade do ar do compartimento.

Foi questionado aos participantes a existência de contusão durante a realização da PPM, a fim de não haver interferências não explicadas nas medições da temperatura. Não foram aferidas as temperaturas das palmas da mão e solas dos pés. Isso devido a utilização das mãos para a realização da transposição dos obstáculos e a variação dos modelos de calçados.

Tabela 2. ROIs avaliadas nos atletas de Pentatlo Militar.

MEMBROS SUPERIORES		MEMBROS INFERIORES	
ANTERIOR	POSTERIOR	ANTERIOR	POSTERIOR
Pescoço	Pescoço	Adutor	Adutor
Trapézio	Trapézio	Coxa externa	Coxa externa
Ombro	Ombro	Coxa central	Coxa central
Peito	Dorsal central	Coxa interna	Coxa interna
Bíceps	Tríceps	Joelho	Poplíteo
Intercostais	Dorsal	Perna externa frontal	Perna externa
Flexores do cotovelo	Cotovelo	Perna interna frontal	Perna interna
Abdômen	Lombar	Tornozelo	Achilles
Antebraço externo	Antebraço externo	Pé anterior	Planta do pé
Antebraço interno	Antebraço interno		

- Desempenho: execução da pista (PPM)

A modalidade analisada no presente estudo foi a PPM. Esta foi avaliada durante o Campeonato Brasileiro de Pentatlo Militar. Para mensuração do desempenho esportivo foi cronometrado o tempo gasto por cada atleta por meio de cronometro manual VL-237 da marca Vollo® (Brasil) e posteriormente convertido os resultados em pontos de pentatlo militar por meio da tabela de conversão das regras do CISM (1).

O controle da temperatura ambiente foi realizado, sendo mensurada a temperatura

mínima e máxima, amplitude térmica e umidade relativa do ar através do termômetro Minipa®, modelo Mt-240 (Brasil).

Os atletas utilizaram o uniforme esportivo do Exército Brasileiro composto por calça e camisa de manga comprida, conforme previsto pelas regras do CISM (1). O material do uniforme em questão foi: calça em tecido suplex de poliamida, composição 90% poliamida e 10% elastano; e camisa de manga comprida em tecido 100% poliéster. Todos os atletas utilizaram tênis de corrida. Modelo e marca variando de acordo com a preferência de cada atleta.

No momento 3, foram realizadas medidas da temperatura da pele 24h pós prova de PPM. Nesse momento foram utilizados os mesmos protocolos descritos anteriormente.

Análise de dados

Os dados foram analisados pelo programa *IBM SPSS Statistics 23*. Os testes de *Shapiro-Wilk e Levene* foram utilizados para analisar a normalidade e homogeneidade dos dados da amostra. *ANOVA One way* com post hoc de *Bonferroni* ajustado para a comparação entre os 3 momentos. Os resultados foram apresentados como média, desvio padrão e valores mínimos e máximos. O teste de correlação parcial, tendo como variável de controle o percentual de gordura foi empregado para analisar as associações entre as variáveis de estudo. O valor de $p < 0,05$ foi adotado para a significância estatística.

RESULTADOS

Nas tabelas 3 e 4 são apresentados os resultados descritivos para caracterização da amostra referentes as variáveis idade, experiência, estatura, massa corporal total (MCT), massa magra (MM), massa gorda (MG), percentual de gordura (%G), flexibilidade, força de preensão manual (Fm).

Tabela 3. Tempo de experiência e dados antropométricos da amostra.

Variáveis	Média± DP	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	26,13±3,69	22,00	32,00
Experiência (anos)	6,44±3,52	2,00	14,00
Estatura (m)	1,72±0,09	1,57	1,92
MCT (kg)	65,92±10,64	51,70	88,90
MM (kg)	54,71±11,70	41,08	77,99
MG (kg)	8,38±2,90	5,22	16,17

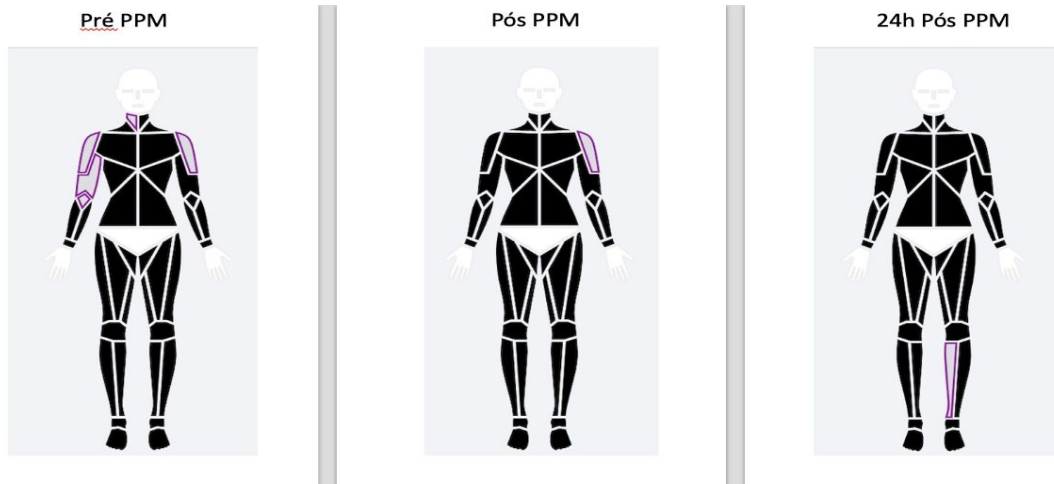


Figura 2 – ROIs avaliadas na vista ANTERIOR.

Legenda: Em roxo estão destacadas as regiões de interesse que apresentaram correlação com o desempenho na PPM. No momento pré a correlação foi negativa, enquanto nos momentos pós e 24h pós a correlação foi positiva.

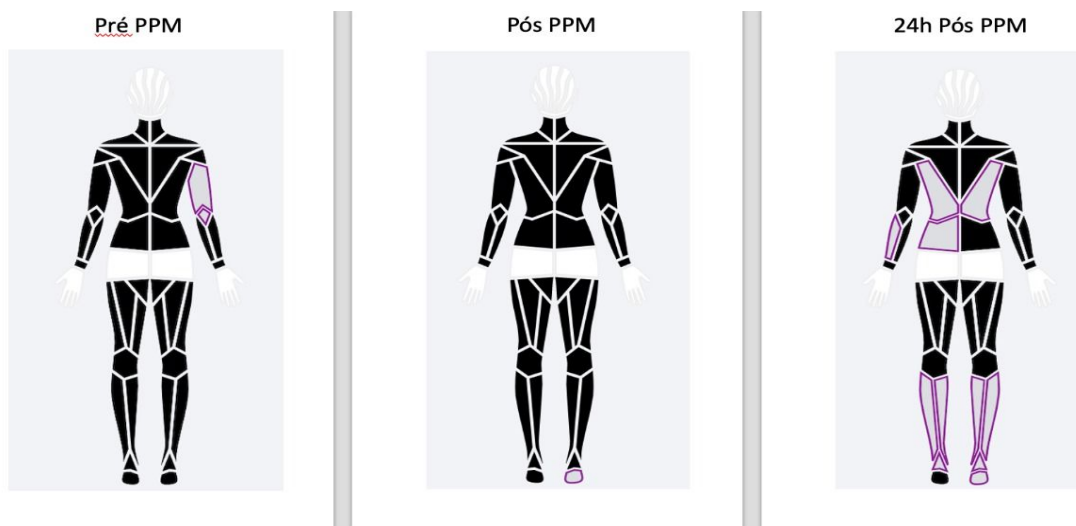


Figura 3 - ROIs avaliadas na vista POSTERIOR.

Legenda: Em roxo estão destacadas as regiões de interesse que apresentaram correlação com o desempenho na PPM. No momento pré a correlação foi negativa, enquanto nos momentos pós e 24h pós a correlação foi positiva.

DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo analisar a associação entre marcadores fisiológicos, temperatura da pele e desempenho em atletas de pentatlo militar durante a execução da pista de pentatlo militar. Em relação a temperatura da pele, as ROIs detectadas demonstram uma variação de calor causada por aumento do fluxo sanguíneo na região, o que pode ser causado devido a uma inflamação local, mesmo que tal inflamação não apresente sinais de clássicos de dor ou edema (98).

Foi constatado correlação negativa entre as medidas termográficas realizadas no momento pré PPM e desempenho. Tal evidência indica que os atletas que tiveram maior ativação muscular das ROIs analisadas alcançaram uma pior performance, o que pode apontar um acúmulo de carga de trabalho causado pela prova de tiro, ocorrida algumas horas antes. A principal evidência para essa situação são as maiores temperaturas nas ROIs pescoço, ombro, bíceps, flexores do cotovelo, cotovelo e tríceps, ou seja, todas do lado direito do corpo e nos membros superiores, os quais são requisitados para a execução da prova de tiro devido a dominância dos atletas. A sobrecarga nessas regiões aparenta ter sido capaz de interferir negativamente na performance dos atletas (98), provavelmente restando a transposição dos obstáculos que demandam maior emprego dos membros superiores, como, por exemplo, aqueles que necessitam que seja executada uma puxada alta ou o movimento de engatinhar.

No momento pós PPM, as ROIs que apresentaram correlação com o desempenho de PPM foram ombro esquerdo e calcanhar direito, que pode ser explicada pelo movimento dos atletas ao ultrapassar os obstáculos, realizando inclinação para o lado esquerdo, uma vez que a maioria dos atletas apresenta dominância direita. Como consequência, a ultrapassagem, o “ataque” aos obstáculos e a aterrissagem são realizadas com maior absorção do impacto pelo pé direito (87,98,99).

No momento 24h pós PPM, as ROIs que apresentaram correlação com o desempenho foram, na vista posterior, dorsal direita e esquerda, provavelmente pela necessidade de puxar os obstáculos acima da altura da cabeça. A correlação apresentada entre o desempenho e as ROIs lombar e antebraço esquerdo pode ser explicada, mais uma vez, pelo movimento realizado pelos atletas ao ultrapassar os obstáculos, inclinando-se para o lado esquerdo, tendo em vista que a maioria dos atletas apresenta dominância direita. Nos membros inferiores, a correlação com o desempenho ocorreu na perna interna e externa e Achilles de ambos os lados, evidenciando grande exigência dessas regiões na corrida e para amortecimento das quedas. Única exceção foi a correlação na vista anterior da perna interna esquerda, ocorrida provavelmente, por se tratar da perna de “ataque” dos atletas com dominância do lado direito, pela pronação do pé durante o ataque aos obstáculos e nas quedas após a ultrapassagem dos mesmos (87,98,99).

Assim como observado por Reale *et al.* (100) em atletas olímpicos de esportes de combate, os atletas do presente estudo apresentam valores baixos de percentual de gordura. O mesmo pode ser afirmado quando comparados a jogadores de vôlei profissional (101), atletas de handball (102) e jogadores de basquete da liga nacional (103).

Apesar de alguns estudos apontarem para uma associação entre com menor massa

corporal e melhor performance em esportes como corridas (102,104) ou uma maior quantidade de massa muscular com um melhor desempenho em esportes de força e potência (102,105,106), não se pode afirmar associação entre a composição corporal e a performance na prova de PPM, uma vez que no presente estudo não houve nenhuma correlação entre qualquer medida de composição corporal e o resultado na PPM.

Isso também contrasta os achados de Crawford *et al.*(107) que ao analisar a relação entre a composição corporal e o desempenho de militares paraquedistas em diversos testes aeróbios, anaeróbios e de força, afirmaram que uma menor quantidade de gordura corporal melhora a performance.

Os achados do presente estudo divergem ainda das afirmações de que um menor percentual de gordura está relacionado também a uma massa corporal mais leve a ser movimentada, permitindo uma maior velocidade e performance (108).

Uma limitação do estudo é o desenho adotado, visto que não houve grupo controle. Tal fato pode limitar a possibilidade de generalização para populações de outras idades. Outra limitação a ser considerada foi a impossibilidade de realizar medição fisiológica como FC, VO₂ e lactato sanguíneo durante a execução da prova de PPM, devido às peculiaridades da prova que não possibilita o uso de equipamentos portáteis. Além disso, apesar dos atletas realizarem treinamento centralizado e com acompanhamento dos técnicos, algumas variáveis não foram controladas como alimentação e horas e qualidade do sono.

CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou associação entre a composição corporal, a temperatura da pele e o desempenho atlético de atletas de pentatlo militar durante a execução de uma prova de PPM. Tal fato ocorreu, provavelmente, devido a alta intensidade e exigência física, que caracterizam a prova de PPM.

Não foi observada nenhuma correlação entre as variáveis de composição corporal e o desempenho na PPM.

Foi evidenciado ainda a correlação entre a temperatura da pele e o desempenho. Como explicitado ao averiguar a influência da prova de tiro, causada pelo acúmulo de carga, no desempenho dos atletas na prova de PPM. Isso sugere que atletas que apresentam maior desgaste na primeira prova, acabam apresentando um resultado inferior na segunda.

O que sugere a possibilidade do uso da termografia infravermelha, como técnica não invasiva, para o monitoramento da carga de treinamento e competição a fim de evitar

influências negativas pela sobrecarga.

Recomendam-se estudos futuros a fim de investigar outras possíveis variáveis como força muscular, índice de fadiga e potência anaeróbia, que podem influenciar o desempenho na PPM e a integração das cinco provas que compõem o pentatlo militar.

REFERÊNCIAS

1. Conseil International du Sport Militaire. Regras do Pentatlo Militar. International military sports council edition 2018 militay pentathlon. CISM. 2018;
9. Garrett WE, Kirkendall DT. Exercise and sport science. 2000;980.
16. Cipryan L, Tschakert G, Hofmann P. Acute and post-exercise physiological responses to high-intensity interval training in endurance and sprint athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2017;16(2):219–29.
54. Leite DG, Filho JEM de M, Mello DB de, Wechinewsky FM. Nível de lactato sanguíneo, em homens e mulheres, verificados antes e após a execução da pista de pentatlo militar. *Revista Agulhas Negras*. 2019;3(3):126–31.
57. Levy Y, Ellis TJ. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management A Guide for Novice Researchers on Experimental and Quasi-Experimental Studies in Information Systems Research. A Guide for Novice Researchers on Experimental and Quasi-Experimental Studies in Information Systems Research* Yair. 2011;6:1–11.
58. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, De Ridder J. *International Standards for Anthropometric Assessment*. Potchefstroom, South Africa, ISAK. 2011 Jan;137.
78. Brandon LJ. Physiological Factors Associated with Middle Distance Running Performance. *Sports Medicine*. 1995;19(4):268–77.
87. Côrte ACR e, Arnaldo José Hernandez. Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. *Rev Bras Med Esporte*. 2016;22:315–9.
88. Arfaoui A, Polidori G, Taiar R, Pop C. Infrared Thermography in Sports Activity. In: *Infrared Thermography*. InTech; 2012. p. 139–68.
89. Gómez-Carmona P, Fernández-Cuevas I, Sillero-Quintana M, Arnaiz-Lastras J, Navandar A. Infrared thermography protocol on reducing the incidence of soccer injuries. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2020;29(8):1222–7.
90. Haymes EM, Chevront SN. Thermoregulation and Marathon Running Biological and Environmental Influences [Internet]. 2001. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/11799340>
91. Neves E, Salamunes A, Oliveira R, Stadnik A. Effect of body fat and gender on body temperature distribution. *Journal of Thermal Biology*. 2017 Oct 28;70.
92. Peixoto GF, da Silva LS, Mella A, Vespasiano B de S. Correlação entre composição corporal, potência e agilidades das jogadoras de Handebol da cidade Americana-SP. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. 2016;10(61):679–83.
93. Erdfelder E, FAul F, Buchner A, Lang AG. Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*. 2009;41(4):1149–60.
94. Beck TW. The importance of apriori sample size estimation in strength and conditioning research. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013;27(8):2323–37.
95. Haarbo J, Gotfredsen A, Hassager C, Christiansen C. Validation of body composition by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). *Clinical physiology (Oxford, England)*. 1991 Jul;11(4):331–41.

96. White S. Physical activity and bone health. *British Journal of Sports Medicine*. 2002 Feb 1;36(1):76 LP – 77.
97. Moreira DG, Costello JT, Brito CJ, Adamczyk JG, Ammer K, Bach AJE, *et al.* Thermographic imaging in sports and exercise medicine: A Delphi study and consensus statement on the measurement of human skin temperature. *Journal of Thermal Biology*. 2017;69(5189):155–62.
98. Sousa P de AC de. Termografia no esporte: uma revisão sistemática. *Revista Observatorio Del Deporte Odep*. 2018;4(3):22–31.
99. Bandeira F, Moura MAM de, Souza MA de, Nohama P, Neves EB. Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol? *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2012;18(4):246–51.
100. Reale R, Burke LM, Cox GR, Slater G. Body composition of elite Olympic combat sport athletes. *European Journal of Sport Science*. 2020 Feb 7;20(2):147–56.
101. Piucco T, Santos SG. Relação entre percentual de gordura corporal, desempenho no salto vertical e impacto nos membros inferiores em atletas de voleibol. *Fit Perf J*. 2009;8(1):9–15.
102. Peixoto GF, Santos Da Silva L, Mella A, de Souza Vespasiano B. Correlação entre composição corporal, potência e agilidade das jogadoras de handbol da cidade de Americanas-SP. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. 2016;679–83.
103. Neto AP, de Castro César M. Avaliação Da Composição Corporal De Atletas De Basquetebol Do Sexo Masculino Participantes Da Liga Nacional 2003. *Rev Bras Cine Des Hum*. 2005;7(1):35–44.
104. Larsen HB. Kenyan dominance in distance running. Vol. 136, *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*. Elsevier Inc.; 2003. p. 161–70.
105. Olds T. The evolution of physique in male rugby union players in the twentieth century. *Journal of Sports Sciences*. 2001;19(4):253–62.
106. Hermassi S, Bragazzi NL, Majed L. Body fat is a predictor of physical fitness in obese adolescent handball athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020 Nov 2;17(22):1–11.
107. Crawford K, Fleishman K, Abt J, Sell T, Lephart S. Less Body Fat Improves Physical and Physiological performance in army soldiers. *MILITARY MEDICINE*. 2011;176.
108. Najmi N, Abdullah Mat-Rasid MR, Adnan A, Abdullah MR, Juahir H, Maliki ABHM, *et al.* Comparison Of Body Fat Percentage And Physical Performance Of Male National Senior And Junior Karate Athletes. *J Fundam Appl Sci [Internet]*. 2018;10(1S):486. Available from: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v10i1s.3><http://www.jfas.info><http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v10i1s.34><http://www.jfas.info>

CONCLUSÃO

Suportado pelas evidências apresentadas na presente dissertação, a revisão sistemática apontou que os biomarcadores CK e LDH apresentam níveis elevados após o HIIT. Além disso, conclui-se que o uso de tais biomarcadores como ferramenta de acompanhamento e avaliação é de grande valia para o controle de carga e acúmulo de exercícios, verificação da intensidade da atividade física, bem como avaliação do risco e grau de lesões.

Em resposta ao principal objetivo da dissertação, foi possível concluir inicialmente, através da termografia, que os atletas de Pentatlo Militar têm o desempenho na PPM influenciado pela carga de trabalho acumulada na prova de tiro. Isso sugere que atletas que sofrem maior desgaste na primeira prova, acabam apresentando um resultado mais desfavorável na segunda.

Outrossim foi a verificação das ROIs mais requisitadas para a execução da PPM, tanto no momento pós prova, quanto 24h pós. Reforçado pela correlação entre a termografia infravermelha e os marcadores bioquímicos, nota-se a possibilidade de, através de imagens térmicas, avaliar as áreas mais desgastadas antes, durante e após a prova de PPM e realização de intervenção a fim de acelerar o processo de recuperação, bem como a possibilidade de um treinamento neuromuscular mais específico, que poderá proporcionar ao atleta melhores condições para a buscar um melhor desempenho.

Foi constatado ainda a alta intensidade em que se executa uma prova de PPM, por meio dos biomarcadores CK, LDH e lactato sanguíneo, os quais apresentaram aumento significativo no momento pós prova quando comparado ao momento pré. Outrossim foi a manutenção elevada dos níveis de CK no momento 24h pós PPM.

Evidenciou-se ainda que os fatores anaeróbios se mostram importantes para o desempenho na prova de PPM, pela magnitude da contribuição deste sistema energético em provas realizadas muito próximas ao VO_{2max} . Desta forma atletas que apresentam maior LV2, bem como uma maior velocidade máxima em teste incremental (vVO_{2pico}), tendem a alcançar melhores performances nesta prova.

Por outro lado, a capacidade aeróbia (VO_{2max}), assim como a composição corporal, não apresentaram influência significativa sobre o desempenho na PPM. Isso se deve possivelmente pela semelhança entre o comportamento dessas variáveis apresentada pelos atletas. Tal fato poderia então evidenciar um perfil para este público, contribuindo assim para a seleção de novos atletas de elite.

O nível de experiência dos atletas foi outra variável que se mostrou igualmente influente na performance alcançada na PPM, sendo os atletas com maior nível de experiência, os que alcançaram os melhores resultados. Tal fato ocorre pela necessidade do desenvolvimento das valências físicas, bem como para o refinamento da parte técnica exigida para a melhor transposição dos obstáculos com o menor dispêndio de energia e maior eficiência.

Portanto, sugere-se que atletas e treinadores lancem mão de treinamentos voltados, principalmente, para o desenvolvimento e aprimoramento da velocidade máxima e dos componentes e limiares anaeróbios a fim de poderem alcançar resultados ainda mais expressivos na PPM. Além de realizarem um maior monitoramento de carga durante a competição a fim de evitar influências negativas pela sobrecarga de treinamento.

Cabe ressaltar ainda a necessidade de dirigentes e administradores fornecerem apoio e suporte para que os atletas possam manter-se em treinamento por mais tempo e consigam atingir maiores níveis de experiência, os quais lhes possibilitarão elevar seus resultados esportivos nesta modalidade.

Novos estudos que investiguem força muscular, índice de fadiga e potência anaeróbia se fazem necessários para entender o comportamento de variáveis que possam influenciar o desempenho de atletas durante a execução da PPM e fornecer mais dados para a confecção de métodos de treinamento e de preparação específica para competições.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, S. V.; HOPKINS, W. G. Age of Peak Competitive Performance of Elite Athletes: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 45, n. 10, p. 1431–1441, 2015.
- ARFAOUI, A. *et al.* Infrared Thermography in Sports Activity. **Infrared Thermography**, [S.l.] InTech, 2012a. p. 139–168.
- ARFAOUI, A. *et al.* Infrared Thermography in Sports Activity. **Infrared Thermography**, [S.l.] InTech, 2012b. p. 139–168.
- BALADY, G. J. *et al.* Clinician’s Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults. **Circulation**, v. 122, n. 2, p. 191–225, 2010.
- BALIKIAN, P. J.; DENADAI, B. S. Aplicações do limiar anaeróbio determinado em teste de campo para o ciclismo: comparação com valores obtidos em laboratório. **Motriz. Journal of Physical Education**. UNESP, v. 2, n. 1, p. 26–31, 1996.
- BANDEIRA, F. *et al.* Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 4, p. 246–251, 2012.
- BAPTISTA, M. *et al.* Analysis of competitive performance in obstacle run of military pentathlon through biomechanics. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. August 2015, p. S119, 2015.
- BARBOSA, T. M.; COSTA, M. J.; MARINHO, D. A. Proposal of a deterministic model to explain swimming performance. **International Journal of Swimming Kinetics**, v. 2, n. 1, p. 1–54, 2013.
- BAUMERT, P. *et al.* **Genetic variation and exercise-induced muscle damage: implications for athletic performance, injury and ageing**. [S.l.] Springer Berlin Heidelberg, 2016. v. 116
- BECK, T. W. The importance of apriori sample size estimation in strength and conditioning research. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 8, p. 2323–2337, 2013.
- BILLAT, V. *et al.* Gender effect on the relationship of time limit at 100% VO₂max with other bioenergetic characteristics. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 28, n. 8, p. 1049–1055, ago. 1996.
- BILLAT, V.; KORALSZTEIN, J. Significance of the velocity at $\dot{V}O_{2max}$ and time to exhaustion at this velocity. **Sports Medicine**, v. 22, n. 2, p. 90–108, 1996.
- BRANCACCIO, P. *et al.* Serum Enzyme Monitoring in Sports Medicine. **Clinics in Sports Medicine**, v. 27, n. 1, p. 1–18, 2008.
- BRANCACCIO, P.; LIPPI, G.; MAFFULLI, N. Biochemical markers of muscular damage. **Clinical chemistry and laboratory medicine**, v. 48, n. 6, p. 757–767, jun. 2010.
- BRANDON, L. J. Physiological Factors Associated with Middle Distance Running Performance. **Sports Medicine**, v. 19, n. 4, p. 268–277, 1995.

BUNC, V. *et al.* Ventilatory threshold in various groups of highly trained athletes. **International Journal of Sports Medicine**, v. 8, n. 4, p. 275–280, 1987.

CAPUTO, F. *et al.* Comparação de diferentes índices obtidos em testes de campo para predição da performance aeróbia de curta duração no ciclismo. **Rev. Bras. Ciên. e Mov.**, v. 9, n. 4, p. 13–17, 2001.

CIPRYAN, L.; TSCHAKERT, G.; HOFMANN, P. Acute and post-exercise physiological responses to high-intensity interval training in endurance and sprint athletes. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 16, n. 2, p. 219–229, 2017.

CLARKSON, P. M. *et al.* Serum creatine kinase levels and renal function measures in exertional muscle damage. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 38, n. 4, p. 623–627, abr. 2006.

CONSEIL INTERNATIONAL DU SPORT MILITAIRE. REGRAS DO PENTATLO MILITAR. International military sports council edition 2018 military pentathlon. **CISM**, 2018.

CÔRTE, A. C. R. E; ARNALDO JOSÉ HERNANDEZ. Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. **Rev Bras Med Esporte**, v. 22, p. 315–319, 2016.

COYLE, E. *et al.* Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 23, n. 1, 1991.

CRAWFORD, K. *et al.* Less Body Fat Improves Physical and Physiological performance in army soldiers. **MILITARY MEDICINE**, v. 176, 2011.

DE MARA, L. S. *et al.* Muscle damage and immunological profile in the ironman Brazil triathlon. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 19, n. 4, p. 236–240, 2013.

DENADAI, B. S.; ORTIZ, M. J.; MELLO, M. T. DE. Índices fisiológicos associados com a performance aeróbia em corredores de endurance: efeitos da duração da prova. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, n. 5, p. 401–404, out. 2004.

DE-OLIVEIRA, F. R. *et al.* Testes de pista para avaliação da capacidade láctica de corredores velocistas de alto nível. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 2, p. 99–102, 2006.

DOS SANTOS, J. L. *et al.* Protective effect of a hydroethanolic extract from *Bowdichia virgilioides* on muscular damage and oxidative stress caused by strenuous resistance training in rats. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 11, n. 1, 2014.

ERDFELDER, E. *et al.* Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. **Behavior Research Methods**, v. 41, n. 4, p. 1149–1160, 2009.

FIGUEIREDO, P. *et al.* Interplay of biomechanical, energetic, coordinative, and muscular factors in a 200 m front crawl swim. **BioMed Research International**, v. 2013, n. 2, 2013.

G; BORG; H; LÖLLGEN. Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 30, n. 9, p. 1461, set. 1998.

GARRETT, W. E.; KIRKENDALL, D. T. Exercise and sport science. p. 980, 2000.

GÓMEZ-CARMONA, P. *et al.* Infrared thermography protocol on reducing the incidence of soccer injuries. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 29, n. 8, p. 1222–1227, 2020.

HAARBO, J. *et al.* Validation of body composition by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). **Clinical physiology (Oxford, England)**, v. 11, n. 4, p. 331–341, jul. 1991.

HAYMES, E. M.; CHEUVRONT, S. N. **Thermoregulation and Marathon Running Biological and Environmental Influences**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/11799340>.

HERMASSI, S.; BRAGAZZI, N. L.; MAJED, L. Body fat is a predictor of physical fitness in obese adolescent handball athletes. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 22, p. 1–11, 2 nov. 2020.

HIRVONEN, J. *et al.* Fatigue and changes of ATP, creatine phosphate, and lactate during the 400-m sprint. **Canadian journal of sport sciences = Journal canadien des sciences du sport**, v. 17, n. 2, p. 141–144, 1992.

HOLLINGS, S.; HOPKINS, W.; HUME, P. Age at peak performance of successful track & field athletes. **International Journal of Sports Science and Coaching**, v. 9, n. 4, p. 651–661, 2014.

IMPELLIZZERI, F. M. *et al.* Correlations between physiological variables and performance in high level cross country off road cyclists. **British Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 10, p. 747–751, 2005.

JACOBS, R. A. *et al.* Determinants of time trial performance and maximal incremental exercise in highly trained endurance athletes. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 111, n. 5, p. 1422–1430, nov. 2011.

LACOUR, J. R. *et al.* Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 62, n. 2, p. 77–82, 1991.

LACOUR, J. R.; BOUVAT, E.; BARTHÉLÉMY, J. C. Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 61, n. 3–4, p. 172–176, 1990.

LARSEN, H. B. **Kenyan dominance in distance running** *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*. [S.l.]: Elsevier Inc., 2003.

LEITE, D. G. *et al.* Nível de lactato sanguíneo, em homens e mulheres, verificados antes e após a execução da pista de pentatlo militar. **Revista Agulhas Negras**, v. 3, n. 3, p. 126–131, 2019.

LEVY, Y.; ELLIS, T. J. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management A Guide for Novice Researchers on Experimental and Quasi-Experimental Studies in Information Systems Research*. **A Guide for Novice Researchers on Experimental and Quasi-Experimental Studies in Information Systems Research Yair**, v. 6, p. 1–11, 2011.

LIPPI, G.; SCHENA, F.; CERIOTTI, F. **Diagnostic biomarkers of muscle injury and**

exertional rhabdomyolysis *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 2019.

LUDWIG, N. *et al.* Thermography for skin temperature evaluation during dynamic exercise: a case study on an incremental maximal test in elite male cyclists. **Applied optics**, v. 55, n. 34, p. D126–D130, dez. 2016.

MARTÍNEZ-GÓMEZ, R. *et al.* Physiological predictors of competition performance in crossfit athletes. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 10, p. 1–12, 2020.

MOREIRA, D. G. *et al.* Thermographic imaging in sports and exercise medicine: A Delphi study and consensus statement on the measurement of human skin temperature. **Journal of Thermal Biology**, v. 69, n. 5189, p. 155–162, 2017.

NAJMI, N. *et al.* Comparison of body fat percentage and physical performance of male national senior and junior karate athletes. **J Fundam Appl Sci**, v. 10, n. 1S, p. 486, 2018.

NAKAMURA, F. Y. *et al.* Relação entre indicadores fisiológicos obtidos em teste ergoespirométrico em cicloergômetro de membros superiores e desempenho na canoagem. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 5, p. 283–286, 2007.

NETO, A. P.; DE CASTRO CÉSAR, M. Avaliação da composição corporal de atletas de basquetebol do sexo masculino participantes da liga nacional 2003. **Rev. Bras. Cine. Des. Hum**, v. 7, n. 1, p. 35–44, 2005.

NEUMAYR, G. *et al.* Physical and Physiological Factors Associated with Success in Professional Alpine Skiing. **International Journal of Sports Medicine**, v. 24, n. 8, p. 571–575, 2003.

NEVES, E. *et al.* Effect of body fat and gender on body temperature distribution. **Journal of Thermal Biology**, v. 70, 28 out. 2017.

OLDS, T. The evolution of physique in male rugby union players in the twentieth century. **Journal of Sports Sciences**, v. 19, n. 4, p. 253–262, 2001.

OLIVEIRA, F. R. DE; GAGLIARDI, J. F. L.; KISS, M. A. P. D. Proposta de referências para a prescrição de treinamento aeróbio e anaeróbio para corredores de média e longa duração. **Rev. paul. Educ. Fís**, v. 8, n. 2, p. 68–76, 1994.

PARAISO, L. F. *et al.* Effects of acute and chronic exercise on the osmotic stability of erythrocyte membrane of competitive swimmers. **PloS one**, v. 12, n. 2, p. e0171318, 2017.

PEIXOTO, G. F. *et al.* Correlação entre composição corporal, potência e agilidades das jogadoras de Handebol da cidade Americana-SP. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 10, n. 61, p. 679–683, 2016a.

PEIXOTO, G. F. *et al.* Correlação entre composição corporal, potência e agilidade das jogadoras de handbol da cidade de Americanas-SP. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, p. 679–683, 2016b.

PÉRONNET, F. *et al.* Correlation between ventilatory threshold and endurance capability in marathon runners. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 19, n. 6, p. 610–615, 1987.

PIUCCO T; SANTOS SG. Relação entre percentual de gordura corporal, desempenho no salto vertical e impacto nos membros inferiores em atletas de voleibol. **Fit Perf J**, v. 8, n. 1, p. 9–15, 2009.

PRIEGO-QUESADA, J. I. *ET AL*. A preliminary investigation about the observation of regional skin temperatures following cumulative training loads in triathletes during training camp. **Journal of Thermal Biology**, v. 84, p. 431–438, 2019.

PUGGINA, E. F. *et al*. Efeitos do treinamento e de uma prova de triathlon em indicadores de lesão muscular e inflamação. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 38, n. 2, p. 115–123, 2016.

RAHIMI, M. H. *et al*. Journal of the American College of Nutrition The Effects of Beta-Hydroxy-Beta-Methylbutyrate Supplementation on Recovery Following Exercise- Induced Muscle Damage: A Systematic Review and The Effects of Beta-Hydroxy-Beta-Methylbutyrate Supplementation on. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 0, n. 0, p. 1–10, 2018.

REALE, R. *et al*. Body composition of elite Olympic combat sport athletes. **European Journal of Sport Science**, v. 20, n. 2, p. 147–156, 7 fev. 2020.

SALES, T. D. *et al*. Biomarkers of tissue injury in high-intensity interval running: a systematic review. **RBFEx Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**, v. 20, n. 4, p. 490–502, 2021.

SANGALI, E. B. *et al*. Relationship between physiological indices and aerobic performance tests in short and medium term of elite cyclists | Relação entre índices fisiológicos aeróbios e desempenho em provas de curta e média duração em ciclistas de elite. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 15, n. 4, p. 498–506, 2013.

SBPC/ML. **Boas Práticas em Microbiologia Clínica**. [S.l.: s.n., 20--].

SOUSA, P. DE A. C. DE. Termografia no esporte: uma revisão sistemática. **REVISTA OBSERVATORIO DEL DEPORTE ODEP**, v. 4, n. 3, p. 22–31, 2018.

STEWART, A. *et al*. International Standards for Anthropometric Assessment. **Potchefstroom, South Africa, ISAK**, v. 137, jan. 2011.

VAN DE VYVER, M.; MYBURGH, K. H. Cytokine and satellite cell responses to muscle damage: interpretation and possible confounding factors in human studies. **Journal of muscle research and cell motility**, v. 33, n. 3-4, p. 177-185, 2012.

VILLAROEL, C.; MORA, R.; GONZÁLEZ-PARRA, G. C. Elite triathlete performance related to age. **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 6, p. 363–373, 2011.

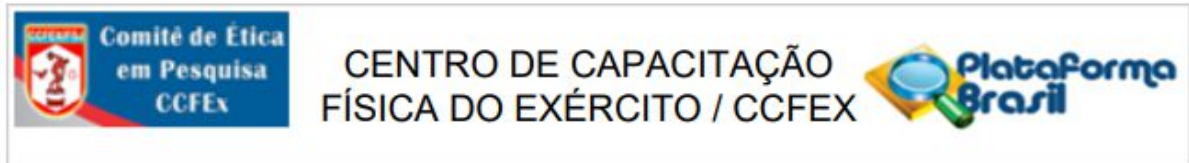
WHITE, S. Physical activity and bone health. **British Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 1, p. 76 LP – 77, 1 fev. 2002.

YOUNG, B. W. *et al*. Does lifelong training temper age-related decline in sport performance? Interpreting differences between cross-sectional and longitudinal data. **Experimental Aging Research**, v. 34, n. 1, p. 27–48, 2008.

ZAGATTO, A. M.; BECK, W. R.; GOBATTO, C. A. Validity of the running anaerobic sprint

test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. **Journal of strength and conditioning research**, v. 23, n. 6, p. 1820–1827, set. 2009.

ANEXO A- Parecer Consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Associações entre composição corporal, marcadores fisiológicos, temperatura da pele e desempenho em atletas na pista de pentatlo militar

Pesquisador: THIAGO DIAS SALES

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 45250321.5.0000.9433

Instituição Proponente: Escola de Educação Física do Exército

Patrocinador Principal: Diretoria de Pesquisa e Estudo de Pessoal / Exército Brasileiro

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.727.440

Continuação do Parecer: 4.727.440

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1718225.pdf	04/05/2021 20:21:39		Aceito
Outros	CartaRespostaCEP.pdf	04/05/2021 20:21:15	THIAGO DIAS SALES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetocorrigido.pdf	04/05/2021 20:12:27	THIAGO DIAS SALES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tclecorrigido.pdf	04/05/2021 20:06:52	THIAGO DIAS SALES	Aceito
Outros	termoanuenciadce.pdf	04/05/2021 20:05:07	THIAGO DIAS SALES	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto1.pdf	21/03/2021 15:47:14	THIAGO DIAS SALES	Aceito
Outros	TermodeAnuencialPCFEx.pdf	16/03/2021 14:02:00	THIAGO DIAS SALES	Aceito
Outros	TermodeAnuenciaEsEFEx.pdf	16/03/2021 14:01:23	THIAGO DIAS SALES	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 22 de Maio de 2021

Assinado por:
 Míriam Raquel Meira Mainenti
 (Coordenador(a))

ANEXO B– Questionário ParQ**MINISTÉRIO DA DEFESA EXÉRCITO BRASILEIRO DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
E CULTURA DO EXÉRCITO DIRETORIA DE PESQUISA E ESTUDOS DE PESSOAL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO****QUESTIONÁRIO PAR-Q**

NOME: _____

1. O seu médico alguma vez disse que você apresenta um problema cardíaco e que você deveria realizar apenas atividades físicas recomendadas por ele?
Sim () Não ()
2. Você sente dor no peito ao realizar uma atividade física?
Sim () Não ()
3. No último mês, você apresentou dor no peito quando não estava realizando uma atividade física?
Sim () Não ()
4. Você perde o equilíbrio por causa de tontura ou já chegou a perder a consciência?
Sim () Não ()
5. Você apresenta algum problema ósseo ou articular que poderia piorar por uma alteração de sua atividade física?
Sim () Não ()
6. O seu médico prescreveu atualmente medicações para a sua pressão arterial ou condição cardíaca?
Sim () Não ()
7. Você tem conhecimento de alguma outra razão pela qual você não deveria realizar atividade física?
Sim () Não ()