

MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO
CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

CURSO DE INSTRUTOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA

ALUNO: **Victor Vargas** Farinha Neto - 1ºTen
ORIENTADOR: Danielli Braga de Mello - Profª Drª

OS EFEITOS AGUDOS DO HIIT SOBRE OS MARCADORES DE LESÃO E
INFLAMAÇÃO TECIDUAL (CK E LDH) NA CORRIDA EM DIFERENTES
TIPOS DE RECUPERAÇÃO.

Rio de Janeiro – RJ

2018

ALUNO: **Victor Vargas** Farinha Neto - 1ºTen

OS EFEITOS AGUDOS DO HIIT SOBRE OS MARCADORES DE LESÃO E
INFLAMAÇÃO TECIDUAL (CK E LDH) NA CORRIDA EM DIFERENTES
TIPOS DE RECUPERAÇÃO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para conclusão
da graduação em Educação Física na Escola de Educação Física do Exército.

ORIENTADOR: Danielli Braga de Mello - Profª Drª

Rio de Janeiro – RJ

2018

MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO
CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

ALUNO: **Victor Vargas** Farinha Neto - 1ºTen

TÍTULO: OS EFEITOS AGUDOS DO HIIT SOBRE OS MARCADORES DE LESÃO E INFLAMAÇÃO TECIDUAL (CK E LDH) NA CORRIDA EM DIFERENTES TIPOS DE RECUPERAÇÃO.

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aprovado em ____ de _____ de 2018.

Banca de Avaliação

(nome completo e posto, instituição ou OM)

Avaliador

(nome completo e posto, instituição ou OM)

Avaliador

(nome completo e posto, instituição ou OM)

Avaliador

VARGAS, Victor Farinha Neto. Os efeitos agudos do HIIT sobre os marcadores de lesão e inflamação tecidual (CK e LDH) na corrida em diferentes tipos de recuperação. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física). Escola de Educação Física do Exército. Rio de Janeiro – RJ, 2018.

RESUMO

INTRODUÇÃO: Embora estudos envolvendo marcadores de lesão muscular levando por base a intensidade do exercício em diferentes sistemas metabólicos através de exercícios aeróbicos ou anaeróbicos tenham sido realizados, a literatura apresenta-se carente quanto a investigações direcionadas aos efeitos agudos do Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT) sobre os marcadores de lesão, sobretudo no período de recuperação. Assim, o presente estudo investigou os efeitos agudos do HIIT sobre os marcadores de lesão e inflamação tecidual Creatina quinase (CK) e Lactato desidrogenase (LDH) na corrida em diferentes tipos de recuperação. **MÉTODOS:** Participaram do estudo oito militares do sexo masculino do Exército Brasileiro com idade de 20 a 30 anos, realizando três intervenções de ergoespirômetria: Teste cardiorrespiratório seguindo o protocolo de Rampa, para determinar o VO₂ máximo e a Frequência Cardíaca máxima; Protocolo de HIIT (HIIT 1): uma série de aquecimento de 5min à 50% VO₂máximo, seis séries de 1min e 30seg à 90% VO₂ máximo com 1min de intervalo passivo, finalizando com uma fase de recuperação a 40% do VO₂máximo de 3 min; Protocolo de HIIT (HIIT 2) alterou-se apenas o intervalo passivo por um intervalo ativo de 1min à 50% VO₂máximo. Durante o HIIT 1 e 2 foram mensuradas: frequência cardíaca (FC), velocidade na esteira em km/h (Velocidade) e percepção subjetiva de esforço de Borg (PSE), além de coletado sangue 30min antes e imediatamente após os protocolos, utilizado na análise da CK e LDH. Foi utilizado o teste de *Shapiro wilk* para análise da normalidade dos dados. Na estatística inferencial foi utilizado o test t de *Student* e ANOVA para comparação entre os dados ($p < 0,05$). **RESULTADOS:** Houve aumento significativo na concentração de LDH no HIIT 1 ($\Delta\% = 18,06$; $p = 0,023$) e não houve alteração da CK ($\Delta\% = 4,73$; $p = 0,573$). Em contrapartida, não houve uma alteração significativa nos níveis pré e pós no HIIT 2 nas concentrações de LDH ($\Delta\% = 0,78$; $p = 0,900$) enquanto a CK apresentou aumento significativo ($\Delta\% = 15,84$; $p = 0,007$). Não foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) na CK e LDH entre os diferentes intervalos de recuperação ativa e passiva. **CONCLUSÃO:** Agudamente o tipo de recuperação (ativa e passiva) não influenciou significativamente na concentração da CK e LDH no protocolo de HIIT utilizando a corrida em esteira.

Palavras-chave: alta intensidade; efeito agudo; lactato; lesão muscular; treinamento intervalado.

VARGAS, Victor Farinha Neto. The acute effects of HIIT on the markers of tissue injury and inflammation (CK and LDH) in the race in different types of recovery. Course Conclusion Paper (BS in Physical Education). Physical Education College of Brazilian Army. Rio de Janeiro – RJ, 2018.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Although studies involving muscle injury markers based on the intensity of exercise in different metabolic systems through aerobic or anaerobic exercises have been performed, the literature is lacking in investigations directed to the acute effects of Interval Training of High Intensity (HIIT) on the lesion markers, especially in the recovery period. Thus, the present study investigated the acute effects of HIIT on the tissue injury and inflammation markers Creatine kinase (CK) and Lactate dehydrogenase (LDH) in the race in different types of recovery. **METHODS:** Eight male soldiers of the Brazilian Army aged 20 to 30 years participated in the study, performing three interventions: Cardiorespiratory test following the Rampa protocol to determine the maximum VO₂ and maximum heart rate; Protocol of HIIT (HIIT 1): a heating series of 5min at 50% VO₂maximum, six series of 1min and 30sec at 90% VO₂ maximum with 1min of passive interval, ending with a recovery phase at 40% VO₂maximum of 3min ; Protocol of HIIT (HIIT 2) only the passive interval was changed by an active interval of 1min to 50% VO₂maximum. During HIIT 1 and 2, heart rate (HR), treadmill velocity in km / h (Velocity) and subjective perception of Borg effort (PSE) were measured, as well as blood collected 30 minutes before and immediately after the protocols used in analysis of CK and LDH. The Shapiro wilk test was used to analyze data normality. In the inferential statistic, Student's t-test and ANOVA were used to compare the data (p <0.05). **RESULTS:** There was a significant increase in LDH concentration in HIIT 1 ($\Delta\% = 18.06$, p = 0.023) and there was no change in CK ($\Delta\% = 4.73$, p = 0.573). In contrast, there was no significant change in pre and post HIIT 2 levels at LDH concentrations ($\Delta\% = 0.78$, p = 0.900) while CK showed a significant increase ($\Delta\% = 15.84$, p = 0.007) . There was no significant difference (p <0.05) in CK and LDH between the different active and passive recovery intervals. **CONCLUSION:** Acutely the type of recovery (active and passive) did not significantly influence the concentration of CK and LDH in the HIIT protocol using treadmill running.

Keywords: high intensity; acute effect; lactate; muscle injury; interval training.

INTRODUÇÃO

O exercício desempenha um papel central na gestão e tratamento de doenças metabólicas comuns, mas a sociedade moderna apresenta muitas barreiras ao exercício (1). A maioria das intervenções de exercícios é ineficaz, uma vez que muitos adultos abandonam os programas de exercícios em poucos meses (2). Barreiras frequentemente citadas para o engajamento em atividade são a falta de tempo, baixa motivação e aderência (3).

Perante isto, tem havido muitas tentativas para determinar a quantidade mínima de exercício necessária para produzir benefícios de saúde positivos (4). Na última década, houve um interesse considerável pelo treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) (1). Esse treinamento envolve trabalho intensivo de curta a longa (5 a 300 s) duração em intervalos intercalados por períodos de recuperação ativa ou passiva (5).

Uma das principais vantagens do HIIT é requerer menos tempo para se exercitar, enquanto fornece benefícios semelhantes ou maiores relacionados à saúde, em comparação com a atividade física estabelecida por recomendações. Como resultado, tem sido confirmado que o HIIT pode mitigar a mais comumente citada barreira à atividade física que é "Falta de tempo" (3).

Treinamento físico a curto prazo com intensidade moderada a alta pode induzir melhorias na composição corporal, reduzindo excesso de peso e obesidade, sugerindo que o HIIT pode ser um componente eficiente em termos de tempo de programas de controle de peso (6).

Além disso, estudos foram feitos visando a obtenção de marcadores de lesão e fadiga muscular levando por base a intensidade do exercício em diferentes sistemas metabólicos através de exercícios aeróbicos ou anaeróbicos (5). Porém, como o exercício de alta intensidade é o principal fator que causa comprometimento das fibras musculares, marcadores bioquímicos de dano muscular também têm sido monitorados (7). Ruptura do sarcolema ou sarcotubular, distorção do tecido contrátil componentes de miofibrilas, dano do citoesqueleto e mudanças na matriz extracelular são exibições de tal dano muscular (8), que é consequentemente manifestado por dor de início tardio, fraqueza e aumento da atividade da creatina quinase (CK), e lactato desidrogenase (LDH) no plasma (9).

O treinamento de HIIT em corrida é caracterizado por uma proporção considerável de produção de força excêntrica e alta tensão muscular. Isso leva a danos nas fibras musculares resultando em vazamento da enzima creatina quinase (CK) do sarcoplasma para o sangue corrente (10).

Existem muitos fatores que influenciam o grau de liberação dos biomarcadores de lesão muscular (CK e LDH) no sangue, incluindo índice de massa corporal, percentual de gordura

corporal, intensidade do exercício, escolha do exercício e duração (11). Em relação ao HIIT, tem sido demonstrado que intervalos curtos de trabalho de alta intensidade causam maior dano muscular quando em comparação com longos intervalos submáximos (12).

No entanto, muito pouca informação está disponível sobre a otimização do programa HIIT. Otimização no contexto atual refere-se à intensidade ideal de exercício, duração do exercício e número de períodos de intervalo, além do tipo (ativo vs passivo) e duração da recuperação entre as sessões de exercício.

O trabalho enfoca o HIIT aeróbico de baixo volume, que consiste em uma sessão treinamento de máximo 30 min (aquecimento, estímulos, intervalos e desaquecimento) com 10 min de atividade intensa (4). Utilizou a corrida (esteira), tendo em vista ser o exercício aeróbico amplamente utilizado pelo Exército Brasileiro em suas sessões de Treinamento Físico Militar (TFM), e também pela existência de poucos estudos voltados para este tipo de atividade quando comparado às pesquisas em ciclo ergômetros.

O objetivo do presente estudo é identificar os efeitos agudos do HIIT sobre os marcadores de lesão e inflamação tecidual (CK e LDH) na corrida em diferentes tipos de recuperação.

MÉTODOS

Tipo de pesquisa

Foi realizada uma pesquisa do tipo quase experimental, empregando um rigor considerável e estabelecendo uma comparação entre os mesmos sujeitos antes do tratamento. Quase-experimentos são delineamentos de pesquisa que não têm distribuição aleatória dos sujeitos pelos tratamentos, nem grupo controle (13).

Amostra

A amostra é composta de oito militares do Exército Brasileiro na faixa etária de 20 a 30 anos, do sexo masculino.

Critérios de inclusão: Foram selecionados militares fisicamente ativos, alunos e instrutores do Curso de Bacharelado em Educação Física da Escola de Educação Física do Exército, sediada na Fortaleza São João, Urca, Rio de Janeiro, que obtiveram Menção acima de muito bom (MB) no teste de corrida do Teste de Avaliação Física (TAF) (14), correspondendo à 2950 – 3100m do teste de Cooper (12 min).

Critérios de exclusão: Foram excluídos do grupo amostral os militares que, por motivos diversos, não puderam comparecer à execução dos testes físicos no momento da coleta de dados, além daqueles que apresentavam patologias, lesões osteoarticulares ou músculo-esquelética e outros quadros clínicos que os impediam de realizar alguma das avaliações.

Ética em pesquisa

O presente trabalho atende às Normas para a Realização de Pesquisa em Seres Humanos, Resolução 466/12, do Conselho Nacional de Saúde de 12/12/2012. O Termo de Participação Consentida Livre e Esclarecida (Anexo 01) foi assinado pelos voluntários ao estudo. O mesmo relata: objetivo do estudo, procedimentos de avaliação, caráter de voluntariedade da participação do sujeito e isenção de responsabilidade por parte do avaliador e da Instituição.

O estudo teve seu projeto de pesquisa submetido à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), sendo encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (CEP) do Hospital da Força Aérea do Galeão (nº 35458714.6.0000.5250).

Coleta de dados

Procedimentos preliminares:

Foi aplicado o TCLE (Anexo 01), Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para identificar possíveis restrições de saúde da amostra e o Questionário PAR-Q (Anexo 02).

Durante todas as intervenções os indivíduos foram orientados a seguir suas dietas normalmente, horas de sono, evitar a ingestão de bebidas contendo cafeína e não realizar atividades físicas nas 48h anteriores aos testes.

Intervenção:

-Inicialmente foi realizada a avaliação da composição corporal através do protocolo da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (15) e do percentual de gordura corporal pelo protocolo de sete dobras de Jackson e Pollock (16). Para tal, foram utilizados: uma balança da marca Filizola® modelo PL 2007, estadiômetro da marca Sanny® e um plicômetro da marca Cescorf®. Logo após, os indivíduos passaram pelo laboratório para uma ambientação à máscara do analisador de gases.

- Avaliação do consumo de oxigênio máximo: foi utilizada a ergoespirometria com o protocolo de Rampa, para determinar o consumo de oxigênio máximo (VO_2 máx.) e a Frequência Cardíaca máxima (FC máx.). Os participantes fizeram um aquecimento de 3min a uma velocidade de 9,0 km/h, em seguida, houve um incremento de 0,5km/h a cada 30s até a fadiga, durante todo o teste, a inclinação da esteira manteve-se nula. A fase de recuperação foi realizada com uma velocidade de 40% da máxima atingida por 3min para observação do comportamento cardiopulmonar retornando ao repouso (17). A partir destes resultados houve a possibilidade de estabelecer a intensidade de treinamento no HIIT para cada indivíduo da amostra.

- HIIT: Após a verificação do VO_2 máximo os indivíduos foram submetidos ao primeiro protocolo de HIIT (HIIT 1) composto de uma série de aquecimento de 5min à 50% VO_2 máximo, seguido de seis séries de 1min e 30seg à 90% VO_2 máximo com 1min de intervalo passivo, terminado as séries passaram a uma fase de recuperação a 40% do VO_2 máximo durante 3 min. No segundo protocolo de HIIT (HIIT 2) alterou-se apenas o intervalo, substituindo o intervalo passivo por um intervalo ativo de 1min à 50% VO_2 máximo(13).

As intervenções de ergoespirometria (teste de Rampa e HIIT) foram realizadas na esteira ergométrica Exite Run 900 (TechnoGym, Itália). Os gases expirados durante os testes foram averiguados no modo respiração-respiração, armazenados como média de três respirações, através do analisador de gases metabólicos VO_2 2000 (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. Os participantes também usaram

monitor de frequência cardíaca Forerunner 920xt (Garmin Ltd, USA), além de responderem a Percepção Subjetiva de Esforço através da Escala Modificada de Borg (18) (Anexo 03). Os dados coletados foram inseridos na Ficha de Coleta de Dados Ergoespirométricos (Anexo 04), e para as intervenções respeitou-se um intervalo mínimo de 48h entre os testes/protocolos. O controle da temperatura envolveu a mensuração da temperatura mínima e máxima, amplitude térmica e umidade relativa do ar, do ambiente do laboratório por um termômetro modelo MT-240 da marca Minipa.

Para a prescrição dos dois protocolos de HIIT foi levado em consideração a média do resultado do teste de 12 min previsto na portaria nº 268-Estado Maior Do Exército, de 18 de julho de 2016, que estabelece os índices do Teste de Aptidão Física (TAF) conforme sexo e idade dos indivíduos (14), através da média desses índices previsto, comparado à idade média da amostra e à tabela de prescrição do Treinamento Intervalado Aeróbico (TIA) no Manual de Treinamento Físico Militar (19), chegou-se a um tempo de série de 1min e 30s. Como o tempo de intervalo de repouso previsto pelo EB varia de 30s a 90s, esse trabalho adotou um intervalo de repouso de 60s.

- Avaliação das variáveis bioquímicas CK e LDH: foram realizadas duas coletas de sangue: 30min antes (pré-teste) e imediatamente após os exercícios (pós-teste) no HIIT 1 e 2. As amostras de sangue (14ml) dos indivíduos foram coletadas em uma sala, na veia ante cubital, com os indivíduos permanecendo em uma posição sentada. Imediatamente após as coletas, o sangue foi centrifugado e o plasma ou soro congelado e armazenado a -80°C para posterior análise dos biomarcadores clínicos no laboratório de Bioquímica do Exercício do Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCEx). Após os procedimentos pré-analíticos, fora utilizado o analisador automatizado bioquímico da marca BT 3000, fabricado pela Empresa Wiener Lab para a determinação dos biomarcadores clínicos sorológicos. Ambas as análises seguiram as recomendações do Kit comercial (Wiener lab.).

Tratamento de dados

Foram utilizadas técnicas de estatística descritiva por meio de média, desvio padrão, valores mínimos e máximos. Além disso, foi empregado o teste de *Shapiro wilk* para análise da normalidade dos dados. Na estatística inferencial foi utilizado o test t de *Student* e ANOVA com *Post Hoc* de *Tukey* para comparação entre os dados. O nível de significância adotado é $p < 0,05$.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta a composição corporal e a aptidão cardiorrespiratória por meio do VO2 máximo para caracterização da amostra estudada.

Tabela 1 - Composição Corporal e Aptidão Cardiorrespiratória

	Média	Desvpad	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	26,125	2,295	24	30
Estatura (m)	1,77	0,083	1,67	1,89
MCT (kg)	78	7,045	67	89,6
Gordura (%)	12,54	3,679	5,60	18,77
VO2máx (mlO2/kg/min)	58,947	5,722	51,630	68,000

Legenda: **Desvpad**: desvio padrão; **MCT**: massa corporal total; %: percentual; **VO2 máx**: consumo máximo de oxigênio

Comparando a tabela acima com os dados apresentados por Pollock (2009), observa-se que a amostra apresenta percentual de gordura “excelente”. A aptidão cardiorrespiratória, por meio do VO2máximo, ao ser classificado segundo a *American Heart Association*, encontra-se como “excelente” (21).

A Tabela 2 apresenta os dados descritivos referentes aos níveis de CK pré e pós HIIT 1 e HIIT 2.

Tabela 2 - Níveis de CK (U/L)

Intensidade	Momento	Média	Desvio padrão	Δ%	p-valor
HIIT 1	Pré	763,88	229,04		
				4,73	0,573
HIIT 1	Pós	800,00	323,04		
HIIT 2	Pré	614,88	221,65		
				15,84	0,007
HIIT 2	Pós	712,25	266,52		

Legenda: Δ% (delta percentual); *valor de significância (p < 0,05)

A Tabela 3 apresenta os dados descritivos referentes aos níveis de LDH pré e pós HIIT 1 e HIIT 2.

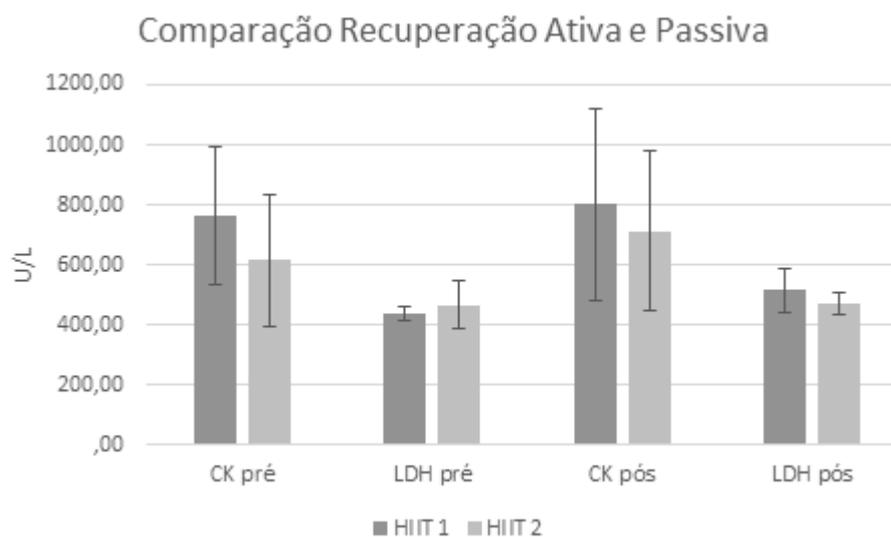
Tabela 3 - Níveis de LDH (U/L)

Intensidade	Momento	Média	Desvio padrão	$\Delta\%$	P-valor
HIIT 1	Pré	436,75	23,86		
				18,06	0,023
HIIT 1	Pós	515,63	73,46		
HIIT 2	Pré	465,00	78,51		
				0,78	0,900
HIIT 2	Pós	468,63	37,29		

Legenda: $\Delta\%$ (delta percentual); *valor de significância ($p < 0,05$)

Observou-se, na comparação entre os níveis pré e pós no HIIT 1 que houve aumento significativo na concentração de LDH ($\Delta\% = 18,06$; $p = 0,023$) e não houve alteração no CK ($\Delta\% = 4,73$; $p = 0,573$). Em contrapartida foi possível observar que, entre os níveis pré e pós no HIIT 2, não houve uma alteração significativa nas concentrações de LDH ($\Delta\% = 0,78$; $p = 0,900$) enquanto de CK apresentou aumento significativo ($\Delta\% = 15,84$; $p = 0,007$).

A Figura 1 apresenta uma comparação intergrupos (HIIT 1 x HIIT 2).

Figura 1- Comparação intergrupos (HIIT 1 x HIIT 2)

Não foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) para as variáveis bioquímicas CK e LDH entre os diferentes intervalos de recuperação ativa e passiva.

DISCUSSÃO

O estudo realizado apresentou aumento significativo da concentração de CK nos níveis pré e pós no HIIT 2 (ativo) e da concentração de LDH nos níveis pré e pós no HIIT 1 (passivo), similar ao que ocorreu no estudo, no qual doze homens moderadamente treinados foram submetidos a três diferentes protocolos de HIIT de trabalho externo idêntico para avaliar respostas de dano muscular. Comparando CK e LDH pré e pós exercício, foi observada uma elevação dos marcadores de dano muscular na circulação sanguínea, porém essa diferença não foi significativa, considerando todos os HIIT ensaios (15/15, 30/30 e 60/60 segs) (7).

Outros estudos realizados no contexto de exercícios severos, como maratonas e ultramaratonas, relataram que mais da metade dos participantes têm elevação da creatinaquinase, podendo exceder 2400 U / L. Nestes estudos, a CK sérica não retorna as concentrações pré-evento por mais de uma semana. Nesse contexto a CK elevada indica rabdomiólise por esforço e reflete o dano muscular causado pelo exercício severo, diferentemente do que se verificou no presente estudo, no qual os protocolos de HIIT realizados proporcionaram uma pequena elevação da concentração de CK nos níveis pré e pós, sendo significativo apenas no HIIT 2 (ativo), não excedendo 1205 U/L e obtendo um valor médio de 800U/L retornando aos níveis de normalidade em cerca de 72h, revelando somente efeito agudo de lesão muscular leve (22).

Existem bases etiológicas para essas elevações não serem bem compreendidas, embora tenha sido sugerido que os aumentos de LDH, juntamente com CK, refletem lesão muscular ao invés de lesão hepática, e no caso de LDH as elevações também podem refletir o estresse cardíaco (22).

Exercícios extenuantes podem produzir mudanças aos biomarcadores normalmente associados à patologia de vários tecidos, incluindo músculo esquelético, o fígado e o coração. As concentrações e / ou atividades de creatina quinase, lactato desidrogenase, são todos substancialmente alterados em resposta a realização de exercício prolongado intenso. No entanto, essas mudanças são recuperação transitória e completa (ou seja, um retorno ao pré-exercício das concentrações basais) ocorre dentro de dias, sem quaisquer consequências adversas aparentes a longo prazo. Isto é também evidente devido as magnitudes dessas respostas serem extremamente variáveis entre indivíduos. Quantidades desconhecidas de corrida em declive ou resistência o treinamento também pode aumentar a creatina quinase e causa atraso no início da dor muscular que atinge 36-72 h após o exercício (22).

No estudo feito levando em conta treinamento físico de endurance, força e HIIT também demonstrou aumento dos níveis de CK, que refletem o dano da fibra muscular, proporcionando

aumento significativo da concentração de CK e revelando ser muito maior com HIIT (cerca de 3 a 7 vezes maior) e treinamento de força, respectivamente, comparado ao ciclismo (10).

O treinamento de força e o HIIT em corrida são caracterizados por uma proporção considerável de produção de força excêntrica e alta tensão muscular. Isso leva a danos nas fibras musculares resultando em vazamento da enzima creatina quinase (CK) do sarcoplasma para o sangue corrente. O que faz da CK um marcador de sangue clássico de tensão e fadiga (10).

Em atletas competitivos, o objetivo final da avaliação da fadiga é o ajuste fino individualizado, recomendações de treinamento para equilibrar a carga de treinamento e adaptação maximizada de um lado e recuperação suficiente por outro. A caracterização precisa de o atual estado de fadiga em um atleta individualmente é mais importante pelo valor prático de um marcador de fadiga do que diferenças significativas nas médias dos pontos de tempo recuperação vs. Fadiga (10).

Há ainda outro estudo no qual 22 atletas bem treinados do sexo masculino e feminino (idade de $23,0 \pm 2,7$ anos; VO_2 máx, $57,6 \pm 8,6$ mL min kg⁻¹) participaram de um microciclo de HIIT de seis dias em corrida com um total de onze sessões de HIIT. Os atletas demonstraram um aumento significativo dos níveis de CK (concentração média pós HIIT=1200U/L) após o programa de treinamento e uma redução significativa após o período de recuperação de 72h, indo de encontro novamente ao efeito agudo encontrado no presente estudo, o qual também se observou aumento dos níveis de CK pós HIIT, sendo significativo ($p=0,007$) no HIIT 2 (concentração média=712,25U/L) e não significativo ($p=0,573$) porém discreto no HIIT 1 (concentração média=800U/L). Indicando que mudanças médias nas medidas da função neuromuscular (CK e LDH), estão relacionadas aos efeitos agudos do HIIT sobre fadiga induzida e subsequente recuperação, espelhando a tensão mecânico-muscular do treinamento desde o vazamento de CK no plasma a partir de fibras musculares esqueléticas quando estão danificadas, incluindo danos na membrana e distúrbios miofibrilares caracterizados por desorganização do miofilamento e perda de integridade (5).

CONCLUSÃO

Baseado nos resultados apresentados no presente estudo, pode-se concluir que agudamente o tipo de recuperação (ativa e passiva) não influenciou significativamente na concentração da CK e LDH no protocolo de HIIT utilizando a corrida em esteira.

Estes marcadores de lesão e inflamação tecidual estão relacionados a função neuromuscular, a fadiga induzida e subsequente recuperação. No entanto, baixa precisão de um único ou combinado uso destes marcadores requer a verificação da sua aplicabilidade numa base individual, pois deve-se ter em mente que o dano muscular é apenas um aspecto de tensão e fadiga e outros aspectos como o equilíbrio vegetativo, anabólico-catabólico equilíbrio ou alterações psicológicas podem desempenhar um papel na necessidade geral de recuperação.

Logo, devido a uma precisão insuficiente desses marcadores sugere-se a avaliação regular prática e frequente para fornecer as informações desejadas acerca de danos e inflamação muscular.

REFERÊNCIAS

1. Cassidy S, et al. High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. *Diabetologia*. 2016; 60(1):7-23.
2. Kinnafick F, et al. In it together: A qualitative evaluation of participant experiences of a 10-week, group-based, workplace HIIT program for insufficiently active adults. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 2018; 40 (1), p.10-19.
3. Batacan RB, Duncan MJ, Dalbo VJ, Tucker PS, Fenning AS. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *British Journal of Sports Medicine*. 2017;51(6):494-503.
4. Gillen J; Gibala M. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2013; 39(3), 409-412.
5. Tauler P, Wiewelhove T, Raeder C, Meyer T, Kellmann M, Pfeiffer M, et al. Markers for Routine Assessment of Fatigue and Recovery in Male and Female Team Sport Athletes during High-Intensity Interval Training. *Plos One*. 2015; 10(10):e0139801.
6. Wewege M, van den Berg R, Ward RE, Keech A. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*. 2017; 18(6):635-46.
7. Cipryan L. IL-6, Antioxidant Capacity and Muscle Damage Markers Following High-Intensity Interval Training Protocols. *Journal of human kinetics*. 2017; 56(1):139-48.
8. Clarkson PM., et al. Serum creatine kinase levels and renal function measures in exertional muscle damage. *Med Sci Sports Exerc*, 2006; 38: 623-627.
9. Proske U; Morgan DL. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol*, 2001; 537: 333-345.
10. Hecksteden A, et al. Blood-Borne Markers of Fatigue in Competitive Athletes – Results from Simulated Training Camps. *Plos One*. 2016;11(2):e0148810.
11. Kristen RH, et al. The effects of high intensity short rest resistance exercise on muscle damage markers in men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014; 28(4):1041–1049.
12. Wiewelhove T, et al. Acute responses and muscle damage in different high-intensity interval running protocols. *J Sports Med Phy Fitness*, 2015; PMID: 25665748
13. Buchheit M; Laursen P. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports Medicine*. 2013;43(5):313-38.

14. Brasil. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. C 20-20: Treinamento Físico Militar. 3.ed. Brasília:EGGCF,2002. Disponível em: <http://webaman.amanet/>. Acesso em: 29 jul.2008.
15. Marfell-Jones T; Stewart A; Carter, L. International standards for anthropometric assessment. ISAK: International Society for the Advancement Kinanthropometry. South Africa. 2006.
16. Jackson A; Pollock M. Practical assessment of body composition. The Physician and Sportsmedicine. 1985;13(5):76-90.
17. Balady G, et al. Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults. Circulation. 2010;122(2):191-225.
18. Borg G. Escalas de Borg para a dor eo esforço: percebido. São Paulo: Manole; 2000.
19. Brasil. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. EB20-MC-10.350: Treinamento Físico Militar. 4.ed. 2015.
20. Pollock ML; Wilmore JH; Rocha ML. Exercícios na saúde e na doença: avaliação e prescrição para prevenção e reabilitação: Guanabara Koogan; 2009.
21. Fuster V, et al.. ACC/AHA/ESC 2006 guidelines for the management of patients with atrial fibrillation: full text: a report of the American College of cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines and the European Society of Cardiology Committee for Practice Guidelines (writing Committee to Revise the 2001 guidelines for the management of patients with atrial fibrillation) developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association and the Heart Rhythm Society. Europace. 2006; 8(9):651-745.
22. Bird SR; Linden M; Hawley JA. Acute changes to biomarkers as a consequence of prolonged strenuous running. Annals of Clinical Biochemistry. 2014;51(2):137-50.

ANEXO 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

O Sr. está sendo convidado como voluntário a participar da pesquisa **“OS EFEITOS AGUDOS DO HIIT SOBRE OS MARCADORES DE LESÃO E INFLAMAÇÃO TECIDUAL (CK E LDH) NA CORRIDA EM DIFERENTES TIPOS DE RECUPERAÇÃO.”** Nesta pesquisa pretendemos investigar os efeitos agudos sobre o metabolismo de jovens militares do sexo masculino, durante a realização de dois protocolos de HIIT. O motivo que nos leva a esse estudo estudar esses efeitos é entender as reações fisiológicas a partir da manipulação da intensidade de intervalo de sessões de HIIT.

Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: a avaliação da composição corporal será realizada em um dia. Inicialmente algumas informações pessoais como nome, idade e lesões anteriores serão tomadas por questionário aplicado por um instrutor de educação física no Laboratório de Biociências da Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx). Em seguida medidas antropométricas como altura, peso, dobras cutâneas e índice de gordura corporal serão coletadas.

A avaliação do consumo de oxigênio máximo (VO_{2max}) e frequência cardíaca máxima (FC_{max}), bem como os protocolos de HIIT serão realizados através de testes ergoespirométricos. Durante os teste e protocolos também haverá a mensuração das escalas subjetivas de BORG (2000) e avaliação bioquímica (sanguínea), que será realizada antes e após as atividades de corrida.

Os riscos associados às avaliações podem incluir aqueles ligados ao teste de ergoespirometria, como dores musculares tardias. Durante a execução da prova poderão ocorrer lesões musculoesqueléticas relacionadas à incidentes que possam ocorrer decorrentes das condições de execução da prova. Para os questionários, bem como as medidas antropométricas existirá um risco mínimo relacionado a qualquer mal-estar que venha a surgir decorrente de sua rotina alimentar, mudança de posição corporal, além daqueles presentes no seu dia a dia, porém no caso de ocorrer algum tipo de desconforto durante o estudo, será realizado um imediato atendimento, sem nenhum tipo de ônus material ou pessoal aos envolvidos na pesquisa.

Você e futuros participantes poderão se beneficiar com os resultados desse estudo. À medida que se identificar melhor os índices de VO_2 Máx e de composição corporal. Estratégias de treinamento apropriadas podem ser desenvolvidas, além de direcionar o desenvolvimento da melhora de seu condicionamento físico, e prevenção de possíveis sintomas de alguma patologia que possam ser identificados.

Para participar deste estudo o Sr não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira, porém será indenizado e ressarcido diante de possíveis despesas e eventuais danos provocados pela pesquisa. Terá o esclarecimento sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador, que tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo.

Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

O Sr não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar dessa pesquisa.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida ao senhor. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos.

Eu, _____, portador do documento de Identidade _____ fui informado (a) dos objetivos da pesquisa **“OS EFEITOS AGUDOS DO HIIT SOBRE OS MARCADORES DE LESÃO E INFLAMAÇÃO TECIDUAL (CK E LDH) NA CORRIDA EM DIFERENTES TIPOS DE RECUPERAÇÃO”**, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Eu, _____, identidade _____, residindo _____, declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Rio de Janeiro, RJ ____ de _____ de 2018.

Assinatura do voluntário

ANEXO 2

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 ()

ANEXO 3

ESCALA MODIFICADA DE BORG



ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO
"Berço da Educação Física no Brasil"

Escala Modificada de Borg

0 0,5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nenhuma *Muito, Muito* *Muito* *Leve* *Moderada* *Pouco* *Intensa* *Muito* *Muito,* *Máxima*
Muito *Leve* *Intensa* *Intensa* *Muito* *Intensa*
Leve

ANEXO 4

FICHA DE COLETA DE DADOS ERGOESPIROMÉTRICOS

Nome: _____

Data de Nascimento: __ / __ / __ Idade: _____ anos MCT: _____ kg Estatura: _____ m

Etapa	PA	FC	Borg	Etapa	PA	FC	Borg
Pré esforço				8:30			
3° min Aquec				9:00			
3:30				9:30			
4:00				10:00			
4:30				10:30			
5:00				11:00			
5:30				11:30			
5:00				12:00			
5:30				12:30			
6:00				13:00			
6:30				13:30			
7:00				14:00			
7:30				14:30			
8:00				15:00			

Vel máxima: _____ km/h Duração total do teste: _____ Platô? () Sim () Não

Observações:

Aquecimento: 3 minutos a 9 km/h; Rampa: sem inclinação. Incremento de 0,5km a cada 30 segundos.

ANEXO 5

TERMO DE CESSÃO DE DIREITOS SOBRE TRABALHO CIENTÍFICO

Título do trabalho científico:

Nome completo do autor:

1. Este trabalho, nos termos da legislação que resguarda os direitos autorais, é considerado de minha propriedade.
2. Autorizo a Escola de Educação Física do Exército a utilizar meu trabalho para uso específico no aperfeiçoamento e evolução da Força Terrestre, bem como a divulgá-lo por meio de publicação em revista técnica do Exército ou outro veículo de comunicação.
3. A Escola de Educação Física do Exército poderá fornecer cópia do trabalho mediante ressarcimento das despesas de postagem e reprodução. Caso seja de natureza sigilosa, a cópia somente deverá ser fornecida se o pedido for encaminhado por meio de organização militar, fazendo-se necessária a anotação do destino no Livro de Registro existente na Biblioteca.
4. É permitida a transcrição parcial de trechos do trabalho para comentários e citações, desde que sejam transcritos os dados bibliográficos dos mesmos, de acordo com a legislação sobre direitos autorais.
5. A divulgação do trabalho, em outros meios não pertencentes ao Exército, somente poderá ser feita com a autorização do autor ou da direção de ensino da Escola de Educação Física do Exército.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de 2018.

VICTOR VARGAS FARINHA NETO- 1ºTen

Autor do TCC

MAURO SANTOS TEIXEIRA – Cel

ANEXO 6

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO NA BIBLIOTECA DIGITAL DE TRABALHOS
CIENTÍFICOS**

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a Escola de Educação Física do Exército a disponibilizar através do site *www.esefex.ensino.eb.br/*, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998 (Lei de Direito Autoral), o texto integral da obra abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso

Título do TCC:

Nome completo do autor:

Idt: _____ CPF: _____ email: _____

Autorizo disponibilizar e-mail na Base de Dados de Trabalhos de Conclusão de Curso da Biblioteca Digital de Trabalhos Científicos: () SIM () NÃO

Orientador:

Idt: _____ CPF: _____ email: _____

Co-orientador (se for o caso):

Idt: _____ CPF: _____ email: _____

Continuação do Anexo 6

Membro da banca:

Membro da banca:

Membro da banca:

Data de apresentação: ____ / ____ / ____ Titulação: _____

Área de conhecimento: _____

Palavras-chave (até seis): _____

Rio de Janeiro, ____ de _____ de 2018.

VICTOR VARGAS FARINHA NETO- 1ºTen
Autor do TCC

MAURO SANTOS TEIXEIRA – Cel
Cmt e Dir Ens da EsEFEx