

COMPORTAMENTO DA ENZIMA CREATINA QUINASE APÓS PROTOCOLO DE EXERCÍCIO AGUDO DE CONTRAÇÃO EXCÊNTRICA EM JOVENS NÃO TREINADOS

Wanessa Karoline Brito Marques^{1,2,3}, Paulo Vitor Albuquerque Santana^{3,4}, Antônio Coppi Navarro^{2,4}
 Christiano Eduardo Veneroso^{3,4}

RESUMO

Introdução: o exercício físico vigoroso não habitual, com elevadas demandas excêntricas, desencadeia no sistema musculoesquelético, micro lesões que acarretam o extravasamento de proteínas para a corrente sanguínea por conta do aumento da permeabilidade da membrana sarcoplasmática. Dentre elas temos a creatina quinase, que tem ganhado maior atenção, devido a magnitude do seu aumento em relação as outras proteínas e pelo custo de análise menos dispendioso. **Objetivo:** verificar o comportamento das concentrações de Creatina Quinase em jovens adultos em protocolo de pliometria nos momentos pré e pós (24h, 48h e 72h). **Materiais e Métodos:** a amostra foi composta por 10 indivíduos, com média de idade em anos 22,0 ±3,0; foi realizada a medida das concentrações de Creatina Quinase nos períodos pré e pós (24 horas, 48 horas e 72 horas) pós protocolo de exercício de pliometria (saltos). **Resultados:** A média de concentração de CK para o momento pré exercício foi de 75,83 ±93,82; nos pós 24 horas foi de 125,12 ±37,22; nos pós 48 horas 115,30 ±49,34 e nos pós 72 horas foi de 77,08 ±30,37. **Discussão e Conclusão:** Com base nos dados podemos inferir que a concentração de creatina quinase no grupo amostral comportou-se conforme o relatado em literatura científica com estudos assemelhados, ou seja, no momento pré em relação ao 24 horas pós exercício aumentou, com declínio nos momentos 48 horas e 72 horas.

Palavras-chave: Pliometria. Creatina Quinase. Dano Muscular.

1 - Bacharelado em Educação Física da Universidade Federal do Maranhão, São Luís-MA, Brasil.

2 - Grupo de Pesquisa e Estudo sobre o Futsal e o Futebol da Universidade Federal do Maranhão, São Luís-MA, Brasil.

3 - Grupo de Estudo e Pesquisa em Genética e Esporte da Universidade Federal do Maranhão, São Luís-MA, Brasil.

ABSTRACT

Behavior of the creatine kinase enzyme after acute exercise protocol of eccentric contraction in untrained young people

Introduction: Unusual vigorous physical exercise, with high eccentric demands, triggers in the musculoskeletal system, the rupture of sarcomeres, characterizing the muscular damage induced by the physical exercise that entails a series of physiological responses, the main one in cellular terms, the extravasation of proteins among them, stand out creatine kinase, to the bloodstream due to increased permeability of the sarcoplasmic membrane. **Objective:** to verify the behavior of Creatine Kinase concentrations in young adults in a plyometric protocol at baseline, 24h, 48h and 72h. **Materials and Methods:** the sample consisted of 10 individuals, with mean age in years 22.5 ± 3.3; the measurement of creatine kinase concentrations in the pre and post periods (24 hours, 48 hours, and 72 hours) after plyometrics exercise protocol (Jumps). **Results:** The mean CK concentration for the pre-exercise moment was 75.83 ± 93.82; after 24 hours was 125.12 ± 37.22; after 48 hours 115.30 ± 49.34 and in the post 72 hours was 77.08 ± 30.37. **Discussion and Conclusion:** Based on the data, we can infer that the creatine kinase concentration in the sample group was similar to that reported in scientific literature with similar studies, that is, at the pre-24-hour post exercise period, with a decline at 48 hours and 72 hours.

Key words: Plyometrics. Creatine Kinase. Muscle Damage.

4 - Programa de Pós-graduação Mestrado em Educação Física da Universidade Federal do Maranhão, São Luís-MA, Brasil.

E-mail dos autores:
 wanessamarques19@gmail.com
 santanapaulo25@gmail.com
 ac-navarro@uol.com.br
 cveneroso@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O exercício físico vigoroso com elevadas demandas excêntricas, não habitual, de alta intensidade ou ainda conforme o tempo de duração do mesmo, desencadeia no sistema musculoesquelético micro lesões nos sarcômeros, devido ao estresse mecânico excessivo característico desse tipo de contração (Dabbs, Chander, 2018; Alves, 2012; Tofas e colaboradores, 2008; Proske, Morgan, 2001).

O exercício físico com ações excêntricas quando comparado as concêntricas, oferecem maior dano as fibras musculares e suas estruturas (linha Z, túbulos T, sarcolemas, miofibrilas) decorrente do menor recrutamento de unidades motoras, do superestiramento das fibras mais fracas em relação as mais fortes, além dos mecanismos de controle e mecânica dessa ação muscular (Alves, 2012; Barroso, Tricoli, Ugrinowitsch, 2005; Proske, Morgan, 2001).

Com o dano muscular induzido pelo exercício físico ocorre uma série de respostas fisiológicas a nível celular, a principal delas o aumento da permeabilidade da membrana sarcoplasmática que possibilita o extravasamento de proteínas para a corrente sanguínea, que habitualmente não conseguiriam permear a membrana (Clarkson, Hubal, 2002; Tricoli, 2001).

Dentre as proteínas, destacam-se a creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), alfa-actina e mioglobina frequentemente citadas na literatura. Sendo a concentração da CK sanguínea considerada um dos melhores marcadores de dano muscular (Foschini, Prestes, Charro, 2007; Tricoli, 2001).

A CK encontra-se em cinco isoformas, que se apresentam em concentrações predominantes diferentes em cada tecido. Sendo três isoenzimas presentes no citoplasma (CK-BB, CK-MM e CK-MB).

A CK-BB (Brain) que é específica do tecido cerebral, a CK-MB específica do músculo cardíaco e a CK-MM (Muscle) encontrada nas miofibrilas (Alves, 2012). As outras duas isoenzimas são sarcoméricas e não sarcoméricas presentes na mitocôndria (Alves, 2012; Brancaccio, Maffulli, Limongelli, 2007).

A CK-MM é considerada marcador ideal de dano muscular, por ser enzima específica do músculo esquelético e existir em altas concentrações intracelulares, além da

liberação na corrente sanguínea ocorrer rapidamente e permanecer em concentração elevadas durante tempo necessário para identificação em ocorrência de dano muscular (Alves, 2012; Clarkson, Hubal, 2002).

A magnitude de aumento da CK é maior quando comparada a outras proteínas utilizadas como marcadores (Alves, 2012; Foschini, Prestes, Charro, 2007; Clarkson, Hubal, 2002).

A variabilidade de resposta da CK frente ao exercício com predominância excêntrica recebe influências de fatores biológicos e ambientais, como sexo, idade, massa muscular, tipo de exercício realizado e etnia, que são determinantes para as análises de concentração (Alves, 2012; Brancaccio, Maffulli, Limongelli, 2007; Foschini e colaboradores, 2007).

Nesse sentido, estudos como Coelho e colaboradores, (2014); Alves e colaboradores, (2015) analisaram o comportamento da CK no dano muscular em diferentes tipos de exercício físico e/ou modalidades esportivas, com sujeitos treinados ou destreinados, que serviram para reafirmar a aplicabilidade da CK como parâmetro para prescrição e orientação do treinamento físico.

O comportamento da CK foi avaliado após variados protocolos de exercícios isolados e padronizados, como flexão de cotovelo, extensão de joelho, além de exercícios em máquina de supino e dinamômetro isocinético (Tseng e colaboradores, 2016; Paulsen, 2009; Hirose e colaboradores, 2004; Brown e colaboradores, 1997; Smith e colaboradores, 1994).

A fase excêntrica dos saltos pliométricos resulta em maior estresse mecânico, ocasionando micro lesões no sistema musculoesquelético o que possibilita sua utilização para induzir dano muscular (Clarkson, Hubal, 2002; Chatzinikolaou e colaboradores (2010).

Além disso, a sua diversificada aplicação prática em programas de treinamento, tendo em vista a melhoria do desempenho em várias modalidades esportivas, além de apresentar forte componente excêntrico e de haver ainda limitações quanto a extensão do dano causado por este tipo de exercício e como ocorre a recuperação pós exercício (Berton e colaboradores, 2018; Arazi e colaboradores, 2016).

Nesse sentido justifica-se a prescrição e o acompanhamento adequado do treinamento físico para sujeitos treinados ou destreinados é uma responsabilidade que deve estar pautada em conhecimentos acerca da individualidade do sujeito, para melhor determinação das cargas de treinamento assim como o tempo de recuperação entre os estímulos, apropriado para evitar lesões.

Devido a isso o objetivo desse estudo é verificar o comportamento das concentrações de Creatina Quinase (CK) em jovens adultos em protocolo de pliometria nos momentos pré, 24h, 48h e 72h.

Face ao exposto como hipótese, espera-se que para este estudo as concentrações de CK apresentem-se superiores nos momentos 24h e 48h em comparação às 72h e principalmente ao momento pré exercício.

MATERIAIS E MÉTODOS

Considerações Éticas

O projeto de pesquisa foi submetido à Plataforma Brasil e aprovado pelo comitê de ética em pesquisa com seres humanos da Universidade Federal do Maranhão com protocolo de número 1.548.714.

Tipo e local de Estudo

O estudo apresenta delineamento crossover, com medidas repetidas. Esta pesquisa tem caráter experimental, em que as medidas foram realizadas pré-exercício e pós-exercício (após 24h, 48h e 72h).

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal do Maranhão (UFMA), no Núcleo de Esporte, do curso de Educação Física, no Laboratório de Fisiologia e Prescrição do Exercício (LAFIPEMA).

Amostra

A amostra foi composta por 10 indivíduos conforme descrito na tabela 1 da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), por conveniência.

A participação foi formalizada após esclarecimentos acerca da pesquisa, bem como os benefícios e riscos e posteriormente assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Critérios de Inclusão e Exclusão

Indivíduos do sexo masculino, com idade entre 18 a 35 anos, não treinados, sem problemas autorrelatados de saúde.

Foram excluídos os indivíduos que não participaram de todas as etapas da pesquisa. Que participam de programas de treinamento. Com histórico de lesões articulares que impossibilite a realização de exercícios físicos de membros inferiores.

Procedimentos de Coleta

Posteriormente ao consentimento e compreensão acerca de todos os procedimentos que seriam realizados na pesquisa, todos os sujeitos realizaram avaliações físicas para caracterização.

- Composição Corporal

Foram realizadas a partir das medidas de massa corporal, estatura e dobras cutâneas.

Para a realização das medidas de massa corporal e estatura foi utilizada uma balança com estadiômetro (WELMY® W300) com precisão de 0,5 centímetros para estatura e 0,05 Kg para o peso.

As dobras cutâneas, subescapular, tríceps, bíceps, peitoral, subaxilar, suprailíaca, abdominal, coxa e perna foi medida utilizando-se um plicômetro (Lange®), graduado em milímetros, de acordo com o protocolo proposto por Jackson e Pollock (1978).

Os valores de cada dobra foram utilizados para a obtenção da densidade e cálculo do percentual de gordura utilizando a fórmula de Siri.

- Questionário Internacional de Atividade Física - IPAQ (Versão Curta)

O IPAQ é um instrumento desenvolvido para avaliar e obter medidas de atividades físicas que podem ser comparadas a nível internacional, publicado nas versões curta e longa.

O questionário possibilita calcular uma estimativa do tempo gasto em atividades físicas por semana, com intensidade variando de moderada a vigorosa, em situações da vida diária como locomoção, atividades domésticas e lazer, e atividades na posição sentada, ou seja, de característica passiva (Benedetti e colaboradores, 2007).

- Dosagem Creatina Quinase

Para determinação da concentração enzimática da CK no sangue total, foi retirado 30 µL de sangue capilar da polpa digital dos sujeitos, após ser realizada limpeza do local com álcool etílico a 70%.

Em seguida, após secagem com gaze, para punção foi utilizada uma lanceta com disparador automático e o sangue foi drenado para um tubo capilar heparinizado (Cat nº 955053202 Reflotron®).

O sangue foi imediatamente pipetado para tira reativa de CK (Cat nº 1126695 Reflotron®) e posteriormente colocado no Reflotron Analyser®, da Boehringer Mannheim para avaliar as concentrações de CK no sangue.

- Protocolo de Saltos Pliométricos

O protocolo consistiu em uma preparação inicial em esteira ergométrica (5 minutos, a 8 km/h). Em seguida os voluntários iniciaram as execuções dos saltos pliométricos, que compreenderam: 96 saltos sobre obstáculo (50 cm) distribuídos em 8

séries de 12 repetições e 96 saltos partindo de uma caixa pliométrica de 50 cm e saltando ao tocar o solo, distribuídos em 8 séries de 12 repetições. O intervalo entre séries foi de 90 segundos e o de 3 minutos entre as duas modalidades de saltos (Tofas e colaboradores, 2008).

Análise Estatística

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Uma ANOVA com medidas repetidas post-hoc Bonferroni foi utilizada para investigar as diferenças entre as situações nos momentos estudados (Pré e Pós 24, 48 e 72 horas). O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. Os resultados foram apresentados em média e desvio padrão.

RESULTADOS

Na tabela 1, estão descritas as características antropométricas do grupo amostral. Apresentados em média e desvio padrão.

Tabela 1 - Características descritivas antropométricas da amostra.

Variáveis	Grupo
Idade em anos (n=10)	22,0 ±3,0
Massa Corporal em kg (n=10)	71,7 ±11,0
Estatura em cm (n=10)	171,1 ±5,3
Massa Gorda em % (n=10)	15,5 ±4,7
Massa Magra em % (n=10)	84,4 ±4,7

Na tabela 2, está descrito os resultados das concentrações sanguíneas de CK dos amostrados no momento pré e nos períodos de recuperação de 24 horas, 48

horas e 72 horas, assim como a média, o desvio padrão, valor máximo e mínimo do grupo.

Tabela 2 - Resultados da concentração de Creatina Quinase (CK) em IU/L.

n= 10	CK Pré	CK 24 horas	CK 48 horas	CK 72 horas
Média	75,83	125,12	115,30	77,08
DP	39,82	37,22	49,34	30,37
Máximo	138	160	194	131
Mínimo	31,4	55	53,7	43,3

Na tabela 3, são apresentados os valores de significância obtidos para o teste de

ANOVA de medidas repetidas post-hoc Bonferroni.

Tabela 3 - Valores de significância para o Teste de ANOVA de medidas repetidas post-hoc Bonferroni, $p < 0,05$.

Pré – CK 24 horas	Pré – CK 48 horas	Pré – CK 72 horas
p 0,007	p=0,006	p=1,000

DISCUSSÃO

Conforme os dados apresentados na tabela 2, as concentrações de CK no grupo amostral, aumentaram significativamente ($p=0,007$) quando comparado o momento pré exercício com o período 24 horas pós protocolo de saltos pliométricos. Observou-se no momento de recuperação de 48 horas, o declínio significativo ($p=0,006$) das concentrações sanguíneas de CK em comparação ao momento pré, que se manteve no período de 72 horas.

A creatina quinase, proteína que está presente no músculo esquelético em altas concentrações e por isso têm os valores aumentados na corrente sanguínea pós exercício físico com elevada demanda de ações excêntricas, ocasionando micro lesões no musculoesquelético, caracterizados por desarranjo na estrutura das miofibrilas, ou seja, pequenas rupturas que indicam dano à fibra muscular (Tricoli, 2001).

O uso da CK como marcador de micro lesões musculares já têm sido amplamente evidenciadas e discutidas em diversos estudos, que utilizaram diferentes tipos de exercícios para a indução do dano muscular em populações amostrais diversas (Rodrigues e colaboradores, 2016; Alves e colaboradores, 2015; Lima e colaboradores, 2013; Mara e colaboradores, 2013; Jalalvand e colaboradores, 2012; Lima, Denadai, 2011).

O aumento das concentrações de CK, com o pico no período de 24 e 48 horas e no, pós exercícios pliométricos (saltos) encontrados no presente estudo, estão de acordo com os achados de Arazi e colaboradores (2016), que avaliaram 24 jovens saudáveis, não treinados pós realização de saltos pliométricos, sendo 10 séries de 10 saltos verticais máximos.

No estudo realizado por Macaluso e colaboradores (2012), o comportamento da CK apresentou o pico nas 24 horas pós exercícios pliométricos (10 séries de 10 saltos agachamento máximos) e depois tendeu a redução aproximando-se das concentrações encontradas nas medidas basais. Em estudos anteriores (Howatson e colaboradores, 2012; Paleckis e colaboradores, 2015) verificaram o mesmo aumento no período de 24 horas pós exercício pliométrico (Drop-jump), e a diminuição das concentrações nas horas seguintes.

Estes estudos evidenciam o comportamento uniforme da CK, quando

analisado seu extravasamento na corrente sanguínea, pós protocolo de exercício pliométrico (saltos), em que na fase excêntrica ocorre maior dano muscular quando comparado a fase concêntrica dos saltos (Clarkson, Hubal, 2002).

Devido a isso existe um consenso na literatura a aplicabilidade da CK como marcador de dano muscular e sua utilização para controle de carga de treinamento em diversas modalidades esportivas (Tricoli, 2001; Clarkson, Hubal, 2002).

De acordo com os achados no presente estudo, corroborando com estudos anteriores que também se propunham a investigar o exercício pliométrico e dano muscular, sugere-se como pode ser aplicado o treinamento com exercícios pliométricos, assim como o tempo de recuperação adequado, com a finalidade de melhorar o desempenho, visto que programas treinamento envolvendo o uso da pliométrie têm ampla aplicabilidade e têm sido comumente utilizadas em diversas modalidades esportivas.

CONCLUSÃO

Com base nos dados podemos inferir que a concentração de creatina quinase no grupo amostral comportou-se conforme o relatado em literatura científica com estudos assemelhados, ou seja, no momento pré em relação ao momento 24 horas pós exercício aumentou, com declínio nos momentos 48 horas e 72 horas.

Desse modo, reafirmando a aplicabilidade prática dela como marcador de micro lesões e como método para controle de carga.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Maranhão (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Maranhão [FAPEMA]) - e Pro-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Maranhão (Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Maranhão [PPPGI-UFMA]).

REFERÊNCIAS

- 1-Alves, A. L. Comportamento da enzima creatina quinase sanguínea em jogadores de futebol de elite durante o campeonato brasileiro. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2012.
- 2-Alves, A.L.; Garcia, E.S.; Morandi, R.F.; Claudino, J.G.; Pimenta, E.M.; Soares, D.D. Individual Analysis of creatine kinase concentration in brazilian elite soccer players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 21. Núm. 2. 2015.
- 3-Arazi, H.; Eston, R.; Asadi, A.; Roozbeh, B.; Zarei, A.S. Type of group surface during Plyometric Training affects the severity of exercise-induced muscle damage. *Sports*. Vol. 4. Núm. 14. 2016.
- 4-Barroso, R.; Tricoli, V.; Ugrinowitsch, C. Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. Vol. 13. Núm. 2. p. 111-122. 2005.
- 5-Berton, R.; Lixandrão, M.E.; Pinto, C.M.S.; Tricoli, V. Effects of weightlifting exercise, traditional resistance and plyometric training on countermovement jump performance: a meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*. p. 2038-2044. 2018.
- 6-Benedetti, T. R. B.; Antunes, P. C.; Anéz, C. R. R.; Mazo, G. Z.; Petroski, E. L. Reprodutibilidade e validade do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) em homens idosos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 13. Núm. 1. p. 11-16. 2007.
- 7-Brancaccio, P.; Maffulli, N.; Limongelli, F. M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*. Vol. 81-82. p. 209-230. 2007.
- 8-Brown, S.J.; Child, R.B.; Day, S.H.; Donnelly, A.E. Exercise-induced skeletal muscle damage and adaptation following repeated bouts of eccentric muscle contractions. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 15. Núm. 2. p. 215-222. 1997.
- 9-Chatzinikolaou, A.; Fatouros, I. G.; Gourgoulis, V.; Avloniti, A.; Jamurtas, A. Z.; Nikolaidis, M. G.; Dourodos, I.; Michailidis, Y.; Beneka, A.; Malliou, P.; Tofas, T.; Georgiadis, I.; Mandalidis, D.; Taxildaris, K. Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 24. Núm. 5. p. 1389-1398. 2010.
- 10-Clarkson, P.M.; Hubal, M.J. Exercise-Induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine e Rehabilitation*. Vol. 81. Núm. 11. p. 52-59. 2002.
- 11-Coelho, D.B.; Morandi, F.R.; Melo, M.A.; Andrade, R. L.; Paixão, R.C.; Garcia, E. S. Analysis of the trends of creatine kinase levels during the preseason of a professional soccer team. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. Vol. 14. Núm. 2. p. 129-135. 2014.
- 12-Dabbs, N.C.; Chander, H.; The effects of exercise induced muscle damage on knee joint torque and balance performance. *Sports*. Vol. 6. Núm. 101. 2018.
- 13-Foschini, D.; Prestes, J.; Charro, M.A. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. Vol. 9. Núm. 1. p.101-106. 2007.
- 14-Hirose, L.; Nosaka, K.; Newton, M.; Laveder, A.; Kano, M.; Peake, L.; Suzuki, K. Changes inflammatory mediators following eccentric exercise of the elbow flexors. *Exercise Immunology Review*. Vol. 10. p.75-90. 2004.
- 15-Howatson, G.; Hoad, M.; Goodali, S.; Tallent, J.; Bell, P.G.; French, D.N. Exercise-induced muscle damage is reduced and resistance-trained males by branched chain amido acids: a randomized, double-blind, placebo controlled study. *Journal of the international Society of Sports Nutrition*. Vol. 9. Núm. 20. 2012.
- 16-Jackson, A. S.; Pollock, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. *British journal of nutrition*. Vol. 40. Núm. 3. p. 497-504. 1978.

17-Jalalvand, A.; Anbarian, M.; Khorjahani, A. Efeitos de um tratamento combinado (Vitamina C pré exercício e alongamento FNP, tratamento com ultrassom pós exercício) sobre marcadores de dano muscular induzido por exercício. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 18. Núm. 5. 2012.

18-Lima, L.C.R.; Oliveira, T.P.; Oliveira, F.B.D.; Assumpção, C.O.; Greco, C.C.; Denadai, B.S. Monitoring muscle damage markers during a four-week downhill walking exercise program. *Motriz*. Vol. 19. Núm. 4. p. 703-708. 2013.

19-Lima, L.C.R.; Denadai, B.S. Efeito protetor após sessões de exercício excêntrico: comparação entre membros superiores e inferiores. *Motriz*. Vol. 17. Núm. 4. p. 738-747. 2011.

20-Macaluso, F.; Isaacs, A.W.; Myburgh, K.H. Preferential type II muscle fiber damage from Plyometric exercise. *Journal of Athletic Training*. Vol. 47. Núm. 4. p. 414-420. 2012.

21-Mara, L. S.; Carvalho, T.; Lineburger, A. A.; Goldefeder, R.; Lemos, R. M.; Brochi, L. Dano muscular e perfil imunológico no triatlo Ironman Brasil. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 19. Núm. 4. 2013.

22-Paulsen, G. Exercise-induced muscle damage in humans: heat shock proteins and inflammation in recovery, regeneration and adaptation. Dissertation from the Norwegian School of Sports Science. 2009.

23-Paleckis, V.; Mickevicius, M.; Snieckus, A.; Streckis, V.; Paasuke, M.; Rutkauskas, S.; Steponaviciute, R.; Skurvydas, A.; Kamadulis, S. Changes in indirect markers of muscle damage and tendons after daily drop jumping exercise with rapid load increase. *Journal of Sports and Medicine*. Vol. 14. p.825-833. 2015.

24-Proske, U.; Morgan, D. L. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *Journal of Physiology*. Vol. 537. Núm. 2. p. 333-345. 2001.

25-Rodrigues, P.; Wassmansdorf, R.; Salgueirosa, F.M.; Hernandez, S.G.; Nascimento, F.B.; Daros, L.B.; Wharton, L.; Osiecki, R. Time-course of changes in direct markers of muscle damage responses

following a 130km cycling race, *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. Vol. 18. Núm. 3. p. 322-331. 2016.

26-Smith, L.I.; Fulmer, M.G.; Holberth, D.; McCammon, M.R.; Houmard, J.A.; Frazer, D.D.; Nsien, E.; Israel, R.G. The impact of a repeated bout of eccentric exercise on muscular strength, muscle soreness and creatine kinase. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 28. Núm. 4. 1994.

27-Tseng, K.; Tseng, W.; Lin, M.; Chen, H.; Nosaka, K.; Chen, T.C. Protective effect by maximal isometric contractions against maximal eccentric exercise-induced muscle damage of the knee extensors. *Research in Sports Medicine*. 2016.

28-Tofas, T.; Jamurtas, A.Z.; Fatouros, I.; Nikolaidis, M.G.; Koutedakis, Y.; Sinouris, E.A.; Papageorgakopoulou, N.; Theocharis, D. Plyometric exercise increases serum indices of muscle damage and collagen breakdown. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 22. Núm. 2. p. 490-496. 2008.

29-Tricoli, V. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. Vol. 9. Núm. 2. p. 39-44. 2001.

Autor correspondente:

Wanessa Karoline Brito Marques

wanessamarques19@gmail.com

Unidade 101 Rua 101 NE, 56.

Cidade Operária, São Luís, Maranhão.

CEP: 65058-036.

Recebido para publicação em 15/04/2020

Aceito em 20/01/2021