

ARTIGO ORIGINAL

Preditores Bioquímicos de Lesões Musculares em Corredores de Aventura

José Carlos Miranda Cordeiro Júnior¹, Odwaldo Barbosa e Silva², Ísis Magalhães de Araújo Melo¹.

*Setor de Ortopedia e Traumatologia. Real Hospital Português de Beneficência em Pernambuco¹
Setor de Ergometria do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco²*

RESUMO

Fundamentos: Esportes de ultra-resistência, como a corrida de aventura, são caracterizados por grande esforço muscular durante períodos prolongados, aumentando a predisposição ao risco de lesões destas estruturas. A liberação de enzimas como creatinoquinase (CK) e desidrogenase láctea (DHL) pelo músculo esquelético na corrente sanguínea após atividade física são usadas como marcadores de lesão dos mesmos.

Objetivos: Avaliar variações das concentrações plasmáticas de CK e DHL antes e após uma prova de corrida de aventura, bem como o tempo de normalização destes valores e a influência de variáveis.

Métodos: Estudo descritivo tipo série de casos, vinte e um atletas de ambos os sexos, entre 18 e 49 anos, participantes de uma prova de corrida de aventura, submetidos a coletas sanguíneas em quatro diferentes momentos, antes do evento, ao encerrar a prova e três e seis dias após a corrida.

Resultados: A hemoconcentração das enzimas CK e DHL apresentou variação significativa quando comparados os momentos antes e logo após a corrida ($p < 0,05$), retornando ao valor basal após o terceiro dia da competição ($p < 0,05$), aproximando-se, ainda mais dos valores pré-corrida no sexto dia após o evento. Não houve alteração significativa na comparação das variações agudas entre os gêneros, faixa etária e diferentes cargas de treinamento.

Conclusões: Por estas enzimas serem preditoras de risco para lesão muscular, um atleta de corrida de aventura apresentará menor risco a competir novamente, com uma maior segurança, aproximadamente três dias após sua última prova.

Palavras-chave: Atletas. Corrida. Músculo. Creatinoquinase.

INTRODUÇÃO

Os esportes relacionados a atividades na natureza vêm se tornando cada vez mais corriqueiros¹. A corrida de aventura é um esporte, ainda amador, considerada multiesportiva, envolvendo várias modalidades esportivas de aventura, como corrida, ciclismo, natação, canoagem, etc. Em geral, ocorre em ambientes naturais e com o auxílio de recursos de orientação para a identificação correta do percurso a ser seguido².

As atividades físicas, principalmente quando realizadas em excesso, podem se comportar como uma agressão ao organismo, levando a uma alteração transitória da homeostasia do tecido muscular esquelético³. As alterações musculares induzidas pela atividade física são variáveis, de acordo com o tipo de atividade praticada³. A corrida de aventura é um esporte de intensidade de moderada a alta, com prolongado tempo de duração, envolvendo uma grande quantidade de contrações musculares⁴. Esta elevada quantidade de contração e relaxamento da

Autor Correspondente:

José Carlos Miranda Cordeiro Júnior.
Endereço: Av. Agamenon Magalhães N° 4760
CEP 52010-075 - Recife - PE

musculatura origina alterações musculares consideradas lesões não traumáticas, com uma grande alteração na homeostase muscular⁵⁻¹⁰.

Muitos estudos demonstraram as várias alterações bioquímicas e histológicas ao final de atividades físicas, principalmente as de maior duração¹¹⁻¹³. A corrida de aventura encontra-se nesse contexto de atividade e leva a uma grande alteração nos parâmetros bioquímicos e enzimáticos, que regulam a homeostase e os processos metabólicos^{11,12}. A análise dos marcadores de lesão muscular e processo inflamatório é usado para a avaliação da presença de dano à musculatura¹⁴.

A maior parte das reações orgânicas é mediada por enzimas, proteínas catalisadoras, com finalidade de aumentar a velocidade das reações metabólicas do organismo. A creatinoquinase (CK) é a enzima mais frequentemente utilizada como marcador ao dano do tecido muscular esquelético, em qualquer tipo de exercício, seja de força ou os que predominam contrações excêntricas¹⁴⁻¹⁷. O aumento da atividade da CK no plasma demonstra que houve uma ruptura da membrana da célula muscular, considerando que esta enzima não possui a habilidade de cruzar a membrana celular quando o sarcoplasma encontra-se intacto. De maneira geral, os níveis da CK encontram-se aumentados após o exercício, com seu pico máximo estando por volta de 24-48 horas após o término das atividades^{18,19}.

Outras enzimas, como a desidrogenase láctea (DHL), também se encontram alteradas após o término das atividades físicas que exijam um maior esforço^{20,21}. A determinação da concentração plasmática da CK e da DHL, por métodos enzimáticos sanguíneos, combina a elevada sensibilidade em resposta ao estresse muscular associada à praticidade e simplicidade operacional na realização

destes exames. Além disso, a amostra, seja soro ou plasma, quando devidamente armazenada, sob refrigeração é estável por até sete dias¹⁹.

Alguns estudos já demonstraram a necessidade de profissionais de saúde em eventos de corrida de aventura devido ao alto risco de lesão destes atletas durante eventos e treinamentos, bem como as lesões mais frequentes²²⁻²⁴. As principais lesões ocorridas em nestes atletas incluem as cutâneas e musculares^{25,26}. Dentre as lesões musculares, as mais comuns incluem contusões e estiramentos dos músculos de membros inferiores²⁶. Uma vez que a elevação das concentrações séricas destas enzimas demonstra um risco mais elevado de lesões musculares por sobrecarga de exercício^{27,28}, a avaliação das alterações das concentrações séricas da CK e DHL, enzimas relacionadas ao estresse muscular, após a prática da corrida de aventura é importante para a determinação do tempo ideal de repouso do atleta, seu retorno aos treinamentos e à prática esportiva.

O presente estudo teve como objetivo avaliar as alterações agudas das concentrações plasmáticas de CK e DHL em corredores de aventura do estado de Pernambuco, determinando o tempo necessário para seu retorno às concentrações basais (pré-corrida). O efeito do gênero, idade e da carga de treinamento no padrão de alteração enzimática nesses atletas também foi avaliado.

O melhor conhecimento do seu perfil sérico, em corredores de aventura, poderá contribuir para o bem-estar físico do atleta e orientar sobre o período adequado do ciclo treinamento-competição-repouso, diminuindo o risco de lesões por sobrecarga muscular.

MÉTODOS

Estudo epidemiológico descritivo tipo série de casos, com abordagem de análise quantitativa, numa população específica de corredores de aventura do estado de Pernambuco.

Todos os participantes da pesquisa assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, de acordo com a “Declaração de Helsinque” da Associação Médica Mundial e o estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Faculdade Maurício de Nassau, em Recife, Pernambuco, bem como através da Plataforma Brasil, base nacional e unificada de registros de pesquisas envolvendo seres humanos para todo o sistema CEP/CONEP (CAAE: 00831612.0.0000.5193).

Fizeram parte da pesquisa 21 atletas entre 18 e 49 anos, com idade média de 34,6 anos (DP=8,7). Competiram atletas de ambos os sexos, sendo sete mulheres (33,3%) e 14 homens (66,7%), presentes em uma etapa do Circuito Pernambucano de Corrida de Aventura. Todos com experiência em corrida de aventura, competindo há, no mínimo, um ano.

Foram excluídos do estudo dois atletas recém-saídos, ou em recuperação, de lesão do músculo esquelético nos últimos dois meses, além de competidores com queixa clínica de desconforto muscular nas últimas duas semanas e portadores de doenças crônicas, como insuficiência renal crônica, câncer, cirrose, entre outras.

Antes da primeira coleta de sangue foi entregue aos atletas questionário de saúde, contendo informações sobre hábitos de vida, medicações em uso, suplementação alimentar, uso de drogas ilícitas ou substâncias dopantes, ser portador de doenças crônicas ou infecto-contagiosas.

Após a análise geral dos atletas estes foram divididos por gênero (masculino ou feminino), faixa etária (18 a 34 anos e maior ou igual a 35 anos) e de acordo com a carga de treinamento semanal (maior que 8 h semanais, de 6 a 8 h e menor que 6 h).

O Evento

O formato do evento, com participantes divididos em duplas e quartetos, levou em consideração os aspectos de segurança, logística das equipes, clima, temperatura, controle da prova, tempo para conclusão e o grau de dificuldade do percurso. Nesse sentido a equipe organizadora estabeleceu a seguinte dinâmica e distâncias por modalidade. (Tabela 1)

Tabela 1. Modalidades e distâncias percorridas pelos atletas durante o evento de corrida de aventura.

Modalidade	Distância (Km)
Mountain bike	61,5
Trekking	13,0
Natação	1,0
Canoagem	6,0
Mountain bike	9,0
Trekking	3,5
Rappel	0,12
Trekking	8,0
Mountain bike	12,5
Total	114,6

Fonte: Elaborado pelos autores

Estes dados demonstraram a complexidade do evento e o desgaste ao qual os atletas foram submetidos, totalizando um tempo mínimo de 16 horas de duração de prova e um máximo de 21 horas.

Coletas Sangüíneas

As coletas de sangue foram realizadas por profissional de saúde habilitado, seguindo todos os cuidados de higiene e assepsia, na região antecubital anterior.

Foram coletados 10 mL de sangue em cada uma das amostras.

As coletas de sangue foram realizadas nos seguintes períodos:

1 – Vinte e quatro horas antes do início da competição (Pré-corrida) 2 – Ao final a competição (Pós-imediato; Pós-imed.)

3 – Três dias após a competição (Pós-3 dias; Pós-3d)

4 – Seis dias após a competição (Pós-6 dias; Pós-6d)

Após cada uma das coletas, as amostras foram devidamente armazenadas em caixas térmicas para manter a temperatura adequada e encaminhadas para o laboratório de análises clínicas do Hospital Getúlio Vargas. No laboratório, as amostras foram processadas para a determinação das concentrações de CK e DHL, por método cinético UV-370, utilizando kits comercialmente disponíveis de rotina do laboratório, em analisador imuno-enzimático Architect C80003 (Abbott Laboratories). Os valores de referência de CK para mulheres e homens são <145 U/L e <171 U/L, respectivamente. Os valores de referência de DHL são 125-243 UI/L para ambos os sexos.

Análise Estatística

Os valores de CK e DHL foram expressos como média \pm desvio padrão (DP) e submetidos à análise estatística utilizando o programa GraphPad Prism 5.01 (GraphPad Software). Inicialmente, os valores individuais das concentrações basais de CK e DHL foram submetidos ao teste de Grubbs para determinação de outliers. As diferenças estatísticas entre as médias dos períodos analisados foram avaliadas por análise de variância (ANOVA) com medida repetida. Quando detectada diferença significativa, a análise prosseguiu com a aplicação do teste de Tukey. A influência dos fatores gênero, faixa etária e carga de treinamento nas diferenças estatísticas dos períodos analisados foi determinada por ANOVA de

duas vias com medida repetida. O nível de significância para rejeição da hipótese de nulidade foi fixado em 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Durante oito dias foram avaliados 21 atletas, participantes de uma das etapas do circuito pernambucano de corrida de aventura. Os resultados foram avaliados a partir das variações das concentrações plasmáticas de CK e DHL destes atletas nos quatro períodos do estudo, bem como pela análise de questionário entregue aos mesmos no momento da primeira coleta sanguínea. Uma atleta foi excluída da avaliação para a CK por apresentar valor basal significativamente elevado em comparação com os demais indivíduos do estudo, de acordo com o teste de exclusão de Grubbs.

Ao analisar os valores de referência para as enzimas observamos que quatro das sete mulheres avaliadas apresentavam concentrações plasmáticas basais acima dos valores padrões para a CK, sendo uma delas excluídas do estudo, conforme citado anteriormente (Tabela suplementar 1). Considerando a DHL, apenas duas apresentaram concentrações plasmáticas basais acima do padrão de referência (Tabela suplementar 2).

Na avaliação do sexo masculino, dos 14 homens estudados, apenas um encontrava-se com o valor basal dentro dos valores de referência para a CK (Tabela Suplementar 1). Entretanto, na comparação da DHL, apenas um apresentava-se fora dos valores de referência (Tabela suplementar 2).

Quando todos os atletas foram analisados em conjunto, foi observado aumento significativo das concentrações plasmáticas de CK e DHL no período pós-imediato em comparação com o período pré-corrida ($p < 0,05$; Tabela 2). Esses valores retornaram aos níveis basais (pré-

corrida) a partir do terceiro dia (pós-3 dias) do término da competição ($p < 0,05$; Tabela 2). No sexto dia após a competição (pós-6 dias), as concentrações de CK e DHL diminuíram significativamente, sem diferenças em relação ao período pré-corrida (Tabela 2).

Tabela 2. Concentração plasmática de CK e DHL de atletas corredores de aventura nos períodos pré-corrida, imediatamente após a corrida (Pós-imed), três (Pós-3d) e seis (Pós-6d) dias após a corrida.

Período de Coleta	CK (UI/l; n=20)	DHL (UI/l; n=21)
Pré-corrida	223,3±84,3 (89-452)	208,6±54,7 (156-355)
Pós-imed	1319,7±707,3* (328-2892)	286,0±67,8* (206-502)
Pós-3d	465,9±328,3 (86-1591)	263,6±50,2 (167-380)
Pós-6	258,5±134,3 (92-743)	204,9±47,1 (160-358)

Os valores representam média ± desvio-padrão (mínimo-máximo) de (n) amostras por grupo. *Significa diferença estatisticamente significativa em comparação com o Pré-corrida (ANOVA seguida pelo Teste de Tukey, $p < 0,05$.)

A análise dos resultados de acordo com o gênero e idade demonstrou que esses fatores não influenciaram no padrão de variação das concentrações séricas de CK e DHL em corredores de aventura (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 - Concentração plasmática de creatina quinase (CK) e desidrogenase láctea (DHL) de atletas corredores de aventura dos gêneros masculino e feminino nos períodos pré-corrida, imediatamente após a corrida (Pós-imed) e três (Pós-3d) e seis (Pós-6d) dias após a corrida.

Gênero	Período de coleta	CK (UI/l)	DHL (UI/l)
Masculino (n=14)	Pré-corrida	254,6 ± 77,5 (164-452)	200,8 ± 47,8 (153-355)
	Pós-imed	1446,4 ± 733,2 (626-2892)	291,1 ± 44,9 (234-400)
	Pós-3d	581,7 ± 326,1 (279-1591)	243,6 ± 52,9 (180-380)
	Pós-6d	301,2 ± 137,9 (192-743)	204,4 ± 48,0 (160-358)
Feminino (n= 6 para CK; n= 7 para DHL)	Pré-corrida	150,2 ± 47,3 (89-192)	224,3 ± 67,9 (159-353)
	Pós-imed	1024,0 ± 594,7 (328-1921)	275,6 ± 103,9 (206-502)
	Pós-3d	195,3 ± 98,3 (86-334)	222,6 ± 44,5 (167-300)
	Pós-6d	158,7 ± 46,1 (92-201)	206,0 ± 49,2 (163-312)

Os valores representam média ± desvio padrão (mínimo-máximo) de (n) amostras por grupo.

Tabela 4 - Concentração plasmática de creatina quinase (CK) e desidrogenase láctea (DHL) de atletas corredores de aventura de acordo com a idade nos períodos pré-corrida, imediatamente após a corrida (Pós-imed) e três (Pós-3d) e seis (Pós-6d) dias após a corrida.

Idade	Período de coleta	CK (UI/l)	DHL (UI/l)
18-34 anos (n= 10 para CK; n= 11 para DHL)	Pré-corrida	240,7 ± 111,7 (89-452)	226,3 ± 71,2 (156-355)
	Pós-imed	1279,7 ± 853,8 (328-2892)	292,1 ± 50,9 (212-400)
	Pós-3d	570,4 ± 426,0 (86-1591)	248,9 ± 61,0 (167-380)
	Pós-6d	296,5 ± 178,1 (92-743)	219,3 ± 60,8 (163-358)
≥ 35 (n= 10)	Pré-corrida	205,9 ± 43,2 (120-280)	189,2 ± 14,9 (156-206)
	Pós-imed	1359,7 ± 568,9 (703-2520)	279,2 ± 85,2 (206-502)
	Pós-3d	361,3 ± 147,9 (116-544)	215,9 ± 25,0 (180-288)
	Pós-6d	220,4 ± 55,9 (124-332)	188,1 ± 18,1 (160-211)

Os valores representam média ± desvio padrão (mínimo-máximo) de (n) amostras por grupo.

Ao avaliar o efeito da carga de treinamento no padrão de alteração da CK e DHL em atletas de aventura, observou-se que atletas com tempo de treinamento superior a 8 h semanais já apresentaram valores basais de CK, mas não de DHL, significativamente elevados em comparação com atletas com tempo de treinamento entre 6 e 8 h e inferior a 6 h (Tabela suplementar 1 e 2). Em paralelo, observou-se interação significativa entre a carga de treinamento e o perfil de alteração da concentração plasmática de CK, mas não de DHL. Atletas com tempo de treinamento superior a 8 h apresentaram aumento dos valores de CK após a corrida significativamente mais elevado em comparação com os atletas com tempo de treinamento inferior (Tabela suplementar 1 e 2). Os valores das concentrações plasmáticas de CK, no entanto, retornaram aos níveis basais 3 dias após a prova, independentemente da carga de treinamento (Tabela suplementar 1).

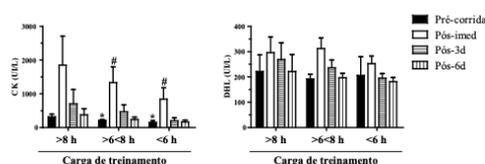


Figura 1. Concentração plasmática de creatina quinase (esquerda) e desidrogenase láctea (direita) de atletas corredores de aventura de acordo com a carga de treinamento semanal nos períodos pré-corrida, imediatamente após a corrida (Pós-imed) e três (Pós-3d) e seis (Pós-6d) dias após a corrida. Os valores representam média ± desvio padrão de 6 a 8 amostras por grupo. * Diferença estatisticamente significativa em comparação com o grupo Pré-corrida >8 h (ANOVA seguida pelo teste de Tukey, $p < 0,05$); # Interação significativa entre a carga de treinamento e o aumento de CK após a prova (ANOVA de duas vias seguida pelo teste de Bonferroni, $p < 0,05$).

DISCUSSÃO

No presente estudo, foram descritas as variações das concentrações plasmáticas das enzimas CK e DHL, em corredores de aventura que participaram de uma competição com aproximadamente 115 km, na qual os atletas foram submetidos a provas de corrida, mountain bike, rappel, natação e canoagem, dentre outros, conforme observado na tabela 1. O formato da prova levou os atletas a percorrer este extenuante percurso da maneira mais intensa e contínua possível, finalizando a corrida em um tempo mínimo de 16 h.

A primeira descrição sobre cuidados médicos em corredores de aventura ocorreu em 2003. Kohler descreveu as necessidades de cuidados de saúde em atletas corredores de aventura²⁹. Este autor descreveu que as principais lesões que ocorrem em uma corrida de aventura são de origem musculoesquelética, principalmente lesões musculares, entorses, luxações e fraturas. Alterações relacionadas à privação de sono e à exposição ao frio e calor excessivo, também foram descritas.

Tendo em vista a heterogeneidade da população estudada, composta por atletas de diferentes rotinas de treinamento, foi encontrada grande variação nos valores basais da CK, mas não da DHL. Fallon et al, em 1999, descreveram aumento dos níveis séricos de CK, nas pessoas com melhor condicionamento físico e massa muscular³⁰. De maneira semelhante, Kratz et al e Eliakin et al, em trabalho distintos, em 2002, demonstraram elevação dos níveis séricos de CK e DHL em pessoas com prática de treinamento físico diário em comparação com a população sedentária^{31,32}. De fato, dos vinte e um atletas avaliados no presente estudo, dezessete já apresentavam seus valores basais de CK elevados quando comparados aos valores de referência, provavelmente devido à prática de atividade física regular

e ininterrupta e à ausência de repouso adequado. Em relação à DHL, no entanto, apenas três atletas apresentaram valores alterados. Dessa forma, estes resultados sugerem a maior sensibilidade da CK como preditor de lesão muscular em reposta à prática regular de atividade física em comparação com a DHL, conforme já observado em estudos anteriores^{33,34}. De fato, os resultados do presente estudo demonstraram que atletas de aventura com maior carga de treinamento semanal possuem concentrações séricas de CK, mas não de DHL, significativamente elevadas em comparação com atletas de menor intensidade de atividade física no mesmo período. Estudos adicionais com um número maior de voluntários deverão ser realizados para confirmação dessa hipótese.

No presente estudo, foi observado aumento de aproximadamente 6 e 1,5 vezes nos níveis séricos de CK e DHL, respectivamente, imediatamente após o final da prova de aventura em comparação com os valores basais. Esses resultados indicam que a CK é um marcador mais sensível de estresse muscular agudo nesse tipo de atletas. De fato, Totsuka et al, 2002, demonstraram que os valores séricos da CK sofreram elevação de aproximadamente 3 vezes logo após o encerramento de uma prova de ciclismo de ultra-resistência³⁵. Nuviala et al e Denvir et al descreveram as alterações enzimáticas relacionadas à maratona e ao triátlon, respectivamente, e demonstraram que os níveis de CK se tornaram mais elevados ao final de competições de longa duração e elevada demanda física^{36,37}.

Os valores das concentrações enzimáticas no terceiro e sexto dias pós-corrida, já se encontravam estatisticamente semelhantes às concentrações pré-corrida para ambas as enzimas. Vale salientar que a duração da prova pode ter influenciado na obtenção desses resultados, visto que os atletas praticaram esforço físico de

moderado a intenso por um período mínimo de 16 h anteriores à segunda coleta de sangue. De fato, Nishii et al, em 2004, avaliaram os níveis séricos de CK e DHL em ciclistas após 30 minutos de corrida de mountain bike e observou que os valores destas enzimas aumentaram logo após a prova e tiveram seus valores normalizados 24 h após o término do exercício³⁸. Apesar do tempo 24 h pós-corrida não ter sido incluído no presente estudo, é provável que, devido à intensidade e tempo de duração da competição, as concentrações séricas de CK e DHL não retornem aos níveis basais nas primeiras 24 h. Em Conformidade, Staubli et al e Helers et al demonstraram que as concentrações séricas destas enzimas em atletas submetidos à prática física prolongada permaneceram elevados nas primeiras 48 horas após o término das atividades, retornando aos seus valores normais entre 4 e 10 dias, respectivamente^{39,40}.

Conforme observado na literatura, o tipo de exercício também é um fator a ser considerado na determinação do perfil de elevação das concentrações de CK e DHL. Ao contrário do observado no presente estudo, atletas amadores submetidos a exercícios de força tiveram aumento das concentrações séricas de CK um a dois dias após o encerramento do exercício, atingindo o pico entre quatro e sete dias e retornando aos níveis basais somente a partir do décimo quarto dia, como descrito por Barquilha et al, Sbriccoli et al e Serrão et al¹⁹. Hurley et al, por sua vez, relataram o aumento destas enzimas em um período ainda mais prolongado, após cerca de oito horas após o término da atividade física de hipertrofia muscular⁴⁰. Dessa forma, os resultados do presente estudo, associados aos dados da literatura sugerem que o

aumento mais rápido das concentrações séricas de CK em atletas submetidos a exercícios de resistência está associado ao retorno aos níveis basais em tempo mais curto. Por outro lado, o aumento mais lento das concentrações séricas de CK em atletas que praticam exercícios de força estão associados a um tempo mais prolongado para o seu retorno aos níveis basais.

Tabela suplementar 1 - Concentração plasmática individual de creatina quinase (CK) de atletas corredores de aventura nos períodos pré-corrida, imediatamente após a corrida (Pós-imed) e três (Pós-3d) e seis (Pós-6d) dias após a corrida.

Atletas	Sexo	Idade	CK (U/l)			
			Pré-Corrida	Pós-imed	Pós-3d	Pós-6d
1	M	34	246	710	560	250
2	F	39	203	1921	233	201
3	M	49	280	2520	451	332
4	F	38	120	777	116	124
5	M	47	223	1123	279	216
6	F	43	180	1074	202	192
7	F	30	89	566	86	92
8	M	38	223	1123	494	282
9	M	21	331	2141	764	337
10	F	33	117	328	201	146
11	M	35	185	703	480	223
12	F	29	887*	440	1101	579
13	M	18	350	626	432	311
14	M	32	250	1864	503	320
15	M	31	188	655	418	192
16	M	47	202	1078	544	198
17	M	45	251	1800	480	239
18	M	28	164	1178	314	232
19	F	40	192	1478	334	197
20	M	24	220	1837	835	342
21	M	32	452	2892	1591	743

* A atleta foi excluída do estudo por apresentar concentração plasmática basal de CK significativamente elevada em relação aos demais indivíduos do estudo de acordo com o teste de exclusão de Grubbs.

Tabela suplementar 2 - Concentração plasmática individual de desidrogenase láctea (DHL) de atletas corredores de aventura nos períodos pré-corrida, imediatamente após a corrida (Pós-imed) e três (Pós-3d) e seis (Pós-6d) dias após a corrida.

Atletas	Sexo	Idade	DHL (U/l)			
			Pré-Corrida	Pós-imed	Pós-3d	Pós-6d
1	M	34	212	300	250	234
2	F	39	203	502	258	211
3	M	49	206	293	210	204
4	F	38	190	206	191	180
5	M	47	177	254	180	160
6	F	43	187	214	203	185
7	F	30	159	251	167	163
8	M	38	183	236	206	191
9	M	21	355	400	380	358
10	F	33	353	281	211	189
11	M	35	191	314	288	198
12	F	29	280	212	300	312
13	M	18	193	327	310	189
14	M	32	212	318	231	209
15	M	31	156	234	212	196
16	M	47	156	274	222	162
17	M	45	201	236	245	198
18	M	28	200	287	207	198
19	F	40	198	263	228	202
20	M	24	180	317	206	178
21	M	32	189	286	264	186

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bratman GN, Hamilton JP, Daily GC. The impacts of nature experience on human cognitive function and mental health. *Annals of the New York Academy of Sciences* 2012;1249:118-36.
2. Delmonego Jr JA, Lima-Silva AE, Gress FAG, et al. Determinação da intensidade da corrida de aventura a partir da frequência cardíaca. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte* 2008;7(1):89-97.
3. Fisher BD, Baracos VE, Shnitka TK, et al. Ultrastructural events following acute muscle trauma. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:185-93.
4. Appell HJ, Soares JM, Duarte JA. Exercise, Muscle Damage and Fatigue. *Sports Med* 1992;13:108-15.
5. Armstrong RB, Warren GL, Warren JA. Mechanisms of Exercise Induced Muscle Fiber Injury. *Sports Med* 1992;12:184-207.
6. Duarte JA, Mota MP, Neuparth MJ, et al. Miopatia do Exercício. Anatomopatologia e Fisiopatologia. *Revista portuguesa de ciências do desporto* 2002;1(2):73-80.
7. Duarte JAR. Miopatia do Exercício- Alterações Estruturais no Músculo Esquelético do Ratinho Sujeito a Dois Protocolos Diferentes de Corrida. (1990). Dissertação (monografia apresentada às provas de aptidão pedagógica e de capacidade científica), Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto, Portugal, 1990.
8. Ebbeling CB, Clarkson PM. Exercise-Induced Muscle Damage and Adaptation. *Sports Med* 1989;7:207-34.
9. McCully KK. Exercise-Induced Injury to Skeletal Muscle. *fed proc* 1986;45:2933-6.
10. Newham DJ. The Consequences of Eccentric Contractions and their Relationship to Delayed Onset Muscle Pain. *Eur J Appl Physiol* 1988;57:353-9.
11. Neumayr G. Physiological Effects of an Ultra-Cycle Ride in an Amateur Athlete. A Case Report. *J Sports Sci Med* 2002;1:20-6.
12. Gleeson M. Biochemical and Immunological Markers of Overtraining. *J Sports Sci Med* 2002;1:31-41.
13. Halson SL. Time Course of Performance Changes and Fatigue Markers During Intensified Training in Trained Cyclists. *J Appl Physiol* 2002;93:947-56.
14. Souza CT, de Medeiros C, da Silva. Avaliação Sérica de Danos Musculares e Oxidativos em Atletas Após Partida de Futsal. *Rev Bras de Cineantropometria & Desempenho humano* 2010;12(4):269-74.
15. Motta TV. Bioquímica Clínica para o laboratório: Princípios e Interpretações. 4a ed. Porto Alegre: Editora Médica Missau; 2003.
16. Foschini D, Prestes J, Charro AM. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. *Rev Bras de Cineantropometria & Desempenho humano* 2007;9(1):101-6.
17. Mougios V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *Br J Sports Med* 2007;41(10):674-8.
18. Li G, Feng X, Wang S. Effects of Cu/Zn superoxide dismutase on strain injury-induced oxidative damage to skeletal muscle in rats. *Physiological Research* 2005;54(2):193-9.
19. Barquilha G, Uchida MC, Santos VC, et al. Characterization Of The Effects Of One Maximal Repetition Test On Muscle Injury And Inflammation Markers. *WebmedCentral Physiology* 2011; 2(3): www.webmedcentral.com/article_view/1717.
20. Iaia FM, Bangsbo J. Speed endurance training is a powerful stimulus for physiological adaptations and performance improvements of athletes. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(S2):11-23.
21. Nie J, Tong TK, George K, et al. Resting and post-exercise serum biomarkers of cardiac and skeletal muscle damage in adolescent runners. *Scand J Med Sci Sports* 2011;21(5):625-9.
22. Fordham S, Garbutt G, Lopes P. Epidemiology of injuries in adventure racing athletes. *Br J Sports Med* 2004;38:300-3.
23. Greenland K. Medical support for Adventure Racing. *Emerg Med Australas* 2004;16:465- 8.
24. Townes D. Wilderness Medicine Strategies for Provision of Medical Support for Adventure Racing. *Sports Med* 2005;35(7):557-64.
25. McLaughlin KA, Townes DA, Wedmore IS, et al. Pattern of Injury and Illness During Expedition-Length Adventure Races. *Wilderness Environ Med* 2006;17(3):158-61.
26. Newsham-West RJ, Marley J, Schneiders AG, et al. Pre-race health status and medical events during the 2005 World Adventure Racing Championship. *J Sci Med Sport* 2010;13:27- 31
27. Brancaccio P, Maffuli N, Buonauro R. Serum Enzymes Monitoring in Sports Medicine. *Clin Sports Medicine* 2008;27:1-18.
28. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatinine Kinase monitoring in Sport medicine. *Br Med Bull* 2007;81:209-30.

29. Kohler MK. Adventure Racing: Roles and protocols for the sports chiropractor. *J Chir Med* 2003;1(2):1-6.
30. Fallon KE, Sivyer G, Sivyer K, et al. The biochemistry of runners in a 1600 km ultramarathon. *Br J Sports Med* 1999;33:264-9.
31. Kratz A, Lewandrowski KB, Siegel AJ. Effect of marathon running on hematologic and biochemical laboratory parameters, including cardiac markers. *Am J Clin Pathol* 2002;118:856-63.
32. Eliakim A, Nemet D, Shenkman L. Serum enzyme activities following long-distance running: comparison between Ethiopian and white athletes. *Isr J Med Sci* 1995;31:657-9.
33. Brown SJ, Child SH, Donnely AE. Exercise-Induced Skeletal Muscle Damage and Adaptation Following Repeated Bouts of Eccentric Muscle Contraction. *J Sports Sci* 1997;15:215-22.
34. Nosaka K, Clarkson PM. Muscle Damage Following Repeated Bouts of high force Eccentric Exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1263-9.
35. Totsuka M, Nakaji S, Suzuki K, et al. Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. *J Appl Physiol* 2002;93:1280-6.
36. Nuviala RJ, Roda L, Lapieza MG, et al. Serum enzymes activities at rest and after a marathon race. *J Sports Med Phys Fitness* 1992;32:180-6.
37. Bruno EF, Erika , Jaqueline T, Cinthia HC, Paulo de Tarso GM, Elenir RJ. Alterações agudas induzidas por competições de ciclismo em biomarcadores enzimáticos e imunológicos. *Rev Bras de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. 2015;9(52):175-180. ISSN 1981-9900
38. Nishii T, Umemura Y, Kitagawa K. Full suspension mountain bike improves off-road cycling performance. *J Sports Med Phys Fitness* 2004;44:356-60.
39. Carolina NM, Monique SJ, Ricardo TJ, Tales C. Efeito do exercício nas concentrações séricas de creatina cinase em triatletas de ultradistância. *Rev Bras de Medicina do Esporte*. 2010; 16(5):378-381.
40. Jefferson AAT, Karina KLT, Jorge CO, Valter MSJ, Jean CAS, Thiago GF, Cassio MRP, Rodrigo FM. Resposta de Creatina quinase em diferentes volumes de treino resistido em circuito com indivíduos treinados e destreinados. *Research, Society and Development*, 2021;4.



HOSPITAL PORTUGUÊS

