



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

Guilherme Henrique Mattos Dantas

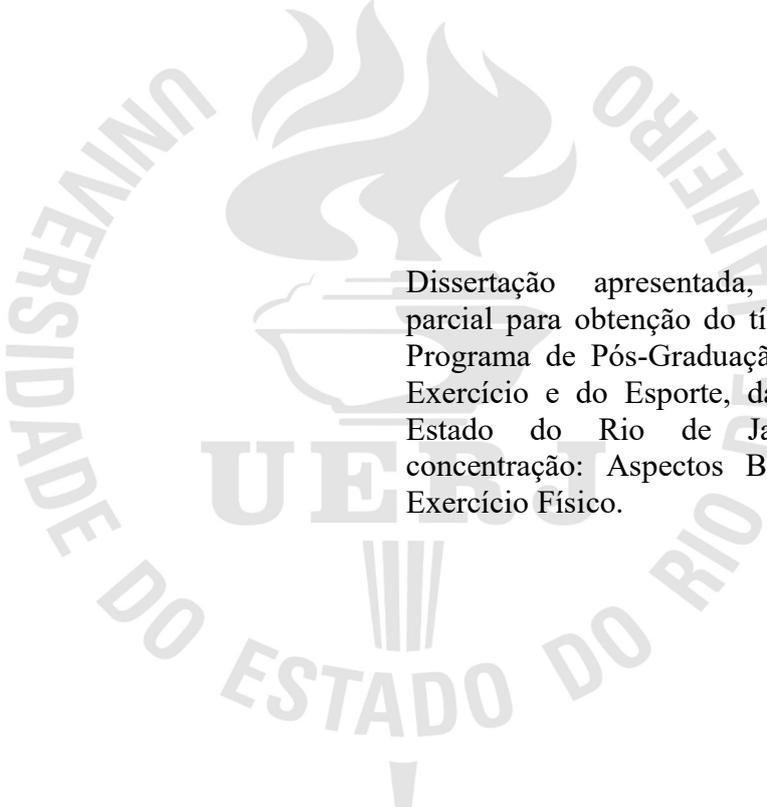
**Relação entre a imagem termográfica, a temperatura ambiente e
marcadores bioquímicos em militares com rabdomiólise durante o Curso
Operacional do Batalhão de Ações com Cães da Polícia Militar do Estado
do Rio de Janeiro**

Rio de Janeiro

2019

Guilherme Henrique Mattos Dantas

Relação entre a imagem termográfica, a temperatura ambiente e marcadores bioquímicos em militares com rabdomiólise durante o Curso Operacional do Batalhão de Ações com Cães da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale

Rio de Janeiro

2019

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

D192 Dantas, Guilherme Henrique Mattos.
Relação entre a imagem termográfica, a temperatura ambiente e marcadores bioquímicos em militares com rabdomiólise durante o Curso Operacional do Batalhão de Ações com Cães da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro / Guilherme Henrique Mattos Dantas. – 2019.
102 f. : il.

Orientador: Rodrigo Gomes de Souza Vale.
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Rabdomiólise – Teses. 2. Sistema musculoesquelético - Doenças – Teses. 3. Exercícios físicos – Aspectos fisiológicos – Teses. 4. Militares – Aspectos da saúde – Teses. 5. Termografia – Teses. I. Vale, Rodrigo Gomes de Souza. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU 616.74-008

Bibliotecária: Eliane de Almeida Prata. CRB7 4578/94

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

Assinatura

Data

Guilherme Henrique Mattos Dantas

Relação entre a imagem termográfica, a temperatura ambiente e marcadores bioquímicos em militares com rabdomiólise durante o curso operacional do batalhão de ações com cães da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro.

Dissertação apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Aprovado em 05 de setembro de 2019.

Banca examinadora:

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

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

Prof. Dr. Gustavo Casimiro Lopes
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

Prof. Dr. Eduardo Borba Neves.
Instituto de Pesquisas da Capacitação Física do Exército

Rio de Janeiro

2019

DEDICATÓRIA

Ao meu querido pai, grande motivador do meu crescimento pessoal, intelectual e principal incentivador deste mestrado. Permaneceu incansavelmente ao meu lado nos momentos mais difíceis deste percurso.

A minha amada avó (*in memoriam*), que me deixou três dias antes da primeira prova de seleção, entretanto sempre esteve ao meu lado, guiando-me durante cada passo deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus por mais esta vitória, por me amparar nos momentos difíceis, me mostrar o caminho certo nas horas incertas, por todas as bênçãos, pela força e luz diária ao longo dessa jornada, tornando menos penoso o caminho até aqui.

Aos meus pais, Alice e Eduardo, pelo imenso esforço investido para que eu tivesse uma educação de qualidade, fundamental para que hoje pudesse chegar até aqui.

À Eliana, que se tornou o alicerce do meu pai, para que ele conseguisse me prover o melhor que pode me dar ao longo da minha vida. E pela dedicação, carinho e apoio desde a minha primeira infância.

À minha amada avó Ely pelos mimos, colos, conselhos, sabedoria e lições. E minha amada avó Zorah, que com muita saudade está ao lado de Deus me provendo suporte incondicional sempre.

Ao meu querido avô Estélio (in memoriam), um homem muito à frente do seu tempo que mesmo com pouco convívio deixou gravada a importância do estudo e da vitória na vida, que sem luta é triunfo sem glória.

Aos meus irmãos, que mesmo distantes, fizeram e fazem parte desta difícil caminhada, essa vitória também é de vocês.

Aos meus amigos por entenderem cada momento de ausência e tornarem a vida mais leve e alegre, pelo companheirismo, amizade, lealdade e consolo. É uma honra tê-los ao meu lado.

Ao amigo, professor e orientador Dr. Rodrigo Gomes de Souza Vale, por ter aberto as portas do Laboratório do Exercício e do Esporte. E pelo incansável e dedicado auxílio a mim dispensado para completa realização deste trabalho.

Aos Doutores Rodolfo Alkmim e Eduardo Borba Neves pela disposição, atenção e interesse no futuro deste projeto

Ao Dr. Gustavo Casimiro e toda sua equipe, Bruno Teixeira, Nathália Nehme, Alanna Vargas, Vinícius Rodrigues, Adalberto Medeiros e Raman Reis, do Laboratório de Fisiopatologia do Exercício, sempre disponíveis e incansáveis durante a coleta e análise dos resultados.

Aos amigos, Igor Carvalho, Jurandir Baptista, Leandro Lima, Rogério Aguiar e Juliana Brandão, do Laboratório do Exercício e do Esporte que ombream comigo lado a lado nesta jornada, e com certeza estarão nas próximas conquistas acadêmicas.

A ignorância gera mais frequentemente confiança do que o conhecimento: são os que sabem pouco, e não aqueles que sabem muito, que afirmam de uma forma tão categórica que este ou aquele problema nunca será resolvido pela ciência.

Charles Robert Darwin

RESUMO

DANTAS, Guilherme Henrique Mattos. *Relação entre a imagem termográfica, a temperatura ambiente e marcadores bioquímicos em militares com rabdomiólise durante o Curso Operacional do Batalhão de Ações com Cães da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro*. 2019. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

A Rabdomiólise tem como conceito global ser a destruição das células musculares esqueléticas, liberando substâncias intracelulares para a circulação sanguínea. Tão importante quanto o exercício como causa primária da rabdomiólise, são as causas secundárias que, associadas ao exercício, possuem grande potencial de desenvolvimento e agravamento da síndrome. O risco mais letal consiste na possibilidade desse quadro evoluir à falência renal grave. Rotineiramente diagnosticada em atividades militares, é necessário através da correlação dos resultados, propor um método menos invasivo que os marcadores do plasma para se identificar precocemente o dano muscular e, conseqüentemente, a evolução para rabdomiólise e falência renal. Nesse sentido, analisou-se a relação existente entre a temperatura central do corpo, realizada através de imagem termográfica, a temperatura ambiente e a urina e saliva em militares expostos ao risco de rabdomiólise em consequência do o 23º Curso de Condutores de Cães para Emprego Policial II/2019 (CCCEP-II/2019) da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ). Os resultados demonstraram que a câmera termográfica não é uma ferramenta prática e usual para pesquisa de campo. Entretanto, a análise em conjunto entre a cor da urina e a densidade parece promissora se associada a outros marcadores bioquímicos que sinalizam na urina que está ocorrendo a destruição de tecido muscular e a contaminação do sistema excretor.

Palavras-chave: Rabdomiólise. Termografia. Urina. Curso operacional militar .

ABSTRACT

DANTAS, Guilherme Henrique Mattos. *Relationship between thermographic image, environmental temperature and biochemical markers in rhabdomyolysis during the operational course of the action battle with dogs of the Rio de Janeiro State Police*. 2019. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

Rhabdomyolysis has the overall concept of being the destruction of skeletal muscle cells, releasing intracellular substances into the bloodstream. Just as important as exercise as the primary cause of rhabdomyolysis are the secondary causes that, associated with exercise, have great potential for development and worsening of the syndrome. The most lethal risk is that this condition may develop into severe renal failure. Routinely diagnosed in military activities, it is necessary, through the correlation of the results, to propose a less invasive method than plasma markers to identify muscle damage early and, consequently, the evolution to rhabdomyolysis and renal failure. In this sense, we analyzed the relationship between the central body temperature, performed through thermographic imaging, the ambient temperature and the urine and saliva in military personnel exposed to the risk of rhabdomyolysis as a result of the 23rd Dog handler Course for Police Employment II/2019 (CCCEP-II/2019) of the Military Police of Rio de Janeiro State (PMERJ). The results showed that the thermographic camera is not a practical and usual tool for field research. However, the joint analysis between urine color and density appears promising if associated with other biochemical markers that signal in the urine that muscle tissue destruction and excretory system contamination are occurring.

Keywords: Rhabdomyolysis. Thermography. Urine. Military Operational Course.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Método de coleta e seleção da cor da urina.....	69
Tabela 1 –	Análise entre a média da temperatura corporal em diferentes densidades de urinas com coloração alterada	71
Tabela 2 –	Evolução da média da percepção de esforço dos 38 militares concludentes do curso	72
Gráfico 1 –	Correlação entre a densidade e a cor da urina	73
Figura 2 –	Relação visual entre cor e densidade da urina	74
Figura 3 –	Urina com coloração mais alterada dentre as 370 amostras	74
Gráfico 2 –	Relação entre absorvância e densidade da urina	75
Figura 4 –	Urina do militar diagnosticado com rabdomiólise	75
Figura 5 –	Diferença entre a temperatura central do corpo, obtida através de câmara termográfica, do militar acometido por rabdomiólise no início e no final do curso	76
Gráfico 3 –	Resultado da coleta de urina e percepção de esforço do militar acometido com rabdomiólise	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C.	Antes de Cristo
ALT	Alanina Aminotransferase
ANOVA	Analysis of variance
AST	Aspartato aminotransferase
BAC	Batalhão de Ação Com Cães
Bol PM	Boletim da Polícia Militar
BOPE	Batalhão de Operações Especiais
BPChoque	Batalhão de Policiamento de Choque
BPM	Batimentos por Minuto
BTT	Túnel de temperatura do cérebro
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CARE	Clinical Case Reporting Guideline Development
CCCEP	Curso de Condutores de Cães para Emprego Policial
CK	Creatinaquinase
CORE	Centro, Núcleo
CPK	Creatinafosfoquinase
Cm	Centímetros
CR	Comprometimento Renal
DeCS	Descritores em Ciências da Saúde
EB	Exército Brasileiro
EHS	Exterional heat stroke
ELISA	Enzyme Linked ImmunonoSorbent Assay
EQUATOR	Enhancing the Quality and Transparency Of Health Research
et al.	Colaboradores
EUA	Estados Unidos da América

GAM	Grupamento Aéreo Marítimo
GGT	Gama Glutamil Transferase
H	Hora
HD	Alta definição
IRA	Insuficiência Renal Aguda
Kg	Quilograma
Kg/m ²	Quilograma por metro quadrado
LDH	Lactato Desidrogenase
m	Metro
MeSH	Descritores de assuntos médicos do site Pubmed
MET	Maximum eye temperature
mg	Miligrama
ml	Mililitro
mn	Nanômetro
mm ³	Milímetro cúbico
mmHg	Milímetros de Mercúrio
m/s	Metros por segundo
ng/mL	Nanograma por mililitro
NI	Não Informado
NGAL	Lipocalina Associada com Gelatinase de Neutrófilos Humanos
PMERJ	Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta analyses
PROSPERO	International Prospective Register of Systematic Reviews
P90X	Power 90 Extreme
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
U/L	Unidades por Litro

UTI	Unidade de Terapia Intensiva
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
Tbu	Temperatura de bulbo úmido
Tg	Temperatura de globo negro
TBs	Temperatura de bulbo seco
Sg	Specific Gravity = Densidade Relativa
WBGT	Wet Bulb Globe Temperature
°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	13
1	ESTUDO 1 RELATO DE CASOS DE ATLETAS ACOMETIDOS POR RABDOMIÓLISE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	17
2	ESTUDO 2 RELATO DE CASOS DE MILITARES ACOMETIDOS POR RABDOMIÓLISE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	38
3	ESTUDO 3 RELAÇÃO ENTRE A IMAGEM TERMOGRÁFICA, A TEMPERATURA AMBIENTE E MARCADORES BIOQUÍMICOS EM MILITARES COM RABDOMIÓLISE DURANTE O CURSO OPERACIONAL DO BATALHÃO DE AÇÕES COM CÃES DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	60
	CONCLUSÃO.....	94
	REFERÊNCIAS	97
	APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	100
	ANEXO A – Aprovação Do Comitê De Ética Do Hupe.....	102

INTRODUÇÃO

A Rabdomiólise (palavra originada do esloveno "Rhábdos", que significa bastonete, estria, "mio" que vem a ser músculo e "lise" que denota quebra ou desintegração) tem como conceito global ser a destruição das células musculares esqueléticas, liberando substâncias intracelulares para a circulação sanguínea (MONTERO et al., 2013).

Com descrição histórica realizada na batalha de Londres na Segunda Guerra Mundial (BYWATTERS; BEALL, 1941). A rabdomiólise se caracteriza por um comprometimento do tecido muscular esquelético que libera seus componentes intracelulares incluindo eletrólitos, mioglobinas e outras proteínas sarcoplasmáticas, como a creatinoquinase (CK), no sistema circulatório (BOSCH et al., 2009). A partir disso, há uma condição patológica complexa que culmina na dissolução rápida do músculo esquelético danificado em resposta a elevado nível de estresse extrínseco. Quando as concentrações da proteína mioglobina se elevam a níveis muito altos, tem-se a mioglobinúria que é detectável através da urina escura, sinalizando que o sistema excretor já foi atingido (MALLINSON et al., 1994; HUERTA-ALARDIN et al., 2005). O risco mais letal consiste na possibilidade desse quadro evoluir à falência renal grave. A insuficiência renal aguda ocorre em 10-50% dos casos, com média de mortalidade de 20% (BOSCH et al., 2009; DIMAURO et al., 1986; DAHER et al., 2005; HONG et al., 2014).

Habitualmente, o quadro clínico comum de rabdomiólise, é caracterizado por uma tríade clássica: Dor muscular, urina de cor escura e fraqueza. Outros sintomas são mal-estar generalizado, febre, taquicardia, hipovolemia e acidúria (HONG et al., 2014; MILLER, 2009). Esses sintomas são facilmente adquiridos após uma sessão de treinamento físico. Há anos, o exercício físico e variáveis associadas vêm sido reportados como desencadeadores dessa síndrome (KHAN,2009; TORRES et al., 2015). Normalmente ocorre após atividades físicas vigorosas, tais como percursos com obstáculos, triatlons, treinamentos militares e sessões de treinamento de força (LOZOWSKA et al., 2015; SAYERS, 2002).

Tão importante quanto o exercício como causa primária da rabdomiólise, são as causas secundárias que, associadas ao exercício, possuem grande potencial de desenvolvimento e agravamento da síndrome. As mais comuns envolvem o uso de substâncias como drogas (lícitas ou ilícitas), esteroides anabolizantes, dietas hipoproteicas, uso de estatinas, álcool, anfetaminas, diuréticos; ingestão alcoólica; fatores estressantes externos, como a temperatura e umidade do ambiente; e até distúrbios genéticos de base. Esses distúrbios também são

condições relativamente comuns, como a presença de traço falciforme e a doença de McArdle (CLARKSON, 2002; FIDLER, 2014).

A termografia por infravermelho é um método diagnóstico, rápido, versátil, não invasivo, dinâmico e sem fio que não requer contato com o indivíduo enquanto capta e registra a emissão de calor da superfície do corpo humano, que se altera frente a diversos estados fisiológicos (LIMA et al., 2015; BACH et al., 2015; FERNANDES et al. 2014). A alteração na temperatura superficial da pele é causada por mudanças na perfusão local, sendo que a vascularização e o suprimento sanguíneo são as bases da representação termográfica (NÓBREGA et al., 2014).

A crescente importância das medidas de termografia infravermelha da temperatura da pele humana na saúde e na doença tem sido evidenciada pelo aumento do número de publicações com essa técnica (RING ; AMMER, 2000). Arnaiz et al. (2014) enfatizam que a resposta térmica ao treinamento é um dos campos mais promissores da termografia, sendo capaz de prever as áreas que serão ativadas em função dos esforços realizados.

A termografia infravermelha pode registrar as mudanças térmicas possuem aplicações relacionadas ao exercício na prevenção e tratamento de lesões esportivas (HADŽIĆ et al., 2015; HADŽIĆ et al., 2015; HILDEBRANDT; RASCHNER; AMMER, 2010), além da detecção precoce de dor muscular de início tardio (HANI et al., 2012), análise de dano tecidual muscular após exercícios extenuantes aeróbicos (PRIEGO-QUESADA et al., 2015), anaeróbicos (ADAMCZYK; BOGUSZEWSKI; SIEWIERSKI, 2014) e resistidos (FERREIRA et al., 2008). Segundo Bandeira et al. (2012), a termografia apresenta bom potencial para apoiar o diagnóstico de lesões musculares em atletas de muitas modalidades, e sugerem que estudos utilizem a creatinaquinase combinada com o diagnóstico por imagem para a determinação de lesão muscular.

É evidente a preocupação com o aumento dos relatos registrados nos últimos anos de militares acometidos por rabdomiólise. Devido a lista de causas ainda estar em expansão e por ser uma doença multifatorial, o Exército Brasileiro aprovou as portarias de nº.129 - 11 de março de 2010 e nº.092-DGP - de 2 de julho de 2012 (EB30N-20.001), que regulamentam as diretrizes para implantação do Programa de Prevenção da Rabdomiólise induzida por esforço físico e pelo calor em militares brasileiros e estrangeiros que atuem no Brasil (UCHOA ; FERNANDES, 2003; BRASIL, 2012).

Em estudo realizado por Aizawa et al. (1995), foram acompanhados e analisados sinais, sintomas e exames bioquímicos de 19 soldados que marcharam de forma intermitente ao longo de quatro semanas, carregando mochilas de 45 kg, com restrição de alimentos e

hidratação. Ao final da atividade, todos os soldados relataram cansaço e dores musculares. De acordo com esse estudo, os resultados bioquímicos sugeriram que a rabdomiólise subclínica é comum entre os soldados após intensa atividade física. Ao final do treinamento, dezesseis soldados apresentaram alteração nos exames bioquímicos e aumento da enzima CK (BRASIL, 2012).

A Polícia Militar do Rio de Janeiro (PMERJ), através da diretoria geral de saúde, tem demonstrado bastante interesse sobre o assunto. Diante de diversos aspectos dentre eles a peculiaridade do terreno em áreas urbanas, o objetivo principal dos cursos e treinamentos é cada vez mais cobrar do militar um nível elevado de assertividade em operações. Diante disso a rabdomiólise se tornou presente e relativamente comum na caserna. Muito se discute em âmbito militar sobre como lidar com essa incomoda presença que não é intencionalmente provocada muito menos bem quista.

É necessário compreender melhor fatores fisiológicos que envolvem o acometimento por rabdomiólise e entender como se desenvolve o processo da síndrome. Analisando de forma criteriosa, como os marcadores de diagnóstico, o pico de creatinaquinase, a função renal, a tríade clássica, e a temperatura corporal e do ambiente se correlacionam durante os casos. Fatores externos como a utilização de suplementos, o nível de hidratação e o não conhecimento sobre possíveis doenças genéticas que na maioria das vezes não se manifestam, também são parte do desafio para se tentar ao menos um controle do problema.

Mesmo com as constantes avaliações físicas e psicológicas, que os militares são submetidos, para garantir o alto nível de preparação, à dificuldade em se identificar parâmetros concretos para se prevenir e diagnosticar, a rabdomiólise ainda figura como um elemento relativamente comum no âmbito das forças armadas e auxiliares militares. Uma vez em que as fustigações físicas e psicológicas estão presentes em todas as operações, os militares são continuamente levados a treinamentos extremos, onde são provocadas situações como privação de sono, limitação de alimentação e hidratação, além de exposição ao frio e calor extremos. Elementos esses oportunos ao surgimento da rabdomiólise, que possui a maioria de sua porta de entrada simplesmente através da prática de atividade física e fatores ligados a ela.

Assim sendo, o desdobramento deste documento, tem por objetivo identificar e analisar a possível relação existente entre a Imagem Termográfica, a Temperatura Ambiente e Marcadores Bioquímicos em Militares com Rabdomiólise Durante o Curso Operacional do Batalhão de Ações com Cães da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro. Para que tal objetivo seja alcançado a dissertação será organizada em quatro estudos a seguir: 1- Relato De

Casos De Atletas Acometidos Por Rabdomiólise: Uma Revisão Sistemática. Revisão sistemática que terá como objetivo, analisar como os marcadores de diagnóstico para rabdomiólise como o pico de creatinaquinase, a função renal, a tríade clássica, a temperatura ambiente e as modalidades, se apresentaram em cada caso de acordo com os estímulos realizados em treinamento e competição em atletas.

2- Relato De Casos De Militares Acometidos Por Rabdomiólise: Uma Revisão Sistemática. Revisão sistemática que terá como objetivo analisar os principais fatores de risco e o perfil clínico dos casos de rabdomiólise em militares das Forças Armadas submetidos a treinamento físico ou militar específico de combate. Revisou-se sistematicamente estudos que relatam casos de militares acometidos pela síndrome, diagnosticando os fatores preditores e promotores do acometimento pela síndrome. O quarto estudo se caracteriza como uma pesquisa de campo, de caráter quantitativo e descritivo, que objetivou identificar a relação entre a Imagem Termográfica, a Temperatura Ambiente e Marcadores Bioquímicos em Militares com Rabdomiólise Durante o Curso Operacional do Batalhão de Ações com Cães da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro. Buscou-se através da correlação dos resultados, sugerir um método menos invasivo que os marcadores do plasma para se identificar precocemente o dano muscular e conseqüentemente a evolução para rabdomiólise e falência renal.

1 ESTUDO 1 - RELATO DE CASOS DE ATLETAS ACOMETIDOS POR RABDOMIÓLISE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

RESUMO

Objetivo: Analisar como os marcadores de diagnóstico para rabdomiólise, como o pico de creatinaquinase, a função renal, a tríade clássica, a temperatura ambiente e as modalidades de exercícios, se apresentaram em cada caso de acordo com os estímulos realizados em treinamento e competição em atletas. **Método:** Foram incluídos estudos que apresentaram relatos de casos em que atletas profissionais, que continham uma equipe técnica como suporte e que foram acometidos por rabdomiólise induzida pela prática de atividade física, independente de nacionalidade, raça, idade e de ambos os sexos. As bases de dados eletrônicas (Medline, Cochrane, Lilacs, SciELO, Web of Science, Scopus, Cinahl, SPORTDiscus, Science Direct, PEDro), foram consultadas com limite de data de 10 anos e sem filtro de idiomas. Foram usados os descritores e seus sinônimos “*Rhabdomyolysis*”, “*exercise*”, “*athletes*”, disponíveis nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e Medical Subject Headings (MeSH). Os operadores booleanos [OR], entre os sinônimos, e [AND], entre os descritores, foram utilizados. **Resultados:** Dos 84 estudos encontrados nas bases de dados, foram excluídos 28 duplicados, 56 foram analisados para elegibilidade e 10 foram incluídos e analisados segundo as recomendações de redação da CARE, por atenderem aos critérios de inclusão. **Conclusão:** A dificuldade em se identificar parâmetros concretos para se prevenir e diagnosticar a rabdomiólise de forma prematura continua como um desafio para futuras pesquisas. Todavia, fatores como a temperatura ambiente, nível de hidratação, atenção ao estímulo que será proposto ao atleta jovem no auge de sua condição física e a natureza da modalidade praticada devem ser observados.

Palavras-chave: rabdomiólise, atleta, exercício, revisão sistemática.

INTRODUÇÃO

A rabdomiólise é reconhecida em frequência cada vez maior pela atenção as causas e condições clínicas que podem predispor à necrose muscular (BOTTON et al., 2011). É definida como o conjunto de sintomas clínicos e achados laboratoriais decorrentes do extravasamento de conteúdos intracelulares de miócitos para a corrente sanguínea, em especial eletrólitos, mioglobina e proteínas sarcoplasmáticas (BOSCH; POCH; GRAU, 2009). Ocorre por esforço, causada através da lesão das células musculares esqueléticas, seguida da liberação de seu conteúdo intracelular, toxinas produzidas pelos miócitos, tal como a mioglobina, no sistema circulatório (TORRES-LEÓN, 2016). A ocorrência de insuficiência renal aguda indica um pior prognóstico. Os mecanismos envolvidos na patogênese são principalmente: agressão direta às fibras musculares (ex. traumas e intoxicações) e depleção de adenosina trifosfato, esta que propicia desequilíbrio iônico intracelular e o consequente desencadeamento de mecanismos citotóxicos (PANIZO et al., 2015; PEARCEY et al., 2013).

Nos EUA são descritos cerca de 26.000 casos anuais de rabdomiólise (GRAVES; GILLUM, 1997). Cerca de 85% dos doentes com lesões traumáticas irão desenvolver um quadro clínico de rabdomiólise, em que desses casos, 10-50% acabam por desenvolver um quadro de insuficiência renal aguda (IRA) (WARD, 1988). Embora haja um importante déficit de levantamentos epidemiológicos acerca da síndrome, aparentemente sua prevalência global é subestimada. Calcula-se que seja responsável por 7% a 10% dos casos de insuficiência renal aguda nos EUA. A mortalidade decorrente da rabdomiólise é dependente da causa, estado prévio de saúde e acesso a tratamento, justificando sua ampla oscilação entre 2% a 46%. A maior parte dos pacientes recupera a função renal em poucos meses, embora alterações possam permanecer, aumentando o risco posterior de nefropatias (TORRES-LEÓN, 2016).

Embora o mecanismo básico da IRA em condições de rabdomiólise ainda não tenha sido completamente elucidado, uma proposta é que a mioglobina liberada pelo músculo destruído seja responsável pelo dano renal. Constricção e isquemia renal, formação de cilindros de mioglobina nos túbulos distais e ação citotóxica direta da mioglobina nas células epiteliais dos túbulos proximais são provavelmente os principais mecanismos para a IRA (CHATZIZISIS et al., 2008). A insuficiência renal aguda induzida por depósitos de mioglobina nos túbulos renais, nos pacientes com rabdomiólise, representa 10% de todos os casos neste tipo de disfunção renal, e a sua ocorrência associada com patologias concomitantes leva a mortalidade em 20% destes pacientes (VISWESWARAN; GUNTUPALLI, 1999).

O exercício físico foi sempre intuitivamente considerado benéfico. No entanto, o exercício pode acarretar consequências nocivas, cujo espectro é muito vasto, podendo ir desde simples fascite plantar até quadros graves de colite isquêmica ou mesmo morte súbita (HAMER, 1997). A atividade física ministrada de forma não planejada e excessiva já figura entre uma das principais e mais comuns causas de rhabdomiólise. Em virtude disso, a devida e prudente intervenção é também a forma mais fácil de prevenção. A apresentação clínica da rhabdomiólise é variável, sendo que em pacientes conscientes, a queixa principal pode ser sensibilidade muscular, dor, rigidez e câimbras acompanhadas de debilidade. Entretanto, a mialgia pode estar ausente ou em pequena intensidade (BETTER; STEIN, 1990). O exame físico pode revelar edemas musculares que podem melhorar depois de reidratação parenteral (LEE, 2014).

A rhabdomiólise pode ser induzida por exercícios prolongados e de alta intensidade ou por contrações súbitas e excessivas da musculatura esquelética, com típico aparecimento das manifestações clínicas proeminentes entre 24 e 48h após a atividade (GAGLIANO et al., 2009). O atraso de mais de seis horas no diagnóstico pode ocasionar irreversível dano muscular ou morte (BOTTON et al., 2011). Versam entre as principais causas: treinamento de força de alta e baixa intensidade, endurance, treinamento militar, CrossFit®, ciclismo indoor e treinamento com oclusão vascular (CUNHA et al., 2017).

Por conseguinte, conhecer como se encontra o estado da arte relacionada aos estudos que relatam casos de atletas que foram acometidos pela rhabdomiólise, assim como o grau de acometimento e a forma como ocorreu, se torna importante para entender o processo da doença e propor alternativas de prevenção. Sendo assim, o objetivo da presente revisão sistemática foi analisar como os marcadores de diagnóstico para rhabdomiólise como o pico de creatinaquinase, a função renal, a tríade clássica, a temperatura ambiente e as modalidades, se apresentaram em cada caso de acordo com os estímulos realizados em treinamento e competição em atletas.

MÉTODO

Este estudo de revisão sistemática da literatura foi conduzido de acordo com o guia metodológico “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses” (PRISMA), disponível em (<http://www.prisma-statement.org/>) (LIBERATI et al., 2015). O protocolo foi registrado antecipadamente no centro PROSPERO, sob o registro provisório de número: ID 126107 (PROSPERO, 2019).

Crêterios de inclusão

Foram incluídos estudos que apresentaram relatos de casos em que atletas profissionais, que continham uma equipe técnica como suporte, foram acometidos por rabdomiólise induzida pela prática de atividade física, independente de nacionalidade, raça, idade e sexo.

Estratégia de busca

Foram estabelecidos os descritores e seus sinônimos “Rhabdomyolysis”, “*exercise*”, “*athetes*”, disponíveis nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e no Medical Subject Headings (MeSH). Foram utilizados os operadores booleanos “*or*” intrasin nimos e “*and*” entre os descritores. As buscas foram realizadas nas bases de dados eletrônicas: Medline, Cochane, Lilacs, Scielo, Web Of Science, Scopus, Cinahl, SportDiscuss, Science Direct, PEDro no período de 1 a 15 de janeiro de 2019, com limite de data de 10 anos e sem filtro de idiomas.

Os estudos que atenderam aos cr terios de inclusão, previamente definidos, foram mais detalhadamente analisados e separados para leitura integral. O processo de busca dos estudos está apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Etapas da estratégia de busca

Bases de dados	Descritores	Filtros	Endereços eletrônicos
PubMed	((Rhabdomyolysis[Title/Abstract]) AND exercise[Title/Abstract]) AND athletes[Title/Abstract]	Título, resumo	ncbi.nlm.nih.gov
The Cochrane Library	Rhabdomyolysis AND Exercise AND Athletes	Título, resumo	http://www.cochranelibrary.com/
Lilacs	Rhabdomyolysis [Palavras] and Exercise [Palavras] and Athletes [Palavras]	Título, resumo	http://search.bvsalud.org
Web Of Science	TÓPICO: (Rhabdomyolysis) AND TÓPICO: (Exercise) AND TÓPICO: (Athletes)	Título, resumo	http://www.webscience-journal.net
Cinahl	Rhabdomyolysis AND Exercise AND Athletes	Título, resumo	https://www.ebscohost.com/nursing/products/cinahl-databases/cinahl-complete
SportsDiscus	Rhabdomyolysis AND Exercise AND Athletes	Título, resumo	https://www.ebsco.com/products/research-databases/sportdiscus
Science Direct	Rhabdomyolysis AND Exercise AND Athletes	Título, resumo	https://www.sciencedirect.com/
PEDro	Rhabdomyolysis, Exercise, Athletes	Título, resumo	https://www.pedro.org.au/
Scielo	((ab:(Rhabdomyolysis))) AND (Exercise) AND (Athletes)	Título, resumo	search.scielo.org
Scopus	Rhabdomyolysis AND Exercise AND Athletes	Título, resumo	https://www.scopus.com/

Crítérios de seleção dos estudos

Visando uma seleção mais criteriosa, padronizada e qualificada, foram adotadas as recomendações da EQUATOR (Enhancing the QUALity and Transparency Of health Research - Aprimorando a Qualidade e Transparência da Pesquisa em Saúde). Estes procedimentos visam a confiabilidade e o valor da literatura de pesquisa publicada em saúde, através da padronização de diretrizes, ferramentas metodológicas e recomendações de redação (EQUATOR. 2018).

Não havendo escala de avaliação metodológica para estudos de caso, foram seguidas as recomendações de informações a serem consideradas durante a redação de um relato de caso da The CARE Guidelines: Consensus-based Clinical Case Reporting Guideline Development (CARE) (JOEL et al., 2013). Os estudos foram analisados, através de um checklist, por dois avaliadores independentes. Em caso de discordância entre os avaliadores, um terceiro avaliador foi consultado.

Avaliação das recomendações para redação CARE

Os itens 8b, 8c, e todos os itens inseridos nos tópicos “Intervenção terapêutica” e “Seguimento clínico e resultados” foram retirados da lista de análise dos estudos selecionados, uma vez que tratam de informações estritamente relacionados a equipe médica e a área de medicina. Além disso, estes itens não foram descritos nos estudos e também não foram pertinentes a finalidade desta revisão sistemática. De acordo com as recomendações para redação CARE, os estudos foram lidos e classificados em três categorias da seguinte forma:

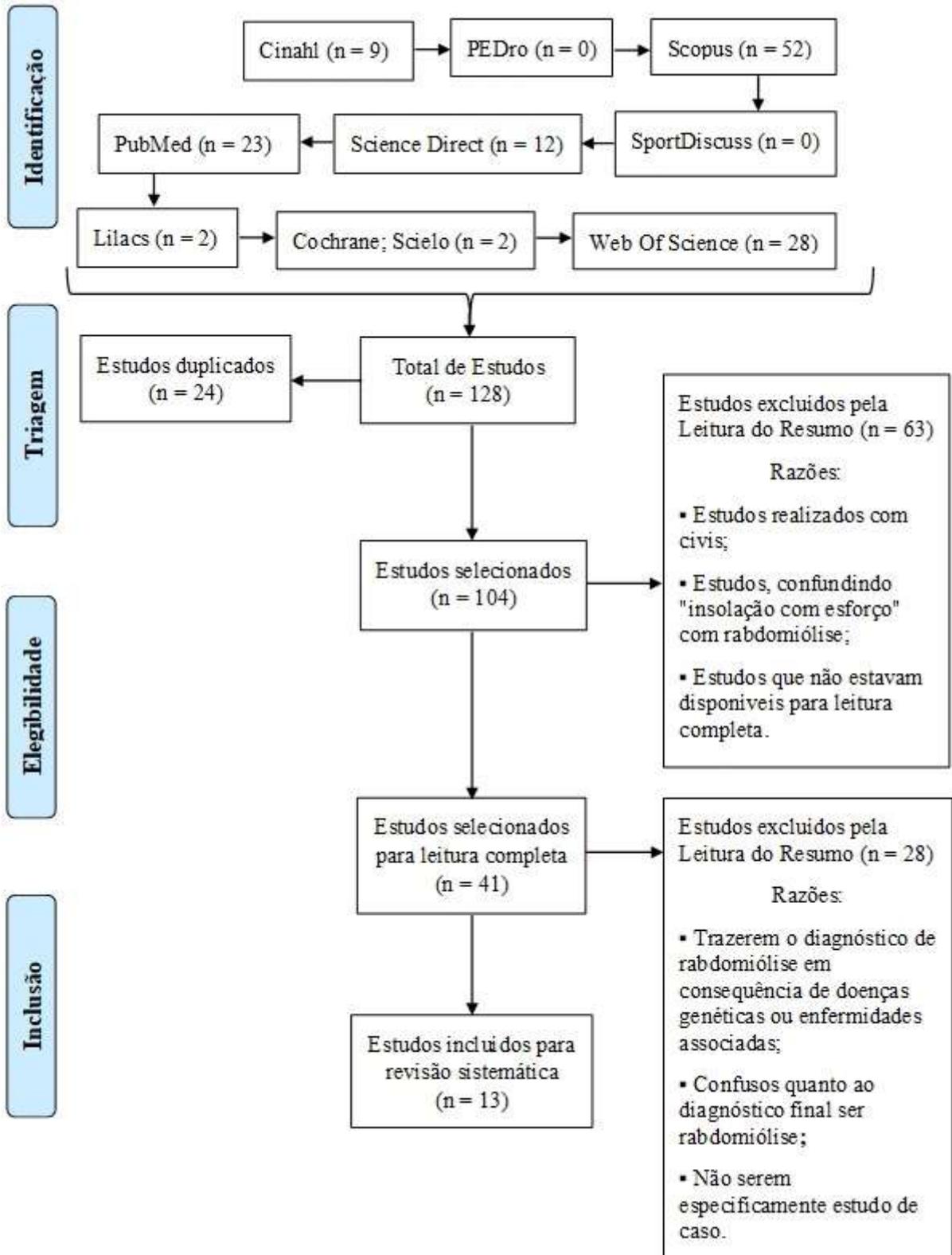
- Categoria “A” - Estudos que preencheram valor $\geq 80\%$ dos critérios CARE:
- Categoria “B” - Estudos que preencheram de 50 a 80% dos critérios CARE:
- Categoria “C” - Estudos que preencheram menos que 50% dos critérios CARE:

A categoria da Avaliação das recomendações para redação CARE alcançado pelos estudos, também estão descritas no Quadro 03.

RESULTADOS

Após atenderem aos critérios de seleção propostos, 10 estudos foram avaliados segundo as recomendações de redação propostos pela CARE. O processo de amostragem destes estudos é apresentado na Figura 1, PRISMA Flow Diagram, (LIBERATI et al., 2009).

Figura 1: Fluxograma do procedimento de seleção dos estudos.



Processo de seleção dos estudos

Dos 84 estudos encontrados através da estratégia de busca, foram excluídos 28 duplicados e 56 textos foram analisados. Desses, 32 foram excluídos por serem estudos realizados somente com militares, experimentos com estudos que não eram ou possuíam relatos de caso em sua descrição. Após essas eliminações, 24 estudos foram lidos integralmente. Contudo 14 foram excluídos por trazerem junto ao diagnóstico de rabdomiólise doenças genéticas ou enfermidades associadas, por serem confusos em sua discussão e conclusão quanto ao real diagnóstico de rabdomiólise e por conterem participantes não atletas, e/ou serem considerados atletas somente por serem praticantes ou participantes de provas de determinada modalidade esportiva.

Sendo assim, 10 estudos atenderam aos critérios de inclusão propostos e apresentaram conformidade com as recomendações de redação da CARE.

Avaliação das recomendações para redação CARE

Dos 10 artigos selecionados para compor a presente revisão, três relataram casos de atletas de futebol, dois de futebol americano, dois de natação, um de wrestling, um de esqui cross-country de 24 horas e um de artes marciais mistas. A faixa etária dos atletas variou entre 16 – 41 anos.

As características dos participantes incluídos nos estudos estão sumarizadas no Quadro 2.

Quadro 2. Características dos participantes incluídos nos estudos

Estudos	Sexo – Idade (Anos)	Esporte
GALVEZ; STACY; HOWLEY,2008	Masculino – 21	Natação
	Masculino - 22	
	Masculino - 18	
	Masculino - 19	
	Feminino - 19	
	Feminino - 22	
	Feminino - 21	
MOECKEL-COLE; CLARKSON, 2009	Não informado - 18	Futebol Americano
BORRIONE et al., 2009	Masculino - 16	Natação
CLEARY et al., 2011	Masculino - 16	Wrestling
KAHANOV et al., 2012	Masculino – 19	Futebol Americano
NIEMELÄ et al., 2015	Masculino - 41	Esqui cross-country de 24 horas
KÄSTNER; BRAUN; MEYER, 2015	Masculino – 19	Futebol
	Masculino - 17	
MCKINNEY; GAUNDER; SCHUMER, 2018	Masculino - 17	Futebol Americano
LOPEZ et al., 2018	Masculino - 17	Futebol
ZHUO et al., 2019	Masculino - 26	Artes Marciais Mistas

O quadro 3 apresenta os principais aspectos relacionados ao diagnóstico de rabdomiólise como temperatura ambiente, níveis de CK, ocorrência de comprometimento renal e presença da tríade clássica. Neste quadro, somente o estudo de Niemelä et al. (2015), apresentou condição extrema para temperatura, especificamente para o frio. Os níveis de CK apresentaram grande variação. Apenas os estudos de Lopez et al. (2018) e ZHUO et al. (2019), relataram comprometimento renal. Nenhum estudo apontou presença simultânea de dor muscular, urina escura e fraqueza muscular.

Quadro 3. Resultados dos principais aspectos relacionados ao diagnóstico de Rabdomiólise e avaliação das recomendações para redação CARE:

Estudos	Temperatura	(PC) CK	CR	Presença da “Triade Clássica”			Categoria CARE
				Dor Muscular	Urina Escura	Fraqueza Muscular	
GALVEZ; STACY; HOWLEY,2008	NI	38.400	NI	SIM	SIM	NI	B
		43.800					
		45.920					
		157.700					
		81.795					
		14.417					
		30.524					
MOECKEL- COLE; CLARKSON, 2009	25,5°C - 28,8°C	130.899	NÃO	SIM	SIM	NÃO	A
BORRIONE et al., 2009	NI	9.952	NÃO	SIM	NI	SIM	A
CLEARY et al., 2011	21°C	146.000	NÃO	SIM	SIM	NI	A
KAHANOV et al., 2012	15,6°C - 28,6°C	2.668	NI	SIM	NÃO	SIM	A
NIEMELÄ et al., 2015	(-5)°C - (-24)°C	7.773	NÃO	SIM	NI	SIM	A
KÄSTNER; BRAUN; MEYER, 2015	NI	240.000	NI	SIM	SIM	NI	B
		30.170		SIM	NI	NI	
MCKINNEY; GAUNDER; SCHUMER, 2018	NI	19.011	NI	SIM	NI	NI	A
LOPEZ et al., 2018	34°C	> 48.000	SIM	NI	NI	NI	B
ZHUO et al., 2019	NI	184.380	SIM	SIM	NE	NI	C

NI= Não Informado. NE= Não Examinado. (PC)= Pico de Concentração. CR= Comprometimento Renal. Valores de referência CK: Mulheres: 22,0 a 199,0 U/L. Homens: 22,0 a 334,0 U/L. CK: normal: 22,0 a 334,0 U/L (PARDINI, 2016).

DISCUSSÃO

Nance; Mammen (2015) descreveram que pacientes com rabdomiólise apresentam sensibilidade ou amolecimento muscular, fraqueza, necrose aguda do músculo e mialgia.

Esses sintomas podem estar acompanhados por urina escura, indicando mioglobínúria, inchaço e quadros febris, padronizada como à tríade clássica (dor muscular, urina de cor escura e fraqueza muscular). Quadro padrão ao diagnóstico para rabdomiólise.

Galvez; Stacy; Howley (2008) relataram o caso de sete nadadores, quatro homens com idade entre 19 e 21 anos e três mulheres com idade entre 19 e 22 anos. A equipe participou de treinos de condicionamento que consistia na alternância contínua de flexões seguidas por 1 minuto de agachamentos com peso corporal, em um total de 10 minutos. Após este os próximos 2 dias, concentraram-se com exercícios em terra firme, com o fortalecimento das extremidades superiores. Todos os nadadores alegaram estar bem hidratados e negaram qualquer uso recente de álcool ou suplementos dietéticos. As queixas iniciaram com dor intensa e dificuldade de flexão nos cotovelos e inchaço no tríceps, peitoral e urina escura. Após internação os exames laboratoriais revelaram valores iniciais de CK que variaram de 14.417 U/L (uma atleta de 22 anos) a 157.700 U/L (um atleta de 19 anos). Com o passar dos dias, os sintomas melhoraram e os atletas receberam alta entre 3 e 6 dias após a internação.

Não foi descrito qualquer sintoma que fizesse alusão, mesmo que de forma assemelhada, a fraqueza muscular, fazendo assim com que esse relato apresentasse dois dos três sintomas da tríade clássica, dor muscular e urina escura. Não foi comentado qualquer tipo de alteração da função renal, nem para o atleta com o pico mais elevado de comprometimento muscular. O relato dos atletas, em relação a estarem bem hidratados, não corrobora com a premissa de que a hidratação é o antídoto para o comprometimento por rabdomiólise.

Moeckel-Cole; Clarkson et al. (2009) demonstraram em seu estudo um atleta de futebol americano, de sexo não informado. Durante a sessão de treinamento, foram realizadas após uma sessão de alongamentos, 10 séries, com intervalo de 1 minuto entre cada série, de 30 repetições de agachamento, 300 no total, usando como resistência elásticos. O atleta relatou que esta foi a mais dolorosa série de exercício que já havia realizado. Em seguida, os jogadores foram instruídos a realizar 30 flexões de tronco usando halteres de 18,1437kg, e finalmente, todos eles executaram elevação dos ombros, com auxílio dos bíceps com uma carga de 36,2874kg. O treinamento foi realizado no final da tarde e na sala não tinha ar condicionado. No momento da sessão de treinamento, o paciente relatou que a temperatura da sala era muito quente, todavia a mesma se encontrava na faixa de 25,5°C - 28,8°C. O atleta relatou que durante o treinamento consumiu de 170ml a 237ml de água cada conjunto de exercícios. Entretanto, após a sessão de exercícios, ele se sentiu tonto e com dor nos quadríceps. Houve o relato de que vários outros jogadores foram estressados pela sessão e estavam vomitando durante o treinamento. Ao retornar para o seu dormitório o atleta estava

com dor no quadríceps, com interferência na deambulação. Ele continuou a consumir água sobre o durante a noite, mas não houve melhora e relatou que percebeu sua urina marrom. Com isso foi instruído para que continuasse a beber água. Na manhã seguinte, aproximadamente 36 horas após o exercício, o atleta procurou tratamento na emergência do hospital local, onde foi diagnosticado com rabdomiólise como resultado de over training. Os resultados laboratoriais realizados no momento da admissão apresentaram valor de CK de 130.899 U/L. O exame físico demonstrou incapacidade para dobrar os joelhos, e o médico não pôde testar sua marcha.

Também não foi abordada de forma clara a presença da tríade clássica, uma vez que não se descreveu nada semelhante a fraqueza muscular. Todavia, dois relatos médicos chamam atenção. Um é de que não havia estresse por calor extremo. E o outro é de que o paciente tinha membranas mucosas úmidas. Isso corrobora a ideia de que todos os fatores foram indicativos para uma hidratação suficiente. Essas duas últimas afirmações estão em desencontro com a maioria dos estudos que abordam a rabdomiólise como temática central. O único fator que se apoia em tal temática seria a prática extenuante de exercícios contra resistidos.

Borrione et al. (2009) dissertaram o caso de um homem de 16 anos que era atleta de natação. Durante as duas semanas que antecederam ao episódio do caso ele treinava 5 dias por semana, 2 a 3 horas por dia, além das 4 horas por semana de atividade física escolar. O programa de treinamento incluiu simulações de natação e simulações aeróbias e anaeróbias de alta intensidade. Aproximadamente uma semana antes de procurar tratamento médico o atleta relatava para o seu treinador fraqueza progressiva e intermitente, dor muscular particularmente nas pernas. Para o médico, relatou mal-estar, taquicardia episódica e náusea. Ele negou o uso de qualquer droga para melhorar o desempenho e suplementos nutricionais. O exame físico demonstrava um leve edema ambas as pernas. Os exames de sangue apresentaram níveis de CK de 9.952 unidades/litro, função renal normal, sem sinais de desidratação. Uma história alimentar revelou que, desde a idade de 14 anos, sua dieta continha energia adequada, mas muito pouca proteína. A única fonte de proteína eram 100 ml de leite pela manhã e derivados de soja uma ou duas vezes por semana. Por razões inexplicáveis, sua dieta consistia principalmente em carboidratos.

Para o paciente em questão foram relatados somente dois dos sintomas relacionados a tríade clássica, que foram, dor muscular e fraqueza muscular. Não houve também qualquer alteração na função renal. Porém foi observado e descrito como principal causa do dano muscular, o baixíssimo consumo por parte do atleta de proteínas. Aminoácido, proteínas

inteiras ou sua combinação com carboidratos são capazes de diminuir os marcadores de dano muscular sob uma variedade de condições. Tal afirmação é sustentada pelos autores Borrione et al. (2009) que apresentaram que, na consulta de acompanhamento de 3 meses, o paciente introduziu carne, 4 vezes por semana, e alguns produtos lácteos em sua dieta e continuou sua atividade esportiva. Com isso os níveis de CK estacionaram dentro do intervalo de referência, assim como os outros parâmetros testados. Fraqueza muscular, mal-estar e taquicardia nunca mais ocorreram, e nenhuma anormalidade foi observada no exame clínico.

Cleary et al. (2011) descreveram o caso de um atleta adolescente do sexo masculino com 16 anos de idade que participava de uma pré-temporada de condicionamento de Wrestling, que consistia com 3 práticas por dia em um ginásio condicionado em uma temperatura ambiente com média de 21°C. Os estímulos foram agachamentos, abdominais, flexões, lunges, saltos pliométricos e exercícios de corrida. Na noite do terceiro dia de treinamento, o atleta percebeu sua urina marrom escura. No quarto dia, após o término do acampamento, o atleta relatou a seus treinadores queixa de dor severa nos quadríceps de ambas as pernas, inchaço, com flexão reduzida do joelho por causa da dor e sensibilidade ao toque e dificuldade para andar. Ele negou o uso de suplementos ou estar desidratado. Após avaliação médica o paciente foi diagnosticado com dor muscular tardia, câibras musculares relacionadas ao exercício, rabdomiólise por esforço, miosite e desidratação. Os resultados laboratoriais do paciente revelaram níveis séricos de CK com pico de 146.000 U/L. Testes de função renal não indicaram nenhuma insuficiência ou comprometimento. Após 6 dias de internação, ele obteve alta ainda com dores musculares durante a deambulação, e mancando.

O relato muscular em todo momento foi feito como dor. Em nenhum momento houve relato de fraqueza ou algo semelhante. Com isso conclui-se que neste caso, tiveram presentes apenas dois dos três sintomas da tríade clássica, que foram dor muscular e urina escura. Os autores Cleary et al. (2011), não deixaram claro o valor elevado de CK, e não houve qualquer comprometimento renal, mas a Rabdomiólise foi diagnosticada mesmo com uma temperatura amena. O fator que justificaria o dano muscular sofrido seria a natureza da modalidade, rica em quedas e impactos. Entretanto o treino o qual o atleta foi submetido não relatou tais práticas.

Kahanov et al. (2012) explanaram que um jogador de futebol americano, afro-americano de 19 anos, saudável e sem história médica pregressa digna de nota. As condições ambientais para o treino eram bem favoráveis, apresentando temperatura entre 15,6°C e 28,6°C. O estímulo foi descrito como uma prática própria do jogo futebol americano e finalizado com atividades condicionantes. Logo após foi realizada imersão em água fria (15,6

°C) dos membros inferiores, com a finalidade de recuperação do dano muscular. Aproximadamente 10 minutos após o final da imersão o atleta se queixou de câibras que começaram no músculo quadríceps esquerdo evoluindo para os isquiotibiais esquerdos, quadríceps direitos e isquiotibiais direitos. As câibras continuaram a progredir para baixo chegando as pernas. Após a dor, a fadiga muscular e as cólicas contínuas não cessarem e progredirem. Foi tomada a decisão de transportá-lo a um departamento de emergência. Após ser diagnosticado com rabdomiólise os exames laboratoriais demonstraram, a CK com valor de pico de 2.668 U/L, valor identificado no dia seguinte a internação.

O valor de perda de massa corporal, fator único tido como relevante neste estudo, talvez pudesse indicar uma severa mioglobínúria, contudo os exames laboratoriais não indicaram aumento de destruição muscular. Da tríade clássica, o paciente só não teve resultado positivo para urina escura. Não foi feita qualquer alusão sobre a saúde renal. E mais uma vez, a premissa de que a rabdomiólise está intimamente relacionada a altas temperaturas não se concretizou.

Niemelä et al. (2015) dissertaram sobre dados extraídos de um esquiador de elite masculino de 41 anos em associação com um teste de recorde mundial para o esqui cross-country de 24 horas. A distância percorrida pelo atleta foi de 406,8 km com a temperatura variando entre 24 °C e (-5) °C durante o período de 24 horas. Com amostras coletadas antes do início da atividade e em vários momentos que variou de 3 horas até 48 horas após o término da atividade. Durante a prova o atleta recebia suprimentos, como fluido e carboidratos. Também relatava fadiga generalizada, dor muscular nas pernas e dormência nos dedos que se desenvolviam de forma gradual. Após o término, o paciente, já em ambiente hospitalar, apresentou perda de 3% do peso corporal e aumento dos marcadores musculares e cardíacos. A mioglobina sérica registrou um aumento de 50 vezes (2.292 ng/mL) dos valores coletados antes da prova. Os níveis de CK obtiveram em pico um aumento de 30 vezes e foi registrado na coleta realizada com 7h de duração da prova, com o valor de 7.773 U/L.

Os autores Niemelä et al. (2015) ainda relataram uma temperatura ambiente extremamente baixa. Isso não ocorreu nos demais estudos analisados no quadro 3. Baixas temperaturas também causam os mecanismos que desencadeiam rabdomiólise e em sua consequência falência renal aguda, embora muitas pesquisas associem as causas de rabdomiólise a temperaturas elevadas. A pesquisa descreveu dois sintomas da tríade clássica para o diagnóstico de rabdomiólise, dor muscular e fraqueza muscular. Contudo não mencionou nada sobre urina escura e rabdomiólise como causa da intervenção. Continuaram com o relato de que a hipertrofia cardíaca é um sinal do efeito crônico de longo prazo do

exercício e que foi apresentado pelo atleta, hipertrofia cardíaca com leve redução da função ventricular esquerda.

Kästner; Braun; Meyer (2015) relataram o caso de dois jovens atletas profissionais de futebol da primeira liga alemã, que desenvolveram rabdomiólise após treinamento com eletromioestimulação. O primeiro tinha 19 anos e realizou uma sessão de treinamento, na parte da manhã, com um estimulador muscular elétrico no corpo inteiro de aproximadamente 20 minutos. Na parte da tarde, treinou de forma regular. Durante estas duas últimas sessões de treinamento, o jogador sofria de dor muscular modesta principalmente no glúteo. No dia seguinte à tarde, após uma partida, ele notou urina escura e relatou dor muscular severa no glúteo e regiões femorais. Encaminhado a um hospital, seu exame laboratorial sanguíneo revelou uma CK amplamente elevada 240.000 U/L. O jogador foi encaminhado para unidade de terapia intensiva (UTI), onde concluiu seu tratamento até a alta. O segundo tinha 17 anos e era membro da seleção alemã. Ele realizou três sessões de cerca de 45 minutos com treinamento de força convencional, e após um intervalo de dez dias uma sessão de treinamento de aproximadamente 20 minutos com um estimulador elétrico no corpo inteiro. Nos dias seguintes após o último treino, ele sofria de modesta dor muscular na região femoral. Quatro dias depois, foi submetido a um exame de rotina pela seleção alemã sub 17 de futebol. Seus valores de sangue mostraram CK elevada (30.170 U/L). A urina era normalmente colorida e em nenhum momento, o atleta sofreu de dor muscular relevante, ou que limitasse de alguma forma o seu desempenho físico.

Foi relatado, em ambos os casos, apenas um dos sintomas da tríade clássica que é a dor muscular. Apesar de não ter ficado de forma clara e explícita o diagnóstico de rabdomiólise, foi nítida a associação do eletroestimulador muscular com a destruição das células musculares e consequentemente a liberação de mioglobina na corrente sanguínea. Isso demonstra que a prática de utilização da técnica não é tão inocente assim como se pensava, uma vez que a eletromioestimulação também causa micro destruição na fibra muscular, portanto a adequação do estímulo pelo exercício juntamente com tal prática deve ser revista.

McKinney; Gaunder; Schumer (2018), relataram o caso de um atleta de 17 anos, jogador de futebol americano, saudável e sem história médica pregressa digna de nota. No dia anterior, o paciente relatou participação em um treinamento extenuante que culminou com uma dor típica de dor muscular pós-exercício. Com agravamento na manhã seguinte e comprometimento no movimento. Diagnosticado com síndrome do compartimento agudo por esforço da perna direita e rabdomiólise. Em razão disso, além do procedimento normal de hidratação intravenosa, este paciente foi levado a procedimento cirúrgico para fasciotomia.

Isso é um procedimento cirúrgico no qual a fáscia é cortada para aliviar a pressão (e tratar a perda de circulação em uma área de tecido ou músculo).

McKinney; Gaunder; Schumer (2018), obtiveram um valor de creatinina quinase (CK) de 19,011 U/mL (valores de referência 24–170 U/mL), porém não relataram qualquer anormalidade na função renal. Somente foi descrito positivamente um dos sintomas da tríade clássica, que foi a dor muscular. Merece destaque neste estudo o procedimento invasivo pelo qual o paciente foi submetido em relação a um comprometimento muscular tão baixo, segundo o resultado apresentado no exame laboratorial de CK.

Lopez et al. (2018) discorreram o caso de um jovem atleta de futebol americano com 17 anos de idade, saudável e sem história médica pregressa digna de nota, submetido a exercícios de sprints de corrida, sob temperatura aproximada de 34°C. Após completar o teste o paciente caiu no chão consciente. No local de atendimento foi diagnosticado com insolação por esforço, exaustão por calor, rabdomiólise e arritmia cardíaca. O valor de Creatina Fosfoquinase (CK) durante a admissão foi de 857 U/L, porém se elevou de forma rápida a mais de 48.000 U/L a partir do segundo dia.

Os autores Lopez et al. (2018) não relataram nenhum dos sintomas que são tidos como padrão no diagnóstico da rabdomiólise referentes a tríade clássica (dor muscular, urina escura e fraqueza muscular). Em razão do elevado valor de CK, nada foi relatado sobre falência renal aguda, porém foi descrito um "comprometimento renal".

Zhuo et al. (2019) explanaram o caso de um homem de 26 anos praticante de artes marciais mistas que foi socorrido após desmaiar durante o intervalo de uma luta. Não usava drogas ou suplementos, não tinha histórico pessoal ou familiar de doença renal, viagens recentes ou histórico de abuso de substâncias, entretanto frequentou uma sauna no dia anterior e perdeu 15 quilos. O exame físico na chegada foi notável para fatores como edema e sensibilidade de todas as 4 extremidades do corpo, além de câibras musculares severas. Duas horas após o atendimento, foi constatada a lesão renal aguda. Este paciente recebeu hemodiálise por 4 horas. Posteriormente, ele sofreu fasciotomias de todos os quatro membros, seguido por uma laparotomia exploratória com abdômen deixado aberto no pós-operatório para síndrome do compartimento presumido. Apesar da terapia contínua, ele permaneceu gravemente hipercalemico com creatinafosfoquinase elevada, evoluindo para óbito dois dias após a apresentação.

Este estudo relatou de forma pouco importante os sintomas da tríade clássica, uma vez que um dos três fatores não foi informado e o outro sequer foi examinado. O diagnóstico de rabdomiólise se apoiou nos altos níveis de CK presente na corrente sanguínea. Exercício

extenuante, aquecimento extremo, e desidratação são causas de rabdomiólise por esforço e foram bastantes exploradas pelos autores. Contudo vale salientar que impactos, provenientes dos golpes da modalidade, também são responsáveis por destruição de fibra muscular que associado aos fatores acima explanados, contribuiu para o grave quadro clínico e pelo trágico fim do atleta.

Segundo Torres et al. (2015), é razoável concluir que níveis séricos elevados de CK, como maiores que 5.000 U/L, podem estar associados ao desenvolvimento de insuficiência renal aguda. Já Huerta-Alardín; Varon; Arik (2005) concluíram que pesquisas indicaram que níveis acima de 5.000 U/L, está associado a um risco de 50% de insuficiência renal aguda. Nesse sentido, nenhum dos estudos selecionados para a presente revisão sistemática, apresentou casos com o nível de CK menores ou iguais a 5000 U/L. Contudo somente dois estudos, o de Lopez et al. (2018) e Zhuo et al. (2019) relataram comprometimento renal. O primeiro não deixou claro se houve a insuficiência renal ou não, e o segundo que apontou como lesão renal aguda. Em relação à tríade clássica (dor muscular, urina de cor escura e fraqueza muscular) a maioria dos estudos apresentou um ou mais sintomas, com exceção ao de Lopez et al. (2018). Outro fator bastante associado ao diagnóstico de rabdomiólise foi a prática de atividade física em temperaturas extremas, normalmente para o calor. Frequentemente são relatados casos de rabdomiólise após intensa exposição ao sol ou ao calor, que levam a forte desidratação e causam hipertermia. Porém casos de hipotermia também foram relatados em pacientes que apresentaram rabdomiólise, afetando mecanismos celulares (difusão e osmose), principalmente em temperaturas entre 4°C e 5°C, produzindo edema celular e ruptura das membranas celulares (FERNANDEZ-FUENTE et al., 2014; GENG et al., 2015).

CONCLUSÃO

A partir dos estudos revisados, observaram-se, os atletas possuíam entre 17 e 26 anos, ou seja, jovens atletas no auge de sua maturação física e de desempenho, com nível de massa muscular altamente suficiente para o desenvolvimento da prática. A exceção é estudo de Niemelä et al. (2015) que apresentou um atleta com idade de 41 anos, contudo em um ambiente controlado de estímulo e coleta, uma vez que se tratou de uma pesquisa controlada. Nenhum dos estudos relatou uso abusivo de suplemento ou substâncias, todavia modalidades de contato como o futebol americano, as artes marciais mistas/ Wrestling e o futebol,

representaram a grande maioria dos estudos que relataram atletas acometidos por rabdomiólise.

A dificuldade em se identificar parâmetros concretos para se prevenir e diagnosticar a rabdomiólise de forma prematura continua como um desafio para futuras pesquisas. Todavia fatores como a temperatura ambiente, nível de hidratação e atenção ao estímulo que será proposto ao atleta jovem e no auge de sua condição física, devem ser observados. A natureza da modalidade praticada também deve ser levada em consideração na periodização, uma vez que os de contato já possuem em sua natureza a destruição de tecido muscular, que figura entre uma das principais causas para o desenvolvimento da rabdomiólise.

REFERÊNCIAS

BETTER, O.S.; STEIN, J. H. Early management of shock and prophylaxis of acute renal failure in traumatic rhabdomyolysis. **New England Journal of Medicine**, v. 322, n. 12, p. 825-829, 1990.

BORRIONE, P.; SPACCAMIGLIO, A.; SALVO, R. A.; MASTRONE, A.; FAGNANI, F.; PIGOZZI, F. Rhabdomyolysis in a Young Vegetarian Athlete. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v.88, n. 12, p. 951-954, 2009.

BOSCH, X.; POCH, E.; GRAU, J. M. Rhabdomyolysis and acute kidney injury. **New England Journal of Medicine**, v. 36, n. 1, p. 62-72, 2009.

BOTTON, B.; SCHMITTI, E. U.; BASTOS, K. S.; GODOY, D.M.; CAMPOS, B. T. Relato de caso de rabdomiólise em um praticante de esportes radicais rapel e trekking, uma emergência a ser reconhecida. **Arquivos Catarinenses de Medicina**, v. 40, n. 3, p. 94-98, 2011.

CHATZIZISIS, Y. S.; MISIRLI, G.; HATZITOLIOS, A. I.; GIANNOGLOU, G. D. The syndrome of rhabdomyolysis: complications and treatment. **European Journal of Internal Medicine**, v. 19, n. 8, p. 568-574, 2008.

CLEARY, M. A.; SADOWSKI, K. A.; LEE, S. Y. C.; MILLER, G. L.; NICHOLS, A. W. Exertional Rhabdomyolysis in An Adolescent Athlete During Preseason Conditioning: A Perfect Storm. **Journal of Strength and Conditioning Research**, , v. 25, n. 12, p. 3506-3513, 2011.

CUNHA, G. V.; PRESTES, J.; VOLTARELLI, F. A.; TIBANA, R. A. REVISÃO Rabdomiólise e programas de condicionamento extremo. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**, v. 16, n. 4, p. 234-240, 2017.

EQUATOR network. *Enhancing the QUALity and Transparency Of health Research*. Oxford: University of Oxford. Disponível em: < www.equator-network.org >. Acesso em: 10 jan. 2019.

FERNANDEZ-FUENTE, M.; TERRACCIANO, C. M.; MARTIN-DUQUE, P.; BROWN, S. C.; VASSAUX, G.; PIERCY, R. J. Calcium Homeostasis in Myogenic Differentiation Factor 1 (MyoD)-Transformed, Virally-Transduced, Skin-Derived Equine Myotubes. **Plos One**, v. 9, n. 8, 2014.

GAGLIANO, M.; CORONA, D.; GIUFFRIDA, G.; GIAQUINTA, A.; TALLARITA, T.; ZERBO, D et al. Lowintensity body building exercise induced rhabdomyolysis: a case report. **Cases Journal**, v. 2, n. 1, p. 7, 2009.

GALVEZ, R.; STACY J. M. D.; HOWLEY, A. Exertional Rhabdomyolysis In Seven Division-1 Swimming Athletes. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 18, n. 4, p. 366-368, 2008.

GENG, X.; WANG, Y.; HONG, Q.; YANG, J.; ZHENG, W.; ZHANG, G.; CAI, G.; CHEN, X.; WU, D. Differences in gene expression profiles and signaling pathways in rhabdomyolysis-induced acute kidney injury. **International Journal of Clinical and Experimental Pathology**, v. 8, n. 11, p.14087-14098, 2015.

GRAVES, E.; GILLUM, B. Detailed diagnoses and procedures, National Hospital Discharge Survey. **Vital and health statistics**, v. 13, n. 130, p. 1-146, 1997.

HAMER, R. When exercise goes awry: Exertional rhabdomyolysis. **Scottish Medical Journal**, v. 90, n. 5, p. 548-551, 1997.

HUERTA-ALARDÍN, A. L.; VARON, J.; ARIK, P. E. Bench-tobedside review: Rhabdomyolysis an overview for clinicians. **Critical Care**, v. 9, n. 2, p. 158–169, 2005.

JOEL, J.; GAGNIER, J. J.; KIENLE, G.; ALTMAN, D. G.; MOHER, D.; SOX, H.; RILEY, D.; and the CARE Group. The CARE Guidelines: Consensus-Based Clinical Case Reporting Guideline Development. **Global Advances in Health and Medicine**, v. 2, n. 5, p. 38-43, 2003.

KAHANOV, L.; EBERMAN, L. E.; WASIK, M.; ALVEY, T. Exertional Rhabdomyolysis in A Collegiate American Football Player After Preventive Coldwater Immersion: A Case Report. **Journal of Athletic Training**, v. 47, n. 2, p. 228-232, 2012.

KÄSTNER, A.; BRAUN, M.; MEYER, T. Two Cases of Rhabdomyolysis After Training with Electromyostimulation by 2 Young Male Professional Soccer Players. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 25, n. 6, p. 71-73, 2015.

LEE, G. Exercise-induced rhabdomyolysis. **Rhode Island medical journal**, v. 97, n. 11, p. 22-24, 2014.

LIBERATI, A.; ALTMAN, D. G.; TETZLAFF, J.; MULROW, C.; GÖTZSCHE, P. C.; IOANNIDIS, J. P. et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. **Annals of internal medicine**, v. 151, n. 4, p. 65-94, 2009.

LOPEZ, R. M.; TANNER, P.; IRANI, S.; MULARONI, P. A Functional Return-To-Play Progression After Exertional Heat Stroke in A High School Football Player. **Journal of Athletic Training**, v. 53, n. 1, p. 000-000.2, 2018.

MCKINNEY, B.; GAUNDER, C.; SCHUMER, R. Acute Exertional Compartment Syndrome with Rhabdomyolysis: Case Report and Review of Literature. **American Journal of Case Reports**, v. 19, p. 145-149, 2018.

MOECKEL-COLE, A. S.; CLARKSON, P. M. Rhabdomyolysis in A Collegiate Football Player. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 4, p. 1055-1059, 2009.

NANCE, J. R.; MAMMEN, A. L. Diagnostic evaluation of rhabdomyolysis. **Muscle & Nerve**, v. 51, n. 6, p. 793-810, 2015.

NIEMELÄ, M.; JUVONEN, J.; KANGASTUPA, P.; NIEMELÄ, O.; JUVONEN, T. Clinical and Laboratory Responses of Cross-Country Skiing for A 24-H World Record: Case Report. **Journal of Sports Science and medicine**, v. 14, n. 4, p. 702-707, 2015.

PANIZO, N.; RUBIO NAVARRO, A.; AMARO-VILLALOBOS, J. M.; EGIDO, J.; MORENO, J. A. Molecular mechanisms and novel therapeutic approaches to rhabdomyolysis-induced acute kidney injury. **Kidney and Blood Pressure Research**, v. 40, n. 5, p. 520-532, 2015.

PARDINI, H. *Manual de Exames*. 1. ed. Minas Gerais. 2016.

PEARCEY, G. E. P.; BRADBURY-SQUIRES, D. J.; POWER, K.; BEHM, D. G.; BUTTON, D. exertional rhabdomyolysis in acutely detrained athlete/exercise physiology professor. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 23, n. 6, p. 493-498, 2013.

PROSPERO. *International prospective register of systematic reviews Systematic review on measures of the school food environment*. Centre for Reviews and Dissemination, University of York, York, UK. Disponível em: <<https://www.crd.york.ac.uk/prospero/>>. Acesso em: 5 jun. 2019.

TORRES, P. A.; HELMSTETTER, J. A.; KAYE, A. M.; KAYE, A. D. Rhabdomyolysis: Pathogenesis, diagnosis, and treatment. **Ochsner Journal**, v. 15, n. 1, p. 58-69, 2015.

TORRES-LEÓN, J. M. et al. Rabdomiólisis tras la práctica de spinning: una asociación peculiar. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 9, n. 2, p. 91-94, 2016.

VISWESWARAN, P.; GUNTUPALLI, J. Rhabdomyolysis. **Critical Care Clinics**, v. 15, n. 2, p. 415-428, 1999.

WARD, M. Factors predictive of acute renal failure in rhabdomyolysis. **Archives of internal medicine**, v. 148, n. 7, p. 1553-1557, 1988.

ZHUO, M. et al. Sauna-Induced Fatal Rhabdomyolysis. **Kidney International Reports**, v. 4, n. 1, p. 171-173, 2019.

2 ESTUDO 2 RELATO DE CASOS DE MILITARES ACOMETIDOS POR RABDOMIÓLISE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

RESUMO

Introdução: A rabdomiólise é uma síndrome caracterizada por necrose muscular e liberação de constituintes musculares intracelulares. E sua gravidade varia de elevações assintomáticas em enzimas musculares séricas a doenças potencialmente fatais. **Objetivo:** Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi analisar os principais fatores desencadeantes e o perfil clínico dos casos de rabdomiólise em militares das Forças Armadas submetidos a treinamento físico ou militar específico de combate. **Método:** Uma revisão sistemática foi realizada em busca de estudos que relataram casos de militares afetados pela síndrome. Seguiram-se as diretrizes “Itens preferenciais de relatórios para revisões sistemáticas e meta-análises” (PRISMA). Foram incluídos apenas estudos que apresentaram valores individuais de cada caso de rabdomiólise. A busca foi realizada no período de 4 a 16 de maio de 2019. Foram utilizados os descritores e seus sinônimos “Rabdomiólise” e “Militar”. Dos 128 estudos encontrados em todas as bases de dados, foram excluídas 24 duplicatas, 63 foram excluídos por serem estudos com civis, estudos incompletos e/ou inconclusivos, confundindo “insolação com esforço” com rabdomiólise. Foram selecionados 41 estudos para leitura completa e 28 descartados por não atenderem aos critérios de inclusão. No final, 13 estudos foram incluídos. **Resultados:** Foram analisados 49 casos individuais de rabdomiólise. A partir deles, foi possível identificar os principais fatores que contribuíram para o desenvolvimento da síndrome: treinamento físico (53,06%) e treinamento específico em combate militar (38,78%). O diagnóstico de doenças genéticas esteve presente em 10,20% dos casos. O uso de medicamentos ou suplementos alimentares para atender a demanda gerada pelo esforço físico foi observado em 20,41% dos casos. O pico de creatina quinase (CK) variou de 1040 U/L a 410755 U/L. Alguns casos (36,73%) relataram alteração da função renal. **Conclusão:** A rabdomiólise continua sendo um problema durante os períodos de treinamento militar ou treinamento físico no ambiente militar. Conhecendo melhor o perfil dos casos de rabdomiólise, chefes e gestores de aptidão física poderiam utilizar este conhecimento em seus programas de prevenção da rabdomiólise.

Palavras-chave: Rabdomiólise, militares, exercício, estudo de caso, revisão sistemática.

INTRODUÇÃO

Nas autópsias de quatro casos de vítimas da segunda guerra mundial que apresentaram insuficiência renal aguda (IRA) foram encontrados cilindros pigmentados nos túbulos renais. Na época, esses achados não puderam ser explicados, porém, esses cilindros estão relacionados à lesão muscular maciça, que caracteriza a rabdomiólise (BYWATTERS; BEALL, 1941).

A rabdomiólise é uma síndrome caracterizada por necrose muscular e liberação de constituintes musculares intracelulares. Clinicamente, apresenta a característica tríade clássica de dor muscular, fraqueza e mioglobínúria. As enzimas musculares séricas, incluindo creatina quinase (CK), são tipicamente elevadas, muitas vezes não retornando à linha de base por várias semanas. A gravidade da doença varia de elevações assintomáticas em enzimas musculares séricas a doenças potencialmente fatais associadas a elevações extremas de enzimas, desequilíbrios eletrolíticos e lesão renal aguda, com complicações sérias que resultam em eventos de síndrome compartimental e coagulação intravascular disseminada, dentre outros (KNOCHEL, 1982; GIANNOGLOU; CHATZIZISIS; MISIRLI, 2007; KHAN, 2009).

Os métodos indiretos para análise dos danos musculares são mais utilizados, devido à facilidade de coleta e ao baixo custo quando comparado aos métodos diretos (BANFI et al., 2012). Dessa forma, as dosagens de creatinaquinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH) estão envolvidas no músculo e no metabolismo e podem ser consideradas como marcadores do dano muscular após o treinamento de força ou atividade física intensa atividade. CK e LDH são enzimas citoplásmicas e não tem a capacidade de atravessar a barreira da membrana sarcoplasmática. Portanto, o aumento da concentração no soro destas enzimas, sugere que há dano na membrana muscular (ROSA, 2005).

As atividades físicas são inerentes a rotina do militar em razão da especificidade da função. Com frequência os militares participam de atividades realizadas de forma extenuante (marchas de 50-80 km) e de maneiras peculiares, com a utilização de equipamentos, roupas pesadas e em situações extremas de temperatura. Essas condições podem elevar o esforço físico de forma acentuada e em grande parte dos casos induzir ao quadro de rabdomiólise (U.S.ARMED FORCES,2012)

Dados estatísticos sobre Rabdomiólise são apresentados pelo Sistema de Vigilância Médica do Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Em 2012, a taxa de incidência de rabdomiólise por esforço foi de 27,8 por 100.000 militares. Os índices de incidência de

rabdomiólise foram 5 vezes maiores em recrutas e nas épocas do ano de maior calor, em razão de grande parte do efetivo serem oriundos de regiões com o clima frio e seco. Por esse motivo, quando são submetidos ao rigoroso treinamento de formação militar, o corpo sofre as consequências das adaptações bruscas do clima aliadas as atividades físicas intensas (CHEVION et al., 2003). Em 2016, as Forças Armadas dos EUA tiveram uma taxa geral de incidência de colapso induzido pelo calor e esforço de 1,96 por 1.000 pessoas-ano (U.S.ARMED FORCES,2017). O risco de rabdomiólise por esforço em soldados também foi maior em homens quando comparados às mulheres, e também com fatores associados ao aumento da idade, a obesidade, o tabagismo ou uso de estatinas ou agentes antipsicóticos (EICHNER, 2016).

Não foram encontrados dados que permitam uma estimativa de incidência da síndrome no âmbito das forças armadas e auxiliares militares no Brasil. Entretanto, diante da incidência de casos de Rabdomiólise no Exército brasileiro, o Comando aprovou por meio da Portaria nº 129, de 11 de março de 2010, a diretriz para a implantação do Programa de Prevenção e Controle da Rabdomiólise Induzida por Esforço Físico e pelo Calor. Esta diretriz foi elaborada e divulgada pelo Estado-Maior do Exército e tem a finalidade de informar e enfatizar os cuidados com a Rabdomiólise, seus sintomas, complicações, associação ao estresse térmico e, principalmente, sobre a sua prevenção e tratamento da doença (BRASIL, 2012).

A ocorrência de danos musculares causados por sobrecargas de atividades físicas é uma das principais causas que podem induzir ao afastamento do trabalho dos militares e elevar consideravelmente o custo dos tratamentos de saúde (BANFI et al., 2012; PARR; CLARK et al., 2015). Militares, durante a execução de exercícios que apresentam características de simulação de combate, estão tão suscetíveis a desencadear desfechos adversos de rabdomiólise, quanto a indivíduos que os praticam em condições de extremas adversidades (HILL, 2012; MAGALHÃES, 2008).

Um elevado nível de condicionamento físico é uma das exigências para o ingresso em cursos operacionais de situação de combate e de formação militar. Mesmo com os testes de aptidão física e exames laboratoriais e psicológicos exigidos nos processos seletivos militares, há ocorrência de casos de rabdomiólise, contudo sem dados oficiais que permitam a composição de um quadro epidemiológico. Durante o período dos cursos, que duram em média 90 dias, são provocadas situações como privação de sono, limitação de alimentação e hidratação, além de exposição ao frio e calor extremos. Estes fatores podem gerar a ocorrência de rabdomiólise. No entanto, ainda não está claro a relação destes fatores com o

exercício físico direcionado as demandas militares das forças armadas e forças auxiliares. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi analisar os principais fatores desencadeantes e o perfil clínico dos casos de rabdomiólise em militares das Forças Armadas submetidos a treinamento físico ou militar específico de combate.

MÉTODO

O presente estudo se caracteriza como uma revisão sistemática em busca de estudos que relataram casos de militares afetados pela síndrome. Seguiram-se as diretrizes “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses” (PRISMA), disponível em (<http://www.prisma-statement.org/>) (LIBERATI et al., 2009). A pesquisa foi previamente registrada no site “International prospective register of systematic reviews” (PROSPERO), e aguarda número de registro (PROSPERO, 2019).

Critérios de inclusão

Foram incluídos apenas estudos que apresentassem valores individuais de cada caso de rabdomiólise. A presente pesquisa adotou como critérios de inclusão estudos que apresentassem valores individuais de cada caso de rabdomiólise em militares das Forças Armadas que foram submetidos a treinamento físico ou militar específico de combate, independente da instituição, patente, nacionalidade, raça, idade e sexo. Foram excluídos estudos que estavam fora do idioma inglês e português, que apresentavam dados epidemiológicos, de coorte, ou que analisavam a incidência da síndrome por um período específico de diversos casos e que se apresentavam confusos na discussão dos resultados e conclusão, não deixando claro se o diagnóstico final do estudo proposto foi rabdomiólise.

Estratégia de busca

A revisão sistemática de literatura foi realizada durante período de 4 a 16 de maio de 2019, com limite de data de 10 anos e sem filtro de idiomas. A pesquisa foi realizada nas bases de dados bibliográficas eletrônicas Medline (PubMed), Cocharane, Lilacs, Scielo, Web Of Science, Scopus, Cinahl, SportDiscuss, Science Direct, PEDro.

Os parâmetros de pesquisa foram adaptados com a finalidade de atender a característica de cada base de dados. Os descritores “Rhabdomyolysis”, “Military”, contidos nos “Descritores em Ciências da Saúde” (DeCS) e no Medical Subject Headings (MeSH),

foram utilizados na busca de forma combinada com os operadores booleanos “or” intrasinônimos e “and”.

A palavra “exercise” não foi utilizada, com o intuito de não haver conflitos e/ou perda de dados, uma vez que alguns estudos poderiam não classificar as atividades operacionais e de manobras militares como exercício físico, tipificando-as assim em um grupo específico.

As etapas da estratégia de busca estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Etapas da estratégia de busca

Bases de dados	Descritores	Filtros	Endereços eletrônicos
Medline (PubMed)	((Rhabdomyolysis[Title/Abstract]) AND (Military Personnel[Title/Abstract] OR Military[Title/Abstract] OR Force Personnel, Air[Title/Abstract] OR Personnel, Air Force[Title/Abstract] OR Personnel, Armed Forces[Title/Abstract] OR Personnel, Army[Title/Abstract] OR Personnel, Military[Title/Abstract] OR Personnel, Navy[Title/Abstract] OR Sailor[Title/Abstract] OR Soldier[Title/Abstract] OR Submariner[Title/Abstract] OR Armed Forces Personnel[Title/Abstract] OR Air Force Personnel[Title/Abstract] OR Army Personnel[Title/Abstract] OR Coast Guard[Title/Abstract] OR Marines[Title/Abstract] OR Navy Personnel[Title/Abstract] OR Sailors[Title/Abstract] OR Soldiers[Title/Abstract] OR Submariners[Title/Abstract]))	Título, resumo.	ncbi.nlm.nih.gov
The Cochrane Library	Rhabdomyolysis AND Military Personnel OR Military OR Force Personnel, Air OR Personnel, Air Force OR Personnel, Armed Forces OR Personnel, Army OR Personnel, Military OR Personnel, Navy OR Sailor OR Soldier OR Submariner OR Armed Forces Personnel OR Air Force Personnel OR Army Personnel OR Coast Guard OR Marines OR Navy Personnel OR Sailors OR Soldiers OR Submariners	Título, resumo.	http://www.cochranelibrary.com/
Lilacs	Rhabdomyolysis [Palavras] and Military [Palavras]	Título, resumo.	http://search.bvsalud.org
Web Of Science	TÓPICO: (Rhabdomyolysis) AND	Título, resumo.	http://www.webscience-journal.net

	TÓPICO: (Military)		
Cinahl	Rhabdomyolysis AND Military	Título, resumo.	https://www.ebscohost.com/nursing/products/cinahl-databases/cinahl-complete
SportsDiscus	Rhabdomyolysis AND Military	Título, resumo.	https://www.ebsco.com/products/research-databases/sportdiscus
Science Direct	Rhabdomyolysis AND Military	Título, resumo.	https://www.sciencedirect.com/
PEDro	Rhabdomyolysis, Military	Título, resumo.	https://www.pedro.org.au/
Scielo	((ab:(Rhabdomyolysis))) AND (Military)	Título, resumo.	search.scielo.org
Scopus	Rhabdomyolysis AND Military	Título, resumo.	https://www.scopus.com/

Avaliação da qualidade metodológica

O presente estudo adotou as recomendações da EQUATOR (Enhancing the Quality and Transparency Of health Research). Essas recomendações consistem em uma iniciativa internacional que busca melhorar a qualidade da pesquisa em saúde publicada globalmente, desenvolvendo diretrizes para vários tipos de projetos de estudo (EQUATOR, 2019). Dessa forma, por não encontrar uma escala de avaliação metodológica para estudos de caso, foram seguidas as diretrizes metodológicas que devem ser consideradas durante a redação de um relato de caso da The CARE Guidelines: Consensus-based Clinical Case Reporting Guideline Development (CARE) (2013) (JOEL et al., 2013). Os estudos foram analisados, através de um checklist, por dois avaliadores independentes. Em caso de discordância entre os avaliadores, um terceiro avaliador foi consultado.

Os itens 8c, 8d, 9a,9b e 9d foram retirados do checklist dos estudos selecionados, pois tratam de informações estritamente relacionados a equipe médica e a área de medicina. Além de não serem descritos de forma clara nos estudos, não são pertinentes a finalidade desta revisão sistemática.

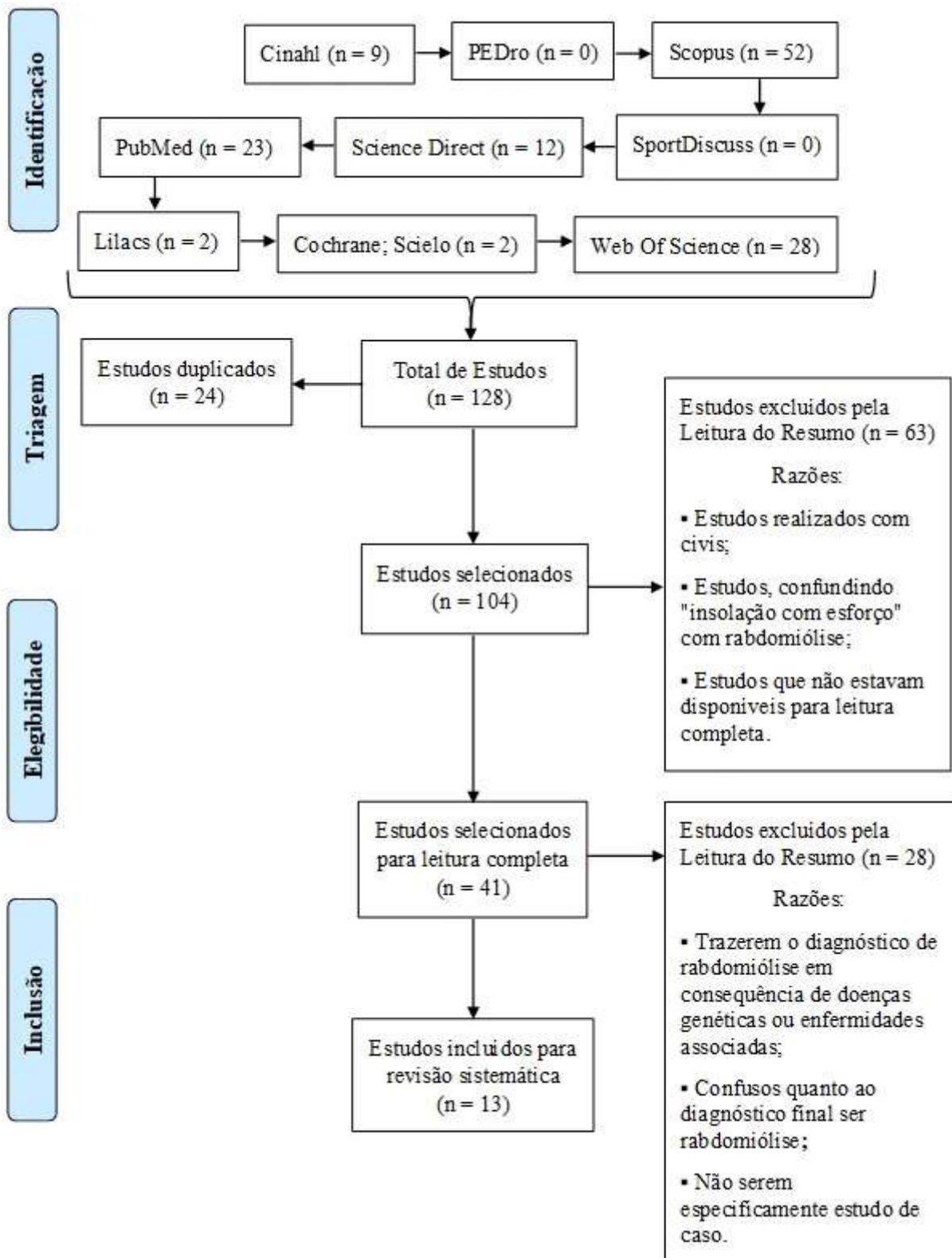
O resultado da análise de todos os estudos está apresentado conforme a metodologia a seguir. De acordo com as recomendações para redação CARE, os estudos foram lidos e classificados em três categorias da seguinte forma:

- Categoria “A” - Estudos que preencheram valor $\geq 80\%$ dos critérios CARE;
- Categoria “B” - Estudos que preencheram de 50 a 80% dos critérios CARE;
- Categoria “C” - Estudos que preencheram menos que 50% dos critérios CARE.

RESULTADOS

Após atenderem aos critérios de seleção propostos, 13 estudos foram avaliados segundo as recomendações de redação propostos pela CARE. O processo de amostragem destes estudos é apresentado na Figura 1, PRISMA Flow Diagram, (LIBERATI et al., 2009).

Figura 1: Fluxograma do procedimento de seleção dos estudos.



Processo de seleção dos estudos

Dos 128 estudos encontrados, 24 foram excluídos por serem duplicados. Dos 104 textos que foram analisados, 63 foram excluídas por serem estudos com civis, estudos incompletos e/ou inconclusivos, confundindo "insolação com esforço" com rbdomiólise e estudos que não estavam disponíveis para leitura completa. Após essas eliminações, 41 estudos foram lidos integralmente. Contudo, 28 estudos foram excluídos, por trazerem o diagnóstico de rbdomiólise em consequência de doenças genéticas ou enfermidades associadas, tais como a malária e o traço falciforme, ou ainda por serem confusos na discussão dos resultados e conclusão, não deixando claro se o diagnóstico final do estudo proposto foi rbdomiólise. Alguns eram estudos de coorte, ou analisavam a incidência da síndrome por um período específico, não atendendo assim, a proposta desta pesquisa. Dessa forma, 13 estudos atenderam aos critérios de inclusão propostos e apresentaram conformidade com as recomendações de redação da CARE da seguinte forma:

- 4 estudos ficaram classificados na Categoria “A”, pois preencheram de 80 a 100% dos critérios CARE.
- 5 estudos ficaram classificados na Categoria “B”, pois preencheram de 50 a 80% dos critérios CARE.
- 4 estudos ficaram classificados na Categoria “C”, pois preencheram menos que 50% dos critérios CARE.

Todos os indivíduos dos seis artigos selecionados praticaram atividades físicas peculiares ou em função do cotidiano militar. Por esse motivo, as causas principais descritas como desencadeadores de rbdomiólise foram diversas, contudo em grande maioria para o treinamento físico. As características dos estudos incluídos nesta pesquisa estão sintetizadas no Quadro 2.

Quadro 2. Características dos estudos selecionados

Estudos	Posto - Instituição	Localidade	Estressor
MCDONALD; MITCHELL; DEATON, 2012	Serviço Ativo da Marinha	EUA	Treinamento Físico
FERSTER; RANDY EICHNER, 2012	Recruta do Exército	EUA	TAF do Exército
	Recruta do	EUA	TAF do Exército

	Exército		
BUNGE; FRANK, 2013	Recruta da Marinha	EUA	Treinamento de Combate
CAROL, 2013	Soldado do Exército	EUA	Treinamento de Combate
			Treinamento Físico
			Treinamento de Combate
SCHMIDT; GARFINKLE; BATTAFARANO, 2014	Soldado da Ativa	Afganistão/EUA	Reação Medicamentosa
HARRISON; WUERDEMAN, 2015	Soldado do Exército	Afganistão	TAF do Exército
OH et al., 2015	Funcionários Da Ativa	EUA	Caso 1 - Exercícios com Pesos de Membros Superiores
			Caso 2 - CrossFit
			Caso 3 - CrossFit
			Caso 4 - P90X
			Caso 5 - CrossFit
			Caso 6 - Treinamento de Resistência Com Pesos
			Caso 7 - Levantamentos Terra, Puxadas na Barra Fixa e Exercícios para o CORE
			Caso 8 - Teste Físico Militar
			Caso 9 - Abdominal Com Pesos
			Caso 10 - Puxadas na Barra Fixa e Saltos na Caixa
			Caso 11 - Aula de artes Marciais para Iniciantes
			Caso 12 - Mais de 300 Agachamentos Passadas Durante 2 dias
			Caso 13 - Aumento na Frequência de Treino
			Caso 14 - Recuperação Muscular por Excesso de Peso
			Caso 15 - Novo Regime de Treinamento com Pesos
			Caso 16 - Abdominal e Exercícios com o Quadril
			Caso 17 - CrossFit
			Caso 18 - Marcha de 12 Milhas Equipado
			Caso 19 - Exercícios para o Fit Core
			Caso 20 - Corrida de 10 Milhas
			Caso 21 - Marcha de 10 Milhas Equipado com 100 Libras

			Caso 22 - 1 Hora de Agachamentos
			Caso 23 - Treino de Membros Superiores
			Caso 24 - Marcha Equipado com 30 libras
			Caso 25 - Treinamento Físico e Atividade Extenuante de Braços
			Caso 26 - Treinamento Físico e Atividade Extenuante de Braços, Abdômen e Coxas
			Caso 27 - Treinamento de Infantaria
			Caso 28 - Marcha
			Caso 29 - Treinamento Resistido com Pesos
			Caso 30 - Aumento de Exercícios Durante 1 mês
WIJERATHNE et al., 2016	Militar	Sri Lanka	Marcha de 15 Km
PERICH et al., 2016	Tenentes do 1º Batalhão da Escola Militar Especial	França	Nevasca em Montanha
HALL; PARKS, 2017	NI	Afeganistão	Treinamento Físico
ATIAS-VARON et al., 2017	NI	Israel	Treinamento de Combate
GLASER et al., 2018	Exército	Afeganistão	Ferimento por Explosivo
SAGUIN et al., 2018	Soldado	França	Transtorno de Estresse Pós-Traumático

NI: não informado. * 30 Casos.

Características dos participantes

A maioria dos militares eram do sexo masculino e com a faixa etária entre 18 e 40 anos, visualizado no Quadro 3.

Quadro 3. Características dos participantes incluídos nos estudos

Estudos	Sexo	Idade (anos)
MCDONALD; MITCHELL; DEATON, 2012	Masculino	23
FERSTER; RANDY EICHNER, 2012	Feminino	21
	Masculino	20
BUNGE; FRANK, 2013	Masculino	26
CAROL, 2013	Masculino	40
	Masculino	25
	Masculino	20
SCHMIDT; GARFINKLE; BATTAFARANO, 2014	Masculino	24
HARRISON; WUERDEMAN, 2015	Masculino	39
OH et al., 2015 *	Caso 1 - Masculino	22
	Caso 2 - Masculino	25
	Caso 3 - Masculino	29
	Caso 4 - Masculino	22
	Caso 5 - Masculino	25
	Caso 6 - Masculino	31
	Caso 7 - Masculino	27
	Caso 8 - Masculino	21
	Caso 9 - Masculino	21
	Caso 10 - Masculino	23
	Caso 11 - Masculino	24
	Caso 12 - Masculino	24
	Caso 13 - Masculino	27
	Caso 14 - Masculino	23
	Caso 15 - Masculino	25
	Caso 16 - Masculino	29
	Caso 17 - Masculino	30
	Caso 18 - Masculino	31
	Caso 19 - Masculino	22
	Caso 20 - Masculino	23
	Caso 21 - Masculino	24
	Caso 22 - Masculino	24
	Caso 23 - Masculino	24
	Caso 24 - Masculino	24
	Caso 25 - Masculino	25
	Caso 26 - Feminino	26

	Caso 27 - Masculino	27
	Caso 28 - Masculino	28
	Caso 29 - Feminino	30
	Caso 30 - Masculino	24
WIJERATHNE et al., 2016	NI	23
PERICH et al., 2016	Masculino	21-29
HALL; PARKS, 2017	Masculino	21
	NI	22
	NI	34
ATIAS-VARON et al., 2017	Masculino	19
	Masculino	18
	Masculino	18
GLASER et al., 2018	Masculino	35
SAGUIN et al., 2018	Masculino	40

NI: Não informado pelo autor. * 30 Casos.

Resultados dos aspectos físicos e clínicos

Os indivíduos dos artigos selecionados para esta revisão sistemática apresentaram sintomas semelhante, porém com algumas particularidades entre elas. Os picos de níveis de CPK (fosfocreatina quinase) apresentados variaram de 5.559 U/L até 342.880 U/L. Entretanto somente um estudo apresentou diagnóstico com comprometimento renal. A principal causa atribuída para o surgimento da síndrome foi diversa e não se limitou somente à prática de atividade física, visto que envolveu outros fatores associados a ela, conforme sumarizada no Quadro 4.

Quadro 4. Resultados dos aspectos físicos e clínicos

Estudos	Pico de CK (U/L)	Comprometimento Renal	Fator Genético	Uso de Substância
MCDONALD; MITCHELL; DEATON, 2012	342.880	NÃO	NÃO	NÃO
FERSTER; RANDY EICHNER, 2012	NI	NI	Traço Falciforme	NÃO
	27.947	NI	Traço Falciforme	NI
BUNGE; FRANK,	9.126	NI	NÃO	NÃO

2013				
CAROL, 2013	5.559	SIM	NÃO	SIM
	33.600	NI		SIM (Hydroxycut)
	1.040	SIM		SIM (Hydroxycut)
SCHMIDT; GARFINKLE; BATTAFARANO, 2014	22.717	NÃO	NÃO	SIM
HARRISON; WUERDEMAN, 2015	8.800	SIM	Traço Falciforme	NÃO
OH et al., 2015 *	Caso 01 - 410.755	NI	NÃO	NI
	Caso 02 - 95.886	NI	Desconhecido	NI
	Caso 03 - 142.432	NI	NÃO	NI
	Caso 04 - 111.622	NI	Desconhecido	SIM (Creatina)
	Caso 05 - 101.808	NI	Talassemia	SIM (Creatina e Proteína)
	Caso 06 - 131.456	NI	Desconhecido	NI
	Caso 07 - 112.000	NI	Desconhecido	SIM (Suplemento Não Definido)
	Caso 08 - 8.268	NI	NÃO	NI
	Caso 09 - 44.981	NI	NÃO	SIM (Suplemento Não Definido)
	Caso 10 - 155.975	NI	Desconhecido	NI
	Caso 11 - 233.180	NI	Desconhecido	NI
	Caso 12 - 68.369	NI	NÃO	NI
	Caso 13 - 30.859	NI	NÃO	NI
	Caso 14 - 155.975	NI	NÃO	NI
	Caso 15 - 32.000	NI	NÃO	NI
	Caso 16 - 77.062	NI	Desconhecido	NI
	Caso 17 - 232.579	NI	NÃO	NI
	Caso 18 - 25.996	NI	NÃO	NI
	Caso 19 - 32.000	NI	NÃO	NI
	Caso 20 - 53.573	NI	NÃO	NI

	Caso 21 - 13.548	NI	NÃO	NI
	Caso 22 - 23.135	NI	G6PD Deficiente	NI
	Caso 23 - 51.786	NI	Desconhecido	NI
	Caso 24 - 14.854	NI	Desconhecido	NI
	Caso 25 - 60.145	NI	Desconhecido	NI
	Caso 26 - 32.000	NI	Desconhecido	NI
	Caso 27 - 19.383	NI	Talassemia	NI
	Caso 28 - 1.565	NI	NÃO	NI
	Caso 29 - 63.006	NI	Desconhecido	NI
	Caso 30 - 5.549	NI	NÃO	SIM (Proteína)
WIJERATHNE et al., 2016	17.700	SIM	NI	NI
PERICH et al., 2016	NI	SIM	NÃO	NÃO
HALL; PARKS, 2017	153.800	NÃO	NÃO	NÃO
	12.070	NI	NÃO	NÃO
	64.050	NI	NÃO	NÃO
ATIAS-VARON et al., 2017	176.599	NI	NÃO	NÃO
	150.000	NÃO		
	45.000	NI		
GLASER et al., 2018	NI	SIM	NI	NI
SAGUIN et al., 2018	20.000	NI	NI	SIM (Quetiapina e Mirtazapina)

NI= Não Informado pelo autor. CR= Comprometimento Renal. Valores de referência CK: 22,0 a 334,0 U/L (PARDINI,2016).

DISCUSSÃO

A realização de exercícios intensos e prolongados associados à sobrecarga de armamentos e material individual a ser transportado é comum a atividade do militar, bem como o tipo peculiar de vestimenta. Esses fatores podem estar associados à quantidade insuficiente de reposição hídrica e calor, e conseqüentemente, levar a distúrbios térmicos que podem induzir a lise muscular e ao quadro clínico de rabdomiólise (O' CONNOR et al., 2007; CDC, 2012; LIEBERMAN et al., 2010).

Uma variedade de condições e doenças podem levar à rabdomiólise, e a lista de causas está constantemente sendo expandida com novos relatos. Esta longa lista é dividida em oito

categorias básicas (UCHOA; FERNANDES, 2003). Dessas oito categorias, seis estão relacionadas e presentes à prática de atividade física.

Dos 59 casos individuais de rabdomiólise analisados, apresentaram 40 casos ocorrendo com militares do sexo masculino e apenas 02 casos com militares do sexo feminino. A faixa de idade variou de 19 anos até 40 anos, e demograficamente os estudos ocorreram em grande maioria nos EUA, com 37 casos. 03 no Afeganistão, com 01 desses desfechou nos EUA. 02 na França, 01 no Sri Lanka e 01 em Israel. Cabe ressaltar que o estudo de Oh et al. (2015) apresentou sozinho os casos de 30 pacientes atendidos no Tripler Army Medical Center diagnosticados com Rabdomiólise. Descriminando individualmente a causa, o estímulo realizado pelo militar, bem como o valor do pico de CK.

Os fatores estressores foram diversos, contudo os principais que contribuíram para o desenvolvimento da síndrome foram: Treinamento físico, 26 casos (53,06%); Treinamento específico em combate militar 19 casos (38,78%).

Níveis de CPK acima de 5.000U/L estão altamente associados à IRA (RABELO et al., 2016). 24 estudos, 40,67%, apresentaram pico de CK, 100 vezes (33.400 U/L) maior que o limite máximo de referência (22,0 a 334,0 U/L) Saguin et al. (2018). E 22 estudos, 59,33%, abaixo desse corte. O maior pico de CK descrito foi 410.775 U/L no caso 01 de Oh et al. (2015) e o menor foi de 1.040 U/L em um dos casos de Carol (2013). 06 estudos relataram que o militar sofreu alteração renal, 04 descreveram que não. Oh et al. (2015) dissertou que 06 casos apresentavam evidências de lesão renal aguda, entretanto não especificou quais casos, e 49 não informaram sobre nenhum tipo de comprometimento de órgãos.

Ferster; Randy Eichner (2012), HARRISON; WUERDEMAN (2015) e Oh et al. (2015) em 2 casos, apresentaram o diagnóstico de doenças genéticas como sendo a principal causa para o desenvolvimento da síndrome, totalizando 10,20% de toda amostra. O Traço Falciforme foi o principal fator apresentado. Outros 02 Talassemia, também chamada de Anemia do Mediterrâneo, casos 05 e 27 do estudo de Oh et al. (2015). O caso 22 desta mesma pesquisa descreveu que o militar possuía a deficiência em Glicose-6-fosfato desidrogenase (G6PD).

Doença falciforme é um distúrbio genético que afeta o formato e a flexibilidade das hemácias (eritrócitos) e resulta na agregação e na “estagnação” dessas células dentro dos vasos sanguíneos, com isquemia subsequente dos tecidos. O indivíduo portador dos dois alelos (homozigoto) tem risco maior de morte súbita e, por essa razão, a participação em esportes agressivos e a prática de exercícios extremos estão contraindicadas (MCMAHON, 2007). O Traço Falciforme não é considerado doença, mas condição benigna que decorre de uma mutação gênica hereditária. Os portadores de Traço Falciforme são geralmente

assintomáticos, mas podem apresentar alterações em condições em que a oxigenação é deficiente (FERSTER; RANDY EICHNER, 2012; QUATTRONE et al., 2015).

No intuito de perda de peso, ou mesmo, potencializar o rendimento durante as avaliações físicas, grande parcela de militares faz uso de suplementos dietéticos, energéticos, disponíveis no mercado (CDC, 2012; LIEBERMAN et al., 2010; COHEN et al., 2013). O uso de medicamentos ou suplementos alimentares para atender a demanda gerada pelo esforço físico foi observado em 10 casos (20,41%). As substâncias utilizadas, foram:

Carol (2013) - Abuso de álcool, Cannabis, tabaco, abuso de narcóticos uso de medicamentos e suplementos (Ripped Fuel - Twinlab, Ronkonkoma, Nova York, Horny goat weed, Hydroxycut, Metabolift - Twinlab, Ronkonkoma, Nova York, Citalopram e Meloxicam). Schmidt; Garfinkle; Battafarano (2014) - Reação medicamentosa por Trimetoprim e Sulfametoxazol. Saguin et al. (2018) - Quetiapina e Mirtazapina. Oh et al. (2015) - Proteína em pó e Creatina foram os mais comumente registrados dentre os 30 casos.

O Suplemento Hydroxycut, possui mais de 500 mg de cafeína por porção, o que proporciona aceleração do metabolismo e conseqüentemente auxilia na perda de peso. Já é sabido que existe uma forte associação entre o uso de grandes quantidades de cafeína e a rbdomiólise, com isso a atenção que se deve ter voltada para a utilização de substâncias desta categoria de substância.

Nos casos apresentados por Schmidt; Garfinkle; Battafarano (2014) e Saguin et al. (2018) não se justificou o uso de substâncias como suporte ao organismo para a realização de atividades físicas, mas para tratamento de saúde. O primeiro para uma infecção do trato respiratório superior e o segundo para transtorno de estresse pós-traumático, respectivamente.

O estudo de Glaser (2018) apresentou o caso de um militar que foi acometido em razão da grande destruição de tecido muscular, em conseqüência de um ferimento por explosivo, que culminou com a amputação da perna esquerda do militar. Assim como no relato histórico feito por Bywaters; Beall (1941).

Perich (2016) relataram a morte de dois jovens oficiais africanos, durante um curso de treinamento sob “condições extremas” nos Alpes franceses, após serem submetidos a uma violenta tempestade a 2000 m de altitude durante 14 h com chuva, neve, e ventos com velocidade superiores a 80 km/h.

O estudo de Wijerathne (2016) descreveu o acometimento de um militar por rbdomiólise após uma marcha de aproximadamente 15 Km de distância, atividade está extremamente comum e corriqueiramente realizada qualquer indivíduo do meio civil.

Já os principais fatores desencadeadores de rabdomiólise são temperaturas elevadas, anestésicos, relaxantes musculares, drogas, álcool e exercício físico, sendo este último o mais comum (SCALCO, 2015). Mesmo sendo classificada como uma das principais causas para o desenvolvimento da síndrome, somente 2 estudos da presente revisão, o de Wijerathne (2016) e Perich (2016) relataram a temperatura do ambiente no momento da prática que culminou com o desenvolvimento da síndrome.

Os relatos de casos de militares que apresentaram rabdomiólise na presente revisão sistemática ocorreram após estímulos de exercícios físicos, exercícios de combate ou manobras durante os cursos operacionais. Sabendo que a amostra em questão é constantemente vítima da síndrome, torna-se oportuno uma investigação mais aprofundada sobre as particularidades e especificidade das atividades militares. A qualidade, o tipo e a quantidade de material utilizado, o período e a indicação ou não de quais substâncias utilizar e o monitoramento constante do dano muscular gerado pela atividade foram alguns dos fatores descritos como determinantes para o desenvolvimento da síndrome em militares.

CONCLUSÃO

Os relatos de casos de militares que apresentaram rabdomiólise na presente revisão sistemática sustentam a afirmação de que esta síndrome continua sendo um problema durante os períodos de treinamento militar ou treinamento físico no ambiente militar.

Nos estudos, foi possível identificar alguns fatores que contribuíram para o desenvolvimento da síndrome tais como o estímulo de exercício físico realizado em níveis próximos ao limite máximo de esforço e a utilização de substâncias, como suplementos alimentares para atender a demanda gerada pelo esforço físico extenuante, que pode causar sobrecarga renal.

Por outro lado, poucos estudos apresentaram informações relevantes sobre o nível de hidratação durante as atividades, temperatura ambiente e quantidade de peso dos equipamentos utilizados durante as manobras militares relevantes para o surgimento da síndrome.

Conhecendo melhor o perfil dos casos de rabdomiólise, comandantes e gestores de aptidão física poderiam utilizar este conhecimento em seus programas de prevenção da rabdomiólise. Dessa forma, recomenda-se que os futuros estudos apresentem propostas de planejamento físico com descrição da carga do equipamento, nível de hidratação e controle da

temperatura externa em que serão realizados os exercícios. Além disso, sugere-se investigar métodos não invasivos para o diagnóstico preventivo de rhabdomiólise.

REFERÊNCIAS

ATIAS-VARON, D.; SHERMAN, H.; YANOVICH, R.; YUVAL HELED, Y. Rhabdomyolysis After Crawling Military Training. **Military medicine**, v. 182, n. 7, p. 1948-1952, 2017.

BANFI, G.; COLOMBINI, A.; LOMBARDI, G.; LUBKOWSKA, A. Metabolic markers in sports medicine. **Advances in Clinical Chemistry**, v. 56, n. 1, p. 1-54, 2012.

BRASIL. Exército Brasileiro. Portaria nº 129, de 11 de março de 2010. Normas Para Procedimento Assistencial Em Rhabdomiólise No Âmbito Do Exército (EB30-N-20.001). **Boletim do Exército**, Brasília, DF, 13 jul. 2012. p. 09-13.

BUNGE, P. D.; FRANK, L. L. A Case of Refeeding Syndrome in a Marine Recruit. **Military medicine**, v. 178, n. 4, p. 511-515, 2013.

BYWATTERS, E. G. L.; BEALL, D. Crush injuries with impairment of renal function. **British Medical Journal**, v. 1, n. 4185, p. 427-432, 1941.

CAROL, M. L. Hydroxycut Weight Loss Dietary Supplements: A Contributing Factor in the Development of Exertional Rhabdomyolysis in Three U.S. Army Soldiers **Military medicine**, v. 178, n. 9, p. 1039-1042, 2013.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). Energy drink consumption and its association with sleep problems among U.S. service members on a combat deployment. **Morbidity and Mortality Weekly Report**, v. 61, n. 44, p. 885-888, 2012.

CHEVION, S.; MORAN, D. S.; HELED, Y.; SHANI, Y.; REGEV, G.; ABBOU, B. Plasma antioxidant status and cell injury after severe physical exercise. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n. 9, p. 5119-5123, 2003.

COHEN, P. A.; ATTIPOE, S.; TRAVIS, J.; STEVENS, M.; DEUSTER, P. Caffeine content of dietary supplements consumed on military bases. **JAMA Internal Medicine**, v. 173, n. 7, p. 592-594, 2013.

EICHNER, R. E. Exertional Rhabdomyolysis Stays in the News. **Current Sports Medicine Reports**, v. 15, n. 6, p. 378-379, 2016.

EQUATOR network. *Enhancing the QUALity and Transparency Of health Research*. Oxford: University of Oxford. Disponível em: < www.equator-network.org >. Acesso em: 10 jan. 2019.

FERSTER, K.; RANDY EICHNER, E. Exertional sickling deaths in army recruits with sickle celltrait. **Military medicine**, v. 177, n. 1, p. 56-59, 2012.

GIANNOGLOU, G; CHATZIZISIS, Y; MISIRLI, G. The syndrome of rhabdomyolysis: Pathophysiology and diagnosis. **European Journal of Internal Medicine**, v. 18, n. 2, p. 90-100, 2007

GLASER, J.; ZEMAN, J.; NOBLE, S.; FERNANDEZ, N. CAVH in the Combat Environment: A Case Report and Lessons Learned in Southern Afghanistan. **Military Medicine**, v. 183, p. 40-44, 2018.

HALL, A.; PARKS, R. Exertional Rhabdomyolysis in an Austere Deployed Setting. **Military medicine**, v. 182, n. 11, p. 2092-2094, 2017.

HARRISON, J. M.; WUERDEMAN, M. F. Sickle Cell Trait Complicated by Acute Rhabdomyolysis in Military Personnel: A Case Report. **Military Medicine**, v. 180, n. 8, p. 933-935, 2015.

HILL, O. T. et al. Rhabdomyolysis in the US Active Duty Army, 2004-2006. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 44, n. 3, p. 442-449, 2012.

JOEL, J.; GAGNIER, J. J.; KIENLE, G.; ALTMAN, D. G.; MOHER, D.; SOX, H.; RILEY, D.; and the CARE Group. The CARE Guidelines: Consensus-Based Clinical Case Reporting Guideline Development. **Global Advances in Health and Medicine**, v. 2, n. 5, p. 38-43, 2013.

KHAN, F. Rhabdomyolysis: a review of the literature. **The Netherlands Journal of Medicine**. v. 67, n. 9, p. 272-283, 2009.

KNOCHEL, J. Rhabdomyolysis and myoglobinuria. **The Annual Review of Medicine**, n. 33, p. 445-443, 1982.

LIEBERMAN, H. R.; STAVINOHA, T. B.; MCGRAW, S. M.; WHITE, A.; HADDEN, L. S.; MARRIOTT, B. P. Use of dietary supplements among active-duty US Army soldiers. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 92, n. 4, p. 985-995, 2010.

LIBERATI, A.; ALTMAN, D. G.; TETZLAFF, J.; MULROW, C.; GÖTZSCHE, P. C.; IOANNIDIS, J. P. et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. **Annals of internal medicine**. v. 151, n. 4, p. 65-94, 2009.

MAGALHÃES, A. A. F. *Insuficiência Renal aguda em militares submetidos a esforços físicos extenuantes*. 2008. 17f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais do Serviço de Saúde) - Especialização em Aplicações Complementares às Ciências Militares, Escola de Saúde do Exército, Rio de Janeiro, 2008.

MCDONALD, L. S.; MITCHELL, R. J.; DEATON, T. G. Bilateral Compartment Syndrome of the Anterior Thigh Following Functional Fitness Exercises: A Case Report. **Military medicine**, v. 177, n. 8, p. 993-996, 2012.

MCMAHON, P. J. *Medicina do Esporte*: 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

O' CONNOR, F. G.; WILLIAMS, A. D.; BLIVIN, S.; HELED, Y.; DEUSTER, P.; FLINN, S. D. Guidelines for return to duty (play) after heat illness: a military perspective. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 16, n. 3, p. 227, 2007.

OH, R. C.; ARTER, J. L.; TIGLAO, S.M.; LARSON, S. L. Exertional Rhabdomyolysis: A Case Series of 30 Hospitalized Patients. **Military Medicine**, v. 180, n. 2, p. 201-207, 2015.

PARDINI, H. *Manual de Exames*. 1. ed. Minas Gerais. 2016.

PARR, J. J.; CLARK, et al. Residual Impact of Previous Injury on Musculoskeletal Characteristics in Special Forces Operators. **The Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 3, n. 11, p. 01-17, 2015.

PERICH, P.; TUCHANT, L.; BARTOLI, C.; LEONETTI, G.; PIERCECCHI-MARTI, M. D. Death from Hypothermia during a Training Course under "Extreme Conditions": Related to Two Cases. **Journal of Forensic Sciences**. v. 61, p. 2, 2016.

PROSPERO. *International prospective register of systematic reviews Systematic review on measures of the school food environment*. Centre for Reviews and Dissemination, University of York, York, UK. Disponível em: <<https://www.crd.york.ac.uk/prospero/>>. Acesso em: 5 jun. 2019.

QUATTRONE, R. D.; EICHNER, E. R.; BEUTLER, A.; ADAMS, W. B.; O'CONNOR, F. G. Exercise collapse associated with sickle cell trait (ECAST): Case report and literature review. **Current Sports Medicine Reports**, v. 14, n. 2, p. 110-116, 2015.

RABELO, I. B.; DIAS DOS SANTOS, C. P.; CALDEIRA, E. M.; NÓBREGA, F. A. J.; MARTINS, F. F.; RIBEIRO DE SOUZA, M.; FERREIRA, M. M.; RODRIGUES, M. S. O.; MACHADO, R. D.; JUSTIMIANO, T. Rabdomiólise com Altos Níveis de Creatinofosfoquinase, sem Evolução para Insuficiência Renal. **Revista da Sociedade Brasileira de Clínica Médica**, v. 14, n. 1, p. 38-40, 2016.

ROSA, N. G, et al. Rabdomiólise - artigo de revisão. **Acta Médica Portuguesa**, n. 1, p. 271-281, 2005.

SCALCO, R. S. et al. Rhabdomyolysis: a genetic perspective. **Orphanet Journal of Rare Diseases**, v. 2, p. 51, 2015.

SAGUIN, E.; KEOU, S.; RATNAM, C.; MENNESSIER, C.; DELACOUR, H.; LAHUTTE, B. Severe rhabdomyolysis induced by quetiapine and mirtazapine in a French military soldier. **Journal of the Royal Army Medical Corps**, v. 164, n. 2, p. 127-129, 2018.

SCHMIDT, T. W.; GARFINKLE, M.; BATTAFARANO, D. F. Rash and Elevated Creatine Kinase in a Deployed Soldier. **Military Medicine**, v. 179, n. 2, p. 245-249, 2014.

UCHOA, R. B.; FERNANDES, C. R. Rabdomiólise induzida por exercício e risco de hipertermia maligna. Relato de caso. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 53, n. 1, p. 63-68, 2003.

U.S.ARMED FORCES. Update: Exertional rhabdomyolysis, active component. 2011. **Medical Surveillance Monthly Report**, v. 19, n. 3, p. 17-90, 2012.

U.S. ARMED FORCES. Update: Heat injuries, active component, 2016. **Medical Surveillance Monthly Report**, v. 24, n. 3, p. 09-13, 2017.

WIJERATHNE, B. T. B.; PILAPITIYA, S. D.; VIJITHARAN, V.; FARAH, M. M. F.; WIMALASOORIYA, Y. V. M.; SIRIBADDANA, S. H. Exertional heat stroke in a young military trainee: is it preventable? **Military Medical Research**, v. 3, p. 8, 2016.

3 ESTUDO 3 RELAÇÃO ENTRE A IMAGEM TERMOGRÁFICA, A TEMPERATURA AMBIENTE E MARCADORES BIOQUÍMICOS EM MILITARES COM RABDOMIÓLISE DURANTE O CURSO OPERACIONAL DO BATALHÃO DE AÇÕES COM CÃES DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

RESUMO

Objetivo: O levantamento teórico descrito neste estudo corrobora com a ideia de que toda e qualquer atividade física deve respeitar princípios básicos, como o controle da relação volume e intensidade, nível de hidratação e saúde do praticante. O objetivo do estudo em tela é desvendar a possível relação existente entre a temperatura corporal/ambiental e marcadores bioquímicos em militares acometidos com rabdomiólise durante o curso operacional do Batalhão de Ações com Cães da polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro. Correlacionando resultados, com a finalidade de sugerir um método minimamente invasivo para se identificar precocemente o dano muscular e conseqüentemente a evolução para rabdomiólise. **Métodos:** A amostra foi composta por 49 indivíduos do sexo masculino e um do feminino, com faixa etária entre 20 e 40 anos, selecionados para o 23º Curso de Condutores de Cães para Emprego Policial II/2019 (CCCEP-II/2019) da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro. Foram realizadas 09 dias de coletas, sendo 01 na apresentação para curso, 08 coletas ao longo dos 38 dias até o término do curso. Os dados coletados foram o peso, a estatura, a circunferência abdominal, a imagem termográfica e a urina. Foram excluídos do estudo os militares que, durante o curso, foram desligados por qualquer motivo que não relacionados a intercorrências clínicas (vontade própria e/ou insuficiência técnica). **Resultados:** A correlação sustentada sobre seis pilares, a temperaturas (ambiente e corporal através de imagem termográfica), densidade/cor da urina (mioglobínúria), sintomas clínicos e físicos. Apresentou diferença significativa na redução da massa corporal, circunferência abdominal e índice de massa muscular (IMC) em todos os militares concludentes do curso. A temperatura corporal aferida através de câmera termográfica e ambiental, não demonstraram nenhuma relação ou diferença estatística quando comparadas com outras variáveis. A escala subjetiva de esforço, Borg, apresentou diferença significativa entre a média do primeiro dia de curso e o último. A densidade apresentou valores não confiáveis para aferir a hidratação dos militares, entretanto a quantificação da cor em número apresentou forte indício de identificação de acometimento do sistema excretor. **Conclusão:** Uma tropa de elite operacional militar, exige um elevado

nível técnico, físico e psicológico em sua formação. Visto isso se faz necessária a adequação de métodos, que objetivem a formação sem que haja o acometimento do militar por rhabdomiólise. Dos métodos pesquisados, a termografia se mostrou ser um teste de difícil aplicabilidade. A urina se apresentou como um método fácil e com potencial eficaz para a detecção e monitoramento da síndrome pela facilidade da coleta, armazenamento e análise. O uso de fita de cor e da densidade, através da refratometria, não apresentou serem métodos confiáveis para a afirmação de desidratação, dano muscular e alteração do sistema excretor. A variação de cor é muito maior do que a variação de densidade e isso mostra a baixa sensibilidade da refratometria para o desfecho fisiopatológico de rhabdomiólise.

Palavras-chave: rhabdomiólise, termografia, cursos operacionais militares, cor da urina, densidade da urina.

INTRODUÇÃO

As primeiras referências à rabdomiólise podem ser encontradas no Antigo Testamento, onde são relatados casos muito sugestivos de miólise entre a população hebraica, após o consumo de codornizes alimentadas com plantas de cicuta, situação que ocorre ainda hoje na bacia do Mediterrâneo. Encontram-se também referências, na literatura científica alemã, de casos de esmagamentos seguidos de insuficiência renal, durante a primeira Guerra Mundial. No entanto a primeira descrição moderna de rabdomiólise foi feita de forma casual como “crush syndrome”, e data de 1941 durante a II Guerra Mundial, quando quatro de soldados vítimas de lesão muscular secundária e esmagamento de membros apresentaram insuficiência renal aguda e óbito durante a primeira semana após o fato (BYWATERS; BEALL, 1941; MILLER, 2000).

A rabdomiólise é uma síndrome caracterizada pela lesão das células musculares esqueléticas e necrose muscular seguida pela liberação de conteúdo muscular, toxinas produzidas pelos miócitos, tal como a mioglobina, na circulação. A partir de então esse conteúdo extravasa para circulação sanguínea, atingindo os órgãos que farão a eliminação desses componentes (RAWSON; CLARKSON; TARNOPOLSKY, 2016; TORRES-LEÓN, 2016). O risco mais letal consiste na possibilidade desse quadro evoluir à falência renal grave (HUERTA-ALARDIN; VARON; MARIK, 2005).

Em muitas situações ocorre por esforço, em resposta a exercícios não familiares e / ou excessivos, prolongados ou repetitivos, com características excêntricas (RAWSON; CLARKSON; TARNOPOLSKY, 2016). Assim, devido à morbimortalidade associada à rabdomiólise, a melhor intervenção seria a prevenção (CHAVEZ et al., 2016).

O quadro clínico comum de rabdomiólise é caracterizado por uma tríade clássica: mialgia, astenia e urina escura, além de aumento da creatinaquinase (CK) (MILLER, 2019). A CK é o principal marcador da rabdomiólise, sendo altamente sensível, mas não específico (TORRES-LEÓN, 2016). A dosagem de mioglobina ou mioglobinúria é menos sensível que a dosagem de creatinaquinase (CK) para diagnosticar a rabdomiólise (HONG et al., 2014). No entanto, é a primeira substância muscular a se elevar e também a primeira que contribui para o dano renal (HPS2-THRIVE, 2013; DAHER HONG et al., 2005; ZIMMERMAN; SHEN, 2013). Os níveis de CK se elevam a partir de 12 a 24 horas da injúria, com picos entre 1 e 3 dias, e declínio após 3 a 5 dias da cessação da lesão muscular (HPS2-THRIVE, 2013,11). Já a

mioglobínúria pode desencadear lesão renal aguda nefrotóxica, mas raramente, aproximadamente 11% é a manifestação inicial da doença (HONG et al., 2014).

Dentre as principais causas de rabdomiólise, destacam-se defeitos genéticos (alterações da glicólise ou glicogenólise, no metabolismo lipídico, nas mitocôndrias, na glicose-6-fosfato desidrogenase), miopatias metabólicas como doença de McArdle e distrofias musculares, e miopatias inflamatórias (Poliomiosite e Dermatomiosite). Alterações eletrolíticas e endócrinas também podem levar ao desenvolvimento da síndrome como hiponatremia, hipernatremia, hipocalemia, hipofosfatemia, hipocalcemia, cetoacidose diabética, hipotireoidismo e hipertireoidismo. Além dessas causas citadas anteriormente, a rabdomiólise pode apresentar fortes relações com hipóxia muscular (compressões nos membros inferiores em situações de imobilização prolongado e ou perda da conscientização) e exercícios físicos intensos e prolongados entre outras (QUINLIVAN et al., 2009).

Segundo o Exército brasileiro, associada grande parte dos casos de rabdomiólise no âmbito da Força é causada por atividade muscular excessiva, associada ou não à alteração de temperatura corporal nos dois extremos: hipertermia e hipotermia (BRASIL, 2012).

Como ciência médica, a termologia foi, primeiramente, documentada em 400 a.C. por Hipócrates que desenvolveu a teoria de que “Em qualquer parte do corpo, se houver excesso de calor ou de frio, a doença existe e é pra ser descoberta.” Tal consideração pode ser verificada nas afirmações de Grossklaus et al. (1985) que “se uma parte do corpo está mais quente ou mais fria do que o restante, então a doença está presente naquela parte”.

Em 1950, o exército americano aplicou os princípios da termologia no desenvolvimento de projetos de defesa militar, na tentativa de capturar informações de temperatura, usando câmeras de imagem infravermelha. Estes dispositivos modernos revolucionaram a ciência e rapidamente substituíram muitas das formas mais primitivas de medição de temperatura, tais como termômetros de contato e termometria de cristal líquido (ROGALSKI, 2011).

A termografia infravermelha é um instrumento de análise não invasiva e não radioativa capaz de analisar funções fisiológicas relacionadas ao controle da temperatura da pele, importante órgão na regulação da temperatura corporal (MERLA et al., 2010).

A termografia é reconhecida com método diagnóstico pela *American Medical Association* desde 1987. Este método envolve a detecção de radiação infravermelha emitida pela pele e proporciona a análise das funções fisiológicas relacionadas com o controle da temperatura da pele de forma não invasiva, sem expor o paciente a qualquer tipo de radiação (HILDEBRANDT; RASCHNER; AMMER, 2010).

Com o avanço tecnológico das câmeras infravermelhas nos últimos anos, a termografia tornou-se um instrumento de medida eficaz no diagnóstico de patologias. Existem várias aplicações da termografia no campo da medicina. São elas: distúrbios neurológicos, reumatológicos, musculares, dermatológicos, doenças vasculares, patologias urológicas, ginecológicas, ortopédicas e na Medicina Esportiva (DIAKIDES; BRONZINO, 2008; HILDEBRANDT; RASCHNER; AMMER, 2010).

A temperatura corporal é controlada pelo hipotálamo. Os três principais fatores que determinam sua variação são: taxa metabólica basal, atividade orgânica específica e atividade muscular. Durante o exercício, o corpo humano é desafiado a regular a temperatura do núcleo para evitar o superaquecimento devido a produção de calor de contração dos músculos. No início do exercício, há uma vasoconstrição cutânea devido ao aumento do fluxo sanguíneo no músculo ativo, mas à medida que o exercício é prolongado e a temperatura do núcleo aumenta, os mecanismos regulatórios centrais causam vasodilatação e dissipação de calor através da pele (MILLER, 2000; RAWSON; CLARKSON; TARNOPOLSKY, 2016; TORRES-LEÓN, 2016; HUERTA-ALARDIN; VARON; MARIK, 2005; CHAVEZ et al., 2016).

Estando as algias relacionadas com processos inflamatórios e admitindo que a inflamação gera calor Kitchen; Young et al. (2009), supõe-se que o nível inflamatório pode ser avaliado através da medida da temperatura. Para isso, pode-se utilizar a Termografia, uma técnica não-invasiva que mede a quantidade de radiação infravermelha emitida pelos corpos e fornece o valor da temperatura superficial dos mesmos (UCHOA; FERNANDES, 2003).

A lista de causas e que podem culminar com a rabdomiólise ainda está em franca expansão com o relato de novos casos. A dificuldade de detecção sem que sejam realizados exames de características invasivas como os laboratoriais, faz com que muitos segmentos, como atletas e praticantes de atividade física sejam acometidos. Um grupo bastante suscetível é o dos militares, já que parte de sua rotina de treinamento é constituída por longas caminhadas e treinamentos extenuantes e em terrenos hostis, muitas vezes sem recursos apropriados (CHEVION et al., 2003).

O Centro de Vigilância Sanitária das Forças Armadas dos Estados Unidos é responsável por manter atualizados dados como, taxas, tendências, fatores de risco e locais das ocorrências de lesões por esforço e calor, incluindo rabdomiólise por esforço. Segundo relatórios, em 2012, ocorreram 402 episódios de rabdomiólise devido a esforço físico e/ou estresse por calor ("rabdomiólise por esforço") entre os membros da corporação. A maior incidência esteve

entre negros, menores de vinte anos, recrutas e nos militares de ocupações específicas de combate (AFHSC, 2003).

Um estudo revisou os trinta casos de rabdomiólise por esforço em membros militares associados a vários tipos de exercícios intensos (incluindo exercícios de alta intensidade como Crossfit e P90x), artes marciais, treinamento em campos de treinamento e exercícios intensos focados nas partes superior e inferior do corpo. Este estudo também observou que 17% dos pacientes usaram suplementos de desempenho de algum tipo antes do incidente (HAMER, 1997).

A rabdomiólise está associada as situações de desempenho de exercício físico extenuante como o treinamento militar, maratonas etc. (BRASIL, 2012). Nesse sentido, as forças militares do Brasil têm dado atenção especial ao assunto. O Exército Brasileiro, por meio da Portaria nº 129, de 11 de março de 2010, publicou a diretriz para a implantação do Programa de Prevenção e Controle da Rabdomiólise Induzida por Esforço Físico e pelo Calor (BRASIL, 2012). A Polícia Militar do Rio de Janeiro (PMERJ), através da diretoria geral de saúde, tem demonstrado bastante interesse ao assunto.

A Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ) tem como função primordial, o policiamento ostensivo e a preservação da ordem pública no Estado do Rio de Janeiro, sendo uma das forças militares deste estado brasileiro (BRASIL, 1988). Os militares de grupos operacionais da PMERJ precisam estar com o condicionamento físico em níveis elevados para executar suas atividades da forma mais plena possível, uma vez em que batalhões operacionais especiais só são acionados nos casos em que houver grave perturbação da ordem e em que se esgote a capacidade operativa da tropa ordinária local, comprometendo a segurança dos policiais e da população. São eles: O Batalhão de Policiamento de Choque (BPChoque), Batalhão de Operações Especiais (BOPE), Batalhão de Ações com Cães (BAC) e Grupamento Aéreo Marítimo (GAM) e exigem um elevado nível físico para ingresso aos mesmos, além de teste de aptidão física, exames laboratoriais e psicológicos. Dessa forma, a prevenção é importante para se evitar casos de rabdomiólise.

O Batalhão de Ações com Cães (BAC), foi criado no dia no dia 18 de outubro de 2011, oriundo de outros batalhões, com início em 11 de maio de 1955, que já promoviam o emprego de cães para o uso policial. Possui como objetivo geral, desenvolver as aptidões necessárias ao exercício da função policial militar dentro de uma patrulha de operações com cães e habilitar o combatente a conduzir um cão policial em meio as mais diversas adversidades. Desta forma, contribuindo para que a segurança pública possa contar com o emprego de cães diuturnamente no estado (PMERJ, 2002; PMERJ, 2011).

O levantamento teórico descrito neste estudo corrobora com a ideia de que toda e qualquer atividade física deve respeitar princípios básicos, como o controle da relação volume e intensidade, nível de hidratação e saúde do praticante. Até o momento a literatura é unânime em demonstrar a relação direta que existe entre os casos de rabdomiólise diagnosticados e as atividades físicas de alta intensidade e em temperaturas extremas. Aceito que é relevante e necessário, identificar, analisar e controlar marcadores mais eficientes de intensidade da atividade física, com vistas à prevenção da síndrome, o objetivo do estudo em tela é desvendar a possível relação existente entre a temperatura corporal / ambiental e marcadores bioquímicos em militares acometidos por rabdomiólise durante o 23º Curso de Condutores de Cães para Emprego Policial II/2019 (CCCEP-II/2019) do Batalhão de Ações com Cães da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro. Culminando, através da correlação dos resultados, sugerir um método menos invasivo que os marcadores do plasma para se identificar precocemente o dano muscular e conseqüentemente a evolução para rabdomiólise e falência renal.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo se caracteriza como uma pesquisa de campo, de caráter quantitativo e descritivo, aprovado pelo Comitê de Ética da Pesquisa CAAE Nº 95856318.0.0000.5259, com o parecer Nº 2.940.992. A pesquisa não constou de nenhum dado que identificasse os indivíduos e que lhe causasse algum constrangimento.

Participaram deste estudo, sob assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido voluntariamente, 50 militares, 49 do sexo masculino e 01 do sexo feminino, habilitados a iniciarem o 23º Curso De Condutores De Cães Para Emprego Policial II/2019 do Batalhão de Ações com Cães da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro. Após processo de seleção contou com 500 militares, com faixa etária entre 20 e 40 anos.

Foram realizadas 08 dias de coletas, sendo 01 na apresentação para curso, 07 coletas ao longo dos 38 dias até o término do mesmo, sempre após a prática de educação física e a última, 01 dia antes da formatura.

O critério de inclusão do estudo foi militar ter logrado êxito em ocupar uma das 50 vagas disponíveis após o certame abaixo descrito que é eliminatório e classificatório:

- Teste de Habilidade Específica → Buscar a mínima e natural relação entre o homem e seu objeto de trabalho, o cão. Além de conhecimentos básicos sobre o mesmo, como por exemplo, o sexo (PMERJ, 1997).

- Avaliação na Inspeção de Saúde → Exames clínicos, laboratoriais e psicológicos que visam atestar que o militar está em plenas condições de saúde (PMERJ, 1997).

- Avaliação no Teste de Aptidão Física → Os combatentes serão avaliados e ranqueados por nota nas modalidades de puxada na barra fixa, corrida de 12 minutos, abdominal, subida na corda vertical e transporte de carga (10 Kg) (PMERJ, 1997).

Foram excluídos do estudo os militares que durante o curso foram desligados por qualquer motivo que não forem relacionados à intercorrências clínicas, os que pediram desligamento por vontade própria e/ou, no caso de insuficiência técnica das instruções realizadas.

No primeiro dia, antes do início do curso, foram coletados de todos os combatentes o peso e a estatura, aferidos através de uma balança com régua (Filizola, modelo Balmak, Brasil), circunferência abdominal (trena antropométrica Cescorf - Brasil). A imagem termográfica (Flir C2 Education K), foi obtida com todos de busto nu, em repouso e sobre colchão, como seria se socorridos após qualquer intercorrência clínica, inconscientes ao hospital. Antes da avaliação, os sujeitos a serem avaliados permaneceram de 15 a 30 minutos no ambiente controlado, mantendo a temperatura e umidade da sala de avaliação em uma pequena faixa de variação ($24^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $50\% \pm 10\%$), evitando correntes de ar maiores do que $0,2 \text{ m/s}$ e com a área do corpo a ser avaliada descoberta, para fins de aclimação, pois se sabe que a temperatura da pele varia com a temperatura do ambiente (BANDEIRA et al., 2012; BANDEIRA et al., 2014). A máquina termográfica também era ligada em torno de 3 minutos antes da coleta, para aclimação e calibração da lente e do sensor. Os voluntários foram instruídos a não palpar, pressionar, esfregar ou coçar a pele em nenhum momento até que estivesse completado todo o exame termográfico (BANDEIRA et al., 2014).

Neste estudo, a referência da temperatura corporal foi, a temperatura máxima registrada no canto dos olhos (MET). O mesmo dispositivo foi usado para registrar todas as temperaturas em todas as coletas dos olhos, o que simplifica a metodologia usando um único instrumento de medição e evitando o erro padrão entre diferentes dispositivos (SOUZA et al., 2015). A temperatura corporal central foi indiretamente obtida pela medição do MET, mais especificamente no canto medial do olho. Essa é a área mais quente da face, onde artérias supraorbitais e supra-espinhais emergem para a testa, assim como ramos diretos da artéria oftálmica e da carótida interna, trazendo sangue quente do interior (hipotálamo), segundo pesquisa conduzida pelo Dr. Marc Abreu, um brasileiro que trabalha na Universidade de Yale. Esta área também é conhecida como túnel de temperatura do cérebro (BTT) (ABREU et al.,

2010; BRIOSCHI, 2011). O MET foi medido como um valor indireto mais próximo da temperatura corporal respectivamente central.

As 08 coletas subsequentes foram realizadas sempre na parte da manhã, quando os instrutores disponibilizavam o turno de acordo com as necessidades do curso. Foram aferidas a temperatura do globo úmido Wet Bulb Globe Temperature – WBGT de um termômetro de bulbo de Globo, modelo WBGT8778 da marca akso, duas horas antes da coleta, no momento da coleta e duas horas após a coleta. Termômetro que automaticamente exibe o resultado obtido através do resultado de uma fórmula. A fórmula usada para calcular o WBGT mostra a importância da temperatura de bulbo úmido na determinação do estresse por calor: $WBGT = 0,7 T_{bu} + 0,2 T_g + 0,1 T_{bs}$ (ACSM, 1996). Onde T_{bu} (Temperatura de bulbo úmido), T_g (Temperatura de globo negro) e T_{bs} (Temperatura de bulbo seco).

Os coletores de urina identificados com a numérica correspondente a cada indivíduo, eram dispostos em uma cartolina branca dividida em quadrantes numerados de 1 a 50. Os coletores eram retirados um a um por cada militar responsável pelo seu e durante a devolução, com o material, os militares separadamente e de forma individual ranqueavam sua percepção de esforço (BORG, 2000). Com todos os coletores cheios, 03 instrutores selecionavam as 03 urinas mais escura e/ ou com coloração anormal, figura 1. Os três militares o qual a urina pertencia eram separados para climatizar e posteriormente foram realizadas a temperatura central através da câmara termográfica, conforme protocolo descrito no primeiro dia de coletas (BANDEIRA et al., 2012; BANDEIRA et al., 2014).

Figura 1: Método de coleta e seleção de cor da urina



Na última coleta, foram coletados novamente os mesmos dados do primeiro dia de coletas, com exceção da temperatura central através da câmera termográfica, impossibilitada pela instrução de sobrevivência, que foi realizada em mata fechada sem nenhum recurso disponível. Participaram da última coleta, todos os combatentes ainda presentes no curso. Desta forma, foram aferidos o peso e a estatura, circunferência abdominal, saliva e a percepção de esforço das atividades do dia.

Todas as coletas de urina tiveram o nível de sedimentação analisadas logo após a coleta através de um Refratômetro manual Megabrix RHC-200/ATC.

A medição de cor da urina foi realizada através de um Espectrofotômetro para ELISA e software Skanlt. Fernandes et al. (2002) coloca que a colorimetria é a ciência da medição da cor. Através da colorimetria, a cor pode ser expressa de uma forma numérica, utilizando-se o espectrofotômetro para medição por reflectância de uma amostra. Esta forma numérica de se obter a cor é possível, desde que se trabalhe com valores padronizados quanto as fontes luminosas, geometrias de observação e sensibilidade média do olho humano (FERNANDES, 2002). A absorbância foi aferida com comprimento de onda, de 350 nm a 500nm (nanômetro) em passos de 1nm sem troca de filtro, sendo o valor da primeira utilizada como mensuração por este estudo por apresentar melhor desempenho para as amostras. Uma vez que o valor de

onda de 500nm é mais abrangente e aproveitaria de forma menos detalhada a quantidade da amostra coletada.

A análise estatística foi realizada no *StatisticalPackage for the Social Sciences (SPSS)*, versão 25. Foram realizadas a análise descritiva, média, desvio padrão, valores mínimos e máximos. Aplicados o teste de Shapiro-Wilk e Levene para obtenção da normalidade e a homogeneidade. O teste T-Student Pareado para a comparações intragrupos. A ANOVA oneway foi aplicada para verificar as possíveis diferenças entre as temperaturas corporais. O coeficiente de variação foi calculado para a análise de variação das medidas das variáveis de estudo. Com a utilização do programa GraphPad Prism 8.0, foi realizada Correlação de Spearman. O estudo admitiu o nível de $p < 0,05$ para a significância estatística.

RESULTADOS

Todos os militares envolvidos no estudo se apresentaram para o início do curso com massa corporal de $75,86 \pm 8,50$ Kg, estatura média de $1,73 \pm 0,05$ m, circunferência abdominal média de $81,7m \pm 6,8$ cm, índice de massa corporal (IMC) médio de $25,20 \text{ kg/m}^2 \pm 1,53 \text{ kg/m}^2$. A diferença na estatura média entre o início e o fim do curso ocorreu em razão da ausência de 12 militares que não obtiveram êxito em concluir o curso. Assim como no índice de massa corporal, que apesar da perda de peso dos combatentes foi acentuada pelas desistências ocorridas ao longo do curso.

Ao término dos 38 dias de curso, 38 militares lograram êxito em terminar, ou seja, houveram 12 não concludentes. Esses 38 militares apresentaram no início do curso massa corporal de $76,76 \pm 9,83$ Kg, estatura média de $1,74 \pm 0,06$ m, circunferência abdominal média de $81,7m \pm 6,9$ cm, índice de massa corporal (IMC) médio de $25,23 \text{ kg/m}^2 \pm 1,46 \text{ kg/m}^2$.

Ao final do curso esses 38 militares concludentes apresentaram: Massa corporal média foi de $73,81 \pm 6,93$ kg, estatura média de $1,74 \pm 0,06$ m, circunferência abdominal média de $79,6m \pm 4,06$ cm e índice de massa corporal médio de $24,27 \text{ kg/m}^2 \pm 1,65 \text{ kg/m}^2$. O Teste T pareado aplicados em todas as variáveis (massa corporal, estatura, circunferência abdominal e índice de massa corporal) em todos os 38 militares concludentes do curso das medidas coletadas no início do curso e ao final do curso, com os seguintes resultados:

- Massa Corporal * = Diferença significativa, P valor $< 0,05$, para perda de peso.
- Estatura = Igual, sem diferença.

▪ Circunferência Abdominal * = Diferença significativa, P valor < 0,05, para redução de medida.

▪ Índice de Massa Corporal (IMC) * = Diferença significativa, P valor < 0,05, para redução do índice.

Foram coletadas 370 amostras de urina, 370 valores de percepção de esforço, 21 amostras de saliva e 21 amostras de imagens termográficas.

O presente estudo buscou correlacionar todas as variáveis coletadas com indícios de acometimento por rabdomiólise sustentando as coletas sobre seis pilares, a temperaturas (ambiente e corporal através de imagem termográfica), densidade/cor da urina (mioglobínúria), sintomas clínicos e físicos.

A tabela 1 demonstra a relação entre a temperatura central do corpo, aferida através da câmera termográfica e a densidade da urina de todos os militares, concludentes do curso, que obtiveram a urina selecionada através da coloração visualmente alterada em relação à todos os outros militares.

Tabela 1. Análise entre a média da temperatura central corporal para diferentes faixas de densidades de urinas com coloração alterada

	N	Média	Desvio padrão	Coefficiente de Variação
Temperatura Central (°C) Início do Curso	21	36,80	0,45	0,01
Temperatura Central (°C) Urinas Com Densidade Entre 1005sg a 1030sg.	14	36,45	0,54	0,01
Temperatura Central (°C) Urinas Com Densidade Entre 1035sg a 1040sg.	7	36,87	0,38	0,01

P valor > 0,05

Temperatura Central (°C) Pré-teste = Temperatura aferida através de câmera termográfica, em repouso em todos os militares concludentes (14+7), antes do início do curso, em graus Celsius. Temperatura Central (°C) Urinas Com Densidade Entre 1005sg a 1030sg = Temperatura, em graus Celsius, aferida através de câmera termográfica, nos militares que apresentaram coloração a olho nu de urina alterada e densidade medida através de refratômetro durante todo curso. Temperatura Central (°C) Urinas Com Densidade Entre 1035sg a 1040sg =

Temperatura, em graus Celsius, aferida através de câmera termográfica, nos militares que apresentaram coloração a olho nu de urina alterada e densidade medida através de refratômetro durante todo curso.

A temperatura ambiente apresentou média de $24,75 \pm 4,46$ °C, durante as manhãs em que foram realizadas as coletas. A temperatura do globo úmido (WBGT) apresentou valor médio sempre na faixa 10 - 18,3°C.

A percepção subjetiva de esforço de Borg (2000), apresentou alteração com evolução crescente, entre o primeiro dia de coleta após atividade física e o penúltimo dia de curso, de acordo com o tabela 2.

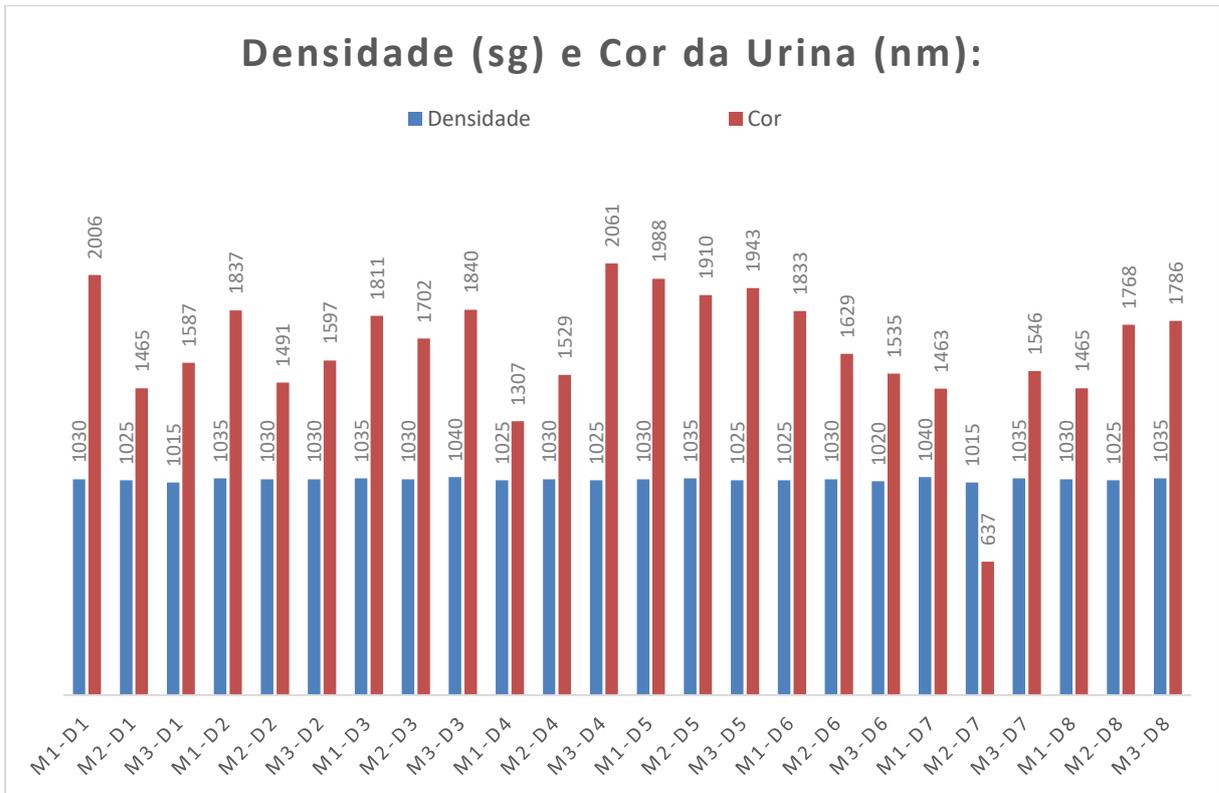
Tabela 2. Evolução da média da percepção de esforço dos 38 militares concludentes do curso

	26/jun. *	29/jun.	02/jul.	05/jul.	09/jul.	12/jul.	15/jul.	22/jul. *
Média	5,34 *	8,63	6,22	8,84	8,71	8,29	8,47	9,32 *
DP	1,15	1,57	1,27	1,13	1,06	0,98	1,01	0,62
CV	0,21	0,18	0,20	0,13	0,12	0,12	0,12	0,07

P valor < 0,05; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

O gráfico 1 ilustra a correlação encontrada entre a Cor, por absorbância em Nanômetro e a Densidade em Densidade Relativa da urina, em números de todos os militares que tiveram suas urinas selecionadas como uma das 3 mais alteradas pela cor a olho nu.

Gráfico 1. Correlação entre a cor e a Densidade da urina



Densidade da urina = Aferida através de refratômetro, nos militares que apresentaram coloração a olho nu de urina alterada durante todo curso. Cor da urina = Aferida através de espectrofotômetro, nos militares que apresentaram coloração a olho nu de urina alterada durante todo curso. M = Militar. D = Dia de coleta. Obs.: A casa decimal da Cor da urina foi subtraída para melhor visualização no gráfico.

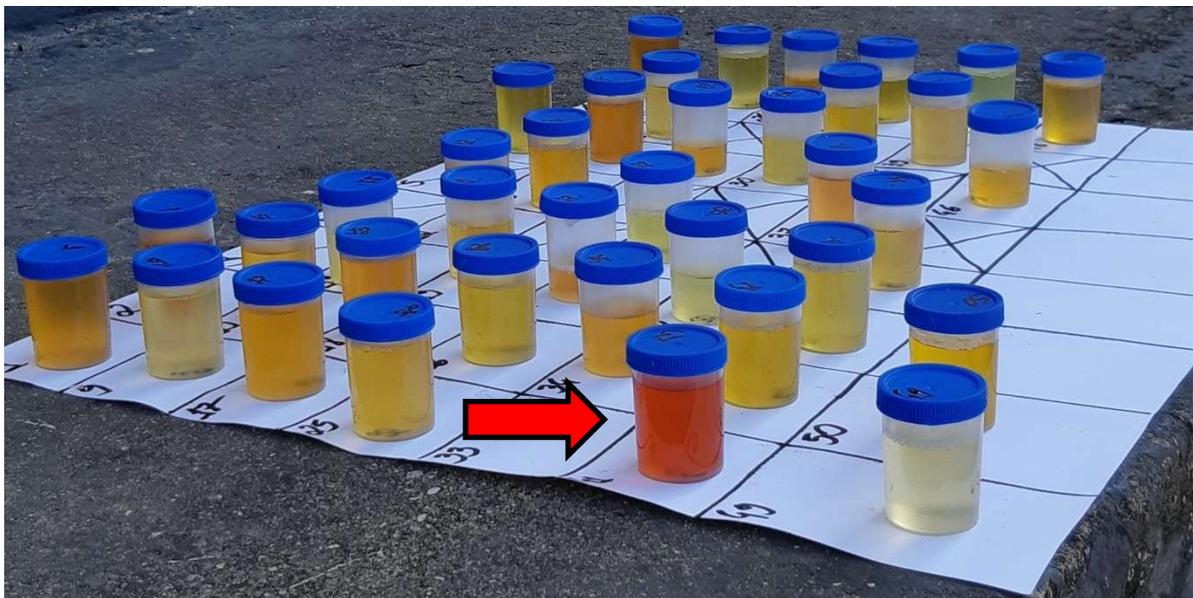
A figura 2 apresenta a relação visual entre a cor da urina e densidade com valores numéricos discrepantes, a da esquerda, mais clara com 1015sg de densidade e 1,587nm de absorvância e a da direita, mais escura com 1030sg de densidade e 1,812nm de absorvância.

Figura 2. Relação visual entre cor da urina e densidade



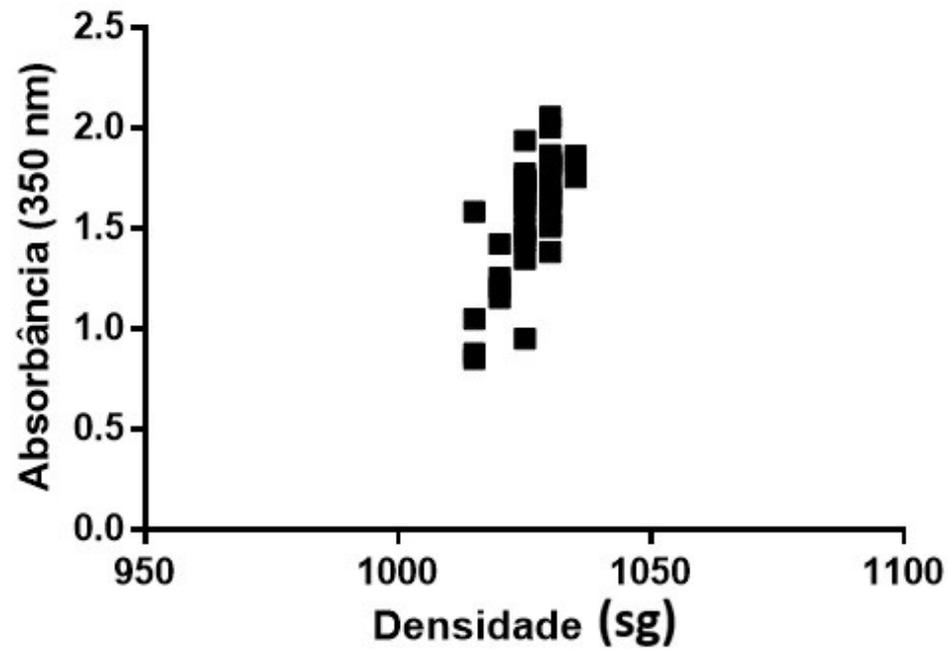
A figura 3 demonstra visualmente a urina com coloração mais alterada coletada dentre todas as 370 amostras, com 1025sg de densidade e 1,943nm de absorbância.

Figura 3. Urina com coloração mais alterada dentre as 370 amostras



O gráfico 2 ilustra a correlação encontrada entre a cor, por absorbância em Nanômetro e a densidade em densidade relativa da urina, através da correlação de Spearman, apresentando relação muito próxima ($r = 0,6173$; $p < 0,0001$)

Gráfico 2. Relação entre absorbância e densidade da urina



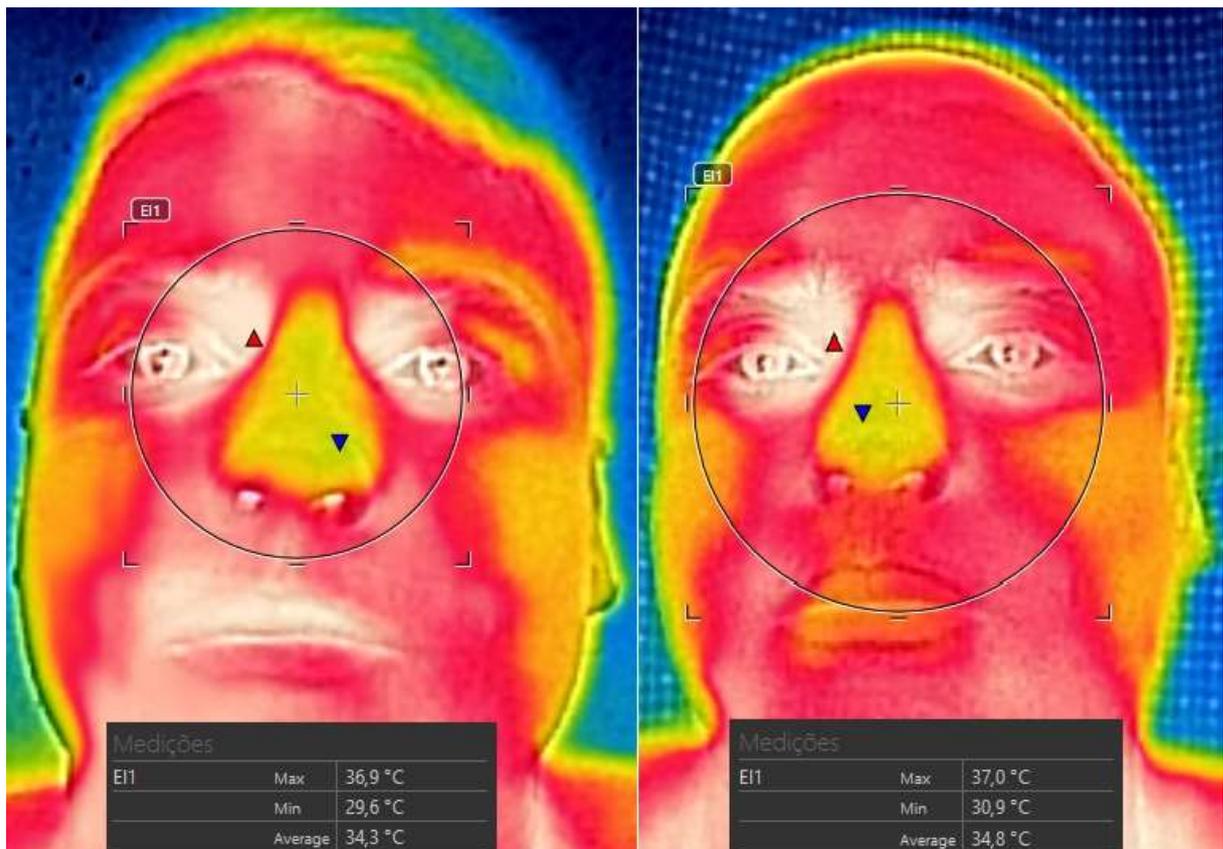
A figura 4 exibe a urina coletada do militar acometido por rabdomiólise, realizada aproximadamente 24h após a liberação hospitalar.

Figura 4. Urina do militar diagnosticado com rabdomiólise



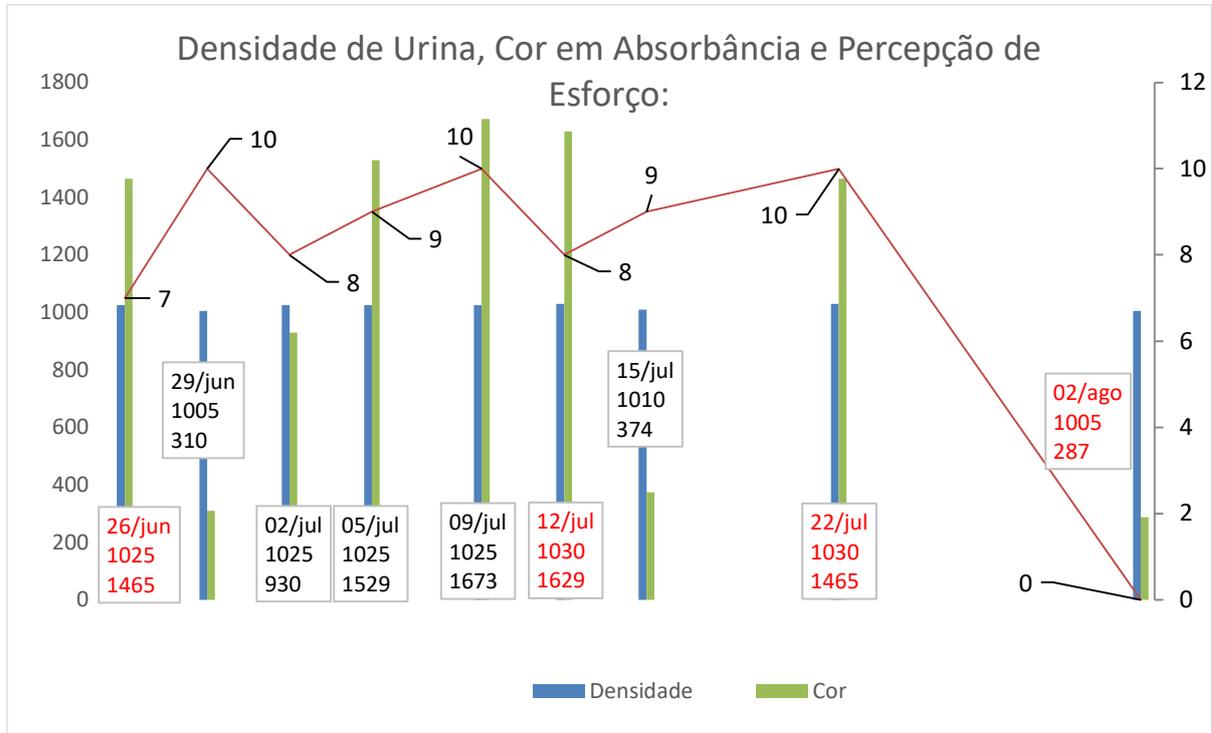
A figura 5 demonstra a comparação entre a temperatura corporal obtida através da câmera termográfica entre o primeiro dia de coleta, antes do início do curso e após o término do curso do militar acometido com rbdomiólise. Não apresentando diferença entre as temperaturas máximas registradas no canto dos olhos (MET), 36,9°C e 37,0°C.

Figura 5. Diferença entre a temperatura central do corpo, obtida através de câmera termográfica, do militar acometido por rbdomiólise no início e no final do curso



O gráfico 3 demonstra a relação entre a densidade da urina, a cor em absorbância (número) e a percepção subjetiva de esforço do militar acometido por rbdomiólise, durante todas as coletas realizadas. Tanto das que ele foi o selecionado por apresentar a coloração da urina mais alterada a olho nu, quanto não apresentou tal alteração.

Gráfico 3. Resultado da coleta de urina e percepção de esforço do militar acometido com rabdomiólise



DISCUSSÃO

O presente estudo buscou correlacionar todas as variáveis coletadas com indícios de acometimento por rabdomiólise, uma vez em que a própria literatura deixa uma lacuna muito vaga e confusa quando ao real diagnóstico da síndrome, muitas das vezes se referindo a mesma como “Hipertermia maligna” e “colapso pelo calor esforço induzido” (LEE, 2017).

Síndrome em medicina descreve um estado mórbido caracterizado por um conjunto determinado de sinais e sintomas clínicos que podem ter causas diversas, mas, em geral, não conhecida e não é, pois, uma doença (ABCMED, 2019). Em sua definição por si só, uma síndrome, já demonstra sua complexidade em se chegar a um diagnóstico final pela grande variedade e desconexão entre os sintomas. Isso acontece com a rabdomiólise.

Em razão das condições de higiene precárias em que o curso discorre, levou-se em consideração a dificuldade em realizar exames mais invasivos como o de sangue durante as atividades do um curso operacional. Precavendo da possibilidade iniciar um grande foco de infecção. Em razão disso, correlacionamos as variáveis coletadas sobre seis pilares: As temperaturas (ambiente e corporal através de imagem termográfica), densidade/cor da urina

(mioglobínúria), sintomas clínicos e físicos. Uma vez que a maioria destas variáveis se sustentam figurando como causa principal de acometimento por rabdomiólise, em destaque, temos a temperatura do ambiente e a urina escura (RAMME et al., 2016). Conforme descrito por Miller et al. (2019) normalmente o quadro clínico comum de rabdomiólise é caracterizado pela tríade clássica de mialgia, astenia e urina escura. Assim a mialgia estaria maciçamente presente durante todo o curso, justificando o uso da escala de Borg (2000) para dor e esforço percebido com a finalidade de quantificar e analisar essa variável.

A temperatura corporal sofre bruscas alterações de temperatura, podendo facilmente levar a um mero estado febril ou um quadro de febre durante ou após a prática de exercício. Conforme sustentado por Kenney et al. (1998), a temperatura interna do corpo é mantida, tanto em clima quente quanto em clima frio, em torno de 37°C, variando, normalmente, em torno de 0,6 a 1,0°C; porém, variações maiores podem ser observadas com o exercício ou por estados anormais, como a febre.

Com o exercício contínuo, a temperatura do núcleo do corpo começa a subir. Quando a temperatura interna aumenta em direção a determinado limiar, um sistema regulador começa a estimular neurônios no sistema nervoso central. Esse desencadeamento de vasodilatação cutânea garante a transferência de calor metabólico do núcleo para a pele (CHARKOUDIAN, 2003).

Com a termografia, procuramos investigar a alteração anormal de temperatura em militares que tivessem qualquer alteração clínica durante o curso. Assim como o estudo de Ring et al. (2008) e Ring et al. (2013), que em duas oportunidades, descrevem um guia de identificação de febre em crianças polonesas utilizando imagens infravermelhas. Demonstrado através da existência de diferenças significativas nas imagens de pacientes com temperaturas normais e imagens de pacientes em estado febril.

Entretanto, mesmo com a eficácia da ferramenta na detecção de estado febril e febre através da imagem, no presente estudo, não foi observada relação entre o estado clínico fisiológico dos avaliados e a temperatura corporal. Uma vez que as alterações na coloração da urina, que seriam indícios de fadiga muscular excessiva, exaustão e desidratação não causaram aumento ou declínio significativo na temperatura central do corpo, realizadas no canto inferior dos olhos, através da câmera termográfica nos militares estudados.

Os militares concludentes do curso, que apresentaram a urina com coloração alterada a olho nu, tiveram também a temperatura central do corpo aferidas. Quando separados em dois grupos por densidade, o primeiro entre 1005 a 1030, o segundo entre 1035 a 1040 e comparados com a temperatura corporal central, mesmo com o coeficiente de variação em

0,01%, o que demonstra uma amostra homogênea, o valor de P extraído através do teste de ANOVA oneway, apresentou um nível de significância de $p \geq 0,05$ confirmando que não houve diferença significativa entre as temperaturas quando comparadas sobre diferentes situações de densidade de urina, tabela 01.

A percepção subjetiva de esforço mensurada, pelos 16 militares que tiveram suas urinas selecionadas por estarem com a coloração alterada ao longo de todo o curso, apresentou diferença significativa quando comparados o primeiro dia de coleta com o último dia de coleta, através do Teste T pareado, tabela 02. A escala demonstrou valores bastante incoerentes durante todo o curso, tal fato se deve por causa do estresse psicológico ao qual os militares são submetidos. Essa afirmação se confirma na medida em que o estímulo físico do primeiro dia de coletas foi uma corrida de 10km, com uma velocidade média de 10 Km/h à 11 Km/h, sob uma temperatura de 33°C. No último dia de coletas, o estímulo físico realizado foi o teste de aptidão física (TAF), teste de puxada na barra fixa, abdominais e corrida de 12 minutos, sob uma temperatura de 25°C. O volume, a intensidade do estímulo, bem como a temperatura registradas no primeiro dia de coletas foi muito superior ao último, todavia, mesmo com um volume muito menor, é pertinente ressaltar que o TAF sempre é executado em intensidade máxima, pois o militar precisa adquirir uma boa pontuação. Mesmo com essa especificidade o tamanho da diferença é muito grande para não pesar a aproximação do término do curso na percepção dos militares.

A temperatura do globo úmido (WBGT) é um tipo de temperatura aparente usada para estimar o efeito da temperatura, umidade, velocidade do vento e radiação visível e infravermelha em humanos (BARNARD; FOSS, 1969; STANLEY; CONNETT, 1991). Temperaturas extremas são um dos principais fatores contribuintes para o surgimento da rabdomiólise (SCALCO et al., 2015; WAPPLER et al., 2001; SEVER et al., 2002; BAPTISTA, 2011). A temperatura ambiente apresentou média de 24,75°C durante todas as atividades realizadas antes das coletas, com pico de baixa de 18° C e alta de 33° C. A temperatura do globo úmido apresentou valor médio na faixa 10 - 18,3°C, com valor de risco calculado e classificado através do Risco de Insolação por Esforço: $WBGT \leq 10^{\circ}C$ = Risco de hipotermia: Pode ocorrer EHS; $WBGT$ 10 até 18,3°C = Baixo risco de hipotermia ou hipertermia: pode ocorrer EHS; $WBGT$ 18,4 até 22,2°C = Perigo: maior risco de doença por calor; pessoas com alto risco devem ser monitoradas ou não competir; $WBGT$ 22,3 até 25,6°C = Perigo extremo: maior risco de hipertermia para todos; $WBGT \geq 27,9^{\circ}C$ = Risco extremo de hipertermia: Cancelar ou adiar o evento (BARNARD; FOSS, 1969; STANLEY; CONNETT, 1991).

Assim sendo a temperatura do ambiente não influenciou nos resultados obtidos no presente estudo. As temperaturas aferidas durante o curso dificilmente fariam com que o corpo atingisse perigosas temperaturas abaixo de 35°C ou acima de 41°C, dificultando assim a troca térmica necessária entre corpo e o ambiente, favorecendo o estresse térmico (KENNEY, 1998). Em nenhum militar avaliado termograficamente através da câmera, foram encontradas tais temperaturas.

A temperatura corporal, obtida através de câmera termográfica, todavia não se mostrou como uma ferramenta simples e de fácil aplicação em cursos operacionais militares, devido a minuciosa exigência de seu protocolo para obtenção da imagem, conforme descrito em materiais e métodos. Não demonstrando diferença significativa entre o início do curso e durante o curso nos militares que tiveram suas urinas selecionadas por estar com a coloração anormal.

A densidade urinária realizada através de refratômetros fornece informações preliminares sobre a capacidade renal de reabsorver seletivamente substâncias essenciais e água a partir do filtrado glomerular. Esta quantificação é influenciada pelo número e tamanho das partículas presentes na amostra (BASTOS, 2016). A urina apresenta como característica geral de normalidade, cor amarelo citrino; odor característico, aspecto límpido, densidade entre 1,005sg – 1,030sg e pH entre 4,5 – 7,8 (CHARKOUDIAN, 2003). O aspecto mais comum e fácil de apresentar alteração é a cor. Trazendo consigo possíveis causas de danos ao organismo como: Amarelo-claro a amarelo = Normal; Incolor = Muito Diluída; Amarelo escuro = Muito concentrada, bilirrubinúria; Vermelha a vermelho-amarronzada = Hematúria, hemoglobinúria, mioglobinúria; Esverdeada = Bilirrubinúria (NCCLS, 2001).

Conforme apresentado por Casa et al. (2000) os valores para determinar o estado de hidratação segundo a densidade da urina são: Hipohidratação = ≥ 1030 sg; Euhidratados = 1013 a 1029sg; Hiperhidratação = 1001 a 1012sg. O gráfico 01 ilustra a comparação entre a densidade e a cor em absorbância (número) dos 16 militares que tiveram suas urinas dentre as 3 selecionadas com a coloração mais escura a cada dia de coleta realizada durante todo o curso. Somente o militar 02 no 7º dia de coleta, apresentou urina com valor de absorbância menor que 1,300, igual a 0,637. O que demonstra uma certa homogeneidade da amostra ou uma faixa limítrofe para avaliação da coloração da urina. Entretanto a menor densidade encontrada em toda a amostra foi de 1005sg e a maior de 1040sg. Nos 16 militares apresentados no gráfico 01 a mais baixa foi de 1015sg e a maior de 1040sg, corroborando com a ideia de que a variação da densidade foi muito discrepante para uma faixa tão pequena de margem, não demonstrando assim ser um marcador confiável de predição para o

desenvolvimento da rabdomiólise. Foi observado que todas as urinas com densidade entre 1,005sg – 1,015sg estavam extremamente diluídas com coloração também fora do amarelado, quase se confundindo com água.

A urina, apesar de visualmente confundir, se mostrou um método interessante para aprofundar as pesquisas no tocante a se prevenir e controlar a rabdomiólise. Nem toda urina escura e/ou com coloração alterada, apresentou densidade alta, assim como nem toda urina de cor clara apresentou valor de sedimentação baixo, conforme ilustrado na figura 02. De todas as urinas coletadas, 86 apresentaram valor de sedimentação 1.030sg, limite máximo de referência. 13 urinas apresentaram valor de sedimentação de 1.035sg, acima do limite aceitável. E 02 apresentaram valor de 1.040sg já apresentando perigo ao sistema excretor. Em urinas muito concentradas e muito alcalinas pode haver resultados falsamente positivos para alteração da função renal. Estas podem ocorrer por diversos motivos, que vão desde uma simples desidratação até doença renal crônica (ALVES, 2004).

O presente estudo encontrou somente 01 urina “outlier”, em relação a cor saindo do tom amarelado, figura 03, coletada no dia 09/07/2019, que apresentou coloração avermelhada e valor de densidade de 1,025sg, após corrida de 14km com temperatura ambiente de 18°C. O militar em questão relatou não estar fazendo uso de nenhuma substância ou qualquer alteração importante, concluindo o curso com êxito. A coloração avermelhada e marrom da urina é denominada de mioglobinúria. E ocorre em razão das elevadas concentrações da proteína mioglobina, própria do meio intracelular do miócito, na urina, sendo o primeiro sinalizador de complicações renais e rabdomiólise (MAGALHÃES et al., 2018).

O gráfico 01 demonstra que a relação entre a densidade e a cor da urina em absorbância (número) é muito próxima, através da Correlação de Spearman. Contudo, em um segundo momento percebeu-se que na medida em que a densidade se altera a cor sofre uma alteração ainda mais brusca. Tal fenômeno se visualiza, quando separamos todas as urinas das 370 amostras com densidade limítrofe de 1030sg, denominada Hipohidratação = ≥ 1030 sg (CASA et al., 2000). A alteração em valores numéricos para essa densidade demonstrou valores bem significativos, todavia no dia 12/07/2019, quando os militares realizaram como estímulo físico, corrida de 10km e fortalecimento de CORE, para a mesma densidade de 1030sg a variação dos valores numéricos da cor foi de 45,54%. Isso demonstra que somente a análise da densidade não é um parâmetro confiável para se identificar um dano nas estruturas fisiológicas envolvidas no aparelho excretor, uma vez em que a variação de cor é muito maior do que a variação de densidade, além de mais confiável e fisiologicamente amparada através da mioglobinúria.

Cor a olho nu muito diferentes, valores de densidade muito diferentes, porém valores de cor próximos. Essa afirmação se ilustra na figura 01, que demonstra a relação visual entre a cor da urina e densidade com valores numéricos discrepantes, sendo a mais clara com 1015sg de densidade e 1,587nm de absorbância e a segunda com 1030sg de densidade e 1,812nm de absorbância. Quando se levanta a hipótese sobre qual método seria o mais confiável para o possível indício de dano muscular e conseqüentemente a sobrecarga do aparelho excretor, a literatura é unânime em destacar a coloração da urina, quando apresentam como comum o quadro clínico denominado de tríade clássica (mialgia, astenia e urina escura) (MILLER, 2019; MRKOBRADE; GNANAKUMAR, 2014; TORRES et al., 2015), uma vez em que não existe o dano sem que haja a alteração na coloração da urina.

Mecanismo fisiopatológico de causa da insuficiência renal, iniciado através da atividade física, vai causar liberação da mioglobina no plasma e conseqüentemente no sistema excretor, culminando com a mioglobinúria. Esse ciclo é constante e só é cessado através da hidratação com solução salina. (BETTER; STEIN, 1990; CASIMIRO-LOPES; COSTA, 2013). Conforme Yu et al. (2019) a diretriz da Sociedade brasileira de nefrologia para insuficiência renal aguda preconiza que em caso de mioglobinúria e hemoglobinúria, o uso de solução salina expansora, bicarbonato de sódio e manitol para redução da prevalência e a gravidade da lesão renal. Exemplificado na forma que segue:

O exercício agudo/excessivo pode levar também ao aparecimento de mioglobina no plasma, em resposta ao dano tecidual. O grupo heme da mioglobina plasmática, em estado férrico (Fe^{3+}), ao alcançar o rim, a Mb^{3+} passa por um ciclo redox atingindo o estado ferril ($[Fe^{4+}=O]^{2+}$) que possui afinidade e capacidade de gerar oxidação lipídica do epitélio renal (MOORE et al., 1998). Esta reação leva à formação de F₂-isoprostanos, um derivado tóxico gerado pela mobilização de ácido araquidônico dos fosfolipídios de membrana com capacidade vasoconstritora (COOPER et al., 2002). Por sua vez, essa vasoconstrição gera um ciclo vicioso, pois a isquemia causada diminui o pH sanguíneo (REEDER; WILSON, 2001). A reatividade da mioglobina é fortemente aumentada em valores de pH menores do que 7,0 favorecendo a insuficiência renal aguda (MOORE et al., 1998).

Não foi encontrado estudos pesquisas que investigue a rabdomiólise baseada principalmente através de somente a coloração da urina. Contudo a maioria faz a associação da cor com a desidratação (MANSOR et al., 2019), ou fazem a associação da densidade com a cor (ARMSTRONG et al., 1998). Todas as aferições de cor são realizadas através de uma fita de coloração de 8 cores, proposta por Armstrong et al. (1998), conhecida como “Urine Colour Chart”. Conforme percebeu-se no presente estudo, esse parâmetro parece não ser muito

confiável, uma vez que existe uma infinidade de tonalidades de cores entre uma cor e outra, fazendo com que diferenças entre tonalidades importantes no tocante a segurança de um militar que é levado ao limite do desgaste físico em um curso operacional, sejam ignoradas.

A ingestão abundante de água causa reidratação, todavia não faz com que o dano fisiológico causado pela falta ou diminuição dela seja por si só, reparado. O único militar diagnosticado com rabdomiólise durante a intervenção pesquisada durante este estudo, após hidratação venosa e o consumo de aproximadamente 6 litros de água durante o dia, apresentou urina no dia seguinte a sua internação com aspecto claro, e densidade de 1005sg, figura 04. Porém seu organismo ainda se encontrava acometido, uma vez que aproximadamente 36 horas após essa coleta, o militar retornou ao hospital para o contra exame e duas das taxas que são marcadores de dano muscular ainda se encontravam alteradas. Transaminase Glutâmico Oxalacética (TGO/AST) = 51 U/L (Até 48 U/L), Transaminase Glutâmico Pirúvica (TGP/ALT) = 157 U/L (Até 61 U/L).

O estudo randomizado de Johnson et al. (2019) concluiu que o consumo de aproximadamente 1500 mL adicionais a um consumo diário médio de 2990 e 3515 mL é necessário para retornar a urina a uma cor adequada, em aproximadamente 24 horas, mesmo após 3 dias de restrição de ingestão. Perrier et al. (2016) combinaram estudos em qual a ingestão total diária de água foi manipulada, mostrando que um aumento no consumo de 1110 mL, foi necessário para aliviar o a coloração da urina por duas unidades em uma escala de 8 pontos. . Perrier et al. (2017) e Kavouras et al. (2017) afirmam que, em adultos e crianças, apenas através da cor, a urina oferece o potencial para identificar a hidratação. Isso pode justificar que o consumo de água hidrata o organismo e altera a cor da urina, entretando de acordo com o presente estudo, não interrompe os danos fisiopatológicos causados pela falta dela.

Todo o descrito se apóia na análise das coletas de dados realizadas, bem como no estudo de caso do militar que apresentou alterações na coloração da urina durante diversos períodos do curso e foi acometido pela síndrome logo após o término dos mesmo, conforme ilustrado no gráfico 03. Este militar de 30 anos de idade, 5 dias após o término do curso, procurou atendimento médico em uma Unidade de Pronto Entendimento da Prefeitura do RJ relatando dor nas laterais do tronco (embaixo do peitoral até acima da crista Ilíaca), fraqueza e dor muscular por todo corpo, febre de 39,1°C, diarreia e urina escura. Até então, relatou estar em repouso absoluto, bem hidratado e negou a utilização de suplementos ou medicamentos. No dia, resolveu treinar Crossfit, entretanto chegando ao local se sentiu indisposto e mesmo sendo muito bem condicionado, executou somente uma sessão leve de alongamentos.

Sem nenhum exame realizado, foi diagnosticado com indigestão. Não satisfeito com o diagnóstico, se dirigiu aos Hospital Central da Polícia Militar (HCPM). Em anamnese um pouco mais rigorosa, relatou a utilização de anti-inflamatórios durante o período do curso. Os exames preliminares apresentaram aumento do quadro álgico e pressão arterial de 180mmHg / 100mmHg. Após o resultado dos exames laboratoriais, foi diagnosticado com rabdomiólise com comprometimento hepático e renal. Leucócitos = 11.500 mm³ (4.000 a 10.000 mm³), Eosinófilos = 0% (1 a 4%), Segmentados = 86% (40 a 66%), Linfócitos = 9% (20 a 45%), Transaminase Glutâmico Oxalacética (TGO/AST) = 85 U/L (Até 48 U/L), Transaminase Glutâmico Pirúvica (TGP/ALT) = 174 U/L (Até 61 U/L).

Os vários elementos da Série Branca alterados corroboram a ideia de que o militar estava com o sistema imunológico em ação para restabelecer a lesão sofrida em razão da rabdomiólise. Curiosamente o militar em questão não apresentou em seus exames laboratoriais alteração do principal e mais sensível marcador da presença de maciça de lesão muscular que é a Creatinofosfoquinase (CPK). O combatente em questão por duas vezes, durante todo o curso, teve a sua urina selecionada pelos três instrutores como um das três com a coloração mais alterada dentre os 38 militares ainda permanentes no curso, conforme assinalado em vermelho no gráfico 03, apresentando como valor de pico de densidade da urina 1,030sg.

Após aproximadamente 6 horas de hidratação, com solução salina e redução aos níveis normais dos quadros clínicos de dor, pressão arterial para 120 mmHg / 80 mmHg e urina clara, o militar foi liberado da unidade hospitalar. Foi instruído a retornar 3 dias depois para novos exames e intimado a ingerir em média 6 L de água por dia e lhe foi passado uma dieta com restrição de proteína e gordura.

O retorno ao hospital foi realizado sem nenhuma condição clínica que merecesse nota. Os marcadores laboratoriais pesquisados para verificação da involução do quadro, realizado através de hemograma que somente apresentou resultado fora dos padrões na Transaminase Glutâmico Oxalacética (TGO/AST) = 51 U/L (Até 48 U/L), Transaminase Glutâmico Pirúvica (TGP/ALT) = 157 U/L (Até 61 U/L). Apesar da (TGO/AST) e a (TGP/ALT), ainda estarem fora dos valores de referência, o militar obteve alta médica, uma vez que apresentou sob controle os mais graves estágios da síndrome, a insuficiência renal e o comprometimento hepático uma vez em que foram analisados outros marcadores mais específicos como a Bilirrubina Total, Bilirrubina Indireta, Creatinina, Sódio, Potássio, Fosfatase Alcalina, Gama Glutamil Transferase (GGT) e Creatinofosfoquinase (CPK).

A análise realizada antes e depois da temperatura central obtida através de câmera termográfica do militar acometido por rbdomiólise, mesmo estando em absoluto repouso e seguindo os requisitos preconizados pelo protocolo de utilização da câmera termográfica (27,28,29), não apresentou diferença significativa entre as duas temperaturas conforme visualizado na Figura 05. Dessa forma, a câmera termográfica não se mostrou como um instrumento relevante para a detecção de rbdomiólise através de somente a temperatura corporal.

O gráfico 03 ilustra também que toda vez em que o militar obteve a urina a olho nu selecionada como a mais escura, na coleta subsequente a densidade de sua urina era bem baixa, 1005sg, 1010sg e após o término do curso 1005sg respectivamente. Isso acontecia porque os militares selecionados com a urina com a coloração alterada, eram obrigados pela coordenação do curso a ingerir um mínimo de 4 litros de água naquele dia. Mesmo sem hiper-hidratação forçada os valores de densidade não demonstraram valores uniformes e confiáveis quando comparados aos da cor.

Entretanto quando analisamos o gráfico 03 através dos valores apresentados pela cor em números, percebemos que excetuando a última coleta, que o militar já havia terminado o curso e estava em tratamento com regularização do pH sanguíneo e hiper-hidratação, em 5 momentos das 8 coletas realizadas durante o curso, o militar apresentou valores de cor sempre superiores a 1,400 nm. Corroborando com a ideia de que seu organismo permaneceu perigosamente acometido com o sistema excretor alterado e sobrecarregado durante todo o curso. Nem mesmo a reposição de água através da via oral foi suficiente para interrupção do processo deletério que já havia iniciado e culminou com o acometimento do militar pela rbdomiólise.

O estudo foi limitado por não poder controlar os níveis de temperatura corporal dos militares durante o curso, entrando em desacordo com o protocolo preconizado para utilização da câmera termográfica. Isso ocorreu porque um dos objetivos do curso operacional é condicionar o combatente em situações diversas e atípicas, o que dificulta a coleta e o controle da temperatura corporal.

CONCLUSÃO

A rbdomiólise continua sendo uma síndrome comum no meio militar principalmente nos cursos operacionais para os batalhões especializados. Seja por fatores controlados, como

o uso de fármacos e a não ingestão adequada de água, ou fatores incontroláveis, como o fardamento e as atividades inerentes ao cumprimento do objetivo que a missão exige.

Um curso operacional é sustentado basicamente sobre 03 pilares: o físico, o psicológico e o técnico. Não existe a possibilidade de se reduzir a intensidade das instruções que visam o polimento destes três aspectos, uma vez que as situações de trabalho são desafiadores às tropas de segurança pública. Entretanto é possível a adequação de métodos, como um estudo mais detalhado entre a combinação volume/ intensidade e a inclusão de procedimentos não invasivos e de fácil aplicação que permitam a monitoração da síndrome e maior controle de riscos à saúde do militar.

Dos métodos aqui estudados, os relacionados a temperatura através da câmera termográfica se mostrou ser um teste de difícil aplicabilidade em razão do seu protocolo, com características muito específicas e incondizentes com a realidade de um curso operacional. É uma ferramenta para aplicação clínica e não para estudos práticos de campo.

Por outro lado, o foco na análise de propriedades da urina se apresentou como um método fácil e com potencial eficaz para a detecção e monitoramento da síndrome. Pela facilidade da coleta, armazenamento e análise. O uso de fita de cor e da densidade, através da refratometria, não apresentou serem métodos confiáveis para a afirmação de desidratação, dano muscular e alteração do sistema excretor. A variação de cor é muito maior do que a variação de densidade e isso mostra a baixa sensibilidade da refratometria para o desfecho fisiopatológico de rabdomiólise.

É preciso cautela para fazer a simples associação entre a cor da urina e dano fisiológico. Apesar de sempre ocorrer como causa e consequência, é necessário que seja associada a mais um marcador de dano, uma vez que o uso de fármacos, contaminação por bactérias etc., assim como a hidratação exagerada causa mudança na cor da urina, mascarando um possível dano já existente que muito provavelmente levará à falência renal. A hiper-hidratação por si só, também não gera o perfeito restabelecimento do sistema excretor.

Para estudos futuros, sugere-se aprimorar a associação entre a cor da urina e marcador de dano muscular. Investigando a relação entre essa quantificação marcadores emergentes, como a Lipocalina Associada com Gelatinase de Neutrófilos Humanos (NGAL) e a Gama Glutamil Transpeptidase (GGT).

REFERÊNCIAS

ABREU, M. M.; HADDADIN, A.; HOTT, M. C.; ASSIS, A. G.; SILVERMAN, D. G. Consistency of brain temperature tunnel measurements in different environmental temperature. American Society of Anesthesiologists. **The Anesthesiologists Anual Meeting**, p. A673, 2010.

ABCMED. Diferenças entre síndrome e doença. Disponível em: <<https://www.abc.med.br/p/1273753/diferencas+entre+sindrome+e+doenca.htm>>. Acesso em: 06 ago. 2019.

ALVES, M. A. R. Diagnóstico de Doença Renal Crônica: Avaliação de Proteinúria e Sedimento Urinário. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 26, n. 3, p. 6-8, 2004.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM). Position stand: heat and cold illnesses during distance running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 28, n. 12, p. i-x, 1996.

ARMED FORCES HEALTH SURVEILLANCE CENTER (AFHSC). Update: Exertional rhabdomyolysis among active component members. **Medical Surveillance Monthly Report**, v. 19, n. 3, p. 17, 2003.

ARMSTRONG, L. E.; HERRERA; SOTO, J. A., HACKER, F. T.; CASA, D. J.; KAVOURAS, S. A.; MARESH, C. M. Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 8, n. 4, p. 345-355, 1998.

BANDEIRA, F.; MOURA, M. A. M. D.; SOUZA, M. A. D.; NOHAMA, P.; NEVES, E. B. Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol? Can thermography aid in the diagnosis of muscle injuries in soccer athletes? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 4, p. 246-251, 2012.

BANDEIRA, F.; NEVES, E. B.; MOURA, M. A. M. D.; NOHAMA, P. A termografia no apoio ao diagnóstico de lesão muscular no esporte. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n. 1, p. 42-47, 2014.

BAPTISTA; C. A. S. Rabdomiólise Após Exercício Físico Não Intenso. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 17, n. 2, p. 142-146, 2011.

BARNARD, R. J.; FOSS, M. L. Oxygen debt: effect of beta.ad. renergic blockade on the lactacid and alactacid components. **Journal of Applied Physiology**, v. 27, n. 6, p. 813-816, 1969.

BASTOS, M. G. *Biomarcadores na Nefrologia*. Sociedade Brasileira de Nefrologia. São Paulo, 2016. E-book.

BETTER, O. S.; STEIN, J. H. Early management of shock and prophylaxis of acute renal failure in traumatic rhabdomyolysis. **New England Journal of medicine**, v. 322, n. 12, p. 825-829, 1990.

BORG, G. *Escalas de Borg para Dor e Esforço Percebido*. São Paulo: Manole, 2000.

BRASIL. **Constituição** (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Exército Brasileiro. Portaria nº 129, de 11 de março de 2010. Normas Para Procedimento Assistencial Em Rabdomiólise No Âmbito Do Exército (EB30-N-20.001). **Boletim do Exército**, Brasília, DF, 13 jul. 2012. p. 09-13.

BRIOSCHI, M. L. *Metodologia de Normalização de Análise do Campo de Temperaturas em Imagem Infravermelha Humana*. 2011. 114f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

BYWATERS, E. G. L.; BEALL, D. Crush Injuries with Impairment of Renal Function. **British Medical Journal**, v. 1, n. 4185, p. 427-432, 1941.

CASA, D. J.; ARMSTRONG, L. E.; HILLMAN, S. K.; MOUNTAIN, S. J.; REIFF, R. V.; RICH, B. S. E. et al. NATA: National Athletics Trainer's Association Position Statement. **Journal of Athletic Training**, v. 35, n. 2, p. 212-224, 2000.

CASIMIRO-LOPES, G.; COSTA, L. P. Rabdomiólise induzida pelo exercício: biomarcadores, mecanismos fisiopatológicos e possibilidades terapêuticas. **Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto**, v. 12, n. 4, p. 59-65, 2013.

CHARKOUDIAN, N. Skin blood flow in adult human thermoregulation: how it works, when it does not and why. **Mayo Clinic Proceedings**, v. 78, n. 5, p. 603-612, 2003.

CHAVEZ, L. O.; LEON, M.; EINAIV, S.; VARON, J. Beyond muscle destruction: A systatic review of rhabdomyolysis for clinical practice. **Critical Care**, v. 20, n. 1, p. 135, 2016.

CHEVION, S.; MORAN, D. S.; HELED, Y.; SHANI, Y.; REGEV, G.; ABBOU, B. Plasma

antioxidant status and cell injury after severe physical exercise. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 100, n. 9, p. 5119-5123, 2003.

COOPER, C. E.; VOLLAARD, N. B. J.; CHOUEIRI, T.; WILSON, M. T. Exercise, free radicals and oxidative stress. **Biochemical Society Transactions**, v. 30, n. 4, p. 280-285, 2002.

DAHER, E. F.; SILVA, G.B.; BRUNETTA, D. M.; PONTES, L. B.; BEZERRA, G. P. Rhabdomyolysis and acute renal failure after strenuous exercise and alcohol abuse: case report and literature review. **São Paulo medical journal**, v. 123, n. 1, p. 33-37, 2005.

DIAKIDES, N.A.; BRONZINO, J. D. Editors. *Medical infrared imaging*. Boca Raton: CRC Press, 2008.

FERNANDES, A. C. *Protótipo de visualização para modelos de cor para medição de objetos em espectrofotômetros por refletância*. 2002. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2002.

GROSSKLAUS, R.; BERGMANN, K. E. Physiology and regulation of body temperature. In *Thermological Methods (Applied Thermology*, Eds J-M Engel, U Flesch, G Stüttgen). 1985. Weinheim, 1985.

HAMER, R. When exercise goes awry: Exertional rhabdomyolysis. **Scottish Medical Journal**, v. 90, n. 5, p. 548-551, 1997.

HONG, J. Y.; NAM, E. M.; LEE, J.; PARK, J. O.; LEE, S. C.; SONG, S. Y. et al. Randomized double-blinded, placebo-controlled phase II trial of simvastatin and gemcitabine in advanced pancreatic cancer patients. **Cancer Chemother Pharmacol**, v. 73, n. 1, p. 125-130, 2014.

HILDEBRANDT, C.; RASCHNER, C.; AMMER, K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. **Sensors (Basel)**, v. 10, n. 5, p. 4700-4715, 2010.

HPS2-THRIVE, Collaborative Group. HPS2-THRIVE randomized placebo-controlled trial in 25 673 high-risk patients of ER niacin/laropiprant: trial design, pre-specified muscle and liver outcomes, and reasons for stopping study treatment. **European Heart Journal**, v. 34, n. 17, p. 1279-1391, 2013.

HUERTA-ALARDIN, A. L.; VARON, J.; MARIK, P. E. Bench-to-beside review:

- Rhabdomyolysis – An overview for clinicians. **Critical Care**, v. 9, n. 2, p. 158-169, 2005.
- JOHNSON, E. C.; HUFFMAN, A. E.; YODER, H.; DOLCI, A.; PERRIER, E. T.; LARSON-MEYER, D. E.; ARMSTRONG, L. E. Urinary markers of hydration during 3-day water restriction and graded rehydration. **European Journal of Nutrition**, p. 1-11, 2019.
- KAVOURAS, S. A.; BOUGATSAS, D.; JOHNSON, E. C.; ARNAOUTIS, G.; TSIPOURIDI, S.; PANAGIOTAKOS, D. B. Water intake and urinary hydration biomarkers in children. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 71, p. 530-535, 2017.
- KENNEY, W. L. Heat flux and storage in hot environments. **International journal of sports medicine**, v. 19, n. 2, p. 92-95, 1998.
- KITCHEN, S.; YOUNG, S. *Reparo dos tecidos*. In: Kitchen S, Bazin S. Eletroterapia de Clayton. São Paulo: Manole; 2003.
- LEE, M. A.; MCGLINCH, E. B.; MCGLINCH, M. C.; CAPACCHIONE, J. F. Managing Exertional Heat Stroke Among the Combatants. **Military Medicine**, v. 182, n. 3/4, p. 184, 2017.
- MAGALHÃES, S. C.; LIMA, L. C. R.; BRITO, L. C.; ASSUMPCÃO, C. O. Rabdomiólise induzida pelo exercício de força: revisão e análise dos principais relatos dos últimos 25 anos. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 26, n. 1, p. 189-199, 2018.
- MANSOR, Z.; ISMAIL, R.; ISMAIL, N. H.; HISHAM HASHIM, J. Effects of hydration practices on the severity of heatrelated illness among municipal workers during a heat wave phenomenon. **Medical Journal of Malaysia**, v. 74, n. 4, p. 275-280, 2019.
- MERLA, A.; MATTEI, P. A.; DI DONATO, L.; ROMANI, G. L. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. **Journal of bioengineering**, v. 38, n. 1, p. 158-163, 2010.
- MILLER, M. L. Rhabdomyolysis. **Up to Date Inc**, v. 1, n. 781, p. 237-478, 2000.
- MILLER, M. L. Causes of Rhabdomyolysis. *UpToDate*. Waltham, MA. Disponível em: <<https://www.uptodate.com/contents/causes-of-rhabdomyolysis>>. Acesso em: 17 jul. 2019.
- MILLER, M. L. Clinical manifestations and diagnosis of Rhabdomyolysis. *UpToDate*. Waltham, MA. Disponível em: <<https://www.uptodate.com/contents/clinical-manifestations-and-diagnosis-of-rhabdomyolysis>>. Acesso em: 17 jul. 2019.
- MOORE, K. P.; HOLT, S. G.; PATEL, R. P.; SVISTUNENKO, D. A.; ZACKERT, W.;

GOODIER, D. A causative role for redox cycling of myoglobin and its inhibition by alkalization in the pathogenesis and treatment of rhabdomyolysis-induced renal failure. **Journal of Biological Chemistry**, v. 273, n. 48, p. 31731-31737, 1998.

MRKOBRAHA, S.; GNANAKUMAR, V. The correlation of dystonia severity and serum transaminases in a child with a brain injury. **Tremor Journal**, v. 51, n. 4, p. 573-575, 2014.

National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS). Urinalysis and Collection, Transportation, and Preservation of Urine Specimens; Approved Guideline. 2. ed. NCCLS document GP16-A2. Wayne, PA, 2001.

PERRIER, E. T.; JOHNSON, E. C.; MCKENZIE, A. L.; ELLIS, L. A.; ARMSTRONG, L. E. (2016) Urine colour change as an indicator of change in daily water intake: a quantitative analysis. **European Journal of Nutrition**, v. 55, n. 5, p. 1943-1949, 2016.

PERRIER, E. T.; BOTTIN, J. H.; VECCHIO, M.; LEMETAIS, G. Criterion values for urine-specific gravity and urine color representing adequate water intake in healthy adults. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 71, n. 4, p. 561-563, 2017.

POLÍCIA MILITAR DO RIO DE JANEIRO (PMERJ). Instruções Reguladoras para Funcionamento da Companhia Independente de Polícia Militar com Cães (CIPM CÃES) da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro – IR-15. Bol PM, nº 156, 25 Nov. 2002, p. 15-20, 2002.

POLÍCIA MILITAR DO RIO DE JANEIRO (PMERJ). Nota De Instrução nº 003/11 - Regula o acionamento e o emprego do Batalhão de Ações com Cães (BAC). Bol PM, nº 017, 25 Out 2011, p. 50-60, 2011.

POLÍCIA MILITAR DO RIO DE JANEIRO (PMERJ). Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro. Ajudância Geral. Bol PM, n.º 037, 22 fev.1927.

QUINLIVAN, R.; BUCKLEY, J.; JAMES, M.; TWIST, A.; BALL, S.; DUNO, M. et al. McArdle disease: a clinical review. **Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry**, v. 81, n. 11, p. 1182-1188, 2009.

RAWSON, E. S.; CLARKSON, P. M.; TARNOPOLSKY, M. A. Perspectives on Exertional Rhabdomyolysis. **Sports medicine**, v. 47, n. 1, p. 33-49, 2017.

RAMME, A. J.; VIRA, S.; ALAIA, M. J.; VAN DE LEUV, J.; ROTHBERG, R. C. Exertional rhabdomyolysis after spinning: case series and review of the literature. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 56, n. 6, p. 789-793, 2016.

REEDER, B.; WILSON, M. T. The effects of pH on the mechanism of hydrogen peroxide and lipid hydroperoxide consumption by myoglobin: A role for the protonated ferryl species. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 30, n. 11, p. 1311-1318, 2001.

RING, E. F. J.; JUNG, A.; ZUBER, J.; RUTOWSKI, P.; KALICKI, B.; BAJWA, U. *Detecting Fever in Polish Children by Infrared Thermography*. 9th International Conference on Quantitative Infrared Thermography. Krakow, Poland, p. 125- 128, 2008.

RING, E. F. J.; KALICKI, B.; ZUBER, J.; RUSTECKA, A.; VARDASCA, R. New Standards for Fever Screening with Thermal Imaging Systems. **Journal of Mechanics in Medicine and Biology**, v. 13, n. 2, p. 209-230, 2013.

ROGALSKI, A. Recent progress in infrared detector technologies. **Infrared Physics and Technology**, v. 54, n. 3, p. 136-154, 2011.

SCALCO, RS. et al. Rhabdomyolysis: a genetic perspective. **Orphanet Journal of Rare Diseases**, v. 10, n. 51, 2015.

SEVER, M. S.; EREK, E.; VANHOLDER, R.; AKOGLU, E.; YAVUZ, M.; ERGIN, H.; TURKMEN, F.; KORULAR, D.; YENICESU, M.; ERBILGIN, D.; HOEBEN, H.; LAMEIRE, N. Clinical findings in the renal victims of a catastrophic disaster: the Marmara earthquake. **Nephrology Dialysis Transplantation**, v. 17, n. 11, p. 1942-1949, 2002.

SOUZA, G. A.; BRIOSCHI, M. L.; VARGAS, J. V.; MORAIS, K. C.; DALMASO NETO, C.; NEVES, E. B. Reference breast temperature: proposal of an equation. **Einstein**, v. 13, n. 4, p. 518-524, 2015.

STANLEY, W. C.; CONNETT, R. J. Regulation of muscle carbohydrate metabolism during exercise. **The FASEB Journal**, v. 5, n. 8, p. 2155-2159, 1991.

TORRES, P. A.; HELMSTETTER, J. A.; KAYE, A. M.; KAYE, A. D. Rhabdomyolysis: Pathogenesis, diagnosis, and treatment. **Ochsner Journal**, v. 15, n. 1, p. 58-69, 2015.

TORRES-LEÓN, J. M. et al. Rabdomiólisis tras la práctica de spinning: una asociación peculiar. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 9, n. 2, p. 91-94, 2016.

UCHOA, R. B.; FERNANDES, C. R. Rabdomiólise induzida por exercício e risco de hipertermia maligna: relato de caso. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 53, n. 1, p. 63-68, 2003.

WAPPLER, F.; FIEGE, M.; STEINFATH, M.; AGARWAL, K.; SCHOLZ, J.; SINGH, S.; MATSCHKE, J.; SCHULTE, A. M.; ESCH, J. Evidence for susceptibility to malignant hyperthermia in patients with exercise-induced rhabdomyolysis. *Anesthesiology*, v. 94, n. 1, p. 100-95. 2001.

YU.; SANTOS, B. F. C.; BURDMANN, E. A.; SUASSUNA, J. H. R.; BATISTA, P. B. P. *Diretrizes da AMB da Sociedade Brasileira De Nefrologia*: documento eletrônico e impresso. São Paulo: 2007. 24 p. Disponível em: <https://arquivos.sbn.org.br/uploads/Diretrizes_Insuficiencia_Renal_Aguda.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2019.

ZIMMERMAN, J. L.; SHEN, M. C. Rhabdomyolysis. *Chest Journal*, v. 144, n. 3, p. 1058-1065, 2013.

CONCLUSÃO

A maior dificuldade em se diagnosticar a rabdomiólise surge quando a síndrome não se manifesta toda vez em que existe somente uma das condições: atividade muscular excessiva, trauma físico, alterações da temperatura corporal, oclusão ou hipoperfusão dos vasos musculares, tóxicas, farmacológicas, alterações eletrolíticas e endócrinas, infecciosas, doenças musculares inflamatórias e miopatias metabólicas. Mas duas ou mais condições classificadas como perfeitas. Sem a expertise para se identificar o conjunto e os sintomas relacionados ao aparecimento e evolução da síndrome, se faz a associação com ocorrências comuns decorrentes à prática de atividade física, como a dor e a fraqueza muscular. Enquanto os danos se desenvolvem lenta e silenciosamente pelo organismo.

Um dos primeiros graus de manifestação que leva a uma suspeita mais concreta é a mioglobínúria, excretada através da urina que a torna com uma cor diferenciada, mas quando esse quadro se apresenta o sistema excretor já se encontra quase todo “contaminado”. Dessa forma, o sucesso para o tratamento já se torna incerto para a falência renal aguda e falência múltipla de outros órgãos como o fígado, responsável pelo metabolismo de substâncias importantíssimas a homeostase do organismo e intimamente ligadas a prática de atividade física, como diversas proteínas.

A busca realizada na literatura corrobora a ideia de que a síndrome ainda deixa bastante lacunas a serem preenchidas no campo da ciência, não só no meio militar, como também em atletas de alto rendimento, mesmo com todo o aparato técnico disponível.

A principal suspeita para a detecção de rabdomiólise surge através da tríade clássica (dor, fraqueza muscular e excreção de urina de cor escura). Tríade essa que possui dois dos três fatores presentes diariamente na rotina de treinamento de qualquer atleta e militar. São eles a dor e a fraqueza muscular, uma vez em que os treinamentos são levados quase ao limite da capacidade física de ambas as categorias em razão da particularidade de suas atividades laborais para alcançar recordes, resultados expressivos, operações bem-sucedidas e em locais inóspitos.

Entretanto a confirmação do diagnóstico para rabdomiólise é realizado através da soma de diversos fatores. O principal é realizado através das taxas de creatinaquinase (CK), também conhecida como creatina fosfoquinase (CPK) no sangue. Por ser a enzima mais específica para diagnóstico de dano muscular, com aumento quase que imediato no plasma. Contudo de difícil aplicabilidade, por ser invasivo, por necessitar de armazenamento específico imediato e de impossível extração em determinados ambientes.

O desenvolvimento de métodos mais práticos e menos invasivos são importantes na tentativa de diminuir ou erradicar a rabdomiólise. Para que isso aconteça é necessário que sejam pesquisados fatores que em uma combinação perfeita possam antecipar o dano muscular e conseqüentemente do aparelho excretor. A análise em conjunto entre a cor da urina e a densidade parece promissora se associada a outros marcadores, contudo somente elas não foram capazes de solucionar a questão. O método para se mensurar o nível de hidratação preconizado por alguns estudos através da fita de coloração e densidade na urina, possuem lacunas importantes a serem preenchidas que deixam vago o simples diagnóstico de um organismo desidratado.

Quando a cor é quantificada em valores numéricos através do Espectrofotômetro, percebeu-se que para uma mesma cor a olho nu, o valor numérico apresenta diferença bastante significativa. E para uma mesma densidade, preconizada como limítrofe para classificar um organismo como desidratado (1030sg), existe uma variação numérica de cor de aproximadamente 45,54%. Uma fita de apenas oito cores também ignora uma centena de cores entre uma faixa e outra. Uma urina clara também pode apresentar valor de sedimentação alto e urina escura ou avermelhada apresenta valor de sedimentação baixo.

Entre a cor da urina e a densidade, a cor é um marcador de alerta e de acometimento mais confiável. Pois não há como se ter destruição maciça de tecido muscular sem que a mioglobínúria esteja presente e conseqüentemente a urina mais escura. Contudo, a densidade pode ser afetada por diversos fatores, como uso de fármacos e a infecção por bactérias, assim como a coloração da urina. A diferença é que se associada a marcadores bioquímicos na urina, a assertividade através da cor será muito maior do que pela densidade. Uma vez que não é regra que a densidade da urina seja afetada pela mioglobínúria.

A ingestão de níveis acima de 1500 mL de água pode causar hiper-hidratação no organismo fazendo com que a urina apresente coloração muito clara a olho nu, entretanto não tão clara assim quando quantificada em números, o que levanta relevante suspeita sobre o pleno funcionamento do sistema excretor. Após a identificação de danos musculares e seu extravasamento para o plasma através da coloração da urina, é em vão a hidratação severa única exclusivamente com água, uma vez que o processo degenerativo só é interrompido com a regulação do pH sanguíneo e isso só é possível com ingestão de solução salina e/ou com outras substâncias em conjunto. Após o dano, a água só hidrata o organismo, entretanto o desenvolvimento do processo que causa falência renal aguda e óbito continua de forma silenciosa e disfarçada, se desenvolvendo no organismo.

Em âmbito militar, as taxas de rabdomiólise por esforço são relevantes em sua maioria, pela particularidade da prática laboral que exigem prática de atividades, treinamentos e cursos sempre com a presença de algum tipo de elemento potencializador, tais como, calor, hidratação inadequada, sobrecarga de equipamentos, fustigação física e psicológica extremas, uso de suplemento alimentar, uniforme que na maioria das vezes é inadequado à prática de atividade física, mas amplamente adequado a atividade militar, que deve proteger ao máximo o combatente.

Outro dado importante a ser observado é que nenhuma força armada e militar auxiliar militar do Brasil possui um exame específico para o traço falciforme e demais doenças originadas por distúrbios hereditários. Tal fato se torna grave quando temos comprovado a grande miscigenação de raças presentes no Brasil. É pertinente salientar que alguns distúrbios hereditários autossômico recessivo no metabolismo muscular como a doença de McArdle é característico de etnia específica, de difícil descoberta em razão da assintomatologia e causadora de rabdomiólise através de mínimo esforço.

Por efeito, é de suma importância o respeito aos princípios básicos, como o controle da relação volume e intensidade, nível de hidratação e saúde do militar. Além de se identificar, analisar e controlar marcadores mais eficientes, menos invasivos e de fácil aplicação para se identificar o maciço dano muscular, antes da extrapolação e contaminação do sistema excretor que conseqüentemente levará ao desenvolvimento da síndrome, muita das vezes com danos irreversíveis ao bem maior do ser humano que é a vida.

REFERÊNCIAS

- ADAMCZYK, J. G.; BOGUSZEWSKI, D.; SIEWIERSKI, M. Thermographic evaluation of lactate level in capillary blood during post-exercise recovery. **Kinesiology**, v. 46, n. 2, p. 186-193, 2014.
- AIZAWA, H.; MORITA, K.; MINAMI, H.; SASAKI, N.; TOBISE, K. Exertional rhabdomyolysis as a result of strenuous military training. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 132, n. 2, p. 239-240, 1995.
- ARNAIZ, L. J.; CUEVAS, I. F.; LÓPEZ, C. D.; GOMES-CARMONA, P.; SILLERO-QUINTANA, M. Aplicación práctica de la termografía infrarroja en el fútbol profesional. **Revista de Preparación Física en el Fútbol**, v. 13, n. 3, p. 6-15, 2014.
- BACH, A. J. E.; STEWART, I. B.; MONETT, G. M.; COSTELLO, J. T. Does the technique employed for skin temperature assessment alter outcomes? A Systematic Review. **Physiological Measurement**, v. 26, n. 9, p. 27-51, 2015.
- BANDEIRA, F.; MOURA, M. A. M.; SOUZA, M. A.; NOHAMA, P.; NEVES, E. B. Can Thermography Aid In The Diagnosis Of Muscle Injuries In Soccer Athletes? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 4, p. 246-251, 2012.
- BOSCH, X.; POCH, E.; GRAU, M. J. Rhabdomyolysis and Acute Kidney Injury. **New England Journal of Medicine**, v. 361, n. 1, p. 62-72, 2009.
- BRASIL. Exército Brasileiro. Portaria nº 129, de 11 de março de 2010. Normas Para Procedimento Assistencial Em Rabdomiólise No Âmbito Do Exército (EB30-N-20.001). **Boletim do Exército**, Brasília, DF, 13 jul. 2012. p. 09-13.
- BYWATTERS, E. G. L.; BEALL, D. Crush injuries with impairment of renal function. **British Medical Journal**, v. 1, n. 4185, p. 427-432, 1941.
- DAHER, E. F.; SILVA, G. B.; BRUNETTA, D. M.; PONTES, L. B.; BEZERRA, G. P. Rhabdomyolysis and acute renal failure after strenuous exercise and alcohol abuse: case report and literature review. **São Paulo Medical Journal**, v. 123, n. 1, p. 33-7, 2005.
- DIMAURO, S.; BRESOLIN, N. In: ENGEL, A.; BANKER, B.; editors. **Phosphorylase deficiency**. Myology. New York: McGraw-Hill, p.1585, 1986.
- FERNANDES, A. A.; AMORIM, P. R. S.; BRITO, C. J.; MOURA, A. G.; MOREIRA, D. G.; COSTA, C. M. A.; SILLERO-QUINTANA, M.; MARINS, J. C. B. Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. **Physiological Measurement**, v. 35, n. 2, p. 189-203, 2014.
- FERREIRA, J. J.; MENDONÇA, L. C.; NUNES, L. A.; ANDRADE FILHO, A. C.; REBELATTO, J. R.; SALVINI, T. F. Exercise-associated thermographic changes in young and elderly subjects. **The Journal of the Biomedical Engineering Society**, v. 36, n. 8, p. 1420-1427, 2008.
- FIDDLER, E. Sickle cell trait: a review and recommendations for training. **Strength and conditioning journal**, v. 34, n. 3, p. 28-32, 2012.

- HADŽIĆ, V.; ŠIROK, B.; MALNERŠIČ, A.; ČOH, M. Can infrared thermography be used to monitor fatigue during exercise? A case study. **Journal of Sport and Health Science**, p. 1-4, 2015.
- HANI, H. A-N.; JERROLD, S. P.; MICHAEL, S. L.; LEE, S. B. The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. **Journal of Visualized Experiments**, n. 59, p. 3551, 2012.
- HILDEBRANDT, C.; RASCHNER, C.; AMMER, K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. **Sensors**, v. 10, n. 5, p. 4700-4715, 2010.
- HONG, J. Y.; NAM, E. M.; LEE, J.; PARK, J. O.; LEE, S. C.; SONG, S. Y. et al. Randomized double-blinded, placebo-controlled phase II trial of simvastatin and gemcitabine in advanced pancreatic cancer patients. **Cancer Chemotherapy and Pharmacology**, v. 73, n. 1, p. 125-130, 2014.
- HUERTA-ALARDIN, A. L.; VARON, J.; MARIK, P. E. Bench-to-beside review: Rhabdomyolysis – No overview for clinicians. **Critical Care**, v. 9, n. 2, p. 158-159, 2005
- KHAN, F. Y. Rhabdomyolysis: a review of the literature. **The Netherlands Journal of Medicine**, v. 67, n. 9, p. 272-283, 2009.
- LIMA, R. P. S.; BRIOSCHI, M. L.; TEIXEIRA, M. J.; NEVES, E. B. Análise Termográfica de Corpo Inteiro: indicações para investigação de dores crônicas e diagnóstico complementar de disfunções secundárias. **Pan American journal of medical thermology**, v. 2, n. 2, p. 70-77, 2015.
- LOZOWSKA, D.; LIEWLUCK, T.; QUAN, D.; RINGEL, S. P. Exertional rhabdomyolysis associated with high intensity exercise. **Muscle & Nerve**, v. 52, n. 12, p. 1134-1135, 2015.
- MALLINSON, R. H.; GOLDSMITH, D. J. A.; HIGGINS, R. M.; VENNING, M. C.; ACKRILL, P. Acute swollen legs due to rhabdomyolysis: initial management as deep vein thrombosis may lead to acute renal failure. **British Medical Journal**, v. 309, p. 1361-1362, 1994.
- MILLER, M. L. Causes of Rhabdomyolysis. In I.N. Targoff (Ed.), **UpToDate**. 2014.
- MONTERO, J.; LOVESIO, C.; GODOY, M. V.; RUIZ G. Rhabdomyólisis por spinning en nueve pacientes. **Medicina**, v. 9, n1, 2009.
- NÓBREGA, F.S.; FERREIRA, M. P.; FACÓ, L. L.; SELIM, M. B.; ZOPPA, A. L. V. Uso da Termografia para Avaliação da Resposta Tecidual após Implante de Polímero a Base de Poliuretano de Mamona em Osso III Metacarpiano de Equinos. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 42, n. 2, p. 1246, 2014.
- PRIEGO-QUESADA, J.I.; GUILLAMÓN, N. M.; DE ANDA, R. M. C. O.; PSIKUTA, A.; ANNAHEIM, S.; ROSSI, R. M.; SALVADOR, J. M. C.; PÉREZ-SORIANO, P.; PALMER, R. S. Effect of perspiration on skin temperature measurements by infrared thermography and contact thermometry during aerobic cycling. **Infrared Physics and Technology**, v. 72, p. 68-76, 2015.

RING, E. F. J.; AMMER, K. The Technique of infrared Imaging in Medicine. **Thermology International**, v. 10, n. 5, p. 7-14, 2000.

SAYERS, S. P.; CLARKSON, M. P. Exercise induced Rhabdomyolysis. **Current Sports Medicine Reports**, v. 2, n. 2, p. 59-60, 2002.

TORRES, P. A.; HELMSTETTER, A. J.; KAYE, A. M.; KAYE, A. D. Rhabdomyolysis Pathogenesis, Diagnosis, and Treatment. **Ochsner Journal**, v. 15, n. 1, p. 28-69, 2015.

UCHOA, R. B.; FERNANDES, C. R. Rabdomiólise Induzida por Exercício e Risco de Hipertermia Maligna. Relato de Caso. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 53, n. 1, p. 63-68, 2003.

APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(De acordo com as normas da Resolução nº 466, do Conselho Nacional de Saúde de 12/12/2012)

Você está sendo convidado para participar da pesquisa: ANÁLISE DA TEMPERATURA CORPORAL E MARCADORES BIOQUÍMICOS EM POSSÍVEIS CASOS DE RABDOMIÓLISE NOS CURSOS OPERACIONAIS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.

O estudo tem por objetivo é identificar e analisar a possível relação existente entre a temperatura corporal / ambiental e marcadores bioquímicos nos possíveis casos de rabdomiólise nos cursos operacionais da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ).

A pesquisa consistirá na coleta se aproximadamente 1ml de sangue realizada através de caneta lancetadora, amostra de saliva coletada através de algodão, imagem termográfica e amostra de urina. As coletas serão realizadas no dia da apresentação do curso e no hospital consciente ou não, em combatentes que sofrerem qualquer intercorrência clínica em consequência das atividades do 23º Curso De Condutores De Cães Para Emprego Policial II/2019. Todos os materiais utilizados serão estéreis e descartáveis.

As informações obtidas nesta pesquisa pretendem fundamentar os fatores que possuem influência direta em casos de rabdomiólise em cursos operacionais na PMERJ. Com esses resultados será possível elaborar e/ou adaptar os protocolos de seleção e de avaliações utilizados durante o curso. Isso pode reduzir os índices de baixas médicas por rabdomiólise registradas em cursos operacionais na PMERJ.

Os riscos relacionados à sua participação são mínimos por envolver medições invasivas de baixíssimo risco, realizada em ambiente adequado e por profissionais capacitados. Gostaríamos de deixar claro que está garantida a confidencialidade das informações que sua avaliação fornecer e que, a qualquer momento, você terá a liberdade de retirar seu consentimento e solicitar o afastamento do estudo, caso assim deseje. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

Solicitamos a sua autorização para o uso dos seus dados para a produção de artigos técnicos e científicos. A privacidade será mantida através da não identificação do seu nome.

Agradecemos a sua participação e colaboração. Caso exista alguma dúvida sobre a pesquisa, favor entrar em contato com o pesquisador:

Guilherme Dantas

(21) 99293-1010

Rua Leopoldo, 179 – Casa 02 – Apt. 201 – Andaraí – Rio de Janeiro/RJ. CEP:20541-170

E-mail: guiidantas@yahoo.com.br

TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e que todos os dados a meu respeito serão sigilosos.

Eu compreendo as medições/experimentos/procedimentos que serão realizados comigo. Declaro que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento.

Nome (por extenso):

Assinatura

Data:

ANEXO A - Aprovação do Comitê de Ética do Hupe

- DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA	
Título da Pesquisa: ANÁLISE DA TEMPERATURA CORPORAL E MARCADORES BIOQUÍMICOS EM POSSÍVEIS CASOS DE RABDOMIÓLISE NOS CURSOS OPERACIONAIS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.	
Pesquisador Responsável: GUILHERME HENRIQUE MATTOS DANTAS	
Área Temática:	
Versão: 1	
CAAE: 95856318.0.0000.5259	
Submetido em: 20/07/2018	
Instituição Proponente: Instituto de Educação Física e Desportos	
Situação da Versão do Projeto: Aprovado	
Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável	
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio	
Comprovante de Recepção:  PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_1180324	