







**ESFORÇO FÍSICO E RESTRIÇÃO DE SONO MODIFICAM MARCADORES  
BIOQUÍMICOS E COGNITIVOS EM MILITARES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA  
PHYSICAL EXERTION AND SLEEP RESTRICTION MODIFY BIOCHEMICAL AND  
COGNITIVE MARKERS IN MILITARY PERSONNEL: A SYSTEMATIC REVIEW**

[10.29073/jim.v4i2.702](https://doi.org/10.29073/jim.v4i2.702)

Receção: 06/12/2022 Aprovação: 20/07/2023 Publicação: 10/08/2023

Thiago Ramos de Barros <sup>a</sup>; Verônica Salerno <sup>b</sup>; Filipe Brasil e Silva <sup>c</sup>; Thalita Ponce Sobral <sup>d</sup>; Mario Vaisman <sup>e</sup>; Miriam Raquel Meira Mainenti <sup>f</sup>;

<sup>a</sup> Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro; [barros.cbmerj@gmail.com](mailto:barros.cbmerj@gmail.com); <sup>b</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro; [ypsalerno@yahoo.com.br](mailto:ypsalerno@yahoo.com.br); <sup>c</sup> Escola de Educação Física do Exército; [filipebrasil93@hotmail.com](mailto:filipebrasil93@hotmail.com); <sup>d</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro; [thalita\\_ponce@hotmail.com](mailto:thalita_ponce@hotmail.com); <sup>e</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro; [mario.vaisman@lwmail.com.br](mailto:mario.vaisman@lwmail.com.br); <sup>f</sup> Exército Brasileiro; [miriam.mainenti@hotmail.com](mailto:miriam.mainenti@hotmail.com);

## RESUMO

A revisão objetivou descrever os efeitos de treinamentos militares que combinam atividade física intensa e privação de sono em marcadores de estresse oxidativo, lesão celular, desempenho físico e cognitivo. Foi realizada uma revisão sistemática seguindo as recomendações do PRISMA e a pesquisa foi realizada nas bases de dados Pubmed e Google Scholar. A frase de busca foi desenvolvida para identificar estudos experimentais que investigaram momentos pré e pós treinamentos militares, avaliando pelo menos uma das variáveis dependentes: dano oxidativo, capacidade antioxidante, lesão celular, alerta cognitivo e desempenho físico. Vinte e quatro estudos preencheram os critérios de inclusão. As intervenções dos estudos incluídos variaram de 1 a 63 dias, com predominância de atividade física intensa e importante privação de sono. As comparações dos dados pareados convergiram com o aumento dos níveis de lesão celular, queda dos desempenhos físico e cognitivo ( $p < 0,05$ ). Houve escassez das avaliações de estresse oxidativo e distinção entre os protocolos dos estudos encontrados. A revisão concluiu que a combinação de atividade física intensa e privação de sono são capazes de provocar aumento nos níveis de lesão celular e queda de performance física e cognitiva. Sugere também que há uma lacuna de informações sobre estresse oxidativo e treinamentos militares.

**Palavras-Chave:** Atividade Física; Dano Celular; Estresse Oxidativo; Função Cognitiva; Privação de Sono.

## ABSTRACT

The review aimed to describe the effects of military training that combine intense physical activity and sleep deprivation on oxidative stress and cellular injury markers, as well as physical and cognitive performance. A systematic review was conducted following PRISMA recommendations, and the search was conducted in Pubmed and Google Scholar databases. The string was developed to identify experimental studies that investigated pre- and post-military training moments, evaluating at least one of the dependent variables: oxidative damage, antioxidant capacity, cellular injury, cognitive alertness, and physical performance. Twenty-four studies met the inclusion criteria. The interventions of the included studies ranged from 1 to 63 days, with a predominance of intense physical activity and significant sleep deprivation. Comparisons of paired data converged with increased levels of cellular injury and decreased physical and cognitive performance ( $p < 0.05$ ). There was a paucity of oxidative stress assessments and the distinction between the protocols of the studies found. The review concluded that the combination of intense physical activity and sleep deprivation is capable of causing increased levels of cellular injury and decreased physical and cognitive performance. It also suggests that there is an information gap between oxidative stress and military training.

**Keywords:** Cell Damage; Cognitive Function; Oxidative Stress; Physical Activity; Sleep Deprivation.

## 1. INTRODUÇÃO

Os treinamentos militares, nas mais diversas instituições, guardam algumas semelhanças significativas que permitem a comparação dos seus efeitos nas diferentes amostras avaliadas. Como características basilares entendidas para o desenvolvimento da presente pesquisa bibliográfica, destacam-se o desempenho de atividades físicas intensas e prolongadas (com sobrecarga), a privação parcial ou total de sono, as restrições alimentares e o estresse psicológico. Algumas fases dos exercícios podem não estar relacionadas simultaneamente às três condições, mas pelo menos uma delas está presente (Silva 2019).

Os resultados de pesquisas nessa área apontam que os organismos dos indivíduos são significativamente impactados pelas atividades e condições adversas do curso, exercício ou treinamento (Tanskanen *et al.* 2011; Lieberman *et al.* 2016; Hamarsland *et al.* 2018). Entretanto, em virtude da complexidade e do nível de impacto, ainda não são totalmente compreendidas as alterações ocorridas nestes sujeitos.

Não obstante o avanço nas pesquisas com populações militares, não foi encontrado um grande número de estudos que avaliassem as lesões celulares (Margolis *et al.* 2012; Coutinho *et al.* 2014; Suzuki *et al.* 2014; Domingues *et al.* 2015; Koury *et al.* 2016; Hamarsland *et al.* 2018) e os marcadores de dano oxidativo (Tanskanen *et al.* 2011; Suzuki *et al.* 2014; Koury *et al.* 2016; Varanoske *et al.* 2018). As poucas evidências científicas com estas populações podem dificultar a leitura de quão afetados são estes profissionais pelas atividades laborais, atrapalhando também a adoção de medidas preventivas. Não obstante, a compreensão do impacto dos fatores estressantes dos treinamentos militares pode contribuir para o adequado planejamento de operações semelhantes, buscando os melhores resultados em termos de segurança e eficiência.

Portanto, o objetivo dessa revisão sistemática é avaliar o efeito da atividade física intensa e/ou da privação de sono em marcadores de lesão celular, estresse oxidativo, desempenho

funcional e alerta cognitivo em estudos com militares.

## 2. MÉTODOS

### 2.1. ESTRATÉGIA DE PESQUISA DA LITERATURA

Esta revisão sistemática foi realizada de acordo com os Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-Análise: A Recomendação PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (PRISMA 2009) e foi submetida ao Registro Prospectivo Internacional de Revisões Sistemáticas (PROSPERO), sob o ID 246516. A pesquisa bibliográfica inicial foi feita por um autor (TB) nas bases de dados PubMed (Medline) e Google Scholar, no período de 20 de janeiro a 20 de junho de 2020. A estratégia de busca eletrônica foi desenvolvida para identificar estudos que investigaram modificações em marcadores de lesão celular, estresse oxidativo, desempenho funcional e alerta cognitivo de sujeitos submetidos a treinamento militares. Assim, foram usados os seguintes termos de indexação: (*military*) AND (*“physical exercise”* OR *“high intensity exercise”* OR *“caloric cost”* OR *“caloric expenditure”* OR *“energy cost”* OR *“energy expenditure”* OR *endurance* OR *exhaustion* OR *“sleep restriction”* OR *“sleep deprivation”* OR *“sleep shortage”* OR *“rest deprivation”*) AND (*“cell injury”* OR *“cell damage”* OR *“muscle injury”* OR *“muscle damage”* OR *biomarker* OR *“oxidative stress”* OR *antioxidant* OR *stress* OR *oxidant* OR *cognitive* OR *“time reaction”* OR *alert* OR *performance* OR *jump* OR *power* OR *strength* OR *muscle* OR *function*). Inicialmente, todos os títulos e resumos identificados foram baixados e tabulados para que fossem feitas as exclusões das referências cruzadas e duplicadas. Em seguida, foram avaliados os títulos e resumos, com o intuito de elencar os textos enquadrados nos critérios de elegibilidade.

Feita a seleção preliminar, os estudos foram lidos na íntegra sob nova avaliação pelos critérios de inclusão e exclusão. Um segundo autor (FB) atuou na seleção e diante de divergências, um terceiro avaliador (MM) foi consultado.

Com o fito de ampliar o alcance da coleta de dados, neste primeiro momento não foi considerada a avaliação do risco de viés.

## 2.2. CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Foram utilizados os seguintes critérios de inclusão:

1. Textos completos de artigos publicados no idioma inglês, em virtude da ampla superioridade numérica de periódicos bem avaliados que publicam neste idioma;
2. Estudos com militares em atividade, saudáveis, do sexo masculino, com idades entre 18 e 60 anos;
3. Investigações envolvendo marcadores de lesão celular em treinamentos militares com privação de sono e/ou atividade física intensa;
4. Investigações que analisaram marcadores de dano oxidativo em treinamentos militares com privação de sono e/ou atividade física intensa;
5. Investigações que envolviam variáveis de função cognitiva em treinamentos militares com privação de sono e/ou atividade física intensa; e
6. Investigação que envolvia variáveis de desempenho físico em treinamentos militares com privação de sono e/ou atividade física intensa.

Foram utilizados os seguintes critérios de exclusão:

1. Estudos de revisão sistemática, de literatura e estudos de caso;
2. Estudos que não avaliaram pelo menos uma das variáveis propostas no presente estudo; e
3. Estudos que não estão disponíveis para leitura na íntegra, mesmo após contato com os autores.

## 2.3. EXTRAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Para a análise sintética dos achados, foi procedida a extração dos seguintes dados de cada estudo elencado: autores, população, tamanho da amostra, dados demográficos (idade, estatura e massa corporal total), delineamento do estudo, duração do

treinamento, quantidade diária de sono permitido, nível de intensidade do treinamento desenvolvido e os resultados obtidos da avaliação das variáveis de dano oxidativo, de capacidade antioxidante, de função cognitiva e de desempenho físico. A estratégia utilizada foi a construção de tabelas.

Após a extração dos dados e, de posse de uma visão geral dos resultados, foi realizada a avaliação do risco de viés para verificar a existência de risco que pudesse influenciar as conclusões deste trabalho.

## 2.4. RISCO DE VIÉS

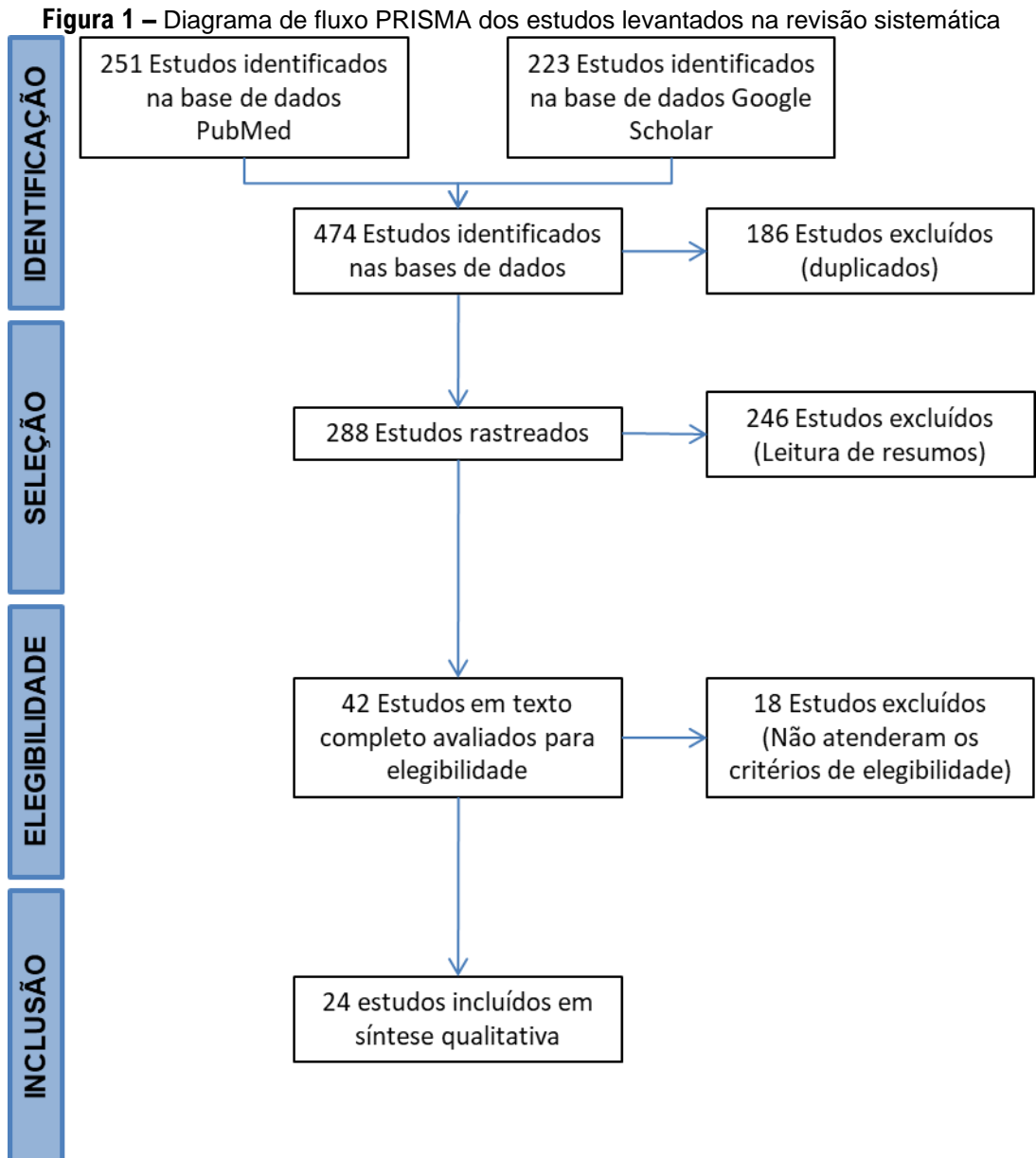
Os estudos foram avaliados em relação ao risco de viés através das orientações da ferramenta Cochrane (Higgs e Altman 2019), que apesar de ter sido criada para avaliar ensaios clínicos randomizados, pode também ser aplicada a outros tipos de estudo, de acordo com os próprios autores. A metodologia sugere cinco tipos de vieses: Viés de seleção — é relacionado ao método de alocação dos participantes e mascaramento da alocação; Viés de desempenho — corresponde ao desconhecimento dos participantes/grupo sobre a alocação; Viés de detecção — corresponde ao desconhecimento da alocação pelos avaliadores; Viés de atrito — relaciona-se com a perda de sujeitos do estudo para determinadas variáveis ou a indisponibilidade de resultados; e Viés de relatório — possibilidade dos pesquisadores relatarem somente dados de maior significância ou conveniência, apesar de terem avaliados outros resultados. As classificações foram atribuídas como incerto (I), baixo (B) ou alto (A) risco e apresentadas em tabela.

As avaliações foram feitas por dois pesquisadores (TB e FB) cegos um para a decisão do outro e, pela similaridade dos resultados, não foi considerada necessária a análise de um terceiro avaliador.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. RESULTADOS DA BUSCA

De um total de 474 artigos identificados provenientes da estratégia de busca, 24 estudos foram incluídos nesta revisão (Figura 1).



Fonte: Desenvolvida pelo autor

### 3.2. RISCO DE VIÉS

Em linhas gerais, houve predominância de classificações de baixo risco entre os critérios avaliados pelos dois pesquisadores (TB e FB). Para o viés de seleção, 18 estudos (75%) apresentaram baixo risco de viés. Para o desempenho, o número é maior (19 — 79%). Para os riscos de vieses de deteção e de atrito,

a maioria dos estudos apresentaram alto risco: 17 (71%) e 14 (58%) respetivamente. E para o risco de viés de relatório, 18 (75%) dos estudos foram avaliados como baixo risco. Os vieses com maiores graus de incerteza foram de atrito e relatório (3 estudos cada). Os resultados estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1 – Avaliação do risco de viés**

Nr	Autor	Riscos de viés avaliados				
		VS	VDs	VDt	VA	VR
1	Legg & Patton (1987)	I	B	A	B	B
2	Nindl <i>et al.</i> (2002)	B	B	B	A	B
3	Lieberman <i>et al.</i> (2006)	B	A	B	A	B
4	Nindl <i>et al.</i> (2007)	B	B	B	A	B
5	Welsh <i>et al.</i> (2008)	B	A	A	B	B
6	Christensen <i>et al.</i> (2008)	B	B	B	A	I
7	Lieberman <i>et al.</i> (2009)	A	B	B	B	B
8	Tanskanen <i>et al.</i> (2011)	A	B	B	A	B
9	Fortes <i>et al.</i> (2011)	A	A	A	I	B
10	Tomczak <i>et al.</i> (2013)	B	A	A	B	B
11	Tanskanen <i>et al.</i> (2012)	B	B	A	A	B
12	Coutinho <i>et al.</i> (2014)	B	B	B	I	B
13	Margolis <i>et al.</i> (2014)	B	B	A	A	I
14	Suzuki <i>et al.</i> (2014)	A	B	A	A	B
15	Tomczak (2015)	B	B	A	A	B
16	Domingues <i>et al.</i> (2015)	B	B	A	A	B
17	Lieberman <i>et al.</i> (2016)	A	B	A	A	I
18	Koury <i>et al.</i> (2016)	B	B	A	B	B
19	Tomczak <i>et al.</i> (2017)	B	B	A	A	A
20	Varanoske <i>et al.</i> (2018)	B	B	A	I	A
21	Hamarsland <i>et al.</i> (2018)	B	B	A	A	B
22	Delgado-Moreno <i>et al.</i> (2018)	B	B	A	A	B
23	Santos <i>et al.</i> (2018)	B	B	A	B	B
24	Tomczak & Jówko (2019)	B	A	A	B	A

**Fonte:** Desenvolvida pelo autor. VS — Viés de Seleção; VDs — Viés de Desempenho; VDt — Viés de Detecção; VA — Viés de Atrito; VR — Viés de Relatório; B — baixo risco; A — alto risco; I — incerto

### 3.3. CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS INCLUÍDOS

A população incluída nos estudos variou entre jovens e adultos, todos militares e considerados treinados. Dois estudos utilizaram grupos experimentais e grupos controle. O tamanho das amostras oscilou entre 5 e 87 participantes, havendo um estudo com 186 indivíduos (Tabela 2).

Todos os trabalhos fizeram avaliações de pelo menos um momento anterior e um posterior ao período de treinamento militar. O nível de intensidade dos treinamentos foi descrito na maioria como alta ou moderada intensidade. As durações de treinamento relatados variaram de 1 a 63 dias, sendo que um estudo, de Delgado-Moreno *et al.* (2018), não informou o período do exercício. Sobre a quantidade de

sono, o período de descanso variou entre zero e o tempo considerado normal (oito horas de sono) e quatro pesquisas (Christensen *et al.* 2008; Welsh *et al.* 2008; Lieberman *et al.* 2009; Delgado-Moreno *et al.* 2018) não relataram os períodos de sono. Considerando a grande variabilidade, as horas de sono relatadas apresentaram valor central de 3,47 horas por dia. O delineamento das pesquisas e as características das variáveis independentes estão descritas na Tabela 2.

Já as variáveis dependentes elencadas na presente revisão estão apresentadas conforme a Tabela 3. Vale ressaltar que, devido à variedade encontrada nos delineamentos experimentais dos estudos, esta apresentação ateu-se aos momentos pré e pós treinamento militar, bem como

indicou os comportamentos relatados apenas das variáveis de interesse.

levantada, entretanto os trabalhos elencados não relataram o controle do consumo de suplementos durante os treinamentos.

A possibilidade do uso de suplementação pelas amostras analisadas nos estudos foi

**Tabela 2** – Estatística descritiva, delineamento e caracterização das variáveis independentes relacionadas

Nr	Autores	Tamanho amostral (Exp/Con)	Idade média (anos)	Estatu ra média (m)	MCT média (kg)	Delineamento	Duração do treinamento (dias)	Quantidade de sono	Intensidade do treinamento
1	Legg & Patton (1987)	25 (18 Exp e 7 Con)	Exp: 22,3 ± 2,8 Con: 23,1 ± 2,7	Exp: 1,76 ± 0,5 Con: 1,75 ± 0,4	Exp: 79,1 ± 14,4 Con: 73,2 ± 9,2	Pre e Pós (Grupos Exp e Con)	8	3 a 4 horas por dia	Trabalho manual sustentado (cargas extras de 45 Kg)
2	Nindl <i>et al.</i> (2002)	10	22 ± 3	1,83 ± 0,07	87,0 ± 8,0	3 avaliações: Dia 1 (pré), dia 3 e dia 4 (pós).	4	2 horas por dia	Intensidade moderada a alta
3	Lieberman <i>et al.</i> (2006)	31	31,6 ± 0,4	1,78 ± 1,4	81,5 ± 1,3	3 avaliações: Pré, 24 horas e pós.	5	14,4 ± 1,0 durante os 5 dias	Intensidade moderada a alta
4	Nindl <i>et al.</i> (2007)	50	24,6 ± 4,4	1,76 ± 7,8	78,4 ± 7,7	Pré e pós.	56	3,6 horas por dia	Intensidade moderada a alta
5	Welsh <i>et al.</i> (2008)	29	24 ± 1,0	1,80 ± 0,06	82,5 ± 8,2	Pré e pós.	8	NR	Intensidade de alta
6	Christensen <i>et al.</i> (2008)	5	32,2 ± 7,7	1,84 ± 1,1	85,9 ± 3,7	3 avaliações: pré, pós e 3 horas após.	8	NR	Intensidade de alta
7	Lieberman <i>et al.</i> (2009)	15	NR	NR	67,2 ± 2,1	3 avaliações: Pós, 2 dias após e 108 dias após.	61	4 horas por dia	Intensidade de alta
8	Tanskane <i>et al.</i> (2011)	35	19,6 ± 0,3	1,78 ± 7,5	71,0 ± 7,0	3 avaliações:	56	Normal	Intensidade de



		Pré, 4 sm e 7 sm.					moderada		
9	Fortes <i>et al.</i> (2011)	Exp: 15 e Con: 15.	Exp: 24,7 ± 2,8 e Con: 25,3 ± 2,5	Exp: 1,77 ± 0,04 e Con: 1,79 ± 0,06	Exp: 80,2 ± 8,8 e Con: 81,6 ± 6,6	Pré e pós	56	Normal	Intensidade moderada a alta
10	Tomczak <i>et al.</i> (2013)	8	25 a 33	1,70 a 1,88	71 a 95	4 avaliações: Pré, 32 h, 54 h e 72 h (pós)	3	3 horas nos primeiros dias e zero no último	Intensidade moderada a alta
11	Tanskane <i>et al.</i> (2012)	26	20,0 ± 0,0	1,78 ± 7,5	71,0 ± 7,0	4 avaliações: 6 dias antes, pré, durante e pós.	8	Normal	Intensidade moderada a alta
12	Coutinho <i>et al.</i> (2014)	23	26,9 ± 4,14	1,78 ± 0,06	80,7 ± 9,89	3 avaliações: Pré, pós e 24 h após.	4	1 a 4 horas por dia	Intensidade de alta
13	Margolis <i>et al.</i> (2014)	21	20,0 ± 1,0	1,82 ± 0,07	82,0 ± 9,0	3 avaliações: Pré, pós tarefas militares e pós 5 km de marcha.	7	Normal	Intensidade de alta
14	Suzuki <i>et al.</i> (2014)	52	26,6 ± 3,1	NR	NR	3 avaliações: Pré, 3 sm (durante) e 3–5 dias após o término (pós).	63	5,5 ± 0,68 horas por dia	Intensidade de alta
15	Tomczak (2015)	13	30 a 56	1,81 ± 5,6	83,4 ± 6,7	Pré e pós.	1,5	Sem sono	NR
16	Domingues <i>et al.</i> (2015)	17	28,7 ± 4,19	NR	NR	6 avaliações: Pré, 24 h, 48 h, 72 h, 96 h, 102 h (pós).	4,25	0–2 horas por dia	Intensidade de alta

17	Lieberman <i>et al.</i> (2016)	60	26,9 2 ± 0,37	NR	85,3 7 ± 1,03	Pré e Pós.	21	NR	Intensidade de alta
18	Koury <i>et al.</i> (2016)	87	20,0 ± 2,0	NR	72,8 ± 7,9	3 avaliações: 12 h pré, 12 após 30 km de marcha e 48 h pós.	3	Normal	Intensidade de alta
19	Tomczak <i>et al.</i> (2017)	15	19,6 ± 0,3	1,78 ± 1,7	72,0 ± 2,1	4 avaliações: Pré, 24 h, pós e 24 h após.	1,5	Sem dormir	Intensidade de alta
20	Varanosk <i>et al.</i> (2018)	19	22,7 ± 3,3	1,75 ± 0,04	81,8 ± 11,7	3 avaliações: pré, 12 h e pós.	1	Sem dormir	Intensidade de alta
21	Hamarsland <i>et al.</i> (2018)	15	23,0 ± 4,0	1,81 ± 0,06	78,0 ± 7,0	5 avaliações: 3 sm antes, Pré, pós, após 24 h, após 72 horas, após 1 sm e após 2 sm.	7	2–3 horas por dia	Intensidade de alta
22	Delgado-Moreno <i>et al.</i> (2018)	186	27,2 ± 4,2	1,74 ± 5,7	71,6 ± 6,3	Pré e Pós.	NR	NR	Intensidade de alta
23	Santos <i>et al.</i> (2018)	43	19 a 24	1,70 ± 0,10	74,4 ± 7,7	3 avaliações: Pré, pós e 63 h após.	3	Sem dormir	Intensidade de alta
24	Tomczak & Jówko (2019)	14	20 a 27	NR	NR	4 avaliações: Pré, 24 h, pós e 12 h após.	1,5	Sem dormir	Intensidade de alta

**Fonte:** O autor. NR = Não relatado; Exp. = Grupo Experimental; Con. = Grupo Controle; sm = semanas; h = horas; Kg = quilogramas



**Tabela 3 – Características dos estudos incluídos**

N <sup>o</sup>	Autor	Marcadores de estresse oxidativo / Efeito	Marcadores de dano oxidativo / Efeito	Marcadores de lesão celular / Efeito	Desempenho cognitivo / Efeito	Desempenho físico / Efeito
1	Legg & Patton (1987)	NR	NR	NR	NR	↓Potência anaeróbica (Teste de Wingate); ↓Força isométrica de preensão manual.
2	Nindl <i>et al.</i> (2002)	NR	NR	NR	NR	↓Força de membros superiores (supino); ↓Salto vertical durante o treinamento
3	Lieberman <i>et al.</i> (2006)	NR	NR	NR	↓Vigilância; ↑Tempo de reação; ↓Reconhecimento de padrões; ↓Substituição de símbolos; ↓Aprendizado por lista de palavras; ↓Raciocínio gramatical.	NR
4	Nindl <i>et al.</i> (2007)	NR	NR	NR	NR	↓ Altura de salto vertical; ↓Potência de salto vertical.
5	Welsh <i>et al.</i> (2008)	NR	NR	NR	NR	↓ Altura de salto vertical; ↓Potência de salto vertical.
6	Christensen <i>et al.</i> (2008)	NR	NR	NR	NR	↓ Altura de salto vertical (Post); ↔ Altura do salto (3 h após) em relação a pré.
7	Lieberman <i>et al.</i> (2009)	NR	NR	NR	↓Vigilância; ↑Tempo de reação; ↓Reconhecimento de padrões; ↓Substituição de símbolos; ↓	NR

						Aprendizado por lista de palavras; e ↓Raciocínio gramatical.	
8	Tanskane n et al. (2011)	↓TGS (4sm) ↔ PC; e ↑TGS ↔ MDA (7sm); ↑GSSG (4sm) e ↑GSSG (7sm); ↑GSSG/TGS H (4 sm) e ↔GSSG/TGS H (7 sm); ↓ORAC (4 sm) e ↑ ORAC (7 sm).			NR	NR	↓Força de preensão manual (4 sm) e ↑Força isométrica de preensão (7 sm); ↓Potência de salto vertical (4 sm) e ↑Potência de salto vertical (7 sm)
9	Fortes et al. (2011)		NR		NR	NR	Con: ↓Potência de salto vertical; Exp: ↔ Potência de salto vertical;
10	Tomczak et al. (2013)		NR		NR	↔ Atensão dividida	↔ Força de preensão manual; ↓ Velocidade em teste de corrida.
11	Tanskane n et al. (2012)		NR		NR	NR	↓Força de preensão manual (durante); ↑Força isométrica de preensão (pós); ↓Potência de salto vertical (durante); ↑Potên cia de salto vertical (pós).
12	Coutinho et al. (2014)		NR		NR	NR	↔ Força de preensão manual.
13	Margolis et al. (2014)		NR		NR	NR	↔ Força máxima de preensão manual.

				5km de marcha)		
1 4	Suzuki <i>et al.</i> (2014)	↓BDNF (durante) e ↔ BDNF (pós) em relação a pré).	NR	NR	↑CK (durante) e ↔ CK (pós) em relação a pré); ↑ LDH (durante) e ↑ LDH (pós) em relação a pré);	NR
1 5	Tomczak (2015)	NR	NR	NR	↓ Atenção dividida	↓ Força máxima de prensão manual; ↓Agilidade; ↓Equilíbrio dinâmico.
1 6	Domingues <i>et al.</i> (2015)	NR	NR	NR	↑CK e ↑ LDH (todos os momentos em relação à pré)	↓Raciocínio verbal, ↓Raciocínio numérico, ↓Raciocínio espacial e ↓Memória de curto prazo (em todos os momentos em relação a pré).
1 7	Lieberman <i>et al.</i> (2016)	NR	NR	NR	↓Raciocínio gramatical; ↓Memória de trabalho; ↓Match-to-sample; ↓Alerta cognitivo; ↑Tempo de reação.	NR
1 8	Koury <i>et al.</i> (2016)	↑DPPH (após a marcha e 48 h pós, em relação a pré)	NR	NR	↑CK, ↑LDH e ↑AST (pós em relação a pré)	NR
1 9	Tomczak <i>et al.</i> (2017)	NR	NR	NR	↔Tempo de reação (em 24 h, pós e 24 h após)	↔Força máxima de prensão manual; ↔Corrida de 1600 metros.

2 0	Varanoske <i>et al.</i> (2018)	↑BDNF (12 h e pós, em relação à pré)	NR	NR	↔Processamento matemático; ↔Tempo de reação motor; ↑Tempo de reação visual; ↔Capacidade de rastreamento visual.	↔Potência de salto vertical; ↔Pull-ups; ↑Tempo de transporte de vítima; ↔Contrarrelógio de 1 km.
2 1	Hamarlsan <i>d et al.</i> (2018)	NR	NR	↑CK (Pós e após 24 h).	NR	↓Força máximo de membros superiores (Supino); ↓Força máxima de membros inferiores. ↓Potência de salto vertical
2 2	Delgado- Moreno <i>et al.</i> (2018)	NR	NR	NR	NR	↑Potência de salto vertical; e ↔ Coordenação e capacidade de uso de membros superiores.
2 3	Santos <i>et al.</i> (2018)	NR	NR	↑CK, ↑LDH e ↑Mb (pós em relação a pré)	NR	NR
2 4	Tomczak & Jówko (2019)	NR	NR	NR	↓ Atenção dividida	↓Força máxima de preensão manual; ↓Equilíbrio.

**Fonte:** Desenvolvida pelo autor. NR = Não relatado; kg = quilograma; Pré = Momento anterior; Pós = Momento posterior; N.R. = Não relatado; h = horas; sm = semanas; CK = creatina quinase; LDH = lactato desidrogenase; AST = aspartato transaminase; BDNF = fator neurotrófico derivado do cérebro; DPPH = 1,1-difenil-2-picrilhidrazil; TGS = glutathione reduzida total; GSSG = glutathione oxidada; ORAC = capacidade de absorção de radicais de oxigênio; PC = proteína carbonilada; MDA = malondialdeído; Mb = mioglobina; ↔ = sem alteração significativa; ↑ = aumento significativo; e ↓ = redução significativa

Os delineamentos experimentais dos estudos foram diversos (Tabela 2), guardando uma característica comum de realizar pelo menos uma avaliação antes e uma após o treinamento, com exceção do estudo conduzido por Lieberman *et al.* (2009), que fez análise em condições basais após 102 dias do treinamento. Alguns estudos apresentaram também dados importantes sobre a recuperação dos indivíduos, indicando a

possibilidade de efeitos de longo prazo. Entretanto, devido à grande variação na quantidade de dias de intervenção, a comparação entre os estudos pode sinalizar informações inconsistentes. Em consideração ao treinamento de busca e resgate, foco do presente trabalho, seis estudos (Legg & Patto, 1987; Christensen *et al.* 2008; Welsh *et al.* 2008; Tanskanen *et al.* 2012; Tomczak 2013; Margolis *et al.* 2014; Tomczak *et al.* 2017;

Hamarsland *et al.* 2018) tiveram sete ou oito dias de exercício, porém destes, somente Hamarsland *et al.* (2018) relataram restrição significativa de sono (2–3 horas por dia).

Dos 24 estudos selecionados, apenas quatro trabalhos (Tankanen *et al.* 2011; Suzuki *et al.* 2014; Koury *et al.* 2016; Varanoske *et al.* 2018) analisaram efeitos oxidativos nos militares. O estudo de Tanskanen *et al.* (2011) apresentou a análise mais abalizada, com dosagens de TGSH, GSSH, ORAC, PC e MDA, sendo o único a avaliar tais marcadores. O trabalho de Suzuki *et al.* (2014) e Varanoske *et al.* (2018) avaliaram o BDNF, enquanto Koury *et al.* (2016) analisaram o DPPH. Dos quatro estudos, tanto as reduções de TGSH, ORAC e DPPH, como o aumento de GSSG verificados em resposta ao treinamento são convergentes, no entanto, os trabalhos envolvendo o BDNF apresentaram resultados divergentes, o que pode ser explicado pela distinção nos delineamentos dos experimentos (1 dia e 63 dias).

Os biomarcadores de lesão celular apareceram em sete estudos (Coutinho *et al.* 2014; Margolis *et al.* 2014; Suzuki *et al.* 2014; Domingues *et al.* 2015; Koury *et al.* 2016; Hamarsland *et al.* 2018; Santos *et al.* 2018], sendo a CK a enzima mais comumente utilizada. A LDH foi dosada nas amostras de seis estudos, enquanto a AST e a Mb apareceram uma única vez cada. A totalidade das avaliações verificou aumento significativo nestes marcadores em resposta aos treinamentos estudados.

Para análise do desempenho cognitivo dos indivíduos, não foi encontrado um consenso nas avaliações que indicassem um padrão mais adequado a ser utilizado. Dentre os diversos protocolos utilizados, o tempo de reação se destaca por estar presente na maioria dos estudos que avaliaram esse tipo de variável (Lieberman *et al.* 2006; Lieberman *et al.* 2009; Lieberman *et al.* 2016; Tomczak *et al.* 2017; Varanoske *et al.* 2018). Os resultados convergem para o aumento no tempo de reação e sugerem maior influência do treinamento militar conforme o aumento da duração do treinamento. Todos os estudos que

analisaram as variáveis cognitivas tinham importante privação de sono.

Já para a avaliação de desempenho físico, a medição da força de preensão manual (Legg & Patto, 1987; Tankanen *et al.* 2011; Coutinho *et al.* 2014; Margolis *et al.* 2014; Tomczak *et al.* 2019) e o salto vertical (Christensen *et al.* 2008; Welsh *et al.* 2008; Tanskanen *et al.* 2012; Delgado-Moreno *et al.* 2018; Hamarsland *et al.* 2018; Varanoske *et al.* 2018; Nindl *et al.* 2002; Nindl *et al.* 2007) foram as variáveis mais avaliadas dos 17 estudos que analisaram o desempenho físico, indicando maior consenso na utilização dessas avaliações. Os resultados são semelhantes para o salto vertical, indicando redução neste parâmetro, com exceção de um estudo (Delgado-Moreno *et al.* 2018) que não verificou diferença significativa (estudo com período não relatado) e de outro (Varanoske *et al.* 2018) que verificou melhoria (em um dia de treinamento militar). Já para a preensão manual, houve divergência. Dos artigos analisados, 55% mostraram declínio desta função (Legg *et al.* 1987; Tanskanen *et al.* 2012; Tomczak 2013; Lieberman *et al.* 2016; Tomczak *et al.* 2019), enquanto 45% sinalizando haver declínio, enquanto os restantes sugerem não haver diferenças estatisticamente significativas (Coutinho *et al.* 2014; Margolis *et al.* 2014; Tomczak 2013; Tomczak *et al.* 2017).

#### 4. DISCUSSÃO

Esta revisão buscou identificar na literatura os trabalhos com populações militares que avaliassem o efeito de pelo menos uma de duas variáveis independentes peculiares destes exercícios: Atividade física intensa prolongada e privação de sono. Como variáveis dependentes foram elencados os marcadores de dano oxidativo, capacidade antioxidante, lesão celular e de parâmetros de desempenho cognitivo. Em linhas gerais, os efeitos agudos dos treinamentos militares ocasionam aumento significativo no dano oxidativo e na lesão celular, redução significativa na concentração de enzimas antioxidantes e no desempenho cognitivo.

Dos 24 estudos analisados por completo, somente quatro avaliaram aspectos oxidativos.

Destacando o trabalho de Tanskanen *et al.* (2011), os autores relatam que o tempo de atividade aumentou e o tempo de repouso diminuiu nas quatro primeiras semanas de treinamento, com um aumento concomitante no desempenho aeróbico, enquanto a Massa Corporal Total (MCT) permaneceu, havendo redução do estresse oxidativo em repouso. A diminuição do dano oxidativo pode ser explicada pela geração atenuada de EROs ou pelo aprimoramento da proteção tecidual e dos sistemas antioxidantes, devido à adaptação à exposição regular a uma pequena quantidade de EROs provenientes de exercícios (Tanskanen *et al.* 2011). Assim, o fenômeno observado poderia ser uma consequência de um sistema antioxidante aprimorado em resposta a uma carga de treinamento tolerável, convergindo com outros estudos neste sentido (Gomez-Cabrera *et al.* 2008). De acordo ainda com Tanskanen *et al.* (2011) a melhoria de VO<sub>2</sub> máx e da capacidade de produzir EROs é acompanhada por alta atividade da glutathione peroxidase eritrocitária e alta concentração de glutathione reduzida, o que pode estar associado a redução da peroxidação lipídica e consequentemente de danos à membrana celular.

Nas avaliações deste mesmo estudo feitas após um exercício aeróbico submáximo de 45 minutos, as quatro semanas de treinamento militar contribuíram com o aumento da suscetibilidade ao estresse oxidativo, com maior oxidação da glutathione e menor capacidade antioxidante após a intervenção (Tanskanen *et al.* 2011). Na contramão dos resultados apresentados, o ORAC reduziu na quarta semana e o autor atribui esse fato ao consumo de antioxidantes endógenos dietéticos. E, apesar das variações verificadas, não foi registada alteração significativa nas concentrações e proteína carbonilada e de malondialdeído, dois importantes marcadores do dano oxidativo, fato atribuído parcialmente à carga submáxima de exercício não ter sido extenuante o suficiente, considerando ainda que as capacidades antioxidantes foram significativamente ativadas removendo os EROs (Tanskanen *et al.* 2011).

Outro estudo avaliou o DPPH, radical livre comumente presente no plasma sanguíneo,

cujas eliminação sinaliza a capacidade antioxidante do organismo e que dependendo da intervenção de treinamento pode ser significativamente impactado (Hammouda *et al.* 2012). No trabalho de Koury *et al.* (2016), houve aumento de DPPH após o treinamento militar de alta intensidade e com privação total de sono. Para os autores, o aumento da capacidade antioxidante pode ser resultado de uma adaptação a longo prazo, visto que eram jovens treinados, e não como uma resposta aguda ao exercício exaustivo (Koury *et al.* 2016).

Em outros estudos com marcador de estresse oxidativo, Suzuki *et al.* (2014) encontraram resultados contrários aos achados anteriores sobre a expressão de BDNF. A literatura sugere que este marcador é aumentado no plasma em homens jovens e saudáveis pós exercício físico (Zoladz *et al.* 2008), além disso, foi relatado que a privação do sono também aumenta a concentração sérica de BDNF (Gorgulu *et al.* 2009). O estudo elencado nesta revisão verificou redução no BDNF como efeito do treinamento militar que envolveu redução na quantidade e qualidade do sono, bem como atividade física intensa. Os autores sugerem então que mais estudos sejam realizados, com maior controle de variáveis, pois muitos parâmetros contribuem para a regulação da concentração plasmática de BDNF e nenhum parâmetro isolado em seu trabalho foi suficiente para regulá-lo (Suzuki *et al.* 2014).

Já Varanoske *et al.* (2018) encontraram aumento de BDNF após um dia de treinamento militar com privação total de sono. Estudos anteriores relatam que períodos agudos de estresse podem aumentar a resposta do BDNF (Huang *et al.* 2013), mas que esse fator neurotrófico tem importante função cognitiva, podendo explicar a manutenção de alguns aspectos cognitivos durante o estudo (Varanoske *et al.* 2018). Em comparação ao trabalho de Suzuki *et al.* (2014), enquanto este avaliou a amostra após 3 semanas de treinamento básico com condições controladas, Varanoske *et al.* (2018) avaliaram os efeitos de apenas um dia de treinamento intenso, sem sono. Essas distinções de



delineamento dos estudos dificultam a realizações de comparações conclusivas.

A convergência encontrada nas avaliações dos biomarcadores de lesão celular corrobora com os estudos na área (Tankanen *et al.* 2011; Coutinho *et al.* 2014; Margolis *et al.* 2014; Suzuki *et al.* 2014; Domingues *et al.* 2015; Koury *et al.* 2016; Hamarsland *et al.* 2018; Santos *et al.* 2018). Entretanto, os níveis de impacto nesses biomarcadores apresentam grande variabilidade, pois além de oferecem respostas bastante distintas individualmente, as diferenças nos delineamentos experimentais também podem exercer influência nos resultados (Brancaccio *et al.* 2007). Adicionalmente, estudos com populações militares sugerem que o aumento de enzimas como a CK seja da ordem de 50 vezes o limite superior basal após o treinamento militar (Kenney *et al.* 2012), e outros marcadores podem obedecer esse mesmo comportamento.

Comparando os achados bioquímicos dos estudos avaliados, é possível perceber possível influência da duração do treinamento nos efeitos em cada biomarcador. Neste sentido, as intervenções mais curtas (menos de sete dias) parecem não ser suficientes para provocar impactos crônicos significativos nos organismos dos indivíduos, enquanto exercícios com mais de quatro semanas parecem oferecer adaptações fisiológicas.

Nos aspectos cognitivos, os protocolos utilizados para avaliação foram bastante diversos. Considerando, no entanto, a variável mais comum (tempo de reação), os achados foram convergentes com o aumento da variável em consequência do treinamento (Lieberman *et al.* 2006; Lieberman *et al.* 2016; Varanoske *et al.* 2018), com exceção dos resultados de Tomczak *et al.* (2017) que não verificaram diferença estatisticamente significativa. Estes últimos autores atribuíram esta manutenção do desempenho ao aumento da motivação dos cadetes durante o exercício.

A maioria dos autores que verificaram reduções nos parâmetros cognitivos sugerem que possa existir maior efeito da privação de sono e/ou da fadiga mental causada pelo estresse ocupacional (Lieberman *et al.* 2016;

Domingues *et al.* 2015; Tomczak 2015; Lieberman *et al.* 2016; Varanoske *et al.* 2018).

Acerca do desempenho físico das amostras, as avaliações que utilizaram o salto vertical foram convergentes em relatar resultados deprimidos em relação aos valores basais (Nindl *et al.* 2002; Nindl *et al.* 2007; Welsh *et al.* 2008; Christensen *et al.* 2008; Fortes *et al.* 2011; Tanskanen *et al.* 2011; Tankanen *et al.* 2012), com exceção do trabalho de Delgado-Moreno *et al.* (2018) que não relatou a duração do treinamento e o de Varanoske *et al.* (2018) que analisaram intervenção de apenas um dia. As análises da variação de força de preensão manual são divergentes, sugerindo outras influências nos resultados, não sendo talvez o tempo de treinamento suficiente para provocar alterações (Legg *et al.* 1987; Tanskanen *et al.* 2011; Tanskanen *et al.* 2012; Tomczak 2013; Coutinho *et al.* 2014; Margolis *et al.* 2014; Tomczak 2015; Tomczak *et al.* 2017; Tomczak *et al.* 2019).

Apesar da quantidade de estudos encontrados para a presente análise, não foi possível encontrar nenhum estudo que fizesse análise simultânea de todas as variáveis elencadas, havendo então uma lacuna científica para a compreensão do comportamento destas variáveis e a possível relação entre elas mediante a influência do treinamento militar. É prudente ressaltar, no entanto que a presente busca se limitou a duas bases de dados, sendo talvez possível encontrar mais informações em outras fontes como *SciELO*, *LiLACS* e *Scopus*.

## 5. CONCLUSÃO

Os treinamentos militares com atividade física intensa prolongada e/ou privação de sono são capazes de provocar alterações significativas em marcadores bioquímicos e em parâmetros de desempenho cognitivo ou físico. Porém, apesar de guardarem semelhança nas variáveis independentes, os delineamentos dos estudos apresentam grande variação, o que dificulta o consenso entre as considerações acerca das modificações fisiológicas observadas. Intervenções com menos de sete dias parecem não ser suficientes e as com mais de quatro semanas sugerem efeitos crônicos.



As dosagens das concentrações de creatina quinase apareceram em todos os estudos com avaliações de lesão celular e tiveram resultados convergentes, sugerindo ser um bom parâmetro para esta análise. O mesmo ocorreu com o salto vertical para o desempenho físico e o tempo de reação para a resposta cognitiva.

Os estudos com marcadores de estresse oxidativo, dano oxidativo e capacidade antioxidante foram mais escassos na presente revisão, sugerindo a necessidade do desenvolvimento de mais pesquisas com essas variáveis. As evidências encontradas em relação ao treinamento militar ainda são divergentes e a compreensão desta influência ainda não parece estabelecida.

Adicionalmente, esta revisão sugere a realização de pesquisa com duração do treinamento superior a sete dias, com o controle de variáveis como a intensidade do esforço físico e a quantidade/qualidade de sono. Este controle de variáveis deve oferecer maior compreensão da relação com as variáveis dependentes.

#### AGRADECIMENTOS

O presente trabalho recebeu suporte da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) — Edital “Pesquisador do Nosso Estado” — e também pelo Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) — Edital “Pesquisador Senior”.

#### REFERÊNCIAS

Brancaccio, P., Maffulli, N., & Limongelli, F. M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British medical bulletin*, 81-82, 209–230. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldm014>

Coutinho LAA, Cerqueira LS, Rodrigues AVS, Porto CPM, Pierucci APTR. (2014). Co-ingestion of carbohydrate and pea protein does not enhance muscle recovery after strenuous exercise. *Revista de Nutrição. FapUNIFESP*; Jun;27(3):367–77. <http://dx.doi.org/10.1590/1415-52732014000300010>.

Christensen, P. A., Jacobsen, O., Thorlund, J. B., Madsen, T., Møller, C., Jensen, C., Suetta,

C., & Aagaard, P. (2008). Changes in maximum muscle strength and rapid muscle force characteristics after long-term special support and reconnaissance missions: a preliminary report. *Military medicine*, 173(9), 889–894.

<https://doi.org/10.7205/milmed.173.9.889>

Delgado-Moreno, R., Robles-Pérez, J. J., Aznar, S., & Clemente-Suarez, V. J. (2018). Inalambric Biofeedback Devices to Analyze Strength Manifestation in Military Population. *Journal of medical systems*, 42(4),60

<https://doi.org/10.1007/s10916-018-0914-9>

Domingues CA, Domingues ECP, Nascimento OJ, Filho NGR, Annunziato JT, Rebelo JLC, et al. (2015). Prolonged Physical Effort Affects Cognitive Processes During Special Forces Training. Springer International Publishing; 570–82. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-20816-9\\_55](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-20816-9_55).

Fortes, M. B., Diment, B. C., Greeves, J. P., Casey, A., Izard, R., & Walsh, N. P. (2011). Effects of a daily mixed nutritional supplement on physical performance, body composition, and circulating anabolic hormones during 8 weeks of arduous military training. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 36(6), 967–975.

<https://doi.org/10.1139/h11-124>

Gomez-Cabrera, M. C., Domenech, E., & Viña, J. (2008). Moderate exercise is an antioxidant: upregulation of antioxidant genes by training. *Free radical biology & medicine*, 44(2), 126–131.

<https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2007.02.001>

Gorgulu, Y., & Caliyurt, O. (2009). Rapid antidepressant effects of sleep deprivation therapy correlates with serum BDNF changes in major depression. *Brain research bulletin*, 80(3), 158–162.

<https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2009.06.016>

Hamarsland, H., Paulsen, G., Solberg, P. A., Slaathaug, O. G., & Raastad, T. (2018). Depressed Physical Performance Outlasts

Hormonal Disturbances after Military Training. *Medicine and science in sports and exercise*, 50(10),2076–2084.

<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001681>

Hammouda, O., Chtourou, H., Chaouachi, A., Chahed, H., Ferchichi, S., Kallel, C., Chamari, K., & Souissi, N. (2012). Effect of short-term maximal exercise on biochemical markers of muscle damage, total antioxidant status, and homocysteine levels in football players. *Asian journal of sports medicine*, 3(4), 239–246.

<https://doi.org/10.5812/asjasm.34544>

Higgins JP, Altman DG. Assessing Risk of Bias in Included Studies. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. John Wiley & Sons, Ltd; 187–241.

<http://dx.doi.org/10.1002/9780470712184.ch8>.

Huang, T., Larsen, K. T., Ried-Larsen, M., Møller, N. C., & Andersen, L. B. (2014). The effects of physical activity and exercise on brain-derived neurotrophic factor in healthy humans: A review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(1), 1–10.

<https://doi.org/10.1111/sms.12069>

Kenney, K., Landau, M. E., Gonzalez, R. S., Hundertmark, J., O'Brien, K., & Campbell, W. W. (2012). Serum creatine kinase after exercise: drawing the line between physiological response and exertional rhabdomyolysis. *Muscle & nerve*, 45(3), 356–362.

<https://doi.org/10.1002/mus.22317>

Koury, J. C., Daleprane, J. B., Pitaluga-Filho, M. V., de Oliveira, C. F., Gonçalves, M. C., & Passos, M. C. (2016). Aerobic Conditioning Might Protect Against Liver and Muscle Injury Caused by Short-Term Military Training. *Journal of strength and conditioning research*, 30(2), 454–460.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001102>

Legg, S. J., & Patton, J. F. (1987). Effects of sustained manual work and partial sleep deprivation on muscular strength and endurance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 56(1), 64–68.

<https://doi.org/10.1007/BF00696378>

Lieberman, H.R.; Caruso, C.M.; Niro, P.J.; Bathalon, G.P. (2006). Acute Effects of Battlefield-Like Stress on Cognitive and Endocrine Function of Officers from an Elite Army Unit. In *Human Dimensions in Military Operations—Military Leaders’ Strategies for Addressing Stress and Psychological Support*. (pp. 33-1–33-14). Meeting Proceedings RTO-MP-HFM-134, Paper 33. Neuilly-sur-Seine, France: RTO.

<http://www.rto.nato.int/abstracts.asp>

Lieberman, H. R., Castellani, J. W., & Young, A. J. (2009). Cognitive function and mood during acute cold stress after extended military training and recovery. *Aviation, space, and environmental medicine*, 80(7), 629–636.

<https://doi.org/10.3357/asem.2431.2009>

Lieberman, H. R., Farina, E. K., Caldwell, J., Williams, K. W., Thompson, L. A., Niro, P. J., Grohmann, K. A., & McClung, J. P. (2016). Cognitive function, stress hormones, heart rate and nutritional status during simulated captivity in military survival training. *Physiology & behavior*, 165, 86–97.

<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.06.037>

Margolis, L. M., Murphy, N. E., Martini, S., Spitz, M. G., Thrane, I., McGraw, S. M., Blatny, J. M., Castellani, J. W., Rood, J. C., Young, A. J., Montain, S. J., Gundersen, Y., & Pasiakos, S. M. (2014). Effects of winter military training on energy balance, whole-body protein balance, muscle damage, soreness, and physical performance. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 39(12), 1395–1401.

<https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0212>

Nindl, B. C., Leone, C. D., Tharion, W. J., Johnson, R. F., Castellani, J. W., Patton, J. F., & Montain, S. J. (2002). Physical performance responses during 72 h of military operational stress. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(11), 1814–1822.

<https://doi.org/10.1097/00005768-200211000-00019>

Nindl, B. C., Barnes, B. R., Alemany, J. A., Frykman, P. N., Shippee, R. L., & Friedl, K. E. (2007). Physiological consequences of U.S. Army Ranger training. *Medicine and science in*

- sports and exercise*, 39(8), 1380–1387. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318067e2f7>
- Santos NC de MS, Neves EB, Fortes M de SR, Martinez EC, Júnior O da CF. (2018) The influence of combat simulation exercises on indirect markers of muscle damage in soldiers of the Brazilian army. *Bioscience Journal*; 1051–61. <http://dx.doi.org/10.14393/bj-v34n1a2018-39467>.
- Silva, FB. (2019) Marcadores indiretos de lesão celular, de estresse oxidativo e hormonais em exercícios de alta intensidade e longa duração, com restrição alimentar e de sono: uma revisão sistemática. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física). Escola de Educação Física do Exército. Rio de Janeiro — RJ.
- Supplemental Information 5: PRISMA 2009 Checklist—Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses. *PeerJ*; <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.4598/supp-5>
- Suzuki, G., Tokuno, S., Nibuya, M., Ishida, T., Yamamoto, T., Mukai, Y., Mitani, K., Tsumatori, G., Scott, D., & Shimizu, K. (2014). Decreased plasma brain-derived neurotrophic factor and vascular endothelial growth factor concentrations during military training. *PLoS one*, 9(2), e89455. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089455>
- Tanskanen, M. M., Uusitalo, A. L., Kinnunen, H., Häkkinen, K., Kyröläinen, H., & Atalay, M. (2011). Association of military training with oxidative stress and overreaching. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(8), 1552–1560. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182106d81>
- Tanskanen, M. M., Westerterp, K. R., Uusitalo, A. L., Atalay, M., Häkkinen, K., Kinnunen, H. O., & Kyröläinen, H. (2012). Effects of easy-to-use protein-rich energy bar on energy balance, physical activity and performance during 8 days of sustained physical exertion. *PLoS one*, 7(10), e47771. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047771>
- Tomczak, A., Dąbrowski, J., & Mikulski, T. (2017). Psychomotor performance of Polish Air Force cadets after 36 hours of survival training. *Annals of agricultural and environmental medicine : AAEM*, 24(3), 387–391. <https://doi.org/10.5604/12321966.1232762>
- Tomczak, A. (2013) Effects of a 3-day survival training on selected coordination motor skills of special unit soldiers. *Arch Budo*. 9(3):169–173.
- Tomczak A. (2015). Coordination Motor Skills of Military Pilots Subjected to Survival Training. *Journal of strength and conditioning research*, 29(9), 2460–2464. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000910>
- Tomczak, A., Rózański, P., & Jówko, E. (2019). Changes in Coordination Motor Abilities of Naval Academy Cadets During Military Survival Training. *Aerospace medicine and human performance*, 90(7), 632–636. <https://doi.org/10.3357/AMHP.5302.2019>
- Varanoske, A. N., Wells, A. J., Kozlowski, G. J., Gepner, Y., Frosti, C. L., Boffey, D., Coker, N. A., Harat, I., & Hoffman, J. R. (2018). Effects of  $\beta$ -alanine supplementation on physical performance, cognition, endocrine function, and inflammation during a 24 h simulated military operation. *Physiological reports*, 6(24), e13938. <https://doi.org/10.14814/phy2.13938>
- Welsh, T. T., Alemany, J. A., Montain, S. J., Frykman, P. N., Tuckow, A. P., Young, A. J., & Nindl, B. C. (2008). Effects of intensified military field training on jumping performance. *International journal of sports medicine*, 29(1), 45–52. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964970>
- Zoladz, J. A., Pilc, A., Majerczak, J., Grandys, M., Zapart-Bukowska, J., & Duda, K. (2008). Endurance training increases plasma brain-derived neurotrophic factor concentration in young healthy men. *Journal of physiology and pharmacology : an official journal of the Polish Physiological Society*, 59 Suppl 7, 119–132.

### PROCEDIMENTOS ÉTICOS

**Conflito de interesses:** Nada a declarar. **Financiamento:** O presente trabalho recebeu suporte da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) — Edital “Pesquisador do Nosso Estado” — e também pelo Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) — Edital “Pesquisador Senior”. **Revisão por pares:** Dupla revisão anónima por pares.



Todo o conteúdo do JIM – Jornal de Investigação Médica é licenciado sob *Creative Commons*, a menos que especificado de outra forma e em conteúdo recuperado de outras fontes bibliográficas.