



RAN

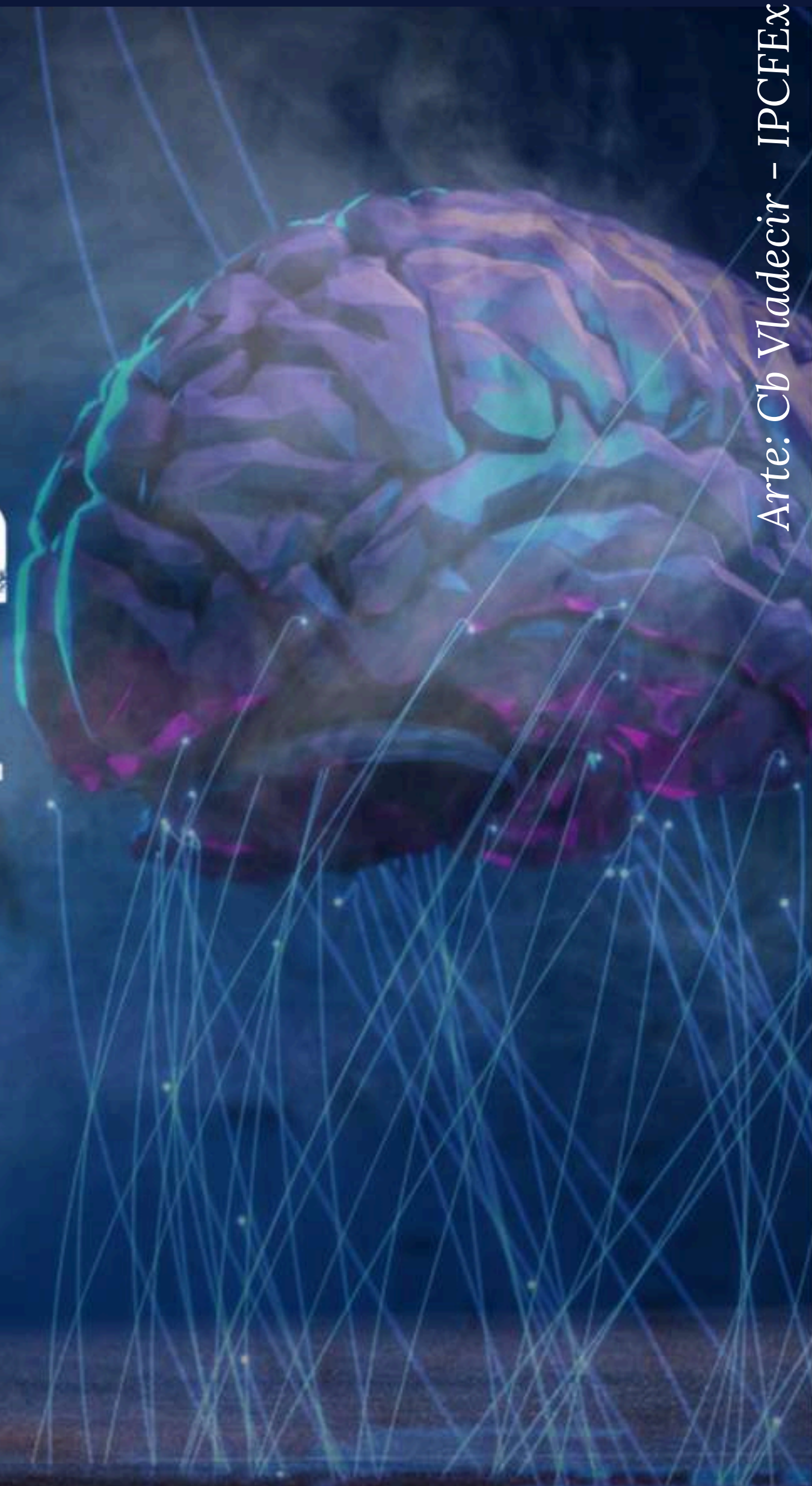
REVISTA AGULHAS NEGRAS

A Revista das Ciências Militares na AMAN

ISSN 2595-1084

CIÊNCIA TECNOLOGIA e INOVAÇÃO na DEFESA NACIONAL

*Science, Technology and
Innovation in National Defense*



SPECIAL ISSUE

DESAFIOS NA CAPACITAÇÃO FÍSICA, DESEMPENHO COGNITIVO E RESILIÊNCIA SOCIAL
Challenges in physical training, cognitive performance and social resilience

RAN - Journal of Military Sciences

RESENDE-RJ, BRAZIL

V. 8 N. ESPECIAL - 2024

Arte: Cb Vladecir - IPCFEx



EQUIPE EDITORIAL

Presidente de Honra

Gen Bda **MARCUS VINICIUS GOMES BONIFACIO** (Me.) – AMAN

Editor Convidado

Prof. Dr. **RUNER AUGUSTO MARSON** – Escola Preparatória de Cadetes do Exército (EsPCEEx) / Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx)

Editor-Chefe

Cel R1 **RAFAEL ROESLER** (Dr.) – AMAN

Editor Adjunto

Maj **ARLINDO JOSÉ DE BARROS JUNIOR** (Me.) – AMAN

Conselho Editorial

Cel **GILVALADÃO FORTES** (Me.) - AMAN

Cel **WESLEI JARDIM BATISTA** (Me.) – AMAN

Cel R1 **JOÃO CARLOS JÂNIO GIGLOTTI** (Dr.) - Universidade de São Paulo (EEL / USP), Faculdade de Tecnologia da UERJ (FAT/UERJ)

Comissão Editorial

TC **ROBERTO CAMPOS LEONI** (Dr.) – AMAN

Maj **RÔMULO FERREIRA DOS SANTOS** (Dr.) – Universidade de Brasília – UNB

Cap **FÁBIO ALVES MACHADO** (Dr.) - Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx)

Revisão Linguística

Maj **ARLINDO JOSÉ DE BARROS JUNIOR** (Me.) – AMAN

Revisão de Línguas Estrangeiras

Maj **TIMOTEO SALGADO PEREIRA PINTO** (Me.) - AMAN

Maj **JOSÉ NEYARDO ALVES DE ARAÚJO** (Me.) - AMAN

Maj **ARLINDO JOSÉ DE BARROS JUNIOR** (Me.) – AMAN



Revista Agulhas Negras

A Revista das Ciências Militares na AMAN

ISSN 2595-1084

v. 8, n. Especial / Special – 2024

Resende, RJ

NÚMERO COMPLETO

Revista Agulhas Negras (RAN)	Resende	v. 8	n. Especial	p. 1 - 109	2024
------------------------------	---------	------	-------------	------------	------



SOBRE

A **Revista Agulhas Negras (RAN)** é uma publicação semestral do Programa de Graduação em Ciências Militares da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN), de natureza acadêmica, sem fins lucrativos. Por ser multidisciplinar, tem por objetivo a divulgação de trabalhos científicos e acadêmicos cujo escopo é o desenvolvimento, implementação e/ou aperfeiçoamento da Doutrina Militar Terrestre nas áreas Operacional, Informacional e nas linhas de Defesa, Segurança, Educação, Comportamento e Administração.

Este **Número Especial** reuniu estudos e pesquisas que visam aos **avanços tecnológicos** aplicados à **saúde**, à **qualidade de vida** e à **operacionalidade** dos todos os atores de defesa, o que vai ao encontro do Plano Estratégico Organizacional do Ministério da Defesa. Em suma: promover o desenvolvimento da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), fortalecer a dimensão humana e aperfeiçoar a infraestrutura física e tecnológica; e em consonância com os Objetivos Estratégicos do Exército nº 14 (Ampliar a integração do Exército à sociedade), nº 12.1.4 (Incrementar a pesquisa científica nos Estabelecimentos de Ensino).

Sistema de avaliação: avaliação por pares duplo-cega

Custo: gratuito

ENDEREÇO PARA CONTATO

Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) - Divisão de Ensino (DE)

Seção de Pesquisa Acadêmica e Extensão (SPA-E)

Rodovia Presidente Dutra, Km 306 S/N - Resende – RJ

CEP: 27534-970

Tel: +55 (24) 3388-5098

Email: ran.editor@aman.eb.mil.br

<http://www.ebrevistas.eb.mil.br/aman/>

Os conceitos emitidos nos trabalhos **são de exclusiva responsabilidade dos autores**, não refletindo, necessariamente, a opinião da Revista nem tampouco da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN).



SUMÁRIO

EDITORIAL

Preparação Militar no Século XXI: prontidão, desempenho físico e resiliência	v
<i>Runer Augusto Marson</i>	
<i>Rafael Roesler</i>	
<i>Arlindo José de Barros Junior</i>	

ARTIGOS

Desconforto musculoesquelético em Pilotos de Combate da Força Aérea Brasileira	01
<i>Vanessa Charleaux</i>	
<i>Adriano Percival Calderaro Calvo</i>	
<i>Paula Morisco de Sá</i>	
Indirect markers of muscle damage in military physical training session with neuromuscular and aerobic exercises in circuit (Cross operational): acute effects and recoverability	14
<i>Paula Fernandez Ferreira</i>	<i>Miriam Raquel Meira Mainenti</i>
<i>Márcio Antônio de Barros Sena</i>	<i>Marcos de Sá Rego Fortes</i>
<i>Michel Moraes Gonçalves</i>	
Anti-G Straining Maneuver: a narrative review	26
<i>Paulo Pires Junior</i>	<i>Breno Ricardo de Araújo</i>
<i>Tainah De Paula Lima</i>	<i>Adriano Percival Calderaro Calvo</i>
<i>Thiago Teixeira Guimarães</i>	<i>André Brand Bezerra Coutinho</i>
Temporomandibular Disorder and Psychological Distress Relationships in Air Traffic Controllers	37
<i>Cristiano Leite David</i>	
<i>Gustavo Oliveira Zoletti</i>	
<i>Adriano Percival Calderaro Calvo</i>	
Eating Disorders Risk and Intuitive Eating Behavior Among Brazilian Military College Students	50
<i>Claudia de Mello Meirelles</i>	
<i>Heitor Cordeiro Milagres</i>	
<i>Angela Nogueira Neves</i>	
Avaliação dos Fatores de Risco para Tríade da Mulher Atleta na Primeira Turma de Oficiais a Ingressar nos Estabelecimentos de Ensino Militar Bélico do Exército Brasileiro	62
<i>Rodrigo de Freitas Costa</i>	
<i>Marcos de Sá Rego Fortes</i>	
<i>Adriano Teixeira Pereira</i>	
Capacidades físicas e variáveis antropométricas associadas ao desempenho na marcha com carregamento de carga: uma revisão sistemática	80
<i>Arthur Henrique Baldo</i>	
<i>Priscila dos Santos Bunn</i>	
Desenvolvimento e Validação de Testes Físicos no âmbito militar: Insights para Atletas Táticos	98
<i>Willian Carrero Botta</i>	
<i>José Maurício Magraner</i>	
<i>João Paulo Borin</i>	

AGRADECIMENTOS	108
-----------------------	------------

Preparação Militar no Século XXI: prontidão, desempenho físico e resiliência

Runer Augusto Marson

Escola Preparatória de Cadetes do Exército - EsPCEx,
Campinas-SP, Brasil
Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército -
IPCFEx, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Email: adj2-nupae@espcex.eb.mil.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5248-7717>

Rafael Roesler

Academia Militar das Agulhas Negras - AMAN,
Resende-RJ, Brasil
Email: editorchefe.ran@aman.eb.mil.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0733-6389>

Arlindo José de Barros Junior

Academia Militar das Agulhas Negras - AMAN,
Resende, RJ, Brasil.
Email: ran.editor@aman.eb.mil.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0625-6835>



RAN

Revista Agulhas Negras

eISSN (online) 2595-1084

<http://www.ebrevistas.eb.mil.br/aman>



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Em uma era de rápidas mudanças globais, os desafios enfrentados pela defesa nacional tornam-se cada vez mais complexos e multifacetados, exigindo abordagens inovadoras e visionárias. Esta Edição Especial da Revista Agulhas Negras, intitulada "Ciência, Tecnologia e Inovação na Defesa Nacional: desafios na capacitação física, desempenho cognitivo e resiliência social", busca destacar pesquisas de ponta e avanços transformadores que redefinem os limites da prontidão e da resiliência militar.

A constante evolução dos cenários de combate e das missões militares exige que a prontidão operacional seja sustentada por uma preparação física cada vez mais eficiente e adaptada às novas demandas. Nesse contexto, a interseção entre ciência, tecnologia e inovação desempenha um papel crucial na reconfiguração das estratégias de capacitação física, tornando-as mais precisas, personalizadas e eficazes. A incorporação de ferramentas avançadas na avaliação e otimização do desempenho físico não apenas potencializa a performance dos militares, mas também reduz os riscos de lesões e melhora a recuperação, garantindo um preparo alinhado aos desafios modernos da defesa nacional.

O desempenho físico é a espinha dorsal do desempenho militar, garantindo que os soldados estejam prontos para os desafios do combate e das missões. Força, resistência e coordenação são essenciais para enfrentar cenários exigentes, especialmente em funções especializadas, como as



tropas de engenharia, onde o preparo físico precisa ser adaptado às demandas do trabalho (Romanchuk *et al.*, 2024).

A tecnologia tem revolucionado essa preparação. Dispositivos vestíveis agora monitoram, em tempo real, dados fisiológicos e biomecânicos, ajudando a corrigir postura, prevenir lesões musculoesqueléticas (MSKIs) e acelerar a recuperação de militares lesionados (Nindl *et al.*, 2013; Lovalekar *et al.*, 2024). Realidade virtual e aumentada criam treinamentos imersivos que simulam cenários reais, melhorando a tomada de decisão sob pressão e a prontidão operacional (Raman & Vyakaranam, 2024; Nevins *et al.*, 2024).

Além disso, análises biomecânicas permitem identificar padrões de movimento que aumentam o risco de lesões, possibilitando intervenções personalizadas para otimizar a performance (Shiwani *et al.*, 2024). Inteligência artificial e algoritmos preditivos ajudam a criar planos de treino sob medida, prevenindo lesões e maximizando o rendimento físico (Connaboy *et al.*, 2018; Bird *et al.*, 2021; Doyle *et al.*, 2024).

Tecnologias inovadoras também protegem os militares contra riscos ambientais, como o estresse térmico, garantindo treinos mais seguros e eficazes (Murdock & Hagen, 2018). Combinando ciência, tecnologia e um compromisso inabalável com a excelência, o treinamento físico baseado em evidências fortalece não apenas o corpo, mas a resiliência e a capacidade de superação de cada militar.

Assim como a aptidão física sustenta a prontidão operacional, o desempenho cognitivo é um pilar fundamental para o sucesso das missões militares. No cenário militar moderno, a capacidade de tomar decisões rápidas, manter o foco e lidar com situações de alta pressão é essencial para o sucesso das missões. A ciência tem demonstrado que a preparação cognitiva é tão importante quanto a física, tornando indispensáveis programas de treinamento que aprimorem essas habilidades (Aidman, 2020; Alim *et al.*, 2024). Pesquisas apontam que a sinergia entre preparação física e treinamento cognitivo pode maximizar a eficiência dos soldados, aprimorando sua resiliência e capacidade de adaptação diante de desafios inesperados. Em outras palavras, a crescente complexidade dos cenários de combate exige que os militares não apenas possuam força e resistência, mas também desenvolvam habilidades mentais que lhes permitam tomar decisões rápidas e precisas sob extrema pressão.

Monitoramento psicofisiológico e testes cognitivos ajudam a avaliar e fortalecer o desempenho mental, garantindo que os militares estejam prontos para atuar sob estresse (Thompson *et al.*, 2023). Métodos inovadores, como gamificação e aprendizado adaptativo, criam experiências dinâmicas que simulam desafios reais do campo de batalha. Essas abordagens permitem que os militares desenvolvam pensamento estratégico e tomem decisões mais rápidas e precisas (Tornero-Aguilera *et al.*, 2024).

Treinamentos baseados em cenários, como os adotados pelas Forças Armadas da Malásia, mostram como simulações realistas ajudam os soldados a aprimorar suas habilidades cognitivas em



um ambiente seguro (Alim *et al.*, 2024). Além disso, técnicas de controle do estresse, como *biofeedback* e *mindfulness*, têm se mostrado eficazes na melhoria da resiliência mental, na regulação emocional e na tomada de decisões sob pressão. Programas como o "*Mental Gym*TM" utilizam *biofeedback* para aprimorar o desempenho sob estresse, enquanto práticas de *mindfulness* aumentam a consciência situacional e a capacidade de liderança (Oded, 2011; Deuster & Schoomaker, 2015).

O uso de tecnologias avançadas, como realidade virtual e dispositivos vestíveis, fortalece ainda mais a resiliência cognitiva ao expor os militares a cenários imersivos que simulam o estresse operacional. Esse tipo de treinamento prepara a mente para enfrentar os desafios de ambientes complexos e em constante mudança (Tornero-Aguilera *et al.*, 2024).

A prontidão militar não se resume apenas ao condicionamento físico e à capacidade cognitiva; ela também depende da força dos laços sociais e do suporte coletivo. Em ambientes operacionais extremos, onde a pressão psicológica é constante, a resiliência social emerge como um fator determinante para a manutenção do bem-estar e do desempenho dos militares.

A resiliência social mostra-se, também, como um pilar essencial da prontidão militar, pois permite que os soldados enfrentem desafios com o apoio de uma rede forte e estratégias eficazes de enfrentamento. Pesquisas mostram que o suporte social reduz o impacto do estresse psicológico e fortalece a capacidade de adaptação em situações extremas. Programas que incentivam o apoio entre colegas e estratégias estruturadas de enfrentamento criam um ambiente de confiança em que cada militar sabe que pode contar com seus companheiros nos momentos mais difíceis (Cao *et al.*, 2023; Willing *et al.*, 2024).

Iniciativas de saúde mental, como as adotadas pelas forças armadas dos EUA, enfatizam a importância da identificação precoce e do tratamento de transtornos psicológicos. Ao reduzir o estigma em torno da saúde mental por meio da educação e do treinamento, essas ações melhoram o acesso ao suporte psicológico e promovem um ambiente mais acolhedor para todos (Deahl, 2024; Vermetten *et al.*, 2023).

A coesão organizacional, baseada na comunicação eficaz, no trabalho em equipe e na confiança na liderança, é fundamental para construir resiliência social. Quando há união e um propósito claro, o moral da tropa se fortalece, melhorando o desempenho em situações de alta pressão. A confiança nos líderes e a percepção de que cada missão tem um significado importante ajudam a quebrar barreiras para o acesso ao suporte psicológico, promovendo um ambiente mais saudável e produtivo (Yurkiv, 2024; Born *et al.*, 2024).

Estratégias abrangentes, como programas de flexibilidade psicológica e desenvolvimento da resiliência, contribuem para o bem-estar dos militares. Métodos como a Terapia de Aceitação e Compromisso (ACT) ajudam os soldados a lidar melhor com a imprevisibilidade e os desafios da vida militar (Peterson *et al.*, 2024). Programas de resiliência, como os adotados pelo Exército dos



EUA, oferecem um suporte completo para enfrentar o estresse operacional, garantindo que os militares estejam mentalmente preparados para qualquer situação (McInerney *et al.*, 2022).

Ao integrar a capacitação física, o desempenho cognitivo e a resiliência social, a prontidão militar atinge um novo patamar de eficácia e sustentabilidade. Esses três pilares, impulsionados pela ciência, tecnologia e inovação, não apenas elevam o desempenho individual dos soldados, mas também fortalecem a coesão e a resiliência das forças armadas como um todo. Em um cenário global dinâmico e repleto de desafios, a sinergia entre essas áreas garante que os militares estejam preparados para enfrentar adversidades com competência, adaptabilidade e espírito de equipe. Dessa forma, o investimento contínuo em pesquisa e inovação torna-se essencial para aprimorar os métodos de treinamento e consolidar uma defesa nacional cada vez mais robusta e preparada para o futuro.

O uso da ciência, tecnologia e inovação na defesa nacional não é apenas um meio de aprimorar capacidades, mas um compromisso essencial para garantir a preparação e a resiliência daqueles que servem. As pesquisas apresentadas neste Númro Especial da Revista Agulhas Negras demonstram o poder da colaboração para enfrentar os desafios da capacitação física, do desempenho cognitivo e da resiliência social. Ao aprofundarmos nosso conhecimento e aplicarmos esses avanços, construímos uma força de defesa mais eficiente, resiliente e adaptável, pronta para superar os desafios da segurança contemporânea e futura.

Referências

Aidman, E. (2020). Cognitive Fitness Framework: Towards Assessing, Training and Augmenting Individual-Difference Factors Underpinning High-Performance Cognition. *Frontiers in Human Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/FNHUM.2019.00466>.

Alim, H., Subramaniam, A., Nor, N. A. M., & Wahab, A. Y. A. (2024). Measuring operational cognitive readiness of military personnel using Joint Theater Level Simulation System (JTLS). *The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*. <https://doi.org/10.1177/15485129241239669>.

Bird MB, Mi Q, Koltun KJ, Lovalekar M, Martin BJ, Fain A, Bannister A, Vera Cruz A, Doyle TLA and Nindl BC (2022) Unsupervised Clustering Techniques Identify Movement Strategies in the Countermovement Jump Associated With Musculoskeletal Injury Risk During US Marine Corps Officer Candidates School. *Front. Physiol.* 13:868002. doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.868002>.

Born, J. A., Liu, A., Sudom, K., Michaud, K., Xi, M., & Fikretoglu, D. (2024). Role of modifiable organisational factors in decreasing barriers to mental healthcare: a longitudinal study of mission meaningfulness, team relatedness and leadership trust among Canadian military personnel deployed on Operation LASER. *BMJ Open*. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-076625>.

Cao, F., Li, J., Xin, W., Yang, Z., & Wu, D. (2023). The impact of resilience on the mental health of military personnel during the COVID-19 pandemic: coping styles and regulatory focus. *Frontiers in Public Health*. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1240047>.



- Connaboy C., Eagle S. R., Johnson C., Flanagan S., Mi Q., Nindl B. C. (2018). Employing Machine Learning to Predict Lower Extremity Injury in US Special Forces. *Med. Sci. Sports Exerc.* 51 (5), 1. doi: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001881>.
- Deahl, M. (2024). Operational mental health. . .what practitioners and commanders should know. *International Journal of Social Psychiatry*. <https://doi.org/10.1177/00207640241261208>.
- Deuster, P. A., & Schoomaker, E. B. (2015). Mindfulness: a fundamental skill for performance sustainment and enhancement. *Journal of Special Operations Medicine: A Peer Reviewed Journal for SOF Medical Professionals*.
- Doyle, T. L. A., Nindl, B., Wills, J., Koltun, K., & Fain, A. (2024). Biomechanical and physiological biomarkers are useful indicators of military personnel readiness: a multi-institutional, multinational research collaboration. *BMJ Military Health*. <https://doi.org/10.1136/military-2024-002739>.
- Goss, D. L., Watson, D., Miller, E. M., Weart, A. N., Szymanek, E., & Freisinger, G. M. (2021). Wearable Technology May Assist in Retraining Foot Strike Patterns in Previously Injured Military Service Members: A Prospective Case Series. <https://doi.org/10.3389/FSPOR.2021.630937>.
- McInerney, S. A., Waldrep, E. E., & Benight, C. C. (2022). Resilience enhancing programs in the U.S. military: An exploration of theory and applied practice. *Military Psychology*. <https://doi.org/10.1080/08995605.2022.2086418>.
- Mita Lovalekar, Karen A Keenan, Patrick Peterson, Debora E Cruz, Elizabeth Steele, Bridget A McFadden, Shawn M Arent, Bradley C Nindl, Neuromuscular Strength and Power Predict Musculoskeletal Injury and Attrition During Marine Corps Recruit Training, *Military Medicine*, Volume 189, Issue Supplement_2, July/August 2024, Pages 12–20, <https://doi.org/10.1093/milmed/usae134>.
- Murdock, R. C., & Hagen, J. A. (2018). Soldier safety and performance through wearable devices. <https://doi.org/10.1117/12.2304899>.
- Nevins, N. A., Roche, R., Dailey, S. F., O'Connor, J., LaPorta, A. J., Knust, S., & Daniel, T. (2024). Using Full Dive Virtual Reality to Operationalize Warfighter Resilience: From Proof of Concept and Usability of Hardware and Software to Upcoming Integrated Psychological Skills Training. *Military Surgeon*. <https://doi.org/10.1093/milmed/usae158>.
- Nindl BC, Williams TJ, Deuster PA, Butler NL, Jones BH. Strategies for optimizing military physical readiness and preventing musculoskeletal injuries in the 21st century. *US Army Med Dep J*. 2013 Oct-Dec;5-23. PMID: 24146239.
- Oded, Y. (2011). Biofeedback-Based Mental Training in the Military—The “Mental Gym™” Project. <https://doi.org/10.5298/1081-5937-39.3.03>.
- Peterson, A. L., Moore, B. A., Evans, W. R., Young-McCaughan, S., Blankenship, A. E., Straud, C. L., McLean, C. S., Miller, T. L., & Meyer, E. C. (2024). Enhancing resiliency and optimizing readiness in military personnel through psychological flexibility training: design and methodology of a randomized controlled trial. *Frontiers in Psychiatry*. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2023.1299532>.
- Raman, R., & Vyakaranam, L. (2024). IoT-Enabled Smart Military Training for Virtual Simulation and Real-Time Performance Analysis. <https://doi.org/10.1109/adics58448.2024.10533460>.
- Rivera-Escobar, M. F. (2024). Impact of wearable technology on the prevention of musculoskeletal injuries [Impacto de la tecnología wearable en la prevención de lesiones musculoesqueléticas]. <https://doi.org/10.62574/9r6xq898>.
- Romanchuk, S., Ozharevskyi, V., Pankevych, Y., Kolinko, I., Pylypchak, V., Palevych, S. V., & Senyk, R. (2024). Physical fitness as a component of successful performance of assigned tasks (on the example of specialists of engineering troops). *Naukovij Časopis Nacional'nogo Pedagogičnogo Universtitetu Īmenì M.P. Dragomanova*. [https://doi.org/10.31392/udu-nc.series15.2024.7\(180\).30](https://doi.org/10.31392/udu-nc.series15.2024.7(180).30).



- Shiwani, B., Silder, A., Tulsikie, A., Al-Mfarej, D., Green, B., Roy, S. H., Luca, G. D., Sessoms, P. H., & Kline, J. C. (2024). Platform Design for Optical Screening and Conditioning for Injury Resilience. *Military Medicine*. <https://doi.org/10.1093/milmed/usae231>.
- Thompson, A. G., Ramadan, J., Alexander, J. S., & Galster, S. M. (2023). Psychophysiology, Cognitive Function, and Musculoskeletal Status Holistically Explain Tactical Performance Readiness and Resilience. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000004580>.
- Tornero-Aguilera, J. F., Stergiou, M., Rubio-Zarapuz, A., Martín-Rodríguez, A., Massuça, L. M., & Clemente-Suárez, V. J. (2024). Optimising Combat Readiness: Practical Strategies for Integrating Physiological and Psychological Resilience in Soldier Training. *Healthcare*. <https://doi.org/10.3390/healthcare12121160>.
- Vermetten, E., Greenberg, N., Boeschoten, M. A., Delahaije, R., Jetly, R., Castro, C. A., & McFarlane, A. C. (2023). Deployment-related mental health support: comparative analysis of NATO and allied ISAF partners. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.21829554>.
- Willing, M. M. P., Nevers, J., Nofziger, D., Rogers, T., & Riggs, D. S. (2024). Lessons learned from efforts to prevent behavioral health problems and promote mental wellbeing in the US Military. <https://doi.org/10.1016/j.mhp.2024.200330>.
- Yurkiv, Y. (2024). Criteria of socio-psychological readiness of servicemen. *Social'na Pedagogika. Teorija Ta Praktika*. <https://doi.org/10.12958/1817-3764-2024-2-106-112>.

Desconforto musculoesquelético em Pilotos de Combate da Força Aérea Brasileira

Musculoskeletal discomfort in Brazilian Air Force Combat Pilots

RESUMO

Muitos são os riscos ocupacionais inerentes a aviação que podem estar associados ao desenvolvimento de desconfortos musculoesqueléticos e lesões. A atividade operacional do piloto na cabine da aeronave é complexa, é necessário que ele execute tarefas simultâneas, expondo-os a riscos físicos além das demandas inerentes da aviação operacional militar. Objetivos: Descrever a prevalência de desconforto musculoesquelético em pilotos militares de transporte da Força Aérea Brasileira e suas possíveis associações com os parâmetros biométricos, horas de voo e frequência de prática de atividade física. Método: Trata-se de um estudo observacional descritivo, com amostra composta por pilotos militares de aeronave de transporte. Como instrumentos foram utilizados questionários de autopreenchimento para caracterização da história ocupacional, perfil de atividade física e histórico de desconforto físico. Resultados: Um total de 26 pilotos foram incluídos no estudo. A frequência de atividade física em média $4,3 \pm 1,59$ vezes por semana, 46,15% dos sujeitos foram classificados como muito ativos. Na avaliação de desconforto, os segmentos corporais mais frequentes foram: costas inferior com 73,1%, seguido da cervical com 42,2 % e pescoço com 34,6 % dos resultados. Conclusão: Os desconfortos da coluna vertebral, cervical e lombar, foram os com maior prevalência observados na população analisada, com a intensidade dor variando de leve a desconforto intenso. Apesar da amostra ter sido caracterizada como jovem e ativa quanto a prática de atividade física, a presença de desconforto se fez presente.

Palavras-chave: Doença musculoesquelética. Aviação. Militar. Aptidão física.

ABSTRACT

There are many occupational risks inherent to aviation that may be associated with the development of musculoskeletal discomfort and injuries. The pilot's activity in the cockpit is complex, with the execution of simultaneous tasks, so they are exposed to physical risks and in addition to this the specific demands inherent to military operational aviation. Objectives: To describe the occurrence of musculoskeletal discomfort in military transport pilots of the Brazilian Air Force and its possible associations with biometric parameters, flight hours and frequency of physical activity. Method: This is a descriptive observational study, with a sample made up of military transport aircraft pilots. Self-completion questionnaires were used as instruments to characterize occupational history, physical activity profile and history of physical discomfort. Results: A total of 26 pilots were included in the study. The frequency of physical activity averaged 4.3 ± 1.59 times per week, 46.15% of the subjects were classified as very active. In the assessment of discomfort, the most frequent body segments were: lower back with 73.1%, followed by the cervical with 42.2% and neck with 34.6% of the results. Conclusion: The discomforts of cervical and lumbar spine, were those with the highest occurrence observed in the analyzed population, with pain intensity varying from mild to intense discomfort. Although the sample was characterized as young and active in terms of physical activity, the presence of discomfort was present.

Keywords: Musculoskeletal Disease. Aviation. Military. Physical Fitness.

Vanessa Charleaux

Universidade da Força Aérea – UNIFA,
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Email: vanessacharleaux@hotmail.com

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-4169-0488>

Adriano Percival Calderaro Calvo

Universidade da Força Aérea – UNIFA,
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Email: percivalcalvofab@gmail.com

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-6185-2459>

Paula Morisco de Sá

Universidade da Força Aérea – UNIFA,
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Email: paulamorisco@gmail.com

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-7812-1895>

Received:	6 May 2024
Reviewed:	May/Aug 2024
Received after revised:	20 Aug 2024
Accepted:	24 Sep 2024



RAN

Revista Agulhas Negras

ISSN on-line 2595-1084

<http://www.ebrevistas.eb.mil.br/aman>



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



1 Introdução

A realidade da aviação militar é complexa e exaustiva. A realização de operações aéreas tem o objetivo de oferecer uma pronta-resposta em caso de possíveis acionamentos e necessidades. Os exercícios são de natureza variada e envolvem missões de cunho tático e logístico, transporte de tropas e cargas, lançamento de paraquedistas, evacuação médica além de missões de busca e salvamento (Brasil, 2017).

O histórico de dor ao longo da coluna vertebral não é novidade na aviação. Os desconfortos musculoesqueléticos já foram descritos na aviação comercial e para alguns perfis militares internacionais e nacionais (Duque *et al.*, 2022; Honkanen *et al.*, 2016; Kelley *et al.*, 2017; Prombumroong *et al.*, 2011). Os desconfortos musculoesqueléticos podem resultar em redução da funcionalidade e da tolerância à fadiga relacionada ao trabalho, o que pode influenciar na deterioração do desempenho e impactar na segurança do voo (Duque *et al.*, 2022). A melhora da qualidade de vida do piloto pode contribuir para prevenção do erro humano, com impacto direto na segurança e desempenho em voo (Monteiro *et al.*, 2012; Senol, 2015; Temme *et al.*, 2010; Weber & Dekker, 2017).

Ainda há carência de estudos na literatura que se debruçam a identificar a presença de disfunções musculoesqueléticas em pilotos de aviações militares, e suas especificidades associadas a rotina das diferentes aeronaves e rotinas operacionais regionais. Portanto, esta pesquisa pode contribuir para melhorar a compreensão do perfil de desconforto musculoesquelético associados a operacionalidade no militar brasileiro.

Diante disto, os objetivos deste estudo foram investigar a prevalência de desconforto musculoesquelético em pilotos militares de transporte da Força Aérea Brasileira e suas possíveis associações com os parâmetros biométricos (horas de voo e frequência de prática de atividade física).

2 Referencial Teórico

Muitos são os riscos ocupacionais inerentes à aviação que podem estar associados ao desenvolvimento de desconfortos musculoesqueléticos e lesões. Compõem a atividade do piloto em cabine a execução de múltiplas tarefas de forma simultânea, com exposição a riscos físicos e cognitivos, adicionando-se a este as demandas específicas inerentes a aviação operacional militar (Loterio, 1999; Monteiro *et al.*, 2012; Nicholas *et al.*, 2001).

Entre os fatores contribuintes para o surgimento de desconfortos e disfunções frequentemente descritos na literatura estão o descondicionamento físico, a obesidade, o tabagismo, a idade, o histórico de lesões, atividades de lazer, estresse e elevada carga de trabalho (Kelley *et al.*, 2017).



Além disso, o comportamento sedentário está associado à perda de desempenho nas atividades laborais e comprometimento da função cognitiva (Falck *et al.* 2017).

Observa-se a postura sentada inadequada assumida por longos períodos, área de trabalho limitada e presença de repetitividade durante a operação, com grandes associações com a prevalência de dores musculoesqueléticas, que podem interferir na concentração e atenção do piloto, podendo impactar na segurança e no desempenho em voo (Simpson, 2003; Silva, 2006).

Ajustes ocupacionais podem auxiliar no controle de indisposições físicas, seja de forma corretiva na adequação geral do posto de trabalho, na organização do trabalho, na prevenção do erro humano, e até na análise da carga mental de trabalho, como a tomada de decisão em voo (Silva *et al.*, 2017; Stanton, 2019). Contudo, ainda que haja essas intervenções, estudos com pilotos militares jovens com aeronaves de transporte apontaram dores musculoesqueléticas durante o voo em região cervical e lombar (Honkanen *et al.*, 2016). Outros autores apontam que as dores podem ser atribuídas a inadequação do assento (Kelley *et al.*, 2017) ou a ocorrência de turbulências, levantamento e transportes de cargas, postura inadequada e duração das pausas insuficientes quando em voos longos (Honkanen *et al.*, 2016; Prombumroong *et al.*, 2011). Em um estudo brasileiro com amostra de instrutores de voo da aeronave T-27, os autores relatam que 78 % dos voluntários alegaram ao menos um sintoma musculoesquelético, destacando-se a região lombar (60%) (Duque *et al.*, 2022).

A contínua exposição a situações como as descritas acima, podem representar um grande risco a integridade física do piloto. Uma possibilidade para minimizar os efeitos seria promover um melhor direcionamento de esforços preventivos e condicionamento físico focado na atividade fim (Heneweer, 2008; Taneja, 2008).

3 Percurso Metodológico

3.1. Desenho do Estudo

Trata-se de um estudo observacional descritivo, submetido ao Comitê de ética e pesquisa do Hospital da Força Aérea de São Paulo (HFASP), aprovado por meio do parecer 4431506. Todos os voluntários foram orientados sobre os termos da sua participação e, os que concordaram em participar, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

3.2. Amostra

A amostra foi composta por pilotos de aeronave de transporte, cujo esquadrão localiza-se em Manaus, AM, Brasil. A aeronave de trabalho utilizada foi o cargueiro militar táctico bimotor turboélice, batizado no Brasil com o nome de C-105 Amazonas, originalmente nomeado pelo



fabricante, empresa espanhola CASA- Construções Aeronáuticas S.A, como CASA 295 ou C-295 (Brasil, 2017).

3.3. Instrumentos

Como instrumentos de análise foram utilizados questionários de autopreenchimento conforme descrito abaixo:

3.3.1. Questionário sociodemográfico elaborado pelos autores contendo as variáveis: idade, massa corporal, estatura e experiência baseada nas horas de voo.

3.3.2. Questionário internacional de atividade física (IPAQ) (MATSUDO *et al.*, 2012): Para estimar o tempo semanal gasto em atividades físicas de intensidade moderada e vigorosa, e o tempo despendido em atividades passivas, realizadas na posição sentada e, assim, classificar o indivíduo em sedentário, ativo, muito ativo ou irregularmente ativo.

3.3.3. Avaliação subjetiva de desconforto postural e intensidade: conhecido na literatura como diagrama de Corlett (Corlett & Bishop, 1976; Corlett & Manenica, 1980), consiste em uma ferramenta semiquantitativa de avaliação do desconforto postural por meio de um mapa de regiões corporais, onde se encontra uma figura de corpo todo dividido em região corporal direita e esquerda. No diagrama de Corlett o voluntário informa o local e o nível de seu desconforto, dentre 5 níveis disponíveis, sendo eles: (1) nenhuma dor/desconforto, (2) alguma dor desconforto, (3) moderada dor/desconforto, (4) bastante dor/desconforto e (5) extrema dor/desconforto após a jornada de trabalho (Corlett & Bishop, 1976; Corlett & Manenica, 1980; Ligeiro, 2010).

3.4. Análise De Dados

Os dados foram apresentados por meio de média e desvio padrão, além da exposição de frequência absoluta e relativa. A correlação entra horas de voo e idade com aspectos antropométricos (massa corporal, estatura, IMC) e relacionados à prática de atividade física (frequência de atividade física, nível de atividade física - IPAC), foram avaliados através do coeficiente de correlação de Pearson, uma vez que a amostra assumiu distribuição normal.

4 Resultados

Um total de 26 pilotos foram incluídos no estudo. Observou-se o perfil biométrico dos participantes com média de idade $30,27 \pm 3,29$ anos, massa corporal $78,31 \pm 10,20$ kg, estatura $173,85 \pm 5,25$ cm, Índice de Massa Corporal (IMC) $25,85 \pm 2,39$ kg/m², frequência de atividade física em média $4,30 \pm 1,59$ vezes por semana (Tabela 1).



No questionário IPAQ, nenhum voluntário foi classificado como sedentário. 46,15% da amostra foi classificado em muito ativo e 34,61% como ativo. Apesar dos valores médios de IMC indicarem sobrepeso, 73,00% dos voluntários realizam treinamento resistido para ganho de força e hipertrofia muscular (Tabela 1).

Tabela 1: Parâmetros biométricos e horas de voo

N = 26	Média e DP	f.a. (%)
Idade (anos)	30,20 ± 3,29	
Horas de voo (horas)	1294,04 ± 821,63	
Massa Corporal (kg)	78,30 ± 10,29	
Estatuta (cm)	173,80 ± 5,25	
IMC (kg/m²)	25,80 ± 2,39	
Nível de Atividade Física		
Sedentário		0 (0,0)
Insuficientemente Ativo		5 (19,2)
Ativo		9 (34,6)
Muito Ativo		12 (46,2)

Fonte: Os autores

Legenda: IMC, índice de massa corporal. DP, desvio padrão. f.a, frequência absoluta.

Na análise de correlação entre idade e frequência de atividade física observamos correlação inversa moderada ($r=-0,39$; $p<0,05$), onde quanto mais jovem o piloto, maior a frequência de prática de atividade física (Tabela 2).

Tabela 2: Correlação entre horas de voo, idade e aspectos relacionados a prática de atividade física

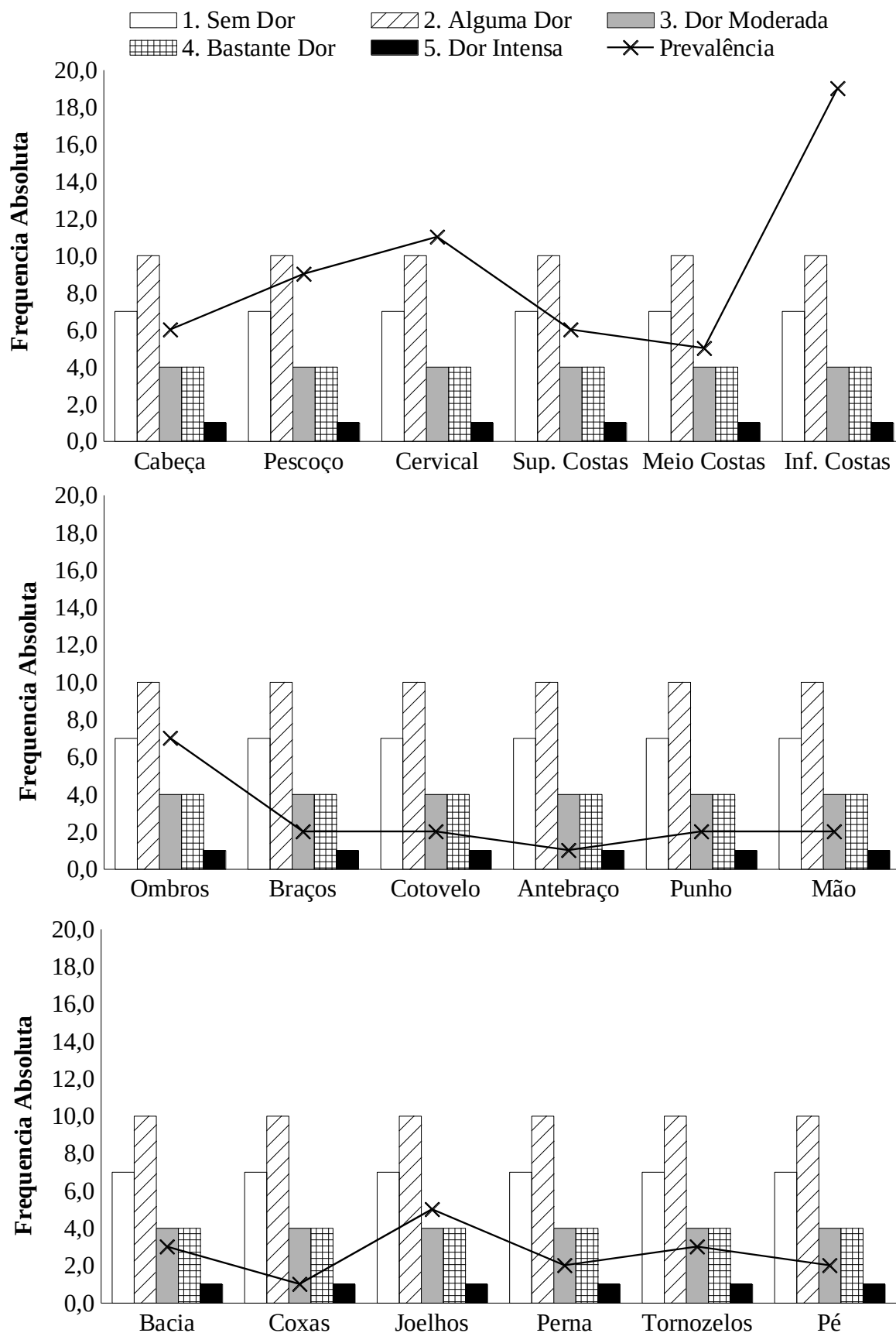
		Idade	Massa Corporal	Estatuta	IMC	AF	Frequência de AF	IPAQ
Horas de voo	r	0,89**	-0,03	-0,04	-0,00	0,22	-0,21	0,15
Idade (anos)	r		-0,02	0,01	-0,03	0,26	-0,39*	0,34

Fonte: Os autores

Legenda: r: Coeficiente de correlação de Pearson. AF: Atividade física. * $p < 0,10$. ** $p < 0,05$.



Figura 1: Prevalência de Desconforto ou Dor e Intensidade de Dores Posturais



Fonte: Os autores



Na avaliação de desconforto, os segmentos corporais mais frequentes apontados pelos voluntários através do diagrama de Corlett (Corlett & Manenica, 1980) foram: costas inferior com 19 registros (73,10%), seguido da cervical com 11 registros (42,20 %), pescoço com 9 registros (34,60 %), ombros com 7 registros (27,00 %) e joelhos com 5 registros (19,00 %). Apenas 4 sujeitos da amostra (15,38 %) não apontaram nenhum desconforto. Em relação a intensidade do desconforto, costas inferior foi o mais citada em todos os itens de desconforto, com 10 citações de pouco desconforto, 04 de moderado e 04 com muito desconforto e 01 de extremo desconforto (Figura 1).

4 Discussão

A presença de desconforto musculoesquelético em pilotos militares jovens ($30,20 \pm 3,29$), com baixo volume acumulado de horas de voo ($1.294,04 \pm 821,63$), ativos quanto a prática de atividade física, evidencia retrato da amostra em análise. Ainda que neste cenário, a presença de desconforto musculoesquelético tenha sido classificada como presente para ao menos um segmento corporal associado a atividade laboral. Estudos anteriores corroboram com esses achados, descrevendo presença de dor lombar e cervical em pilotos das diversas modalidades aéreas, tanto militares quantos civis (Grossman *et al.*, 2012; Taneja, 2008).

Valores médios de IMC compatíveis com sobrepeso para a amostra analisada foram identificados, sendo este fator frequentemente associado ao maior risco para as lesões musculoesqueléticas, conforme descrito por Gaona (2010) em pilotos e tripulação de transporte da Força Aérea Americana. Contudo, no presente estudo, paralelamente aos resultados de IMC, os resultados do IPAQ descrevem sujeitos com hábitos de vida saudáveis, classificados como ativos (34,61 %) e muito ativos (46,15%) em sua maioria. Além deste, a modalidade predominante de prática de atividade física relatada foi baseada em treinamento resistido para ganho de força e hipertrofia muscular. Assim, é possível inferir que o IMC pode não expressar de forma legítima a composição corporal da amostra analisada, não descrevendo a devida diferenciação entre massa muscular e massa adiposa (Gorber *et al.*, 2007).

O avanço da idade foi associado ao decréscimo na frequência de prática de atividade física, o que é compatível com a característica do ambiente militar onde com a ascensão profissional, os sujeitos passam a desempenhar funções predominantemente administrativas, com significativa redução de demandas operacionais, direcionando seus esforços para gestão. Ainda diante deste, o dado é alarmante visto que, com o avançar da idade e queda proporcional de prática de atividade física, aumentam também as chances de lesões musculoesqueléticas, associadas ou não à atividade laboral. Estudos em diferentes ramos das Forças Armadas dos EUA e Reino Unido revelaram associação significativa entre idade e aumento do risco para lesões musculoesqueléticas (Sammito *et*



al., 2021). Analisando a idade como um importante fator de risco para lesões musculoesqueléticas, autores consideram como estratégia de prevenção a manutenção da massa magra e da capacidade aeróbia, para compensar a perda de desempenho, que pode ocorrer em idades acima de 30 anos (ABT, 2016).

Considerando nossos números como resultados de análise em uma amostra composta por sujeitos jovens, ativos e praticantes de atividade física regular, conforme descrito acima, é preciso refletir sobre as possíveis lacunas no processo de prontidão física do militar operacional. O treinamento físico militar tem como objetivo garantir a manutenção da saúde através da melhora do condicionamento físico, por meio de treino da resistência e força e, possivelmente, favorecer a redução de desconfortos e lesões musculoesqueléticas inerentes a atividade laboral, sendo estas uma das ameaças fisiológicas para a prontidão do militar (Brasil, 2011; Bullock *et al.*, 2010).

No ambiente da aviação, são frequentes os relatos de dor ao longo da coluna vertebral. Em 2003, Simpson e Porter, obtiveram resultados semelhantes através do questionário nórdico, com frequência de dor lombar em 44% da amostra analisada, seguido pela região do pescoço com 22%, com intensidade da dor variando de leve e moderada, em pilotos civis adultos jovens com média de idade foi de 39 anos e horas de voo 1965 horas. Recentemente, Albermann *et al.* (2020) descreveram a prevalência de dor lombar crônica foi de 82,7% em pilotos civis alemães, com média de idade de 39,9 anos e horas de voo em média de 8000 horas. Ambos os estudos abordaram voluntários da aviação comercial, que difere em idade e horas de voo do presente estudo com militares mais jovens e com menor número de horas de voo, porém o segmento corporal coluna lombar segue como o mais apontado em todos os estudos pelos pilotos.

Um estudo com 536 pilotos da força aérea Israelense, de diferentes modalidades de aviação, identificou alguma queixa de dor nas costas em 22% da amostra de pilotos de transporte (Grossman *et al.*, 2012). A prevalência de dor lombar identificada foi de 37,8% na coorte total e 36,0%, 45,8% e 34,5% em pilotos de caça, helicóptero e transporte, respectivamente, em estudo de coorte avaliando pilotos militares chineses (Yang *et al.* 2022).

A presença de dor na coluna vertebral leve, ainda que em pilotos jovens, não deve ser subvalorizada. O início gradual de dor lombar foi associado com a degeneração de discos intervertebrais lombar (L4-L5) e cervical (C5-C6) a longo prazo em pilotos de transporte jovens com idade média de 30 anos, e esse achados foram à fatores de risco como postura sentada, vibração e a sobrecarga de trabalho. Sugere-se que a tripulação aérea pode ser mais propensa a desenvolver lesões em coluna do que os militares não aviadores (Taneja, 2008).

Há muitos estudos prévios destinados a compreensão dos fatores de risco e incidência de lesões em militares operacionais. Entretanto, não há compreensão clara sobre quais os determinantes para o desenvolvimento de desconfortos musculoesqueléticos. As propostas de controle e prevenção



vão de encontro a estratégias de prática de condicionamento alinhados com as práticas laborais e histórico de lesões (Ang *et al.*, 2009; Carow *et al.*, 2016; Terra *et al.*, 2017) mostrando que este parece ser o caminho para minimização dos efeitos físicos deletérios da atividade operacional, podendo este raciocínio também ser sustentado para a atividade aérea militar de transporte.

Além de ser fonte de irritação, os desconfortos posturais têm o potencial de comprometer a segurança do voo, aumentando os níveis gerais de estresse do piloto, interferindo na concentração e atenção e reduzindo a eficiência, além da maior utilização de recursos de saúde e aposentadoria precoce (Broberg *et al.*, 2013; Marques *et al.*, 2010; phillips, 2011; posch *et al.*, 2019; Shiri *et al.*, 2015; Simpson; Porter, 2003).

Embora as vezes minimizado, a dor nas costas é o sintoma mais comum apontado pelos aviadores militares de todas as plataformas de aviação (Bongers *et al.*, 1990; Kelley, *et al.*, 2017). A presença de lesões em aviadores jovens torna-se preocupante, uma vez que inicialmente é apontado como desconforto temporário, mas paulatinamente podem evoluir como disfunções permanentes (Honkanen *et al.*, 2016).

5 Considerações finais

Os desconfortos da coluna vertebral, cervical e lombar, foram os sítios anatômicos com maior prevalência observados na população analisada, com a intensidade dor variando de leve a desconforto intenso. Apesar da amostra ter sido caracterizada como jovem e ativa quanto a prática de atividade física, a presença de desconforto se fez presente.

É possível que o mapeamento de riscos físicos, assim como a busca pelo controle de disfunções associadas, possa representar alternativas para melhora da qualidade de vida e performance em voo de pilotos de transporte, minimizando ameaças à segurança e prontidão do piloto.



Referências

- ABT, JP; PERLSWEIG, K; NAGAI, T; SELL, TC; WIRT, MD; LEPHART, SM. Effects of Age and Military Service on Strength and Physiological Characteristics of U.S. **Army Soldiers Mil Med.** Feb; v. 181, n. 2, p. 173-9. 2016. Disponível em: doi: 10.7205/MILMED-D-15-00036. PMID: 26837087. Acesso em: 12 Abr. 2024.
- ALBERMANN, M; LEHMANN, M; EICHE, C; SCHMIDT, J; PROTTENGEIER, J. Low Back Pain in Commercial Airline Pilots. **Aerosp Med Hum Perform.** v. 91, n. 12, p. 940-947. 2020 Dec. Disponível em: doi: 10.3357/AMHP.5656.2020. PMID: 33243337. Acesso em: 12 Abr. 2024.
- ANG, BO; MONNIER, A; HARMS-RINGDAHL, K. Neck/shoulder exercise for neck pain in air force helicopter pilots: a randomized controlled trial. **Spine**, v. 34, n. 16, p. E544-E551, 2009. Disponível em: doi: 10.1097/BRS.0b013e3181aa6870. PMID: 19770596. Acesso em: 12 Abr. 2024.
- BONGERS, PM; HULSHOF, CT; DIJKSTRA, L; BOSHUIZEN, HC; GROENHOUT, HJ; VALKEN, E. Back pain and exposure to whole body vibration in helicopter pilots. **Ergonomics**. v. 33, n. 8, p. 1007-26, Aug. 1990. Disponível em: doi: 10.1080/00140139008925309. PMID: 2147003. Acesso em: 12 Abr. 2024.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Ensino da Aeronáutica. ICA-54-1/2011. **Teste de avaliação do condicionamento físico no comando da aeronáutica**. Brasília, 2011. Disponível em: https://www2.fab.mil.br/ccise/images/ICA_54-1_TACF.pdf. Acesso em: 12 Abr. 2024.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando de Preparo. **Normas do Comando de Preparo sobre Segurança de Voo e do Trabalho_NOPREP/SGV**. Utilização de informação aeronáutica em formato digital (EFB_Electronic flight bag) por tripulações do COMPREP. Brasília, 2017. Disponível em: file:///downloads/PRT%20%20COMPREP%20N%C2%B0%201738_COMPREP%20DE%2010_01_2023.pdf. Acesso em: 04 Abr. 2024.
- BROBERG, RR; LINDGREN, T; NORBÄCK, D. Musculoskeletal symptoms and psychosocial work environment, among Swedish commercial pilots. **Int Arch Occup Environ Health**. V. 87, n. 7, p. 685-93. 2014. Disponível em: doi: 10.1007/s00420-013-0911-8. Epub 2013 Oct 4. PMID: 24091838). Acesso em: 12 Abr. 2024.
- BULLOCK, SH; JONES, BH; GILCHRIST, J; MARSHALL, SW. Prevention of physical training-related injuries: recommendations for the military and other active populations based on expedited systematic reviews. **American journal of preventive medicine**, v. 38, n. 1, p. S156-S181, 2010. Disponível em: doi: 10.1016/j.amepre.2009.10.023. PMID: 20117590. Acesso em: 12 Abr. 2024.
- CAROW, SD; HANIUK, EM; CAMERON, KL; PADUA, DA; MARSHALL, SW; DISTEFANO, LJ; de LA MOTTE, SJ; BEUTLER, AI; GERBER, JP. Risk of Lower Extremity Injury in a Military Cadet Population After a Supervised Injury-Prevention Program. **J Athl Train**. v. 51, n. 11, p 905-918. 2016 Nov. Disponível em: doi: 10.4085/1062-6050-49.5.22. Epub 2014 Aug 12. PMID: 25117875; PMCID: PMC5224732 Acesso em: 12 Abr. 2024.
- CORLETT, E. N.; BISHOP, R.P. A technique for assessing postural discomfort. **Ergonomics**, n. 29, 1976. p. 281-283. Disponível em: doi: 10.1080/00140137608931530 Acesso em: 10 Ago. 2024.
- CORLETT, E. N.; MANENICA, Iida. The effects and measurement of working postures. **Applied Ergonomics**, v. 11, n. 1, p. 7-16, 1980. Disponível em: doi: 10.1016/0003-6870(80)90115-5 Acesso em: 10 Ago. 2024.
- DUQUE, EAM ; MASSAFERRI, R; CALVO, A P C. Prevalência de sintomas musculoesqueléticos e fadiga em pilotos instrutores de T-27 da Força Aérea Brasileira e fatores associados. **Revista de Educação Física**, v. 91, p. 310-316, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.37310/ref.v92i1.2918> Acesso em: 22 Abr. 2024.



FALCK, RS; DAVIS, JC; LIU-AMBROSE, T. What is the association between sedentary behaviour and cognitive function? A systematic review. **Br J Sports Med.** V. 51, n. 10, p. 800-811. 2017 May Disponível em: doi: 10.1136/bjsports-2015-095551. Epub 2016 May 6. PMID: 27153869 Acesso em: 24 Abr. 2024.

GAONA, KL. Comparative study of musculoskeletal injuries in transport aircrew. **Aviat Space Environ Med.** v. 81, n. 7, p. 688-90. 2010 Jul. Disponível em: doi: 10.3357/ase.2747.2010. PMID: 20597250. Acesso em: 17 abr. 2024.

GORBER, CS; TREMBLAY, M; MOHER, D; GORBER, B. A comparison of direct vs. self-report measures for assessing height, weight and body mass index: a systematic review. **Obes Rev.** v.8, n. 4, p. 307-26. 2007 Jul. Disponível em: doi: 10.1111/j.1467-789X.2007.00347.x. PMID: 17578381. Acesso em: 17 abr. 2024.

GROSSMAN, A; NAKDIMON, I; CHAPNIK, L; LEVY, Y. Back symptoms in aviators flying different aircraft. **Aviat Space Environ Med.** V. 83, n. 7, p. 702-5. 2012 Jul. Disponível em: doi: 10.3357/ase.3225.2012. PMID: 22779315. Acesso em: 17 abr. 2024.

HENEWEER, H; VANHEES, L; PICALET, HS. Physical activity and low back pain: a U-shaped relation? **Pain.** v. 143, n. 1-2, p. 21-5. May. 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19217208/>. Acesso em: 04 abr. 2024.

HONKANEN, T; KYRÖLÄINEN, H; AVELA, J; MÄNTYSAARI, M. Functional test measures as risk indicators for low back pain among fixed-wing military pilots. **J R Army Med Corps.** v. 163, n. 1, p. 31-34. Feb. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26941220>. Acesso em: (04 abr. 2024).

KELLEY, AM; MACDONNELL, J; GRIGLEY, D; CAMPBELL, J; GAYDOS, SJ. Reported Back Pain in Army Aircrew in Relation to Airframe, Gender, Age, and Experience. **Aerosp Med Hum Perform.** v. 88, n. 2, p. 96-103. Feb 1. 2017. Disponível em: doi: 10.3357/AMHP.4740.2017. PMID: 28095953 Acesso em: 12 Abr. 2024.

LOTÉRIO, C.P. **Percepção de comandantes de Boeing 767 da aviação civil brasileira sobre as repercussões das condições de trabalho na sua saúde.** 1998.118p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/4865>. Acesso em: 27 Abr. 2024.

LIGEIRO, J. **Ferramentas de avaliação ergonômica em atividades multifuncionais: a contribuição da ergonomia para o design de ambientes de trabalho.** 2010. Dissertação (Mestrado em design linha de pesquisa ergonomia). UNESP, Bauru, São Paulo, 2010. Disponível em: <https://www.faac.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/MestradoeDoutorado/Design/Dissertacoes/joellen-ligeiro.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2024.

MATSUDO, S; ARAÚJO, T; MATSUDO, V. ANDRADE, D. ANDRADE, E. OLIVEIRA, LC; BRAGGION, G. Questionário internacional de atividade física (IPAQ): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde, [S. l.],** v. 6, n. 2, p. 5–18, 2012. Disponível em: <https://rbafs.org.br/RBAFS/article/view/931>. Acesso em: 13 ago. 2021.

MONTEIRO, TP; MARQUES, DC; BARBOSA, VG; UATANABE, P. Ergonomic work analysis of airbus pilots job in Brazil. **Work.** V. 41, Suppl 1, p. 5905-11. 2012. Disponível em: doi: 10.3233/WOR-2012-0987-5905. PMID: 22317723. Acesso em: 14 Abr. 2024.

NICHOLAS, JS; BUTLER, GC; LACKLAND, DT; TESSIER, GS; MOHR, LC Jr; HOEL, DG. Health among commercial airline pilots. **Aviat Space Environ Med.** V. 72, n. 9, p. 821-6. 2001 Sep. Disponível em: PMID: 11565817. Acesso em: 12 Abr. 2024.



PHILLIPS, AS. **The scope of back pain in Navy helicopter pilots**. 2011. Doctoral dissertation. Monterey, California. Naval Postgraduate School. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA543155.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2024.

POSCH, M; SCHRANZ, A; LENER, M; SENN, W; ÄNG, BO; BURTSCHER, M; RUEDL, G. Prevalence and potential risk factors of flight-related neck, shoulder and low back pain among helicopter pilots and crewmembers: a questionnaire-based study. **BMC Musculoskelet Disord**. v. 20, n. 1, p. 442019, Jan 29. 2019. Disponível em: doi: 10.1186/s12891-019-2421-7. PMID: 30696437; PMCID: PMC6352326 Acesso em: 12 Abr. 2024.

PROMBUMROONG, J; JANWANTANAKUL, P; PENSRI, P. Prevalence of and biopsychosocial factors associated with low back pain in commercial airline pilots. **Aviat Space Environ Med**. v. 82, n. 9, p. 879-84, Sep. 2011. Disponível em: doi: 10.3357/ase.3044.2011. PMID: 21888271 Acesso em: 12 Abr. 2024.

SAMMITO, S; HADZIC, V; KARAKOLIS, T; KELLY, KR; PROCTOR, SP; STEPENS, A; WHITE, G; ZIMMERMANN, WO. Risk factors for musculoskeletal injuries in the military: a qualitative systematic review of the literature from the past two decades and a new prioritizing injury model. **Mil Med Res**. v. 10, n. 8.1, p. 66. 2021 Dec. Disponível em: doi: 10.1186/s40779-021-00357-w. PMID: 34886915; PMCID: PMC8662851 Acesso em: 17 abr. 2024.

SHIRI, R; FRILANDER, H; SAINIO, M; KARVALA, K; SOVELIUS, R; VEHMAS, T; VIIKARI-JUNTURA, E. Cervical and lumbar pain and radiological degeneration among fighter pilots: a systematic review and meta-analysis. **Occup Environ Med**. V. 72, n. 2, p. 145-50. 2015 Feb. Disponível em: doi: 10.1136/oemed-2014-102268. Epub 2014 Sep 1. PMID: 25180267. Acesso em: 17 abr. 2024.

SILVA, GV. A influência de problemas na coluna vertebral sobre o desempenho operacional e a segurança de voo na FAB. **Revista da Universidade da Força Aérea**, v. 18, n. 21, p. 6-12, 2006. Disponível em: https://www2.fab.mil.br/unifa/images/revista/pdf/ed_21.pdf. Acesso em: 12 Abr 2024.

SILVA, GV; HALPERN, M; GORDON, CC. Anthropometry of Brazilian Air Force pilots. **Ergonomics**. v. 60, n. 10, p. 1445-1457, Oct. 2017. Disponível em: doi: 10.1080/00140139.2017.1301575. Epub 2017 Mar 14. PMID: 282719590. Acesso em: 12 Abr. 2024.

SIMPSON P. A., J., PORTER M. Flight-Related musculoskeletal pain and discomfort in general aviation pilots from the United Kingdom and Ireland, The International **Journal of Aviation Psychology**, v. 13, n. 3, p. 301-318, 2003. Disponível em: doi:10.1207/S15327108IJAP1303_07 Acesso em: 12 Abr. 2024.

STANTON, NA; LI, WC; HARRIS, D. Editorial: Ergonomics and Human Factors in Aviation. **Ergonomics**. v. 62, n. 2, p. 131-137, Feb. 2019. Disponível em: doi: 10.1080/00140139.2019.1564589. Epub 2019 Feb 26. PMID: 30601105 Acesso em: 12 Abr. 2024.

TANEJA N. Spinal disabilities in military and civil aviators. **Spine (Phila Pa 1976)**. v. 33, n. 25, p. 2749-53. Dec 1. 2008. Disponível em: doi: 10.1097/BRS.0b013e31817bb9aa. Acesso em: 12 Abr. 2024.

TERRA, B; MIRANDA, F; ALVES, D; BUNN, P; INOUE, A; MIRANDA, M; LOPES, T. A supervised physical training phase prior to a Brazilian Navy special operations course seems to increase their approval rate. **Journal of Science and Medicine in Sport**. v. 20, p. S69-S70, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/321105314_A_supervised_physical_training_phase_prior_to_a_Brazilian_Navy_special_operations_course_seems_to_increase_their_approval_rate. Acesso em: 17 abr. 2024.



YANG, Y; LIU, S; LING, M; Chaoqun, Y. Prevalence and Potential Risk Factors for Occupational Low Back Pain Among Male Military Pilots: A Study Based on Questionnaire and Physical Function Assessment. **Front. Public Health.** v. 9, p. 744601. 2022. Disponível em: doi: 10.3389/fpubh.2021.744601. Acesso em: 17 Abr. 2024.

Indirect markers of muscle damage in military physical training session with neuromuscular and aerobic exercises in circuit (Cross operational): acute effects and recoverability

Marcadores indiretos de dano muscular em sessão de treinamento físico militar com exercícios neuromusculares e aeróbios em circuito (Cross operacional): efeitos agudos e recuperação

ABSTRACT

The Brazilian army recently developed the military physical training “Cross Operational” (CO), composed of four different difficulty levels. The moderate/high intensity character of CO can damage the muscle fibers, characterized by alterations at the cellular level, which can be evaluated indirectly by intramuscular proteins showing up in the bloodstream. In this context, the analysis of muscle damage biomarkers can be used as part of an initial injury prevention tool and in the evaluation of training progression and post-exercise recovery. This study aimed to observe the acute effect of CO on indirect markers of muscle damage in military personnel of the Brazilian army. Twenty-four male recruits aged between 18 and 26 years participated in the study. The four sessions corresponding to the CO levels were performed in cross-design, with a seven-day washout period, and blood samples were collected at rest, immediately after, 24 and 48 hours after each training session. The measured markers were creatine kinase (CK), myoglobin (Mb) and lactate dehydrogenase (LDH). In all CO levels, CK had a significant increase 24 hours after CO, whereas Mb and LDH increased immediately after CO. Regarding recovery time, LDH returned to baseline values within 48 hours in all levels, whereas CK and Mb, after 48 hours of recovery, reduced but did not return to baseline in level 4. The serum elevations of the biomarkers studied, like those found in studies with other consolidated physical training methods, suggest that CO can contribute to the improvement of the physical training of military personnel.

Keywords: Biomarkers. Muscle damage. Cross promenade. Functional fitness. Tactical athlete.

RESUMO

O Exército Brasileiro (EB) desenvolveu recentemente o treinamento físico militar “Cross Operacional” (CO), composto por quatro níveis de dificuldade. O caráter de intensidade moderada/alta do CO pode causar danos às fibras musculares, caracterizado por alterações a nível celular, podendo ser avaliado indiretamente pelos níveis séricos de proteínas de origem musculoesquelética. Assim, a análise de biomarcadores de dano muscular é utilizada como parte de uma ferramenta inicial de prevenção de lesões e de avaliação da progressão do treinamento e recuperação. Este estudo teve como objetivo observar o efeito agudo do CO sobre marcadores indiretos de dano muscular em militares do EB. Participaram do estudo 24 soldados do sexo masculino com idades entre 18 e 26 anos. As quatro sessões correspondentes aos níveis de CO foram realizadas em *crossover*, com *washout* de sete dias. Amostras de sangue foram coletadas em repouso, imediatamente após, 24 e 48 horas após cada sessão de treinamento. Os biomarcadores foram creatinoquinase (CK), mioglobina (Mb) e lactato desidrogenase (LDH). Em todos os níveis do CO, a CK aumentou significativamente 24 horas após o CO, enquanto Mb e LDH aumentaram imediatamente após o CO. Em relação ao tempo de recuperação, a LDH retornou aos valores basais 48 horas após todos os níveis do CO, enquanto CK e Mb reduziu, mas não retornou aos valores basais no nível 4. As elevações séricas dos biomarcadores estudados, assim como em estudos com outros métodos de treinamento consolidados, sugerem que o CO pode contribuir para a melhoria do treinamento físico de militares.

Palavras-chave: Biomarcadores. Dano muscular. Cross Promenade. Aptidão funcional. Atleta tático.

Paula Fernandez Ferreira

Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército - IPCFEx, Rio de Janeiro, RJ, Brazil
Email: paulafferr89@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3742-1549>

Márcio Antônio de Barros Sena

Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército - IPCFEx, Rio de Janeiro, RJ, Brazil
Email: mabsmarcio@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4671-5100>

Michel Moraes Gonçalves

Centro de Capacitação Física do Exército (CCFEx), Rio de Janeiro, RJ, Brazil
Email: michel_fitness@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4177-0250>

Miriam Raquel Meira Mainenti

Escola de Educação Física do Exército – ESEFEx, Rio de Janeiro, RJ, Brazil
Email: miriam.mainenti@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2562-9142>

Marcos de Sá Rego Fortes

Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército - IPCFEx, Rio de Janeiro, RJ, Brazil
Email: msrfortes@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2038-5545>

Received:	08 Jul 2024
Reviewed:	Jul-Sep 2024
Received after revised:	16 Sep 2024
Accepted:	23 Sep 2024



RAN

Revista Agulhas Negras

eISSN (online) 2595-1084

<http://www.ebrevistas.eb.mil.br/aman>



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



1 Introduction

Military personnel need a good level of physical conditioning to perform their functional tasks. Military Physical Training (MPT) aims to improve the physical conditioning of military personnel, aiming to increase professional efficiency, in addition to being a health-promoting instrument (BRASIL, 2015). Knowledge of the impact of MPT on the body is relevant for planning and preventing injuries, therefore studies on exercise physiology in military personnel are also relevant.

Armies around the world have been developing new functional physical training methods, related to skills that allow them to simulate gestures that will be performed in combat. In this sense, the Brazilian Army developed the Cross Operational (CO), a physical training method characterized by combined aerobic and neuromuscular activities (Brasil, 2017). CO was designed based on concepts from current moderate/high intensity training methods, such as CrossFit™, and classic methods, such as Cross Promenade. This model of physical training aims to be attractive and operational, expanding the range of exercises that can be performed in the military's physical preparation, in addition to encouraging practice and satisfaction in the available exercise programs.

Physical training must be planned to have an adequate intensity, so as not to exacerbate the inflammatory response and increase the risk of muscle damage. Assessing the physical and biochemical stress on muscle fibers from a military physical training with moderate/high intensity characteristics, and detecting if the recruit is recovered before starting a new training session is of paramount importance to avoid injuries and overtraining situations. Currently, scientific research on high intensity interval training (HIIT) focuses mostly on aerobic modalities (De Oliveira Ottone and colab., 2019; Kaspar and colab., 2016), whereas studies evaluating muscle damage after HIIT sessions involving resistance or functional exercises are scarce. In this sense, this study aimed to investigate the behavior of indirect markers of muscle damage after different levels of difficulty of CO sessions. The main hypothesis is that there will be significant differences between the different levels of this military physical training method.

2 Theoretical Reference

Recent studies support the use of training models based on low-volume, high-intensity functional exercises in athletes and military personnel, showing important improvements in physical fitness and health (Posnakidis and colab., 2020; Tornero-Aguilera and Clemente-Suárez, 2019). In this context, CO aims to improve cardiopulmonary and neuromuscular qualities, based on physical



valences indispensable to the execution of military tasks such as endurance and aerobic power, explosive and static/dynamic strength, localized muscle resistance, and static/dynamic balance (Brasil, 2020).

In general, physical exercise, especially when performed at high intensity, damages the muscle fibers, a process which is characterized by alterations on a cellular level (Clarkson and colab., 2006). Serum dosage of proteins that are physiologically intramuscular is an indirect way to assess muscle damage, since these proteins spill over into the bloodstream after damage. Therefore, these proteins are considered indirect markers of muscle damage after exercise (Baird and colab., 2012). The analysis of multiple biomarkers, such as creatine kinase (CK), myoglobin (Mb) and lactate dehydrogenase (LDH), is a relevant tool in the acute assessment of muscle impairment due to physical training and may also provide support for assessing the necessary recovery time (Banfi and colab., 2012).

CK and Mb change in serum in response to different exercise protocols and intensity levels. In addition, these concentrations vary according to age, gender, race, muscle mass, fitness level and climatic condition (Szabó and colab., 2003). The kinetics of CK appearance in serum can range from 24 to 72 hours (Bessa and colab., 2008). On the other hand, Mb is considered a more sensitive biomarker, increasing faster its serum levels (about three to four times immediately after exercise), reaching peak concentration in around three hours and returning to basal concentrations after about 24 hours (Lippi and colab., 2008; SILVA and colab., 2018).

The rapid renal clearance of Mb makes this biomarker a good fit for the analysis of the response in the first 24 hours after a exercise stimulus (Cervellin and colab., 2017), which is relevant, since, in many exercise programs, another exercise session would be performed after this time, leading to accumulated muscle damage and, in more severe cases, even to renal failure (Spada and colab., 2018). LDH appears in the bloodstream earlier than CK and persists for a longer duration (ARAÚJO and colab., 2016). Although LDH is not specific to skeletal muscle, its presence in many tissues means that when analyzed alongside other musculoskeletal biomarkers, it can more accurately indicate muscle damage (Houston, 2008).

3 Methods

3.1 Participants

The sample included 24 male recruits, aged between 18 and 26 years (Table 1). The following inclusion criteria were considered: 1) negative PAR-Q; 2) recruits categorized as “excellent” in the push-up test and the 95% best (“superior”) in the 12-min race test, according to criteria published by



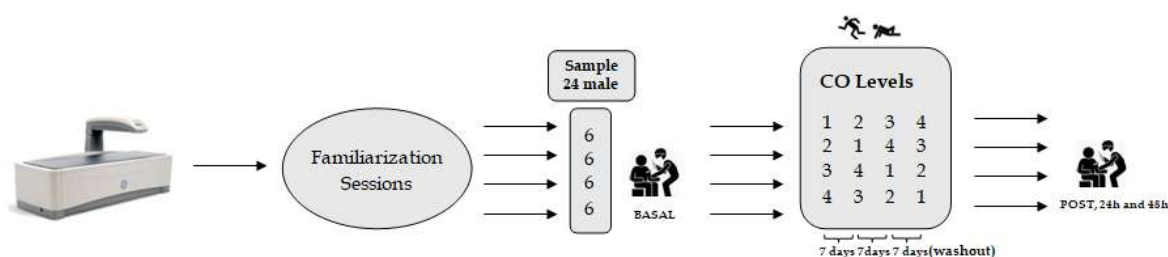
the American College of Sports Medicine (American College Of Sports Medicine, 2017). Similarly, the following exclusion criteria were considered: 1) not completing one of the CO series; 2) history of osteomyoarticular diseases or pain; 3) use of anti-inflammatory drugs or pharmacological ergogenic resources within seven days before and during the study.

The volunteers were informed about objectives and procedures and signed the informed consent form, according to CNS/MS Resolution No. 466, of 12/12/2012. This study was approved by the Research Ethics Committee of the Army Physical Training Center (CAAE: 14943119.9.0000.9433) and did adhere to the ethical policies of IJES (Navalta and colab., 2019).

3.2 Protocol

The volunteers performed an evaluation of body composition using the x-ray double emission equipment (model Lunar iDXA, GE, USA), for the purpose of characterizing the sample. They performed three sessions of CO familiarization, under guidance of physical education professionals. The recruits were then randomly divided into four subgroups to perform the four CO levels, according to a cross-design, in which each subgroup performed the series in a different order (crossover), with a seven-day washout between sessions (Figure 1).

Figure 1: experimental design



Fonte: the author

As recommended in the “Caderno de InstruçãoTreinamento Rústico Operacional – Cross Operacional” (Operational Rustic Training Instruction Notebook – Cross Operational) (BRASIL, 2020), the CO consisted of 12 isotonic and isometric exercises, performed after every 200 meters of running, on an athletics track. In each CO level, the exercises vary depending on the way of execution, execution time or number of repetitions. The recruits performed the 200 m race in levels 2, 3 and 4, as fast as 70%, 80% and 90% of the average speed for the 12-min race test. At level 1, the pace of the race was controlled through the subjective perception of exertion, seeking to reach the mild to moderate intensity. Each CO session, considering the warm-up, lasted approximately 35 minutes.



Venous blood samples were collected in the morning. Samples of 8.0 mL venous blood were collected from a vein of the antecubital region in a tube with separator gel, without anticoagulant (Vacuplast, China). Then, the samples were centrifuged for 12 min, at 2800 rpm to obtain the serum. The first blood collection (basal) occurred on the day before the execution of each CO serie and the second immediately after each session. The third and fourth blood collections occurred 24 and 48 hours after each session. The individuals did not practice physical exercises in the 48 hours prior to the training sessions and between the blood collections. The samples were analyzed immediately after the pre-analytical phase. In the biochemical dosages of CK and LDH, an automatic BT3000 analyzer (Wiener Lab, Argentina) was used, at 37°C, with specific reagent kits. Mb was dosed using the immunoenzymatic method with final fluorescence detection, Mini Vidas autoanalyzer (Biomerieux, France), according to manufacturer's recommendations. Controls and calibrators used were provided by the kit manufacturers.

3.3 Statistical Analysis

The Shapiro-Wilk test was used to analyze the normality of anthropometric data and biomarkers. Regarding inferential statistics, the biomarkers presented a non-normal distribution. Thus, statistical analysis was performed using Friedman's nonparametric test, with Bonferroni's post-hoc. Outliers were excluded from statistical analyses. The significance level $p \leq 0.05$ was considered and the statistical software SPSS, version 20.0, was used. The sample size is compatible with a 95% statistical test power, paired data within factors, effect size f of 0.25 (Beck, 2013).

4 Results

Table 1 shows the confirmed normality of the data used to characterize the sample.

Table 1: anthropometric, aerobic performance and body composition characteristics.

Variable	Mean $\pm$ SD
Body mass (kg)	69.6 $\pm$ 9.4
Height (m)	1.76 $\pm$ 0.07
BMI (kg/m ²)	22.82 $\pm$ 2.34
Body fat percentage	15.40 $\pm$ 4.80
Lean body mass (g)	55.18 $\pm$ 6.95
Average Speed Cooper's Test (m/s)	4.21 $\pm$ 0.80

Results expressed as mean $\pm$ standard deviation. BMI = body mass index

Table 2 shows the results of CK, in which it is observed that, in all CO levels, there was an increase ($p \leq 0.05$) in the 24h collection, in relation to the basal collection. In levels 2 and 4 there was



an increase ($p=0.001$ and $p=0.031$, respectively) in the collection immediately after, but the peak concentration occurred in the collection 24h ($p=0.000$ and $p=0.001$, respectively). There was a significant reduction in the 48h collection only at levels 3 and 4 ($p=0.012$ and $p=0.001$, respectively).

Table 1: serum creatine kinase levels at baseline, immediately after exercise, 24 and 48 hours later after the four series of Cross Operational, expressed in U/L.

SERIES	CK BASAL	CK POST	CK 24h	CK 48h
1	394.5	437.0	405.0 *	379.0
	Q1	252.0	283.5	299.0
	Q3	506.0	513.0	661.5
2	269.5	369.5***	533.0*	451.5 ** a
	Q1	191.0	257.0	348.5
	Q3	368.5	567.5	786.0
3	297.5	400.0	539.5*	341.0 #
	Q1	164.5	289.0	330.0
	Q3	493.5	1701.0	842.5
4	258.0	348.0***	708.5*	518.0 # a
	Q1	174.0	297.5	475.0
	Q3	381.5	524.0	1203.0

Data expressed as median and first (Q1) and third (Q3) quartiles. CK Basal = analysis of the basal sample (before the CO session); CK Post = analysis of the sample collected immediately after the CO session; CK 24 h = analysis of the sample collected 24 hours after CO; CK 48 h = analysis of the sample collected 48 hours after CO. * represents an increase with significant difference between the basal and 24 h moments; ** represents an increase with significant difference between the basal and 48 h moments; *** represents an increase with significant difference between the basal and post moments; # represents a reduction with a significant difference between the 48 h and 24 h moments; a represents a significant difference in relation to baseline.

Table 3 shows that, at all CO levels, serum Mb concentrations were significantly higher ($p<0.05$) in the collection immediately after compared to the baseline collection. At CO level 4, Mb concentrations remained high ($p=0.000$) 24 hours after exercise. At levels 2, 3 and 4, a reduction ($p=0.001$, $p=0.002$ and $p=0.015$, respectively) of Mb is observed in the 24h collection. Such a



reduction has already provided a return to baseline values at all CO levels, except for level 4, in which the return occurred in the 48h collection.

Table 2: serum myoglobin levels at baseline, immediately after exercise, 24 and 48 hours later after the four series of Cross Operational, expressed in $\mu\text{g/L}$.

SERIES	MB BASAL		MB POST	MB 24h	MB 48h
1	17.5		33.5*	19.0 [#]	18.5 ^{##}
	Q1	14.5	25.5	16.0	13.0
	Q3	24.0	42.0	24.0	23.0
2	19.5		51.0*	21.0 [#]	20.5 ^{##}
	Q1	14.0	33.0	15.0	15.0
	Q3	23.0	69.0	36.0	24.0
3	17.0		39.0*	22.0 [#]	16.5 ^{##}
	Q1	13.5	30.5	17.0	14.0
	Q3	25.5	73.5	36.0	24.0
4	15.5		51.0*	26.0 ^{**#}	19.5 ^{##}
	Q1	11.0	44.0	21.0	13.5
	Q3	19.5	66.0	35.0	22.5

Data expressed as median and first (Q1) and third (Q3) quartiles. Mb Basal = analysis of the basal sample (before the CO session); Mb Post = analysis of the sample taken immediately after the CO session; Mb 24 h = analysis of the sample collected 24 hours after CO; Mb 48 h = analysis of the sample collected 48 hours after CO. * represents an increase with significant difference between the basal and post moments; ** represents an increase with significant difference between the basal and 24 h moments; # represents a reduction with significant difference between the 24 h and post moments; ## represents a reduction with a significant difference between the 48 h and post moments;

Table 4 shows the serum levels of the LDH marker, which, at all CO levels, were significantly higher ($p < 0.05$) in the collection immediately after, compared to the baseline collection. At level 1, there was a reduction ($p = 0.043$) in the 24-hour collection and, at level 3, although there was no significant reduction, there was also no difference in relation to baseline values. At levels 2 and 4, the reduction ($p = 0.001$ and $p = 0.000$, respectively) occurred 48 hours after CO.

Table 4: serum LDH levels at baseline, immediately after exercise, 24 and 48 hours later after the four series of Cross Operational, expressed in U/L.

SERIES	LDH BASAL		LDH POST	LDH 24h	LDH 48h
1	304.0		361.5*	325.5 ^{##}	293.0 [#]
	Q1	267.0	303.0	278.0	269.0
	Q3	351.0	398.0	381.0	353.0
2	302.0		349.5*	316.5 ^{**}	320.5 [#]
	Q1	260.0	319.0	288.0	272.0
	Q3	338.0	397.5	393.0	359.5
3	304.5		358.5*	341.0	332.0 [#]
	Q1	265.5	311.0	307.5	294.0
	Q3	355.0	405.0	352.5	352.0
4	296.0		370.5*	316.5 ^{**}	320.5 [#]



	Q1	263.0	331.0	288.0	272.0
	Q3	338.0	406.5	393.0	359.5

Data expressed as median and first (Q1) and third (Q3) quartiles. LDH Basal = analysis of the basal sample (before the CO session); LDH Post = analysis of the sample taken immediately after the CO session; LDH 24 h = analysis of the sample collected 24 hours after CO; LDH 48 h = analysis of the sample collected 48 hours after CO. * represents an increase with significant difference between the basal and post moments; ** represents an increase with significant difference between the basal and 24 h moments; # represents a reduction with significant difference between the 48 h and post moments; ## represents a reduction with a significant difference between the 24 h and post moments.

5 Discussion

This study aimed to investigate the behavior of indirect markers of muscle damage after different series of CO. The results showed that a single session of each CO series, with different difficulty levels and duration of approximately 35 minutes, was able to increase the serum concentration of the evaluated biomarkers, as expected. Myoglobin and LDH showed peak concentration immediately after each session, whereas the increase in serum CK levels occurred 24 hours after CO. Regarding recovery, 48 hours were sufficient to recover LDH and Mb levels in all CO levels, but not the CK levels, whose concentrations returned to baseline only at the lowest difficulty level (level 1).

Therefore, the analysis of these biomarkers is a relevant tool for assessing training progression and estimating the recovery time required for the subsequent session, in addition to being useful in prescribing exercises before and after CO, in order to understand the responses physiological. The CK peak value measured 24 hours after the execution of CO levels 2, 3 and 4 (533.0; 539.5 and 708.5 U/L) are comparable to the CK activities observed by Tibana and colab (2019), who performed serum measurements 24, 48 and 72 hours after a CrossFit™ competition and showed CK elevations with peak concentration (698.7 U/L) in the 24 hour collection and a reduction in the 72 hour collection. Howatson and Milak (2009) investigated another training method, HIIT with repeated sprints, and identified increases in muscle damage and pain, with the CK peak also 24 hours after exercise (776.0 U/L) and return to baseline levels after 72 hours. In the present study, after 48 hours of rest, CK serum levels were also still above baseline values in CO levels 2, 3 and 4. Knowing that this marker presents high inter-individual variability due to the existence of high and low responders (Machado and Willardson, 2010), the prolonged CK response may be an indicator for prescribing subsequent exercise sessions, in order to avoid extreme muscle damage.

These results indicate that CK has possibly changed as a result of the CO levels with higher metabolic and/or muscle demand. The study by Wiewelhove and colab (2016) showed higher CK



plasma levels after sprint protocols when compared with lower intensity protocols, attributing muscle damage to the highest amount of eccentric contractions performed. Each CO level presents a certain increasing number of sprints in the last exercise, which may have influenced the CK leakage into circulation. CK levels may also have been influenced by the difference in the number of repetitions of plyometric exercises, three of the 12 CO exercises, which reflects in the greater susceptibility of damage to type II, fast twitch, muscle fibers (Macaluso and colab., 2012). Therefore, it is reasonable to assume that muscle damage after CO was comparable to other similar training methods.

Regarding Mb serum levels, the study showed an increase immediately after the end of all CO levels, reducing after 24 hours to concentrations similar to baseline (Table 3). Even being a more acute elevation biomarker than CK, at level 4 high values were observed even in the 24h collection, indicating a more pronounced damage as a result of a circuit of greater metabolic demand. Similar results were found in the study by Spada and colab (2018), in which an increase in Mb was observed two hours after the performance of high-intensity resistance interval training and a reduction after 24 hours of rest. Bartolomei and colab (2016) also observed that, after 30 minutes of protocols with resistance exercises, Mb levels increased significantly. Additionally, Cipryan (2017) performed a 30-min running HIIT intervention and also observed an increase in Mb after cessation of training, but to a lesser extent in well-trained individuals when compared to moderately or untrained individuals.

As for LDH, serum levels increased in all CO levels in the test immediately after the exercise, reaching peak concentration, and lowered down at the 48 hours test. This increase agrees with the results of the study by Bartolomei and colab (2016), in which similar increases were observed after a high intensity resistance training. The results of the present study also meet Cipryan's study (CIPRYAN, 2017), which evaluated the influence of three different race HIIT protocols on muscle damage markers, showing that LDH activity was higher immediately after the protocols. In the study by Timón and colab (2019), which evaluated individuals after two different CrossFit™ sessions, the peak concentration of LDH occurred within 24 hours and returned to baseline values within 48 hours, partially corroborating the recovery findings of this study.

Based on the observed results, it is concluded that the peak concentrations, as well as the recovery kinetics, present different behaviors among the markers. The high level of physical conditioning of the military personnel, who regularly practice physical exercises, sometimes intense, seems to have had a protective effect against muscle damage at levels 1, 2 and 3, the same behavior was not observed at level 4 of the CO, in that all biomarkers remained elevated. In healthy individuals, this increase in indirect markers of muscle damage is explained as a physiological response to exercise and the inflammatory cascade triggered after the damage, in tissue repair and remodeling, thus, level



4 of CO seems to more efficiently provoke the development of the physical conditioning of individuals with the characteristics of this sample, for causing more metabolic stress.

This study was limited to using only male volunteers, physically well conditioned and in a narrow and young age group. This sample selected for convenience limits the interpretation of results to the mentioned conditions. Another relevant limitation was the impossibility of carrying out more collection moments, for a longer period. According to the latest guideline (Cadegiani and Kater, 2019), of the potential biomarkers for the assessment of overtraining syndrome, the elevation of CK stands out, therefore, since in the present study CK remained above baseline values in the 48-hour collection of levels 2, 3 and 4, it would be relevant to assess the serum levels of this marker at later times.

6 Final considerations

It is worth noting that this is a pioneering study evaluating broad and fine adjustments to CO, a training method recently developed by the Brazilian army. This evidence of acute changes in indirect markers of cell damage, like those observed by other methods already consolidated, such as CrossFit™ and HIIT, suggest that CO can help to improve physical training. A training program using CO must progress according to the individual load prescription in order to avoid extreme muscle damage. Therefore, the analysis of these biomarkers is a relevant tool to evaluate training progression and estimate the recovery time required for the subsequent session. Longitudinal studies are needed to identify chronic adaptations, with research subjects with different physical characteristics, to consolidate CO implementation in the different military organizations in Brazil. Besides, this dynamic method, with exercises not exclusively related to military tasks, can be used in physical training programs in the civil sphere, contributing as an attractive method of health promotion.



References

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 10th. ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2017.

ARAÚJO, Nayara Costa; FRANÇA, Alexandre Magno; CAMERON, Luiz Cláudio; MAGALHÃES NETO, Aníbal Monteiro de. Análise de biomarcadores séricos de lesão muscular durante competição de mountain bike. **ConScientiae Saúde**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 266–272, 2016. DOI: 10.5585/conssaude.v15n2.6343. Available: <https://periodicos.uninove.br/saude/article/view/6343>. Acesso em: 7 out. 2024.

BAIRD, Marianne F. *et al.* Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. **Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 2012, p. 960363, 2012. Available: DOI: [10.1155/2012/960363](https://doi.org/10.1155/2012/960363).

BANFI, Giuseppe e colab. Metabolic markers in sports medicine. **Advances in Clinical Chemistry**, v. 56, p. 1–54, 2012. DOI: [10.1016/b978-0-12-394317-0.00015-7](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-394317-0.00015-7).

BARTOLOMEI, Sandro *et al.* Comparison of block versus weekly undulating periodization models on endocrine and strength changes in male athletes. **Kinesiology**, v. 48., n. 1., p. 71–78, 29 Jun 2016. DOI: [10.26582/k.48.1.9](https://doi.org/10.26582/k.48.1.9).

BECK, Travis W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **Journal of Strength and Conditioning Research** / National Strength & Conditioning Association, v. 27, n. 8, p. 2323–2337, Ago 2013. DOI: [10.1519/JSC.0b013e318278eea0](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318278eea0).

BESSA, A *et al.* High-intensity ultraendurance promotes early release of muscle injury markers. **British Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 11, p. 889, 1 Nov 2008. DOI: [10.1136/bjsm.2007.043786](https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.043786).

BRASIL, Comando de Operações Terrestre. **Caderno de Instrução Treinamento Rústico Operacional - Cross Operacional EB70-CI-11.445**. 1a ed. Brasília: [s.n.], 2020. Disponível em: https://portaldopreparo.eb.mil.br/ava/blocks/exalib/detail.php?courseid=263&itemid=322&back=%2F%2Fblocks%2Fexalib%2Findex.php%3Fcourseid%3D263%26amp%3Bcategory_id%3D1002%26amp%3Bq%3DEB70-CI-11.445. Acesso em: 14 apr 2021.

CADEGIANI, Flavio A. e KATER, Claudio E. Basal Hormones and Biochemical Markers as Predictors of Overtraining Syndrome in Male Athletes: The EROS-BASAL Study. **Journal of Athletic Training**, v. 54, n. 8, p. 906–914, Ago 2019. DOI: [10.4085/1062-6050-148-18](https://doi.org/10.4085/1062-6050-148-18).

CERVELLIN, Gianfranco *et al.* Non-traumatic rhabdomyolysis: Background, laboratory features, and acute clinical management. **Clinical Biochemistry**, v. 50, n. 12, p. 656–662, Ago 2017. DOI: [10.1016/j.clinbiochem.2017.02.016](https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2017.02.016).

CIPRYAN, Lukas. IL-6, Antioxidant Capacity and Muscle Damage Markers Following High-Intensity Interval Training Protocols. **Journal of Human Kinetics**, v. 56, p. 139–148, Feb 2017. DOI: [10.1515/hukin-2017-0031](https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0031).

CLARKSON, Priscilla M. *et al.* Serum creatine kinase levels and renal function measures in exertional muscle damage. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 4, p. 623–627, Abr 2006. DOI: [10.1249/01.mss.0000210192.49210.fc](https://doi.org/10.1249/01.mss.0000210192.49210.fc).

DE OLIVEIRA OTTONE, Vinícius *et al.* Late Neutrophil Priming Following a Single Session of High-intensity Interval Exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 03, p. 171–179, Mar 2019. DOI: [10.1055/a-0810-8533](https://doi.org/10.1055/a-0810-8533).

HOUSTON, Michael E. **Princípios De Bioquímica Para Ciência Do Exercício**. 3a ed. [S.l.]: ROCA, 2008.



- HOWATSON, Glyn; MILAK, Adi. Exercise-induced muscle damage following a bout of sport specific repeated sprints. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 8, p. 2419–2424, Nov 2009. DOI: [10.1519/JSC.0b013e3181bac52e](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bac52e).
- KASPAR, Felix *et al.* Acute-Phase Inflammatory Response to Single-Bout HIIT and Endurance Training: A Comparative Study. **Mediators of Inflammation**, v. 2016, 26 Apr 2016. DOI: [10.1155/2016/5474837](https://doi.org/10.1155/2016/5474837).
- LIPPI, G. *et al.* Acute variation of biochemical markers of muscle damage following a 21-km, half-marathon run. **Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation**, v. 68, n. 7, p. 667–672, 2008. DOI: [10.1080/00365510802126844](https://doi.org/10.1080/00365510802126844).
- MACALUSO, Filippo; ISAACS, Ashwin W.; MYBURGH, Kathryn H. Preferential type II muscle fiber damage from plyometric exercise. **Journal of Athletic Training**, v. 47, n. 4, p. 414–420, Ago 2012. doi: [10.4085/1062-6050-47.4.13](https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.4.13).
- MACHADO, Marco; WILLARDSON, Jeffrey M. Short recovery augments magnitude of muscle damage in high responders. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 7, p. 1370–1374, Jul 2010. DOI: [10.1249/MSS.0b013e3181ca7e16](https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ca7e16).
- NAVALTA, James W.; STONE, Whitley J.; LYONS, T. Scott. Ethical Issues Relating to Scientific Discovery in Exercise Science. **International Journal of Exercise Science**, v. 12, n. 1, p. 1–8, 2019. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7523901/>.
- POSNAKIDIS, Georgios *et al.* High-Intensity Functional Training Improves Cardiorespiratory Fitness and Neuromuscular Performance Without Inflammation or Muscle Damage. **Journal of Strength and Conditioning Research**, V. 36, N. 3, 27 Feb 2020. DOI: [10.1519/JSC.0000000000003516](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003516).
- SILVA, J. R. *et al.* Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 48, n. 3, p. 539–583, 1 Mar 2018. DOI: [10.1007/s40279-017-0798-8](https://doi.org/10.1007/s40279-017-0798-8).
- SPADA, Tania C. *et al.* High intensity resistance training causes muscle damage and increases biomarkers of acute kidney injury in healthy individuals. **PloS One**, v. 13, n. 11, p. e0205791, 2018. DOI: [10.1371/journal.pone.0205791](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205791).
- SZABÓ, A. *et al.* Metabolic changes induced by regular submaximal aerobic exercise in meat-type rabbits. **Acta Veterinaria Hungarica**, v. 51, n. 4, p. 503–512, 2003. DOI: [10.1556/AVet.51.2003.4.8](https://doi.org/10.1556/AVet.51.2003.4.8).
- TIBANA, RAMIRES ALSAMIR *et al.* Time-Course of Changes in Physiological, Psychological, and Performance Markers following a Functional-Fitness Competition. **International Journal of Exercise Science**, v. 12, n. 3, p. 904–918, 1 Ago 2019. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6719819/>.
- TIMÓN, Rafael e colab. 48-hour recovery of biochemical parameters and physical performance after two modalities of CrossFit workouts. **Biology of Sport**, v. 36, n. 3, p. 283–289, 2019. doi: [10.5114/biolsport.2019.85458](https://doi.org/10.5114/biolsport.2019.85458).
- TORNERO-AGUILERA, Jose Grancisco; CLEMENTE-SUÁREZ, Vicente Javier. Resisted and Endurance High Intensity Interval Training for Combat Preparedness. **Aerospace Medicine and Human Performance**, v. 90, n. 1, p. 32–36, 1 Jan 2019. DOI: [10.3357/AMHP.5217.2019](https://doi.org/10.3357/AMHP.5217.2019).
- WIEWELHOVE, Thimo *et al.* Acute responses and muscle damage in different high-intensity interval running protocols. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 56, n. 5, p. 606–615, May 2016. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27285349/>.

Anti-G Straining Maneuver: a narrative review

Manobra Anti-G: uma revisão narrativa

ABSTRACT

Background: Increasingly valuable, sophisticated, and powerful aircraft are developed and incorporated into the armed forces. Technological advances are notable for increasing physiological load during the flight, making human resources a limiting factor in such operations. It is necessary to understand the physiological demands to which aircraft pilots are exposed, especially combat pilots. **Objective:** This study aimed to present: i. the physiological consequences on the human body due to high accelerative forces during high-performance flights; ii. the efficiency of the Anti-G Straining Maneuver (AGSM) countermeasure to such consequences; and iii. the state of the art about surface electromyography's uses (sEMG) in AGSM. **Method:** It was conducted a bibliographic search in the PubMed database using the keywords “anti-G effort maneuver” and “electromyography” and their synonyms. After this, a narrative review of the results was performed. This research model allows a comprehensive discussion about the topic, enabling an in-depth contextualization in a prosperous field of study. These characteristics are suitable for detecting literature gaps and directing the research discussion. **Discussion:** There is a consensus in the literature that AGSM is the most effective resource to prevent loss of consciousness induced by G-load (G-LOC). The sEMG is an affordable and useful tool for AGSM training, especially given the unavailability of human centrifuges. The current literature on the application of sEMG in the context of AGSM training is limited, presenting a diversity of objectives, methodology, and analyzed parameters. **Conclusion:** The use of sEMG as real-time biofeedback can improve the pilot's muscle control skills during AGSM.

Keywords: Aviation. Acceleration. Electrophysiology. Loss of Consciousness. Electromyography.

RESUMO

Introdução: Aeronaves mais valiosas, sofisticadas e potentes são incorporadas às forças armadas. Os avanços tecnológicos são notáveis por aumentar a carga fisiológica durante o voo, tornando os recursos humanos um fator limitante nessas operações. É necessário entender as demandas fisiológicas às quais os pilotos de aeronaves estão expostos, especialmente os pilotos de combate. **Objetivo:** Este estudo teve como objetivo apresentar: i. consequências fisiológicas no corpo humano devido às altas forças de aceleração durante voos de alto desempenho; ii. eficiência da contramedida AGSM para tais consequências; e iii. estado da arte sobre os usos da eletromiografia de superfície em AGSM. **Método:** Busca bibliográfica na base de dados PubMed usando as palavras-chave “anti-G straining maneuver” e “electromyography” e seus sinônimos foi conduzida, seguida de uma revisão narrativa dos resultados, que permitiu uma discussão abrangente sobre o tema, possibilitando uma contextualização aprofundada em um campo de estudo próspero. Essas características são adequadas para detectar lacunas na literatura e direcionar a discussão da pesquisa. **Discussão:** Há um consenso na literatura de que o AGSM é o recurso mais eficaz para prevenir a perda de consciência induzida por carga G. A sEMG é uma ferramenta acessível e útil para o treinamento de AGSM, especialmente quando indisponível centrífugas humanas. **Conclusão:** A literatura atual sobre a aplicação do sEMG no contexto do treinamento do AGSM é limitada, apresentando uma diversidade de objetivos, metodologia e parâmetros analisados. Contudo, seu uso como biofeedback em tempo real pode melhorar as habilidades de controle muscular do piloto durante o AGSM.

Palavras-chave: Aviação. Aceleração. Eletrofisiologia. Perda de Consciência. Eletromiografia.

Paulo Pires Junior

Universidade da Força Aérea – UNIFA,
Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Email: piresjuniorppi@fab.mil.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7182-7668>

Tainah De Paula Lima

Instituto de Medicina Aeroespacial, Rio
de Janeiro, RJ, Brazil

Email: tainah.ef@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1266-2864>

Thiago Teixeira Guimarães

Universidade da Força Aérea – UNIFA,
Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Email: thiagotguimaraes@yahoo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6457-5098>

Breno Ricardo de Araújo

Instituto de Tecnologia da Aeronáutica –
ITA, São José Campos, SP, Brazil

Email: brenobral@fab.mil.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0893-0635>

Adriano Percival Calderaro Calvo

Universidade da Força Aérea – UNIFA,
Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Email: percivalcalvo.fab@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3307-4252>

André Brand Bezerra Coutinho

Instituto de Medicina Aeroespacial, Rio
de Janeiro, RJ, Brazil

Email: andrebrand1@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3029-3022>

Received:	1 Jul 2024
Reviewed:	Jul/Aug 2024
Received after revised:	06 Sep 2024
Accepted:	24 Sep 2024



RAN

Revista Agulhas Negras

eISSN (online) 2595-1084

<http://www.ebrevistas.eb.mil.br/aman>



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



1 Introduction

Avionics development has provided increasingly valuable, sophisticated, and powerful aircraft for various armed forces. In this context, it is prudent for airmen to understand their physiological limitations and adopt actions that allow operational performance and safety (Shaw and Harrell, 2023). Humans are essentially terrestrial, and their bodies may not adapt completely under intense gravitational loads – G-load (Federal Aviation Administration, 2022). One of the most challenging environments for pilots is fighter flights or combat due to the characteristics of these flights: fast maneuvers, tight turns, and sudden changes in direction (Federal Aviation Administration, 2022).

The capacity of the human body's physiological responses is a relevant factor that may limit high-performance aerial activity because probably faster aircraft demand higher pilot physiological adaptations (Federal Aviation Administration, 2022). Consequently, for airmen to withstand such environment they must have access to supplemental oxygen, a pressurized pilot's cabin, anti-G suits during flights, and receive efficient physiological adaptation training periodically (Shaw and Harrell, 2023).

In this scenario, fighter pilots must have flight skills and be able to appropriate physiological adaptations (Federal Aviation Administration, 2022). The lack of technological resources that enable the pilot to adapt to the physiological demands of high-performance piloting or deficient human performance for such aerial activity would decrease rates of aviation incidents and accidents that would promote high economic impacts and others immeasurable as life.

G-load is an extreme physical stress that stimulates several physiological changes that may cause G-LOC, the loss of consciousness during flight induced by G-load (Shaw and Harrell, 2023). There are combat aircraft that can cause high sustained G-loads on the pilot (+9Gz), and under such circumstances, the G-LOC occurrence will depend on the pilot's preparation to withstand the G-load (Choi *et al.*, 2015). Pilots qualified to fly such aircraft must complete a specific training to withstand extreme G-load, which includes learning the Anti-G Straining Maneuver (AGSM) technique, considered the most effective action to prevent G-LOC (Burns *et al.*, 2001; David and David, 2006). AGSM is the association of periodic cycles of abrupt voluntary expirations with isometric muscular contraction of the abdomen, lower back, glute and lower limbs of the body that cause the maintenance of blood flow in the upper part of the body (Burns *et al.*, 2001; David and David, 2006).

Surface electromyography (sEMG) is a technique for evaluating electrophysiological activity that allows instantaneous biofeedback of the muscle activity being evaluated (Chen *et al.*, 2004). Thus, sEMG is an implementable tool to assess the muscular contractions produced by the pilot during AGSM. However, the use of sEMG as biofeedback for AGSM instruction is incipient,



The objective of this study is to explore the physiological effects of accelerative forces, the efficacy of AGSM in preventing G-LOC, and the advanced application of sEMG for AGSM training. A narrative review was selected as the research methodology to facilitate a comprehensive discussion on the subject, allowing for a deeper contextualization within this dynamic field of study. These characteristics are appropriate for this study, moving towards identifying gaps and directing future research. The method adopted in this narrative review was a bibliographic search in the PubMed database using a Boolean equation that associated the keywords “anti-G straining maneuver” and its synonyms and the descriptor “electromyography” and synonymous terms (DeCS/MeSH). The final equation was: ("Agsm"[tiab] OR "anti G straining maneuver"[tiab]) AND ("Electromyography"[Mesh] OR Electromyograph*[tiab] OR Surface Electromyograph*[tiab]). The references list of all selected and retrieved articles were also reviewed.

2 Literature Review

2.1 Accelerations and Physiology

During the flight, accelerations and maneuvers may stimulate the G-load, causing effects on the body in the vertical (z), anteroposterior (x), and mediolateral (y) axes. Depending on the direction of load relative to the reference point, these loads can be positive or negative (Davis *et al.*, 2012). The greater the intensity of the G-load, the more severe the effects on human physiology, and the most important acceleration item for human physiology during combat flights are vertical accelerations (Gz), that is, accelerative forces in the craniocaudal directions.

In aerial maneuvers that cause +Gz, the pilot's blood is pushed toward the lower limbs and tends to accumulate there, leading to the pilot's stagnant hypoxia. It is a phenomenon induced by reduced venous return, cardiac output, compromised blood and oxygen supply to the individual's eyes and brain (Federal Aviation Administration, 2022).

The forces produced on the pilots progress/regress geometrically, in this way, an individual weighing 70.0 kilograms exposed to a +3Gz load will receive a force equivalent to three times its mass (210.0 kg). Under these conditions, the individual's upper and lower limbs do not move freely, the internal organs move backward and the diaphragm moves downwards, increasing respiratory disorders (Banks *et al.*, 1994). On exposure to +1Gz, the difference between the blood pressures of the brain and heart is ~25 mmHg, while on exposure to +5Gz, this difference becomes ~120 mmHg. In this last condition, the individual's heart must be able to pump arterial blood with a minimum blood pressure of 120mmHg to maintain the oxygen supply to the brain. Therefore, the increase of +1Gz of load on the individual induces a decrease in blood pressure, at the eye level, between 22 and 25 mmHg (Cheana, 2011).



Before G-LOC, symptoms progress through some stages: tunnel vision, gray-out, black-out, almost loss of consciousness (A-LOC), and G-LOC. Initially, at an exposure of approximately +4Gz, the deficiency of blood perfusion to the retina induces the tunnel vision pilot, that is gradual loss of peripheral vision; followed by gray-out, which refers to the vision becomes grayish; culminating with probable black-out, that is the disappearance of vision. At +5Gz exposure, cerebral circulation is affected and symptoms of A-LOC or G-LOC may affect the pilot. The rate of progression of the Gz load, permanency at the Gz load, and magnitude of the Gz load correspond to the total magnitude of exposure to the G-load, which defines the behavior of the individual's physiological response (Whinnery and Forster, 2013).

G-LOC is the altered perception in the individual due to the absence of reality caused by a sudden and critical reduction in cerebral blood circulation due to increased G force. In G-LOC there is a period of unconsciousness or absolute incapacity followed by a conscious period, but as a relative disability, in which convulsions may occur (David and David, 2006). There is a refractory period of approximately 5 seconds in which G-LOC does not occur (Whinnery and Forster, 2013) however, for practical purposes, the total incapacitation time varies between 20 and 30 seconds (David and David, 2006).

As a counterbalance to resist the effects of Gz load, there are strategies based on the use of accessories such as anti-G suit - inflatable suit that puts pressure on the pilots' lower limbs and waist region according to the G-load information detected by the aircraft; inclined seats - ejection seats ergonomically designed to keep the pilot's torso reclining, reducing the distance between the heart and the head and facilitating pressure equalization between the organs; oxygen mask - masks attached to the helmet that constantly provide oxygen to the pilot. Other strategies are based on human resources development such as specific physical conditioning programs, and body maneuvers training, e.g., AGSM.

2.2 Anti-G Straining Maneuver

AGSM provides pilot endurance capabilities up to +4Gz (David and David, 2006), the most effective strategy to prevent G-LOC (Burns *et al.*, 2001; Yun *et al.*, 2019). It consists of two components performed simultaneously: respiratory and muscular. In the respiratory component, the pilot inhales preparatory to the AGSM and maintains a controlled rhythm with gas exchanges every three seconds during the AGSM. Gas exchange may be performed with gas exhalation against the occluded glottis (L1 maneuver) or partially occluded (M1 maneuver). In the muscular item, the pilot isometrically contracts the lower limb muscles, glutes, and abdomen during an AGSM (Tu *et al.*, 2020).



Both types of AGSM maneuvers, M1 and L1, promote increased abdominal and intrathoracic pressure due to contraction of the diaphragm and others respiratory muscles. This pressure is transmitted directly to the large blood vessels and the heart, raising blood pressure. Furthermore, the contraction of the diaphragm prevents the distance between the heart and the head from increasing (David and David, 2006). Such maneuvers cause similar effects on ocular blood pressure however pilots use to choose L1 to cause less laryngeal tension (Burton *et al.*, 1974).

According to a review study (Whinnery and Whinnery, 1990), there is a relationship between G-load tolerance and the execution of AGSM. This study compiled 500 episodes of G-LOC and highlighted that individuals who performed AGSM during G-loading resisted higher levels of gravitational stress (Whinnery and Whinnery, 1990). On the other hand, understanding the influencing factors on AGSM performance is controversial. Although studies report that the effectiveness of AGSM is related to the individual's muscular strength (Tesch *et al.*, 1983; Epperson *et al.*, 1985), there is a report that physical fitness, muscle mass, overall strength and endurance, had no influence for experienced pilots who have suffered or no G-LOC (Park *et al.*, 2016). However, tolerance to G-loads seems to be more dependent on AGSM muscular coordination than on muscular hypertrophy (Park *et al.*, 2016).

Considering that the reduction of arterial flow in the brain induces loss of consciousness, heart rate (HR) is another influencing factor to G-load tolerance since, HR influences underlying mechanisms of modulating blood pressure in the body. Firstly, the maintenance of blood pressure and cerebral perfusion is hampered by the distribution of peripheral blood, especially during exposure to flight accelerations. Therefore, vagal tone leads to bradycardia, which increases the risk of the pilot's subsequent loss of consciousness during flight, reducing tolerance to G-load (Crisman and Burton, 1988). Furthermore, excessive respiratory conditioning induces an imbalance between the body's sympathetic and parasympathetic activity, causing greater vagal activation that can impair G-load tolerance (Crisman and Burton, 1988).

However, the relationships between HR and loss of consciousness are divergent. A retrospective study analyzed records from 873 pilots who performed a theoretical instruction session and a centrifuge training session with high G-loads, identified that the group which failed to resist the load of +7.5Gz for 15 seconds presented higher HR before such G-load, and lower HR under +7.5Gz (Tu *et al.*, 2020). On the other hand, higher rest HR and the greater increase in HR just before the beginning of centrifuge training were correlated with a higher probability of failure on that training. I can indicate that anticipatory stress may compromise the G-load tolerance (Habazettl *et al.*, 2016). Therefore, the understanding that lower resting HR promotes risk for G-LOC is controversial (Van Lieshout *et al.*, 1992).



Tu *et al.*, (2020) observed that the group which did not resist +7.5Gz for 15 seconds had the higher increases in HR after completing exposure to +6Gz for 30 seconds. They also identified that body mass index (BMI), individual baseline and effort of G-load tolerance profile, and an AGSM score were associated with G-load tolerance. The authors suggest that the capacity of the cardiovascular system to relax and recover, baroreflex response, appears more important for G tolerance than basal HR. Furthermore, the authors indicate the importance of characterizing the AGSM by evaluating the performance of its two components during G-load tolerance training (Tu *et al.*, 2020).

Anthropometric, physiological, and flight experience factors also influence G-load tolerance. However, age, height, body mass, blood pressure, cholesterol levels, and flight hours seem to have a weak influence on pilots' G-load tolerance (Webb *et al.*, 1991; Forster *et al.*, 1999). In contrast, anti-G suit use and AGSM performance have strong direct correlations with G-load tolerance (Gillingham and Fosdick, 1988), as mentioned previously.

G-tolerance due to remaining under the G-load is when the pilot fatigues during continuous G-load exposure; whether constant or varied (Park *et al.*, 2015). Thus, fatigue is the main limiting factor for G-tolerance since the pilots exposed to high G-load must continually perform AGSM to avoid an incapacitation. In this sense, the muscular component assessment to characterize AGSM gains more importance. Additionally, muscle activity assessment and muscle fatigue during AGSM can be assessed by using surface electromyography (sEMG).

2.3 Surface Electromyography in AGSM Studies

The sEMG is used for three main objectives: identifying the beginning of muscle activation, measuring the force produced by a muscle, and predicting fatigue processes (De Luca, 1997). This technique allows the evaluation and monitoring of neuromuscular functions with or without biofeedback; the possibility of use for examination and treatment of pathophysiological conditions, ergonomic and occupational disorders, muscular fatigue, musculoskeletal pain, rehabilitation of neuromuscular injuries, control of prostheses; and sports training and performance (Merletti and Farina, 2016).

sEMG is an advantageous technique as it is non-invasive, painless, and does not harm the individual's epidermis. This technique consists of electrodes applied to the epidermis over the assessed muscle in order to acquire the muscular electrical activity (Merletti and Farina, 2016). Due to such characteristics, clinical studies and research widely use sEMG, especially in the human movement area.

The biological signal processing from sEMG allows the estimation of muscle contraction and muscle fatigue parameters, for example: the number of motor units recruited, the types of fibers



contracted, and the conduction speed of the action potential (Garcia and Vieira, 2011). In the present review, it was observed that the muscle sEMG used on AGSM studies were predominantly: root mean square - RMS; absolute integrated value - IAV; absolute mean value - MAV or ARV; wavelength - WL; and median frequency - MD (Choi *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2017).

To our knowledge, Cornwall and Krock (1992) were the pioneers in the use of sEMG in pilots performing AGSM in a human centrifuge during G-load. The authors analyzed the RMS of the erector spine, external oblique, biceps femoris, vastus lateralis, and gastrocnemius lateralis muscles. They found a reduction in the amplitude of electromyographic muscle activity in lower limbs when the pilots were submitted to intense G-load (decrease of -61.5% RMS); and identified traces of muscle fatigue.

In a study published in 2003 (Oksa *et al.*, 2003) that used the sEMG technique in pilots during AGSM in an environment with 1 G-load, it was found that wearing lumbar support on the seat back increased muscle contraction activity of pilots, mainly for the rectus abdominal and spinal erector muscles. The study suggested that lumbar support positions the riders' torso more upright, which favors the production of muscular force. Furthermore, in the pilots' subjective assessment, lumbar support favored the pilots' AGSM performance (Oksa *et al.*, 2003).

Chen and co-workers (Chen *et al.*, 2004) evaluated the respiratory component of AGSM performed by 20 individuals (8 experienced pilots and 12 inexperienced) under high G-load. The authors found that the pilots' experience influenced the muscular activity of the buccinator muscle during AGSM. The respiratory cycle of experienced pilots (2.2 sec.) was longer than that of inexperienced pilots (1.8 sec.). The muscular activity rate of the pilots' buccinator muscle was higher during G-load but experienced pilots had a higher rate than inexperienced individuals (Chen *et al.*, 2004). Increasing the respiratory cycle time allows the pilot to reduce the number of breaths and, consequently, reduce the vigorous activations of the respiratory muscles during the AGSM over time, inducing the pilot's energy savings. Additionally, the sequence of muscle recruitment patterns in AGSM was different between the groups. The sequence of muscle recruitment by experienced pilots was: the buccinator, rectus abdominal, latissimus dorsi, diaphragm, intercostals, pectoralis major and sternocleidomastoid muscles sequentially, while the inexperienced participants sequentially recruited the buccinator, sternocleidomastoid, pectoralis major, intercostals, latissimus dorsi diaphragm, and rectus abdominal muscles (Chen *et al.*, 2004).

The study results by Chen and co-workers (Chen *et al.*, 2004) indicated that the acquisition of muscular coordination of AGSM execution is influenced by experienced pilots (Chen *et al.*, 2004). This suggests that based on the muscle recruitment pattern of experienced pilots it is possible to provide targeted training of the muscular component - muscle recruitment sequencing, and respiratory



- breathing cycle time, of AGSM to contribute to the efficiency of AGSM performance. Then, AGSM improvement might take time and the training should be a continuous process during a pilot's career.

The average increase in human centrifuge G-load tolerance after an AGSM training session in 25 untrained Indian Air Force pilots was +0.4Gz (Sah *et al.*, 2018). The authors evaluated the muscular activity of the pilots during the execution of the AGSM using sEMG and they found a greater muscular activity in the lower limbs - vastus lateralis and gastrocnemius, than in the trunk - rectus abdominal and pectoralis. However, did not use the sEMG to monitoring AGSM training sessions, it was used just at centrifuge evaluation (Sah *et al.*, 2018).

The sEMG has been used to investigate the association between muscular contractility and fatigue parameters with AGSM performance. In this context, Choi and collaborators (Choi *et al.*, 2015) proposed an algorithm for processing biological EMG signals that predict G-LOC based on the temporal behavior of the amplitude of gastrocnemius muscle activity during AGSM. The authors identified fatigue of the gastrocnemius muscle in the IAV and WL parameters three seconds before the G-LOC. They suggested this algorithm as biological safety alerts in high-performance flights against G-LOC (Choi *et al.*, 2015). However, the authors did not present reference or fatigue values or thresholds for sEMG.

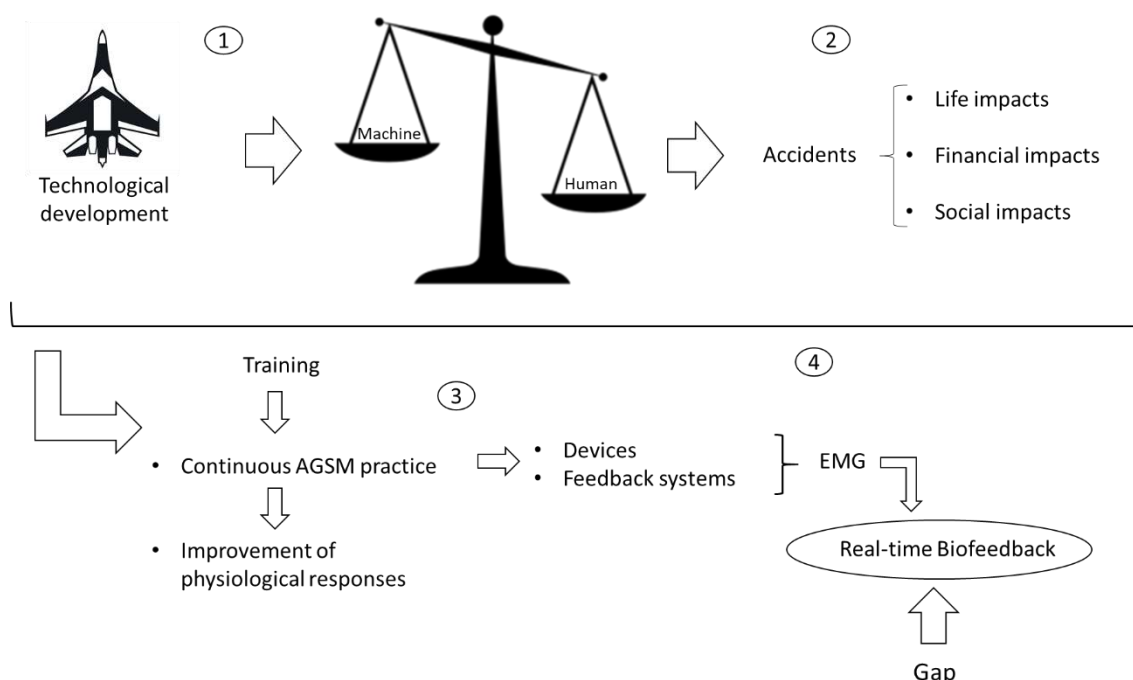
Studies that use EMGs to evaluate AGSM are methodologically heterogeneous, especially concerning sEMG parameters. Most studies evaluated muscle activity only of the AGSM muscle component, except Chen and co-workers (2004) (Chen *et al.*, 2004) who evaluated both components simultaneously. Furthermore, two studies evaluated AGSM under high Gz loads (Cornwall and Krock, 1992; Sah *et al.*, 2018), demonstrating the few uses of sEMG in AGSM instruction and assessment, and none with biofeedback. However, it is important to validate this methodology in real situations, so that it becomes an evaluable tool for AGSM instruction as an alternative to pilot exposure to G-loads in the human centrifuge.

Biofeedback provides real-time muscular activity to pilots and can be used as an AGSM instruction strategy. The AGSM is a complex motor task in which an isometric contraction of several muscles of the muscular components is associated with intense and cyclical respiratory maneuvers, it is important to ensure that the muscles are recruited appropriately so that the AGSM is efficiently carried out. Therefore, real-time biofeedback can be incredibly useful for AGSM pilots and instructors. Figure 1 contextualizes EMG biofeedback for AGSM from the perspective of the need to develop the human factor in line with technological development.

Figure 1. Diagram of the need for training in AGSM using sEMG as a biofeedback tool, in four stages. 1- Technological advances in fighter aircraft cause an imbalance between the pilot capacity and the aircraft, requiring an increase in the pilot's functional capacity; 2- The machine x human imbalance leads to accidents and an increase in human injuries, causing negative financial and social impacts; 3 – In the situational reality, the continuous training in AGSM to improve



pilots' physiological response capacity is necessary. Equipment such as sEMG and feedback systems are promising for training quality. 4 – sEMG is a system able to evaluate the two components of AGSM (respiratory and muscular) and allows feedback to pilots and instructors about the quality of AGSM. However, sEMG for AGSM training is an incomplete issue, exposing a gap in the literature.



3 Conclusion

The present study aimed to discuss the physiological consequences of acceleration forces, the efficiency of AGSM as a G-LOC prevention action, and the state of the art in the implementation of sEMG for AGSM training. In conclusion, we found that human resources can limit the operational performance of aircraft that apply G loads of +7Gz and that the literature is incipient on the use of sEMG to evaluate AGSM training, with diverse objectives, methodology, and sEMG analysis parameters.

However, AGSM is essential for the pilot to withstand G loads above 7G, indicating the need for continuous operational training of AGSM and sEMG biofeedback as a tool in AGSM training is an open gap in the literature to be explored, especially because it is a useful and economically accessible tool for AGSM training, especially in places that do not have a human centrifuge for AGSM training.

Overall, this study contributes significantly to the evolution of flight safety in air operations and the understanding of human physiology during high-G flights, as it discusses the advantages of AGSM to mitigate G-LOC cases and to perform AGSM training through the use of EMG, especially when there is no human centrifuge.



References

- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Acceleration in aviation: G-Force**. Oklahoma: FAA, 2022.
- BANKS, R. D. *et al.* The "push-pull effect". **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 65, n. 8, p. 699-704, 1994.
- BURNS, J. W. *et al.* Protection to +12 Gz. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 72, n. 5, p. 413-21, 2001. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11346005>.
- BURTON, R. R.; LEVERETT JR, S. D.; MICHAELSON, E. D. **Man at High Sustained +Gz Acceleration**. Paris: Advisory Group for Aerospace Research and Development, 1974.
- CHEANA, C. **Fuerzas Acelerativas – G-LOC**. Santiago: Fuerza Aerea de Chile, 2011..
- CHEN, H. H.; WU, Y. C.; KUO, M. D. An electromyographic assessment of the anti-G straining maneuver. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 75, n. 2, p. 162-7, 2004. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14960053>.
- CHOI, B. *et al.* Detection of G-Induced Loss of Consciousness (G-LOC) prognosis through EMG monitoring on gastrocnemius muscle in flight. **Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, p. 7007-7010, 2015.
- CORNWALL, M. W.; KROCK, L. P. Electromyographic activity while performing the anti-G straining maneuver during high sustained acceleration. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 63, n. 11, 1992.
- CRISMAN, R. P.; BURTON, R. R. Physical fitness program to enhance aircrew G tolerance. Dayton, Ohio: **Naval Aerospace Medical Research Laboratory**, 1988.
- DAVID, J. R.; DAVID, P. G. **Ernsting's aviation medicine**. London: Edward Arnold, 2006.
- DAVIS, J. R. *et al.* **Fundamentals of aerospace medicine**. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2012.
- DE LUCA, C. J. The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 13, 1997.
- EPPERSON, W. L.; BURTON, R. R.; BERNAUER, E. M. The effectiveness of specific weight training regimens on simulated aerial combat maneuvering G tolerance. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 56, n. 6, p. 534-9, 1985. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4015564>.
- FORSTER, E. M.; SHENDER, B. S.; FORSTER, E. C. **The effect of aircrew age on +Gz tolerance as measured in a human-use centrifuge**. In: **RTO HFM Symposium**, 1999, France.
- GARCIA, M. A. C.; VIEIRA, T. M. M. Surface electromyography: Why, when and how to use it. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 4, n. 1, p. 17-28, 2011.
- GILLINGHAM, K. K.; FOSDICK, J. P. High-g training for fighter aircrew. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 59, n. 1, p. 12-19, 1988.
- HABAZETTL, H. *et al.* Microvascular responses to (hyper-)gravitational stress by short-arm human centrifuge: arteriolar vasoconstriction and venous pooling. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 1, p. 57-65, 2016. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26280651>.
- KIM, S. *et al.* G-LOC Warning Algorithms Based on EMG Features of the Gastrocnemius Muscle. **Aerospace Medicine and Human Performance**, v. 88, n. 8, p. 737-742, 2017. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28720183>.



- MERLETTI, R.; FARINA, D. **Surface Electromyography: Physiology, Engineering, and Applications**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2016.
- OKSA, J.; LINJA, T.; RINTALA, H. The effect of lumbar support on the effectiveness of anti-G straining maneuvers. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 74, n. 8, p. 886-90, 2003. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12924767>.
- PARK, J.; YUN, C.; KANG, S. Physical Condition Does Not Affect Gravity Induced Loss of Consciousness during Human Centrifuge Training in Well-Experienced Young Aviators. **PLoS ONE**, v. 11, n. 1, e0147921, 2016.
- PARK, M. *et al.* Unpredictability of fighter pilots' g duration tolerance by anthropometric and physiological characteristics. **Aerospace Medicine and Human Performance**, v. 86, n. 4, p. 397-401, 2015. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25945558>.
- SAH, I.; NATARAJA, M. S.; RASTOGI, P. Quantified muscular contraction during agsm and its correlation with straining +Gz tolerance. **Indian Journal of Aerospace Medicine**, v. 62, n. 2, p. 11, 2018.
- SHAW, D. M.; HARRELL, J. W. Integrating physiological monitoring systems in military aviation: a brief narrative review of its importance, opportunities, and risks. **Ergonomics**, v. 66, n. 12, p. 2242-2254, 2023. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36946542>.
- TESCH, P. A.; HJORT, H.; BALLDIN, U. I. Effects of strength training on G tolerance. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 54, n. 8, p. 691-5, 1983. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6626076>.
- TU, M. Y. *et al.* Combined effect of heart rate responses and the anti-G straining manoeuvre effectiveness on G tolerance in a human centrifuge. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 21611, 2020. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33303828>.
- VAN LIESHOUT, E. J. *et al.* Assessment of cardiovascular reflexes is of limited value in predicting maximal +Gz-tolerance. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 63, n. 1, p. 21-26, 1992.
- WEBB, J. T.; OAKLEY, C. J.; MEEKER, L. J. Unpredictability of fighter pilot G tolerance using anthropometric and physiological variables. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 62, n. 2, p. 128-135, 1991.
- WHINNERY, J. E.; WHINNERY, A. M. Acceleration-induced loss of consciousness. A review of 500 episodes. **Archives of Neurology**, v. 47, n. 7, p. 764-76, 1990. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2357157>.
- WHINNERY, T.; FORSTER, E. M. The +Gz-induced loss of consciousness curve. **Extreme Physiology & Medicine**, v. 2, n. 1, p. 19, 2013. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23849181>.
- YUN, C.; OH, S.; SHIN, Y. H. AGSM Proficiency and Depression Are Associated With Success of High-G Training in Trainee Pilots. **Aerospace Medicine and Human Performance**, v. 90, n. 7, p. 613-617, 2019. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31227034>.

Temporomandibular Disorder and Psychological Distress Relationships in Air Traffic Controllers

Disfunção temporomandibular e relações de sofrimento psíquico em controladores de tráfego aéreo

ABSTRACT

Background: Air traffic controllers (ATC) are subject to high cognitive and operational demands, exposing them to stress, anxiety and depression. Temporomandibular disorder (TMD) is the main disorder of non-odontogenic etiology for chronic facial pain that affects muscles and joints, and has been related to psychological distress. Therefore, ATC could be susceptible to TMD. **Objective:** This study verified the prevalence of TMD and its relationship with psychological distress in ATC. **Methods:** Brazilian ATC of both sexes participated in this study (n: 121; 27.9 ± 4.2 years old). Participants were asked to complete questionnaires about signs and symptoms of temporomandibular disorders: FAI; and about psychological distress: PSS-10; GAD-7; and PHQ-9. Inferential statistical analyzes for comparison between factors and correlation between dependent variables were adopted with 5.0% significance. **Results:** TMD was highly prevalent among ATC. More than half of ATC have at least one psychological disturbing condition; they include anxiety (n:13; 13.7%), stress (n: 58; 47.9%), depression (n: 24; 19.8%), and comorbidities (n: 22; 18.2%) among these psychological distressing conditions. Psychological distress scores (anxiety, stress and depression) were higher in ATC with TMD ($p < .01$; all comparisons) or need-TMD treatment ($p < .01$; $p = .02$; $p < .01$, respectively) than in ATC without TMD, a some of them achieving clinically meaningful effects. **Conclusion:** TMD is quite prevalent among Brazilian military ATCs, and ATCs who exhibit TMD's signs and symptoms are more psychologically distressed. In order to improve ATC's health and, by extension, flight safety, it is critical that management and preventive measures be implemented in military medicine.

Keywords: Depression. Anxiety. Stress. Temporomandibular disorder. Military Personnel.

RESUMO:

Introdução: Os controladores de tráfego aéreo estão sujeitos a elevadas demandas cognitivas e operacionais, expondo-os ao estresse, à ansiedade e à depressão. A disfunção temporomandibular é a principal desordem de etiologia não odontogênica para dores faciais crônicas que acometem músculos e articulações, e tem sido relacionada ao sofrimento psicológico. Portanto, o ATC pode ser suscetível à DTM. **Objetivo:** Este estudo verificou a prevalência de disfunção temporomandibular (DTM) e sua relação com sofrimento psíquico em ATC. **Métodos:** Participaram deste estudo ATC brasileiros de ambos os sexos (n: 121; 27,9 ± 4,2 anos). Os participantes foram solicitados a preencher questionários sobre sinais e sintomas de DTM: FAI; e sobre sofrimento psíquico: PSS-10; GAD-7; e PHQ-9. Foram adotadas análises estatísticas inferenciais para comparação entre fatores e correlação entre variáveis dependentes com significância de 5,0%. **Resultados:** A DTM foi altamente prevalente entre os ATC. Mais de metade dos ATC têm pelo menos uma condição psicológica perturbadora; incluem ansiedade (n: 13; 13,7%), estresse (n: 58; 47,9%), depressão (n: 24; 19,8%) e comorbidades (n: 22; 18,2%) entre essas condições de sofrimento psicológico. Os escores de sofrimento psicológico (ansiedade, estresse e depressão) foram maiores em ATC com DTM ($p < 0,01$; todas as comparações) ou necessidade de tratamento para DTM ($p < 0,01$; $p = 0,02$; $p < 0,01$, respectivamente) do que em ATC sem DTM, alguns deles alcançando efeitos clinicamente significativos. **Conclusão:** A DTM é bastante prevalente entre os ATC militares brasileiros, e os ATC que apresentam sinais e sintomas de DTM apresentam maior sofrimento psicológico.

Palavras-chaves: Depressão. Ansiedade. Estresse. Disfunção temporomandibular. Militar.

Cristiano Leite David

Universidade da Força Aérea – UNIFA,
Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Email: drcrisleite@uol.com.br

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0003-0263-2768>

Gustavo Oliveira Zoletti

Brazilian Air Force, Rio de Janeiro, RJ,
Brazil

Email: drzoletti@gmail.com

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-4383-7762>

Adriano Percival Calderaro Calvo

Universidade da Força Aérea – UNIFA,
Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Email: percivalcalvo.fab@gmail.com

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0003-3307-4252>

Received:	02 Jul 2024
Reviewed:	Jul/Aug 2024
Received after revised:	06 Sep 2024
Accepted:	25 Sep 2024



RAN

Revista Agulhas Negras
eISSN (online) 2595-1084

<http://www.ebrevistas.eb.mil.br/aman>



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

1 Background

Air traffic controllers (ATC) are crucial for the safety and management of air traffic flow (INOUE e colab., 2012; JOU e colab., 2013), a specialized technical function that requires agility to deal with complex conditions. In Brazil, ATC are military personnel of the Brazilian Air Force (FAB). Aeronautical professions expose operators to stress, anxiety, depression, and high workload (RODRIGUES e colab., 2018; WU e colab., 2016), requiring high concentration and agility (RODRIGUES e colab., 2018). Airspace is constantly managed, and ATC perform duties on all work shifts, causing recurrent changes in the sleep-wake cycle, contributing to psychological distress (BOIVIN e BOUDREAU, 2014). In summary, the summation of the aforementioned occupational characteristics of ATC predisposes them to the development of psychological distress and, consequently, to its comorbidities.

Temporomandibular disorders (TMD) have been related to psychological distress, so, that might be a risk factor for ATC due to their occupational activities. TMD are musculoskeletal and neuromuscular conditions that affect the masticatory muscles, temporomandibular joint (TMJ), and associated structures (DE LEEUW e KLASSER, 2013), it is the preponderant non-odontogenic etiology disorder for chronic facial pain (FU, 2015) and the main signs and symptoms are muscle and TMJ pain, atypical mandibular kinematics and joint dynamics accompanied by unusual sound (FERENDIUK e colab., 2014; PEREIRA e colab., 2005). TMD has been linked to depression and anxiety (GAMEIRO e colab., 2006), and adults with TMD have higher frequencies of sleep disturbances compared to no-TMD (FU, 2015).

In this scenario, the predisposition of ATC to psychological distress may favor the development of TMD in this population; however, information about it is incipient. Therefore, the objective of this study is to verify the prevalence of TMD among ATC and its relationship to psychological distress. This information is useful to scientifically support actions applied in oral health areas, occupational health, and, especially, flight safety.

2 Method

2.1 Design, Ethical Procedures and Sample Size

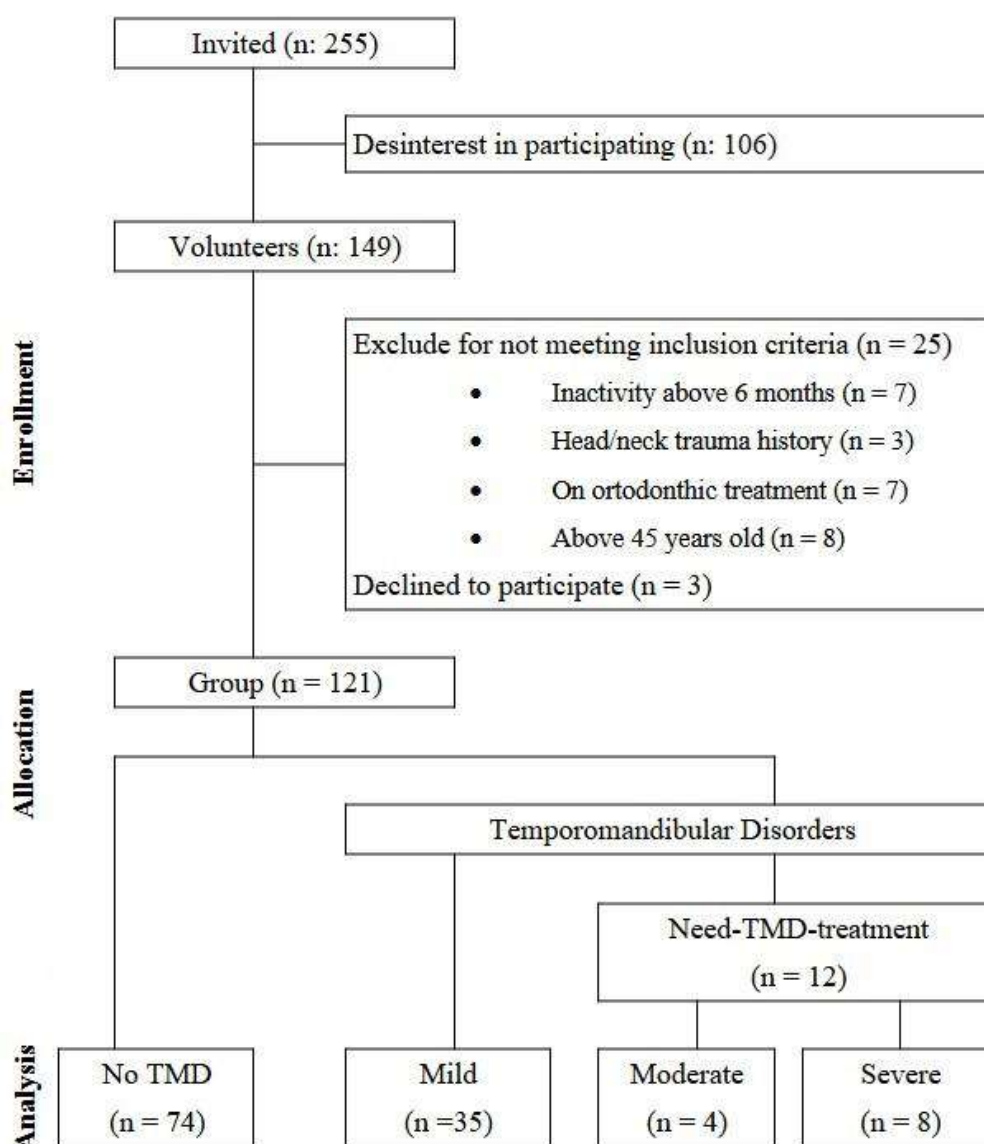
This cross-sectional study investigates the profile of TMD in FAB's military ATC, following the Declaration of Helsinki and approval from the scientific ethics committee of the Air Force Hospital (CAAE n° [36318620.0.0000.8928](https://doi.org/10.70545/ran.v8iEspecial.12811)), Approval Number: 4.690.140. The study was reported



using the Checklist for Analytical Cross-sectional Study – STROOBE. The ideal sample was estimated using a statistical test of proportional comparisons in G.Power software, with a sample size of 117 participants. The results showed sufficient sensitivity to identify significant effects of factors, including small effects, with a level of 0.05, power of 0.9, and effect size of 0.3 - small.

2.2 Participants

Figure 1: Observational study design - allocation into up to 4 groups.



TMD: Temporomandibular Disorders.

Source: authors

Brazilians are starting the FAB's Air Traffic Control technical course through an annual public contest, with military ATCs distributed throughout the country. This study aims to homogenize ATC

characteristics within a representative sample of the region managing air traffic control with Area Control Center (ACC) and Aircraft Approach Control (APP) specialties.

A total of 255 ATCs were invited to participate in the study, and 149 agreed to participate. To avoid bias in the results of the study analyses, the following inclusion criteria were adopted: i. inactive six months of the ATCs (n: 7); ii. ATCs with traumatic injury history at head-neck (n: 3); iii. ATCs with orthodontic treatment in course (n: 7); and iv. participants over 45 years of age (n: 8). In addition, we obeyed the solicitation of some participants to exclude their study data (n: 3). Finally, the data of 121 air traffic controllers was allocated into four groups (Figure 1). This participant sample reached a sufficient margin to ensure representative statistical analyses of this study data.

The average experience of participants is 8 years, with 99 being ACC and 22 being APP of III Integrated Defense Center Air and Air Traffic Control (CINDACTA III, Brazil; Table 1).

Table 1: Age, Anthropometric, TMD, and Psychological Distress by Sex and ATC Specialty

Air Traffic Controller	AAP		ACC		Total	
	Mean	± SD	Mean	± SD	Mean	± SD
Female	(n = 17)		(n = 39)		(n = 56)	
Age [y]	29.0	5.0	27.8	4.1	27.9	4.2
Height [cm]	165.8	5.5	162.7	5.1	163.6	5.4
Weight [kg]	64.4	11.4	65.6	11.5	65.3	11.4
BMI [kg/m ²]	23.3	2.7	24.9	4.7	24.4	4.3
FAI score	15.3	18.5	20.4	19.6	18.8	19.2
Anxiety score	2.3	2.7	3.7	3.8	3.3	3.5
Stress score	11.2	6.5	13.5	7.9	12.8	7.5
Depression score	2.8	2.5	3.9	3.9	3.4	3.6
Male	(n = 5)		(n = 60)		(n = 65)	
Age [y]	30.1	5.2	28.6	5.0	28.3	5.0
Height [cm]	177.4	1.9	175.7	5.1	175.8	5.0 *
Weight [kg]	88.8	5.1	81.2	12.4	81.7	12.2 *
BMI [kg/m ²]	28.2	1.7	26.2	3.3	26.4	3.3 *
FAI score	22.0	13.0	18.9	18.5	19.2	21.2
Anxiety score	2.6	3.6	2.7	3.1	2.7	3.1
Stress score	12.4	6.6	13.4	6.4	13.3	6.4
Depression score	1.2	1.9	2.8	3.6	2.6	3.5
General	(n = 22)		(n = 99)		(n = 121)	
Age [y]	29.2	5.0	28.3	4.7	28.5	4.7
Height [cm]	168.5	6.9	170.5	8.1	170.2	8.0
Weight [kg]	70.0	14.6	75.0	14.2	74.1	14.4
BMI [kg/m ²]	24.4	3.2	25.7	4.0	25.5	3.9
FAI score	16.8	17.4	19.5	20.9	19.0	20.2
Anxiety score	2.4	2.8	3.1	3.4	3.0	3.3
Stress score	11.5	6.4	13.4	7.0	13.1	6.9
Depression score	2.0	2.3	3.2	3.7	3.0	3.5

BMI: Body Mass Index; FAI: Fonseca Anamnestic Index; SD: standard deviation; APP: Aircraft Approach Control specialty; ACC: Area Control Center specialty; *: comparisons with statistical significance ($p < .05$) and power ($\beta - 1 \geq .79$) by sex factor: female vs. male.

Source: authors

2.3 Materials

2.3.1 Signs and Symptoms of Temporomandibular Disorder

The Fonseca Anamnestic Index (FAI) is a clinically useful tool for assessing the severity of TMD signs and symptoms (FONSECA e colab., 1994). It consists of 10 questions and has high accuracy, sensitivity, and specificity (YAP e colab., 2021, 2022). It has a high correlation ($r = 0.95$) with the modified Helkimo Clinical Index for TMD (FONSECA e colab., 1994). The severity of TMD is determined using a scale of no dysfunction, TMD (low, moderate, and severe), and need-TMD treatment (moderate dysfunction and severe).

2.3.2 State of Psychological Distress

Participants' anxiety was assessed using the Generalized Anxiety Disorder questionnaire (SPITZER e colab., 2006), which has high reproducibility and internal consistency, with a Cronbach's $\alpha = 0.88$. Anxiety classification was determined using its own scale (JOHNSON e colab., 2019; KROENKE e colab., 2007). Stress was assessed using the 10-question Perceived Stress Scale, validated version in Brazilian Portuguese with good reproducibility: Cronbach's $\alpha = 0.83$ (LIST e JENSEN, 2017). The perceived stress rating criteria was determined according to its own scale (MACHADO e colab., 2014). Depression was defined using the nine-item Patient Health Questionnaire, which has a satisfactory Portuguese version: Cronbach's $\alpha = 0.75$ (LAMELA e colab., 2020). Depression classification was defined according to its own scale (SEARLE e colab., 2019).

2.4 Statistical Analyses

JASP statistical software for Windows version 16.1 (JASP Team, Amsterdam, Netherlands) was used for statistical analyses, and G.Power software (Franz Faul, Dusseldorf, Germany) was used for statistical power tests. A significance level of 0.05 was used for all statistical tests, followed by a statistical power of 0.80.

The data was analyzed using mean, standard deviation, and distribution, and ATC was compared between independent groups using ATC specialization and gender as independent variables - t-Student/ Mann-Whitney/ Fisher's Exact test (Table 1). Comparison tests were conducted between groups to confirm relationships between TMD and need-TMD-treatment, and Spearman's Correlation Coefficient tests were conducted on FAI score. (Table 2). The study used Fischer's Exact tests to assess the impact of ATC's psychological distress on TMD prevalence and the need for TMD treatment, accompanied by the calculation of the prevalence ratio (PR) to confirm the magnitude of these effects on the respective classification variables (Table 3).

To broaden and enrich the discussion of this study, the proportion (in percentage) of ATC with TMD and need-TMD treatment in this study was compared to the proportions of the adult



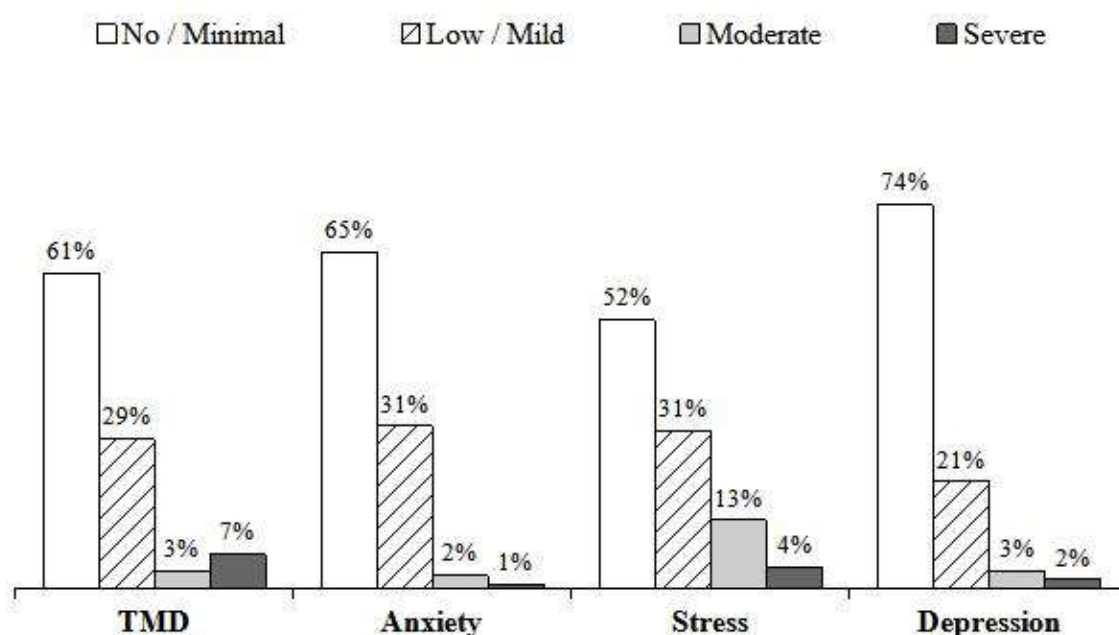
population in the studies by Valesan and co-authors (2021) and Okeson (2008), respectively, using the Goodness-of-fit Chi-squared test.

3 Results

The study found that air traffic control specialty and gender did not significantly influence psychological distress and TMD among volunteers ($p > .05$; Table 1). There was no difference ($p > .05$) in TMD prevalence in ATC based on sex, with 22 women having TMD (39.3%), 6 needing TMD treatment (10.7%), and 25 men having TMD (38.5%) and 6 had need-TMD-treatment (9.2%).

A study of 121 ATC found that 38.8% have TMD, with 12 (9.9%) need-TMD treatment, 47.9% did not show any distress, while 52.1% had at least one psychological distress. Of those, 22.2% had anxiety, 88.8% had stress, 32.1% had depression, and 34.9% had comorbidities. The results suggest that a significant portion of ATC have TMD (Figure 2).

Figure 2. Temporomandibular prevalence and state of psychological distress of air traffic controllers.



Source: authors

A significant percentage of ATCs exhibit high levels of stress. The TMD of ATCs showed a direct relationship with anxiety, stress, and depression profiles, with moderate levels of significant correlation. Anxiety scores were significantly higher in ATCs with TMD (mean difference [range]: 4.0 [2.0 to 5.0] points) and those need-TMD treatment (mean difference [range]: 3.0 [2.0 : 5.0] points) compared to those without disorder (Table 2). These differences are clinically relevant anxiety (TOUSSAINT e colab., 2020). The perceived stress of ATC with TMD or need-TMD



treatment was significantly higher than no-TMD, respectively (mean difference [range]: 4.0 [2.0 : 7.0]; and 4.5 [0.7 : 8.2] points). These results reveal a significant difference in perceived stress symptoms between ATC with TMD and no-TMD, exceeding the clinically important threshold for stress (DRACHEV e colab., 2020).

Table 2: Comparisons of TMD and age, anthropometric and state of psychological distress of ATC; and correlations between them

	no TMD [n: 74]		TMD ^a [n: 47]			need-TMD treatment ^a [n: 12]			FAI score [n: 121]	
	M	SD	M	SD	p	M	SD	p	Coef	p
Age [y]	28.0	5.0	29.0	4.6	.20	28.0	3.6	.89	0.15	.11
ATC time [years]	7.5	4.7	8.8	4.7	.09	7.5	3.3	.74	0.14	.11
Weight [kg]	73.1	13.8	75.8	15.3	.32	71.5	8.6	.85	0.05	.62
Height [cm]	170.4	7.3	169.8	9.1	.67	170.1	7.3	.88	-0.05	.60
BMI [kg/m ²]	25.0	3.4	26.2	4.6	.19	24.7	2.8	.97	0.08	.41
Anxiety score	1.6	2.2	5.1	3.6	<.01 *	6.2	4.1	<.01 *	0.61	<.01 *
Stress score	11.3	5.9	15.9	7.5	<.01 *	15.8	7.0	.02	0.36	<.01 *
Depression score	1.9	3.0	4.8	3.6	<.01 *	5.6	3.1	<.01 *	0.55	<.01 *

ATC: Air Traffic Controller. BMI: Body Mass Index; TMD: Temporomandibular Disorder. FAI: Fonseca Anamnestic Index; M: mean; SD: standard deviation; *Coef*: Spearman's correlation coefficient; a: Comparisons was performed with no-TMD group; *: statistical significance ($p < .05$) and power ($\beta -1 > .94$).

Source: authors

The study found that ATC with TMD or need-TMD treatment had significantly higher depression scores compared to no-TMD, respectively (mean difference [range]: 3.0 [2.0 to 4.0]; and 3.0 [2.0 to 5.0] points). ATC with psychological distress had a higher prevalence of TMD and need-TMD treatment, with increase nearly four times and 18 times respectively (Table 3). This indicates a correlation between ATC with TMD and anxiety, stress, and depression symptoms, highlighting the significant impact of ATC psychological distress profiles on TMD prevalence.

4 Discussion

This study aimed to investigate the prevalence of TMD in ATC and its relationship with psychological distress, focusing on the high stress level of the public (INOUE e colab., 2012; WU e colab., 2016). TMD mainly affecting adult women aged 20-40 (CASANOVA-ROSADO e colab., 2005; GONÇALVES e colab., 2010; LIST e JENSEN, 2017; MANFREDINI e colab., 2011),

however, gender was not a significant factor in TMD prevalence in this study. Adult TMD prevalence was approximately 31.0% (VALESAN e colab., 2021), with 5.0% need-TMD treatment (OKESON, 2008). Comparing the results of present study with those by VALESAN e colab. (2021) and OKESON (2008), the ATC population did not show a higher TMD prevalence than the adult population ($X^2_{(1)}$: 3.48; p : 0.62), but those with need-TMD treatment had a significantly higher prevalence ($X^2_{(1)}$: 6.16; p : 0.013).

Table.3. Prevalence ratio for Temporomandibular Disorder according to state of psychological distress

	TMD				need-TMD-treatment			
	n	f.(%)	p	PR	n	f.(%)	p	PR
No Psychological Distress	58	14 (24.1)	(ref)		46	2 (4.3)	(ref)	
Anxiety	1	1 (100.0)	.26	4.1	0		na.	
Stress	36	14 (38.9)	.17	1.6	23	1 (4.3)	1.0	1.0
Depression	4	3 (75.0)	.06	3.1	3	2 (66.7)	.02 *	15.3
Any Psychological Distress	63	33 (52.4)	< .01 *	2.2	40	10 (25.0)	.01 *	9.2
Anxiety + Stress	2	2 (100.0)	.07	4.1	0		na.	
Anxiety + Depression	0		na.		0		na.	
Stress + Depression	10	4 (40.0)	.44	1.6	9	3 (33.3)	.03 *	7.6
Anxiety + Stress + Depression	10	9 (90.0)	< .01 *	3.7	4	3 (75.0)	<.01 *	17.7

TMD: Temporomandibular Disorder. *f.* absolute frequency. %: relative frequency. *PR*: prevalence ratio; (ref): reference group to comparisons with; *: statistical significance ($p < .05$) and power ($\beta -1 > .90$) for Fisher's Exact test; na.: no analysis.

Source: authors

This study reveals that the ATC's TMD susceptibility profile is similar to previous studies on military personnel. In a study of 300 Malaysian Army male paratroopers (30.1 ± 5.9 years), 43.0% had positive TMD signs and symptoms (DOLLAH e colab., 2019). In another study with 2043 Singapore Armed Forces personnel, 36.0% reported at least one TMD sign or symptom (TAY e colab., 2019).

A study in Brazil found that 49.3% of military police officers (24.8 ± 3.4 years) had TMD, with 10.8% need-TMD treatment (CAVALCANTI e colab., 2011). This indicates that the military

profession is a significant factor in the involvement of TMD, including in the ATC profession. However, ATC are exempt from exposure to imminent risks to their physical integrity compared to police officers, infantry, and paratroopers. Therefore, there are another factors that influence TMD in ATC.

It is peculiar to ATC to make decisions about aircraft trajectories to ensure the safety of the flow of flights. This operational context configures a factor in which ATC are subjected to psychological distress such as stress (RODRIGUES e colab., 2018), depression (STEVELINK e colab., 2020) and anxiety (COLLINS e colab., 1991; POMYTKINA e colab., 2021), corroborating with our study. The expressive prevalence of psychological distress in the ATC, especially in terms of stress, indicates that the air traffic control environment is an influential factor in the psychological status of the ATC.

The prevalence of TMD symptoms in ATC was higher with presence of psychological distress, particularly with severe symptoms. Individuals with TMD have higher depression, anxiety, and stress scores compared to those without TMD (DOLLAH e colab., 2019; TAY e colab., 2019). A prospective cohort study found a higher incidence of TMD in individuals with altered psychological status. A relative risk for TMD with joint pain or TMD with muscle pain was greater than 1.7 for individuals with depression or anxiety (KINDLER e colab., 2012). A case-control experimental design study found that individuals with need-TMD-treatment showed higher psychological distress scores compared to other participants (YAP e colab., 2022). Patients with TMD also have comorbid anxiety (OKESON, 2008) and a high prevalence of depression (CANALES e colab., 2018; OKESON, 2008). The psychologically challenging environment of ATC can indirectly favor the development of TMD in ATC, considering the association between TMD and psychological status.

ATC job is performed by varying work periods, causing frequent alternations between day and night work. Changes in circadian and sleep-wake cycles are known to be harmful to the subject's psychophysiological profile (BOIVIN e BOUDREAU, 2014). Cross-sectional observational study carried out with 510 Chinese (31.06 ±14.40 years old) related TMD, psychological states and sleep disorders, and found an increase in the prevalence of TMD with myofascial pain due to the comorbidity between sleep disorders and psychological distress (FU, 2015). Therefore, the shift work performed by the ATC has the potential to influence the psychological distress and the TMD of the ATC.

The prevention and monitoring of TMD in ATC is crucial, as dentistry professionals recognize ATC as a susceptible group to mandibular joint disorders, and regular dental follow-ups and coordination among professionals are recommended.



5 Conclusion

Military air traffic controllers have a high prevalence of temporomandibular disorders and a relationship with psychological distress. The prevention actions and monitoring of TMD in ATC is relevant in military medicine.

Acknowledgments

The authors would like to thank the *Departamento de Controle do Espaço Aéreo* (DECEA) for supporting the research, the *Terceiro Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo* (CINDACTA III), the *Instituto de Medicina Aeroespacial Brigadeiro Médico Roberto Teixeira* (IMAE) and the *Universidade da Força Aérea* (UNIFA) for supporting the development of this study

This manuscript is a part of the Master's Dissertation entitled "*Manifestação da Disfunção Temporomandibular em Aviadores e Controladores de Tráfego Aéreo da Força Aérea Brasileira*" presented to the Postgraduate Program in *Desempenho Humano Operacional*.



References

- BOIVIN, D. B. e BOUDREAU, P. **Impacts of shift work on sleep and circadian rhythms.** *Pathologie Biologie*, v. 62, n. 5, p. 292–301, 1 Out 2014. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0369811414001230?via%3Dihub>.
- CANALES, Giancarlo De La Torre e colab. **Prevalence of psychosocial impairment in temporomandibular disorder patients: A systematic review.** *Journal of Oral Rehabilitation*, v. 45, n. 11, p. 881–889, 1 Nov 2018. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joor.12685>.
- CASANOVA-ROSADO, Juan Fernando e colab. **Prevalence and associated factors for temporomandibular disorders in a group of Mexican adolescents and youth adults.** *Clinical Oral Investigations* 2005 10:1, v. 10, n. 1, p. 42–49, 26 Nov 2005. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00784-005-0021-4>.
- CAVALCANTI, Maria de Oliveira Alves e colab. **Grau de severidade da disfunção temporomandibular e hábitos parafuncionais em policiais militares.** *Revista Gaúcha de Odontologia*, v. 59, n. 3, p. 351–356, Set 2011. Available: http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-86372011000400001#:~:text=Avaliando%2Dse%20a%20presen%C3%A7a%20de,severidade%20e%20sem%20necessidade%20de.
- COLLINS, W. E. e SCHROEDER, D. J. e NYE, L. G. **Relationships of anxiety scores to screening and training status of air traffic controllers.** *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, v. 62, n. 3, p. 236–240, Mar 1991. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2012570/>.
- DE LEEUW, R. e KLASSER, G. D. **Diagnosis and management of TMDs.** *Orofacial Pain: Guidelines for Assessment, Diagnosis, and Management*. Chicago: Quintessence, 2013. p. 127–85.
- DOLLAH, Siti Nordiana e colab. **Stress and Temporomandibular Disorders Among Malaysian Armed Forces Paratroopers.** *Malaysian Journal of Psychiatry*, v. 28, n. 1, p. 63–72, 11 Abr 2019. Available: https://journals.lww.com/mjp/Abstract/2019/28010/Stress_and_Temporomandibular_Disorders_Among.7.aspx.
- DRACHEV, Sergei N. e colab. **Perceived Stress and Associated Factors in Russian Medical and Dental Students: A Cross-Sectional Study in North-West Russia.** *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2020, Vol. 17, Page 5390, v. 17, n. 15, p. 5390, 27 Jul 2020. Available: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/15/5390>.
- FERENDIUK, E. e ZAJDEL, K. e PIHUT, M. **Incidence of otolaryngological symptoms in patients with temporomandibular joint dysfunctions.** *BioMed Research International*, v. 2014, 2014. Available: <http://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/824684/>.
- FONSECA, Dickson Martins Da e colab. **Diagnóstico pela anamnese da disfunção craniomandibular.** *RGO (Porto Alegre)*, p. 23–8, 1994. Available: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-854978>.
- FU, Kai-Yuan. **Sleep Disturbance and Psychologic Distress: Prevalence and Risk Indicators for Temporomandibular Disorders in a Chinese Population.** *Article in Journal of Oral & Facial Pain and Headache*, 2015. Available: <https://www.researchgate.net/publication/273954297>. Access: 25 ago 2022.
- GAMEIRO, Gustavo Hauber e colab. **How may stressful experiences contribute to the development of temporomandibular disorders?** v. 10, n. 4, p. 261–268, 2006. Available: <http://link.springer.com/10.1007/s00784-006-0064-1>.



GONÇALVES, Daniela Aparecida de Godoi e colab. **Symptoms of temporomandibular disorders in the population: an epidemiological study.** Journal of Orofacial Pain, v. 24, n. 3, p. 270–278, 2010. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20664828/>.

INOUE, Satoru e colab. **Cognitive process modelling of controllers in en route air traffic control.** Ergonomics, v. 55, n. 4, p. 450–464, Abr 2012. Available: <http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2011.647093>.

JOHNSON, Sverre Urnes e colab. **Psychometric Properties of the General Anxiety Disorder 7-Item (GAD-7) Scale in a Heterogeneous Psychiatric Sample.** Frontiers in Psychology, v. 10, p. 1713, 6 Ago 2019. Available: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2019.01713/full>.

JOU, Rong Chang e KUO, Chung Wei e TANG, Mei Ling. **A study of job stress and turnover tendency among air traffic controllers: The mediating effects of job satisfaction.** Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, v. 57, p. 95–104, 1 Out 2013. Available: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1366554513000197>.

KINDLER, Stefan e colab. **Depressive and Anxiety Symptoms as Risk Factors for Temporomandibular Joint Pain: A Prospective Cohort Study in the General Population.** The Journal of Pain, v. 13, n. 12, p. 1188–1197, 1 Dez 2012. Available: [https://www.jpain.org/article/S1526-5900\(12\)00806-1/fulltext](https://www.jpain.org/article/S1526-5900(12)00806-1/fulltext).

KROENKE, Kurt e colab. **Anxiety Disorders in Primary Care: Prevalence, Impairment, Comorbidity, and Detection.** Annals of Internal Medicine, v. 146, n. 5, p. 317, 6 Mar 2007. Available: <http://annals.org/article.aspx?doi=10.7326/0003-4819-146-5-200703060-00004>.

LAMELA, Diogo e colab. **Systematic review of the factor structure and measurement invariance of the patient health questionnaire-9 (PHQ-9) and validation of the Portuguese version in community settings.** Journal of Affective Disorders, v. 276, p. 220–233, 1 Nov 2020. Available: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165032720324630>.

LIST, Thomas e JENSEN, Rigmor Højland. **Temporomandibular disorders: Old ideas and new concepts.** Cephalalgia, v. 37, n. 7, p. 692–704, 1 Jun 2017. Available: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0333102416686302>.

MACHADO, Wagner De Lara e colab. **Dimensionalidade da escala de estresse percebido (Perceived Stress Scale, PSS-10) em uma amostra de professores.** Psicologia: Reflexão e Crítica, v. 27, n. 1, p. 38–43, 2014. Available: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-79722014000100005&lng=pt&nrm=iso&tlng=en.

MANFREDINI, Daniele e colab. **Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: a systematic review of axis I epidemiologic findings.** Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, v. 112, n. 4, p. 453–462, 1 Out 2011. Available: [https://www.oooojournal.net/article/S1079-2104\(11\)00273-3/abstract](https://www.oooojournal.net/article/S1079-2104(11)00273-3/abstract).

OKESON, Jeffrey P. **Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion, 6th edition.** [S.l: s.n.], 2008.

PEREIRA, Kelli Nogueira Ferraz e colab. **Sinais e sintomas de pacientes com disfunção temporomandibular.** RevCefac, p. 221–229, 2005. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/1693/169320502010.pdf>.

POMYTKINA, Liubov e colab. **Environmental and emotional predictors of cognitive styles of air traffic controllers.** E3S Web of Conferences, v. 258, p. 02013, 20 Maio 2021. Available: <https://www.e3s-conferences.org/10.1051/e3sconf/202125802013>.



RODRIGUES, Susana e colab. **Cognitive Impact and Psychophysiological Effects of Stress Using a Biomonitoring Platform.** International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 15, n. 6, p. 1080, 26 Maio 2018. Available: <https://openbioinformaticsjournal.com/VOLUME/11/PAGE/106/>.

SEARLE, Amelia K. e colab. **Screening for Depression and Psychological Distress in a Currently Serving Military Population: The Diagnostic Accuracy of the K10 and the PHQ9.** Assessment, v. 26, n. 8, p. 1411–1426, 1 Dez 2019. Available: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1073191117745124>.

SPITZER, Robert L. e colab. **A Brief Measure for Assessing Generalized Anxiety Disorder.** Archives of Internal Medicine, v. 166, n. 10, p. 1092, Maio 2006. Available: <http://archinte.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/archinte.166.10.1092>.

STEVELINK, Sharon A.M. e colab. **Probable PTSD, depression and anxiety in 40,299 UK police officers and staff: Prevalence, risk factors and associations with blood pressure.** PLOS ONE, v. 15, n. 11, p. e0240902, 1 Nov 2020. Available: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0240902>.

TAY, Koong Jiunn e colab. **Associations between symptoms of temporomandibular disorders, quality of life and psychological states in Asian Military Personnel.** Journal of Oral Rehabilitation, v. 46, n. 4, p. 330–339, 1 Abr 2019. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joor.12751>.

TOUSSAINT, Anne e colab. **Sensitivity to change and minimal clinically important difference of the 7-item Generalized Anxiety Disorder Questionnaire (GAD-7).** Journal of Affective Disorders, v. 265, p. 395–401, 15 Mar 2020. Available: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165032719313643>.

VALESAN, Lígia Figueiredo e colab. **Prevalence of temporomandibular joint disorders: a systematic review and meta-analysis.** Clinical Oral Investigations 2021 25:2, v. 25, n. 2, p. 441–453, 6 Jan 2021. Available: <http://link.springer.com/10.1007/s00784-020-03710-w>.

WU, Alexander C. e colab. **Airplane pilot mental health and suicidal thoughts: a cross-sectional descriptive study via anonymous web-based survey.** Environmental Health, v. 15, n. 1, p. 121, Dez 2016. Available: <https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-016-0200-6>.

YAP, Adrian Ujin e colab. **Accuracy of the Fonseca Anamnestic Index for identifying pain-related and/or intra-articular Temporomandibular Disorders.** 2021. Available: <https://doi.org/10.1080/08869634.2021.1954375>, <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08869634.2021.1954375>.

YAP, Adrian Ujin e colab. **Comparison of psychological states and oral health–related quality of life of patients with differing severity of temporomandibular disorders.** Journal of Oral Rehabilitation, v. 49, n. 2, p. 177–185, 1 Fev 2022. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joor.13216>.

Eating Disorders Risk and Intuitive Eating Behavior Among Brazilian Military College Students

Risco de Transtorno Alimentar e Comportamento Alimentar Intuitivo de Estudantes Militares Brasileiros

ABSTRACT

This study analyzed the attitudes related to eating and determine the prevalence of risk of developing eating disorders (ED) among military students. A secondary objective was to compare prevalence between demographic data and establish the effect of intuitive eating and exercise practice on ED risk. A sample of 256 male military undergraduate and graduate students at the School of Physical Education of the Army answered the Eating Attitudes Test (EAT-26) and Intuitive Eating Scale 2 (IES-2) questionnaires, as well questions regarding age, marital status, the military branch in the Brazilian Army, self-reported body mass and stature, and level of physical activity (Kasari Fit Index). A Kruskal-Wallis test was used to assess factor scores of EAT- 26 and IES-2 total scores among the intensity of self-reported physical activity. A multiple linear regression analysis (forward method) was performed to investigate the extent to which the intuitive eating factors impacted eating disorders risk. Results showed that 4.9% of military students were at risk of developing an ED. Significant difference was found for frequency of exercise practice for EAT total score ($U=4375.5$, $p=0.04$, $r=0.14$) and at UPE ($U=3988.5$, $p=0.005$, $r=0.19$). No significant differences were observed within EAT-26 scores among demographic data. Intuitive eating factors (UPE, BFCC and EPR) showed a significant influence on ED attitudes ($F(3, 228)=39.78$, $p< 0.001$; $R^2_{adjusted}=0.27$). In conclusion these findings pointed to a high prevalence of ED risk in military students, and that intuitive eating had a protective impact; however, the practice of exercise does not seem to influence it.

Keywords: Intuitive eating. Eating behavior. Physical activity practice. Exercise. Food.

RESUMO

Este estudo analisou as atitudes relacionadas à alimentação e a prevalência de risco de desenvolvimento de transtornos alimentares (TA) entre estudantes militares. Um objetivo secundário foi comparar a prevalência dos dados demográficos e estabelecer o efeito da alimentação intuitiva e da prática de exercícios no risco de TA. Uma amostra de 256 estudantes militares do sexo masculino da Escola de Educação Física do Exército respondeu aos questionários Eating Attitudes Test (EAT-26) e Intuitive Eating Scale 2 (IES-2), além de questões sobre idade, estado civil, arma militar no Exército Brasileiro, massa corporal e estatura autorreferidas e nível de atividade física (Índice Kasari Fit). Aplicou-se Kruskal-Wallis para avaliar os escores fatoriais totais do EAT-26 e IES-2 entre intensidades de atividade física autorreferidas. Uma análise de regressão linear múltipla (método forward) foi realizada para investigar o impacto dos fatores alimentares intuitivos nos transtornos alimentares. Os resultados mostraram que 4,9% dos estudantes militares corriam o risco de desenvolver TA. Foi encontrada diferença significativa na frequência de prática de exercício físico para o escore total do EAT ($U=4375,5$, $p=0,04$, $r=0,14$) e na UPE ($U=3988,5$, $p=0,005$, $r=0,19$). Não foram observadas diferenças significativas nas pontuações do EAT-26 de acordo com os dados demográficos. Fatores da alimentação intuitiva (UPE, BFCC e EPR) mostraram influência significativa nas atitudes de TA ($F(3, 228)=39,78$, $p< 0,001$; $R^2_{ajustado}=0,27$). Em conclusão, estes resultados apontaram para uma elevada prevalência de risco de TA em estudantes militares, e que a alimentação intuitiva teve um impacto protetor; contudo, a prática de exercício físico não parece influenciar.

Palavras-chave: Alimentação intuitiva. Comportamento alimentar. Prática de atividade física. Exercício. Comida

Claudia de Mello Meirelles

Escola de Educação Física do Exército - EsEFEx, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Email: claudiameirelles@yahoo.com.br

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0003-0673-370X>

Heitor Cordeiro Milagres

Academia Militar das Agulhas Negras – AMAN, Resende, RJ, Brazil

Email: heitorcmilagres@gmail.com

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-7021-0896>

Angela Nogueira Neves

Escola de Educação Física do Exército - EsEFEx, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Email: angelanneves@yahoo.com.br

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-8304-1040>

Received:	02 Jul 2024
Reviewed:	Jul/Aug 2024
Received after revised:	09 Sep 2024
Accepted:	24 Sep 2024



RAN

Revista Agulhas Negras

eISSN (online) 2595-1084

<http://www.ebrevistas.eb.mil.br/aman>



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



1 Introduction

Attitudes and behaviors related to food choices concern public health since maintaining a good dietary intake is a fundamental component of a healthy lifestyle (Pasold *et al.*, 2014). Equivocal eating attitudes can implicate eating disorders (ED), a set of mental disorders characterized by an eating behavior that negatively affects an individual's psychiatric and somatic health (American Psychiatric Association, 2013).

Typically, ED behaviors are more prevalent in certain groups of individuals, such as women, especially during adolescence and young adulthood (Schmidt *et al.*, 2016). Recent systematic literature reported a point prevalence of 4.6% in America, 3.5% in Asia, and 2.2% in Europe. Moreover, an increase in ED prevalence over the years was observed, from 3.5% in the early 2000s to 7.8% for the 2013-2018 period, with an augment in sex ratio (male: female) prevalence for anorexia nervosa and bulimia nervosa (Galmiche *et al.*, 2016). Among people with a higher risk for ED, there is concern about college athletes because they are frequently under high pressure to succeed, and the military personnel must follow rigorous physical readiness standards. Because of this requirement, the military is called a "tactical athlete" (Sefton *et al.*, 2016). In all these cases, these individuals have strict physical fitness requirements that generally involve a reduction in body mass and fat and may impact their awareness of eating.

Prevalence and associated variables to ED in military personnel remained less explored. (Beekley *et al.*, 2009) examined the incidence, prevalence, and risk of ED behaviors in US Military Academy cadets. Authors applied the EAT-26 questionnaire to 5,587 males over seven years and observed that 2% demonstrated significant symptoms or concerns of ED, being considered "at-risk." In a systematic literature review, Bartlett *et al.* (Bartlett & Mitchell, 2015) identified high rates of ED among military samples through an analysis of 33 articles, which pointed out that the development of risk factors for these disorders can occur in response to a strict fitness and weight standards by the military.

On the other hand, intuitive eating is positive adaptive eating behavior. It refers to unconditional permission to eat based on physiological hunger and satiety cues, not from external ones, neither emotional fluctuation nor distress. It reflects the value of the inner experiences and honors the body's needs, making social acceptance a core variable to establish the reliance on internal cues of hunger and satiety (Avalos & Tylka, 2006). Research on this construct was facilitated by creating the Intuitive Eating Scale (IES) and the last revision, which originated the intuitive eating scale 2 (IES-2).



Previous research showed that individuals who trusted their internal physiological hunger and satiety signals to determine eating behavior had lower body mass and probability of chronic and binge eating than those who did not (van Dyke & Drinkwater, 2014). In a recent meta-analysis, Linardon *et al.* (2021) have also shown that intuitive eating was inversely associated with indices of eating pathology and body image disturbances and directly associated with positive psychological constructs, such as positive body image, self-esteem, and wellbeing.

Regarding the Army, Cole *et al.* (2016) found that militaries with adequate weight scored higher on the reliance on internal cues of hunger and satiety, and normal-weight men, specifically, scored higher on eating for physical need (not emotional). In continuity, Cole *et al.* (2019) tested the effectiveness of an eating program based on intuitive eating within a sample of the military, observing a decrease in body mass index (BMI) and higher levels of intuitive eating. To the best of our knowledge, no nutritional or health education program incorporates the concepts of intuitive eating within the Brazilian Army, and neither eating disorders attitudes were evaluated.

In Brazil, the School of Physical Education of the Army (EsEFEx) annually offers an academic program to commissioned and non-commissioned officers to graduate physical education professionals who will work within the Army. It is a sports and health-oriented course that requires students' full-time physical and mental dedication. Thus, these students are considered both athletes and in the military.

Given the arguments previously mentioned, it is pertinent to explore whether military student-athletes in academic programs are more prone to developing unfavorable eating behaviors. The primary aim of this study was to investigate attitudes toward eating and ascertain the prevalence of eating disorders among military students at the School of Physical Education of the Army. A secondary objective was to compare prevalence based on weight status, education level, and marital status and to understand the influence of intuitive eating and exercise on the risk of developing eating disorders.

2 Materials and methods

Participants

Participants were 256 healthy military male undergraduate and graduate students at EsEFEx physical education programs from 2018 to 2021. All of them were active duty service members, experienced with, and engaged in exercise training. All volunteers received a detailed verbal explanation of the study procedures and signed informed consent. The study was approved by the São Judas Tadeu University Ethical Review Board and registered under #2.737.6740.



Individual characteristics

The volunteers filled in questions regarding age, marital status, the military branch in the Brazilian Army, self-reported body mass and stature, and level of physical activity. The latter was obtained using the Kasari Fit Index questionnaire (Kasari, 1976).

Eating behavior questionnaires

The Eating Attitudes Test (EAT-26) and Intuitive Eating Scale 2 (IES-2) tests were distributed in the classroom at the beginning of each academic year for the four years examined. Students were asked to identify the answered questionnaires using numbers previously designated to ensure anonymity.

The EAT-26 was developed to evaluate symptoms and concerns related to eating disorders. It consists of 26 items and a three-factorial structure: dieting (items 1, 6, 7, 10-12, 14, 16, 17, 22-24, and 26), bulimia and food preoccupation (items 3, 4, 9, 18, 21, and 25) and oral control (2, 5, 8, 13, 15, 19, and 20). The score can also be interpreted for all items as a unit, being a measure of ED risk. Individuals who score ≥ 20 are considered to manifest risk for ED. The answers are arranged on a Likert scale (always = 3; usually = 2; often = 1; sometimes, rarely, never = 0). Item 26 has a reversed score (Garner & Garfinkel, 1979). In this study, only the score from the sum of all items was considered. The Brazilian version of EAT-26 retained all items and the same cut-off points for the male reference sample (Fortes *et al.*, 2016). For the present sample, $\omega = 0,70$.

The IES-2 is a measure designed to evaluate the personal tendency to follow the physiological signs of hunger and satiety to choose what, when and how much to eat. It is composed of 23 items with five possible answers, each on a Likert-type scale and with scores ranging from 1 to 5, where one means “I totally disagree” and five means “I totally agree”. Items 1, 2, 4, 5, 9, 10, and 11 are reversed (Tylka & van Diest, 2013). The Brazilian version of IES-2 (Da Silva *et al.*, 2020) kept the original structural version of IES-2, excluding items 1, 13, and 15. Hence, the items are subdivided into four subscales: Unconditional Permission to Eat (UPE) composed of items 3, 4, 9, 16, and 17; Eating for Physical Rather than Emotional Reasons (EPR) comprising items 2, 5, 10 to 12 and 14; Reliance on Hunger and Satiety Cues (RHSC) composed of items 6 to 8 and 21 to 23 and Body-Food Choice Congruence (B-FCC) composed of items 18 to 20. If the final score in which higher it is, the greater the degree of intuitive eating of an individual (Tylka & van Diest, 2013). For the present sample, McDonald’s Omega was calculated as internal consistency evidence, being $\omega = 0,71$ for UPE; $\omega = 0,85$ for EPRER; $\omega = 0,84$ for RHSC and $\omega = 0,75$ for B-FCC.



Hypotheses

A total of five hypotheses were tested in this study:

H1: the total score of EAT-26 (the level of ED risk) and each factor score of EIS-26 will vary according to physical exercise characteristics (intensity, weekly frequency, and length). For a person with ED, physical exercise can be used to control body shape and weight; hence, being ritualistic practiced: most of the day, far from the low intensity and with considerable duration (Zeulner *et al.*, 2016). On the other hand, intuitive eating seems not to have a strong relationship with a higher level of physical exercise and could be practiced in a more balanced way (van Dyke & Drinkwater, 2014; Calogero *et al.*, 2019).

H2: There will be a difference in the total EAT-26 (the level of ED risk) and each factor score of IES-2 between single and married persons. For women, the romantic partner tends to diminish the autonomous eating behavior [20], but for men, it is unclear.

H3: There will be a difference between eutrophic ($18,5 > \text{BMI} < 25 \text{ kg/m}^2$) and overweight persons ($25 \geq \text{BMI} < 30 \text{ kg/m}^2$) for EAT-26 total score and each factor score of IES-26 since restrictive eating practices have been associated with a higher body mass index (Calogero *et al.*, 2019).

H4: among women, non-commissioned officers' ED tend to be more prevalent than among commissioned officers (McNulty, 2001; Antczak & Brininger (2008), but for men, as far as our knowledge goes, no evidence was generated, as well for intuitive eating.

H5: Intuitive eating will be a protective factor against eating disorders, decreasing its score since it promotes a kind of embodiment, leading to a connection to the body's feeling and functioning, favoring its acceptance and self-care (Calogero *et al.*, 2019). Because of its weight-control use, physical exercise may also impact it, increasing ED manifestation (Zeulner *et al.*, 2016).

Statistical analysis

After being collected, data were stored in a spreadsheet (Excel 16.0 for Mac, Microsoft, WA, USA) and exported to a commercially available statistical software package (IBM SPSS Statistics for Mac, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.). For all analyses, an alpha level at $p < 0.05$ was set.

The Kolmogorov-Smirnov test was applied to verify the normality of the data, which did not adhere to the normal distribution. A Mann-Whitney test was used to compare the total scores between the IES-2 factor scores and EAT-26 total score among career (commissionaire officers; non-commissionaire officers), duration of exercise (>30 minutes; 20-30 minutes), weekly frequency of exercise (≥ 6 times a week; 3 -5 times a week), marital status (single; married); BMI (normal;



overweight). R effect size was calculated and interpreted as 0,10 – 0,23 small; 0,24 – 0,36 medium; >0,37 large.

A Kruskal-Wallis test was used to assess factor scores of IES-2 and EAT- 26 total score among the intensity of self-reported physical activity. For the Kruskal-Wallis test was applied for the same purpose. For significant differences, the Conover post hoc was used. The η^2 effect size was calculated and interpreted as 0,01 - 0,06 small; 0,06 - 0,14 medium; > 0,14 large.

A multiple linear regression analysis (forward method) was performed to investigate the extent to which the intuitive eating factors (UPE, EPR, RHSC, and B-FCC) impacted eating disorders risk. The Durbin-Watson ($1,5 < DW < 2,5$) test and variance inflation factor ($VIF < 3.3$) were used to investigate multicollinearity, the Q-Q plot to investigate adherence to normal distribution, and the predicted vs. observed plot to investigate homoscedasticity among the residuals.

3 Results

Two hundred fifty-six military students from the EsEFEx participated in the research from 2018 to 2021. Demographic data are shown in Table 1. Of the two applied questionnaires, ten students did not correctly answer IES-2, and eight did not fill in the EAT-26. Thus, a final sample was 246 respondents for the IES-2 questionnaire and 248 for the EAT-26.

Table 1: Demographic data of military students

Variable	Mean and standard deviation or proportion
Age (years)	27.1 (2.8)
Body mass (kg)	78.6 (9.4)
Stature (m)	1.72 (0.05)
Body mass index – BMI (kg/m ²)	24.1 (9.4)
Army branch (%)	
Field infantry and Armor	48.1%
Artillery, Engineers, and Signal	24.3%
Others	27.6%

Source: the authors

Analyzing EAT-26 results overall, 4.9 % of military students were classified at risk for developing an eating disorder (EAT-26 score > 20).

The most frequent eating disturbed behaviors are usually being on a diet (37,6% frequently always do it), avoiding sugared food (38,6% frequently always do it), and thinking about burning calories while doing exercise (39,6% frequently always do it).



Table 2 presents the descriptive statistics for the variables related to the investigated hypotheses.

Table 2: Scores for Intuitive Eating Scale (IES-2) and Eating Attitudes test-26 (EAT-26) of military students (median, minimum, and maximum values)

Variable	%	IES-2				EAT26
		UPE	EPR	RHSC	B-FCC	
Total sample	100%	3.6 (1.2-5.0)	4 (1.0-5.0)	3.2 (1.0-5.0)	4 (1.7 – 5)	6 (0-30)
Education level (%)						
Undergraduate	48%	3.6 (1.2-5.0)	4.2 (1.7-5.0)*	3.3 (1.0-5.0)	4 (2.7-5.0)	6 (0-28)*
Graduate	52%	3.6 (1.2-5)	4 (1.5-5.0) *	3.2 (1.3-5.0)	4 (1.7-5.0)	7 (0-30)*
BMI categories (%)						
Normal	54.7%	3.8 (1.6-5.0)	4 (1.7-5.0)	3.3 (1.7-5.0)	4 (2.7-5.0)	6 (2-.025)
Overweight	45.2%	3.6 (1.2-4.8)	4 (2.0-5.0)	3.2 (1.0-4.7.0)	4 (3.0-5.0)	7 (0-30)
Marital status (%)^z						
Single	44.9%	3.6 (1.2-5.0)	4 (2.0-5.0)	3.2 (1.0- 5.0)	4 (1.7-5.0)	7 (0-28)
Married	54.2%	3.6 (1.2-5.0)	4 (1.5-5.0)	3.2 (1.3-5.0)	4 (2.7-5.0)	6 (0-30)
Divorced	0.8%	3.4 (3.4-3.4)	2.9 (2.0 -3.8)	2.8 (3.7-3.0)	4 (4.0-4.0)	5.5 (4.0-7.0)
PA Intensity^f						
High	24.7%	3.6 (1.6-5.0)	4 (2.3-5.0)	3.3 (1.7-5.0)	4 (3.0-5.0)	7 (0-21)
Moderately high	35%	3.4 (1.2-5.0)	4 (1.5-5.0)	3.2 (1.0-5.0)	4 (1.7-5.0)	7 (0-30)
Moderate	32.5%	3.6 (1.2-5.0)	4 (1.7-5.0)	3.2 (1.8-4.3)	4 (3.0-5.0)	5 (0-23)
Moderate to light	7.4%	3.8 (1.8-4.8)	4.2 (2.-5.0)	3.3 (1.3-4.3)	4 (3.05.0)	8 (1-22)
Light	0,4	4.6 (4.6-4.6)	4.3(4.3-4.3)	3.8 (3.8-3.8)	3.3 (3.3-3.3)	15 (15-15)
PA Duration^x						
>30 minutes	78.2%	3.6 (1.2-5.0)	4 (1.5-5.0)	3.2 (1.0-5.0)	4 (1.7-5.0)	6 (0-30)
20 – 30 minutes	19.7%	3.7 (1.6-4.8)	4 (1.7-5.0)	3.2 (1.7-4.7)	4 (2.7-5.0)	6 (0-20)
<20 minutes	2.0%	4 (3.8-4.8)	4.5 (2.3-4.8)	3.2 (2.2-5.0)	4.7 (3.3-4.7)	6 (1-16)
PA Frequency^x						
6-7 times/week	27.4%	3.4 (1.2-5.0)	4 (1.5-5.0)*	3.2 (1 .0-5.0)	4 (1.7-5.0)	8 (0-28)*
3-5 times/week	69.3%	3.8 (1.2-5.0)	4 (1.7-5.0)*	3.2 (1.7-5.0)	4 (2.7-5.0)	6 (0-30)*
< 2 times/week	2.4%	3.9 (3.2-4.8)	3.9 (2.04.8)	3 (2.5-5.0)	3.8 (3.0-4.0)	7 (1-11)

IES-2: Intuitive Eating Scale-2; UPE: Unconditional Permission to Eat; EPR: Eating for Physical Rather than Emotional Reasons; RHSC: Reliance on Hunger and Satiety Cues (RHSC); B-FCC: Body-Food Choice Congruence; EAT-26: Eating Attitudes teste-26; ED: eating disorder; PA: physical activity; Normal BMI: (≤ 24.9 kg/m²); Overweight BMI: (> 24.9 kg/m²); * $P < 0.01$ for the Mann-Whitney test. ^z Due to the tiny number of participants included in the last group, only the two first variable groups were used in the Mann-Whitney test. ^f Due to the tiny number of participants included in the last group, only the four first groups of the variable were used at Kruskal-Walis test.

Source: the authors

For hypothesis H₁, significant difference was found only for weekly frequency of exercise practice, for EAT total score at EAT-26 total score, $U = 4375.5$, $p = 0.04$, $r = 0.14$ (small) and at UPE, $U = 3988.5$, $p = 0.005$, $r = 0.19$ (small). In both cases, those who exercise 7 to 6 time a week had higher scores than those who exercise 3 to 5 times a week.

For hypotheses H₂ and H₃, no significant differences emerged according to body mass index (BMI) and marital status (all $p > 0.05$). About H₄, a significant difference emerged at EAT-26 score, $U = 6336$, $p = 0.04$, $r = 0.13$ (small) and at EPPER, $U = 6436$, $p = 0.03$, $r = 0.14$ (small). The



undergraduate group had a higher score on EAT-26 and a low score on EPRER compared to the graduate group (Table 2).

Finally, H_5 was tested. A multiple linear regression analysis (forward method) was performed to investigate the extent to which intuitive eating (UPE, ERPER, RHSC, and B-FCC) and exercise practice (intensity, duration, and frequency) impacted levels of disordered eating attitudes. The results showed a significant influence of intuitive eating factors (UPE, BFCC and ERPER) on disordered eating attitudes, $F(3, 228) = 39.78$, $p < 0.001$; $R^2_{adjusted} = 0.27$. Table 3 presents the coefficients for all significant predictors.

Table 3. Predictors of disordered eating attitudes

Predictor	Standardized Coefficients <i>Beta</i>	<i>t</i>	Sig.	R^2_{adj}	ΔR^2_{adj}
(Constant)	-	5.49	<0.001	-	-
UPE	-0.45	- 7.77	<0.001	0,25	-
B-FCC	0.14	2.44	0.02	0,26	0.01
EPR	-0.12	- 2.06	0.04	0,27	0.01

Source: the authors

As can be seen, the variable that most strongly impacted levels of disordered eating attitudes were UPE, explaining 25% of the outcome, with a negative impact on it ($\beta = -0.45$, $t = -7.77$, $P < 0.001$). The other variables, in turn, were related to only 0.2% of the disordered eating attitudes variance, with B-FCC increasing levels of disordered eating attitudes ($\beta = 0.14$, $t = 2.44$, $P = 0.02$) and EPR with a negative impact ($\beta = -0.12$, $t = -2.06$, $P = 0.04$). RHSC had no significant impact ($\beta = -0.09$, $t = -1.46$, $P = 0.15$), as well intensity ($\beta = -0.09$, $t = -1,46$, $P = 0.15$), duration ($\beta = -0.01$, $t = -0.11$, $P = 0.91$), and weekly frequency of physical exercise ($\beta = -0.01$, $t = -0.11$, $P = 0.91$).

4 Discussion

This study aimed to analyze the attitudes related to eating behavior and determine the prevalence of risk of developing eating disorders among military students at the School of Physical Education of the Army. We tested five hypotheses based on previous evidence from the literature. As far as we know, this is the first study about eating disorder and intuitive eating in the Brazilian Army in a sample of well physically conditioned individuals.

Regarding the risk of eating disorder prevalence in this sample, considering that only males were analyzed, the results inspire care and attention. No final ED diagnosis was given to this sample. However, the risk points to a higher prevalence compared with what MacNulty (2001) and Beekley *et al.* (2009) found in the US military for a sample of males and females, and is similar to what Bodell



et al. (2014) observed regarding ED risk in male US military. The militaries in our sample carry a twofold pressure regarding their bodies and physical performance: on one side, they are submitted to sports performance evaluation as a grade to their physical education course, and on the other side, they start to receive the expectancy regarding their physical appearance and their quarterly military physical evaluation results since they will be a model to the troops as a physical education military officer. In the Army, body fat is seen as a lack of personal discipline, and is already showed that the expectancy for fitness test performance increases eating disorders symptoms (Bodell *et al.*, 2014). The need for control under some of the variables that interfere may arise; hence, what they eat and the exercise they practice are under their scrutiny and control. In some cases (i.e., the 4,9% at risk of ED), the control over eating and feeding is moving towards an unhealthy pattern.

On the other hand, the unconditional permission to eat (UPE) factor score was also higher among those who exercise daily to 6 days a week, with a small effect size. This UPE may be a protective factor against ED but also a reflection of thinking that eating is not a problem if exercise is done since calories were already burned that day. Future studies should investigate this cognitive association to find if the eating behavior is healthy or merely a permission to eat since they already spent energy.

No difference was observed among single and married military men for ED risk and intuitive eating behavior, adding evidence in this regard to military men to the literature. We also found no difference in intuitive eating behaviors among military normal and overweight, as shown previously (Cole *et al.*, 2016).

A piece of new evidence was found regarding enlisted and military officers for EAT-26 score (with officers scoring higher) and EPR factor score (with officers scoring lower). In this sample, officers tend to eat for more emotional reasons and have more disturbed eating behaviors than enlisted military. No difference was found in emotional eating among male enlisted and officers in the US (Cole *et al.*, 2016), but among female non-commissioned officers, ED is more prevalent (McNulty, 2001; Antczak & Brininger, 2008). Future research should investigate if this difference observed in our sample replicates on other samples since the effect size was small.

Regarding the effect of physical exercise practice and intuitive eating on ED, our results showed that exercise did not influence ED. Intuitive eating, more specifically UPE and EPR, had a protective impact on it, potentially decreasing ED risk levels. Babbot *et al.* (2002) showed a large effect size for intuitive eating on outcomes such as quality of life, positive body image, and body image dissatisfaction. As for ED, the latter is part of the illness psychopathology, and intuitive eating could have, in fact, a positive impact on ED risk in longitudinal interventions. This evidence showed the potential use of an intuitive eating program to prevent ED in the military.



The unexpected results were B-FCC with a slight but positive impact on ED. This factor has items regarding eating appropriate food, which is needed to reach physiological requirements and helps the body function properly. The first two items resemble the logic and arguments that persons with ED give to choose what they eat (Lindeman & Stark, 2000), which may explain our findings. It is a warning to IES-2 as a measure of intuitive eating since some eating behavior may not be “good” or “bad” *per se* but should be seen in a context. A future revision of this measure might take this evidence into consideration.

This study dealt with a representative and homogeneous sample of military students. All volunteers were of the same age group and followed the same rigorous physical readiness standards. Despite this, some limitations should be considered. Firstly, our sample was selected in a non-probabilistic approach, limiting how our results can be generalized to the more comprehensive Brazilian Army. Secondly, it concerned participants' self-reported weight and height, which were used to calculate BMI. Using objectively measured indices of height and weight may help advance the present research. Even better would be using the percentage of body fat and muscle mass since the military tends to be physically well conditioned, and BMI does not identify body composition. A future study should improve this point.

5 Conclusions

In conclusion, our findings showed a moderately high prevalence of military students at risk for eating disorders, especially officers, who scored higher than enlisted military. Furthermore, intuitive eating, more specifically both factors Unconditional Permission to Eat and Eating for Physical Rather than Emotional Reasons, had a protective impact on ED risk. The evidence from this study is intended to provide a better understanding of eating attitudes. It may help provide knowledge about modifiable risk factors for nutritional health to base future interventions regarding operational readiness and the physical health of the Brazilian military personnel.



References

- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. DSM- 5^o edition. Washington, DC: American Psychiatric Publishing
- ANTCZAK, A.; BRININGER, T. Diagnosed eating disorders in the US Military: a nine-year review. *Eating Disorders*, v. 16, p. 363–377, 2008. <https://doi.org/doi:10.1080/10640260802370523> .
- AVALOS, L.; TYLKA, L. Exploring a model of intuitive eating with college women. *Journal of Counseling Psychology*, v. 53, n. 4, p. 486-497, 2006. <https://doi.org/10.1037/0022-0167.53.4.486>.
- BABBOTT, K.; CAVADINO, A.; BRENTON-PETERS, J.; CONSEDINE, N.; ROBERTS, M. Outcomes of intuitive eating interventions: a systematic review and meta-analysis. *Eating Disorders*, p. 1-31, 2022. <https://doi.org/10.1080/10640266.2022.2030124>.
- BARTLETT, B.; MITCHELL, K. Eating disorders in military and veteran men and women: a systematic review. *International Journal of Eating Disorders*, v. 48, p. 1057-1069, 2015. <https://doi.org/10.1002/eat.22454>.
- BEEKLEY, M.; BYRNE, R.; YAVOREK, T.; KIDD, K.; WOLFF, J.; JOHNSON, M. Incidence, prevalence, and risk of eating disorder behaviors in military academy cadets. *Military Medicine*, v. 174, n. 6, p. 637-641, 2009. <https://doi.org/10.7205/milmed-d-02-1008>.
- BODELL, L.; FORNEY, K.; KEEL, P.; GUTIERREZ, P.; JOINER, T. Consequences of making weight: A review of eating disorder symptoms and diagnoses in the United States military. *Clinical Psychology*, v. 21, p. 398-409, 2014. <https://doi.org/10.1111/cpsp.12082>.
- CALOGERO, R.; TYLKA, T.; BETHHARTM, B.; PEDROTTY-STUMP, K. Attunement with exercise (AWE). In: TYLKA, T.; PIRAN, N. (Eds) **Handbook of positive body image and embodiment**. Oxford: Oxford University Press, 2019, 80-90.
- CARBONNEAU, N.; CARBONNEAU, E.; CANTIN, M.; GAGNON-GIROUARD, M. Examining women's perceptions of their mother's and romantic partner's interpersonal styles for a better understanding of their eating regulation and intuitive eating. *Appetite*, v. 92, p. 156-166, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.05.020>.
- COLE, R.; CLARK, H.; HEILESON, J.; DeMAY, J.; SMITH, M. Normal weight status in military service members was associated with intuitive eating characteristic. *Military Medicine*, v. 181, p. 589-595, 2016. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-15-00250>.
- COLE, R. *et al.* The My Body Knows When program increased intuitive eating characteristics in a military population. *Military Medicine*, v. 184, e200-e206, 2019. <https://doi.org/10.1093/milmed/usy403>.
- da SILVA, W.; NEVES, A.; FERREIRA, L.; CAMPOS, J.; SWAMI, V. A psychometric investigation of Brazilian Portuguese versions of the caregiver eating messages scale and intuitive eating scale-2. *Eating and Weight Disorders*, v. 25, n. 1, p. 221-230. <http://doi.org/10.1007/s40519-018-0557-3>.
- FORTES, L.; AMARAL, A.; ALMEIDA, S.; CONTI, M.; FERREIRA, M. Qualidades psicométricas do eating attitudes test (eat-26) para adolescentes brasileiros do sexo masculino. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 32, p. 1-7, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-3772e323220>.
- GALMICHE, M.; DÉCHELOTTE, P.; LAMBERT, G.; TAVOLACC, M. Prevalence of eating disorders over the 2000–2018 period: a systematic literature review. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 109, n. 5, 1402-1413, 2019. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy342>.
- GARNER, D.; GARFINKEL, P. The Eating Attitudes Test: an index of the symptoms of anorexia nervosa. *Psychology Medicine*, v. 9, p. 273-279, 1979. <https://doi.org/10.1017/s0033291700030762>.



- KASARI, D. **Effects of exercise and fitness on serum lipids in college women**. 1976, 124 p. Unpublished Master's Dissertation, University of Montana, USA, 1976
- LINARDON, J.; TYLKA, T.; FULLER-TYSZKIEWICZ, M. (2021). Intuitive eating and its psychological correlates: A meta-analysis. **International Journal of Eating Disorders**, v. 54, n. 7, p. 1073-1098. <https://doi.org/10.1002/eat.23509>.
- LINDEMAN, M.; STARK, K. Loss of pleasure, ideological food choice reasons and eating pathology. **Appetite**, v. 35, p. 263-268, 2000. <https://doi.org/10.1006/appe.2000.0357>.
- McNULTY, A. Prevalence and contributing factors of eating disorder behaviors in active duty service women in the Army, Navy, Air Force, and Marines. **Military Medicine**, v. 166, p. 53-58, 2001.
- PASOLD, T.; McCracken, A.; WARD-BEGNOCHE, W. (2014). Binge eating in obese adolescents: emotional and behavioral characteristics and impact on health-related quality of life. **Clinical Child Psychology and Psychiatry**, v. 19, p. 299-312, 2014. <https://doi.org/10.1177/1359104513488605>.
- SCHMIDT, U. *et al.* (2016). Eating disorders: the big issue. **Lancet Psychiatry**, v. 3, 313-315, 2016. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(16\)00081-X](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(16)00081-X).
- SEFTON, J.; BURKHARDT, T. Introduction to the tactical athlete special issue. **Journal of Athletic Training**, 51(11), 845, 2016. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.12.16>.
- TYLKA, T.; van DIEST, A. The Intuitive Eating Scale-2: item refinement and psychometric evaluation with college women and men. **Journal of Counseling Psychology**, v. 60, p. 137-153, 2013. <https://doi.org/10.1037/a0030893>.
- van DYKE, N.; DRINKWATER, E. Review article relationships between intuitive eating and health indicators: literature review. **Public Health Nutrition**, v. 17, n. 8, p. 1757-1766, 2014. <https://doi.org/10.1017/S1368980013002139>.
- van STRIEN, T.; HERMAN, C.; VERHEIJDEN, M. Dietary restraint and body mass change. A 3-year follow up study in a representative Dutch sample. **Appetite**, v. 76, v. 44:49, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.01.015>.
- ZEULNER, B.; ZIEMAINZ, H.; BEYER, C.; HAMMON, M.; JANKA, R. Disordered eating and exercise dependence in endurance athletes. **Advances in Physical Education**, v. 6, p. 76-87, 2016. <https://doi.org/10.4236/ape.2016.62009>.

Avaliação dos Fatores de Risco para Tríade da Mulher Atleta na Primeira Turma de Oficiais a Ingressar nos Estabelecimentos de Ensino Militar Bélico do Exército Brasileiro

Assessment of Risk Factors for the Female Athlete Triad in the First Class of Officers to Enter Military Military Education Establishments of the Brazilian Army

RESUMO

O exercício físico realizado de maneira correta e associado à alimentação adequada pode trazer diversos benefícios. No caso específico das mulheres, promove o ganho de massa óssea e a prevenção da osteoporose pós-menopausa. Por outro lado, mulheres fisicamente ativas podem apresentar a tríade da mulher atleta (TMA), que é um espectro sintomático que varia desde a normalidade a alterações patológicas envolvendo o ciclo menstrual, saúde óssea e disponibilidade de energia. Na última década, o sexo feminino foi inserido na linha de formação bélica. Tal cenário, inédito e imprevisível, poderia se tornar um ambiente propício para o desenvolvimento da TMA. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito dos fatores de risco, isoladamente ou combinados, para a TMA, na primeira turma a ingressar nos estabelecimentos de Ensino Militar Bélico do Exército Brasileiro. Foi realizado um estudo longitudinal, observacional, com 24 militares, no primeiro e no último ano de formação militar. Ao final, foi observado que nenhuma participante apresentou risco para baixa disponibilidade energética, 24% apresentaram risco para desenvolver comportamentos alimentares restritivos, 45,8% apresentaram transtornos menstruais, 37,5% apresentaram ao menos um episódio de fratura por estresse e 58,3% risco moderado para desenvolverem a TMA. Em paralelo, foi observado também, melhora na média dos índices de composição corporal e da saúde óssea. A preparação física militar e a alimentação disponibilizada minimizaram os efeitos deletérios da TMA nas militares estudadas. Porém, por se tratar de um estudo pioneiro, entendemos que há necessidade de mais trabalhos que relacionem os efeitos deletérios da TMA em militares.

Palavras-chave: Tríade da mulher atleta. Fratura por estresse. Deficiência energética. Alterações menstruais.

ABSTRACT

Physical exercise performed correctly and associated with adequate nutrition can bring several benefits. In the specific case of women, it promotes bone mass gain and the prevention of post-menopausal osteoporosis. On the other hand, physically active women may present the female athlete triad (TMA), which is a symptomatic spectrum that ranges from normality to pathological changes involving the menstrual cycle, bone health and energy availability. In the last decade, women were included in the military training line. Such an unprecedented and unpredictable scenario could become a favorable environment for the development of TMA. This work aimed to evaluate the effect of risk factors, alone or in combination, for TMA, in the first class to enter Military Education establishments of the Brazilian Army. A longitudinal, observational study was carried out with 24 military personnel, in the first and last year of military training. In the end, it was observed that no participant was at risk for low energy availability, 24% were at risk for developing restrictive eating behaviors, 45.8% had menstrual disorders, 37.5% had at least one episode of stress fracture and 58.3 % moderate risk of developing TMA. In parallel, an improvement in the average body composition and bone health indices was also observed. Military physical preparation and the food provided minimized the harmful effects of TMA on the soldiers studied. However, as this is a pioneering study, we understand that there is a need for more work that relates the harmful effects of TMA on military personnel.

Keywords: Female Athlete Triad. Stress Fracture. Energy Deficiency. Menstrual changes.

Rodrigo de Freitas Costa

Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército - IPCFEx, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Email: rfc2104@gmail.com

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-3511-8012>

Marcos de Sá Rego Fortes

Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército - IPCFEx, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Email: msrfortes@gmail.com

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0003-2038-5545>

Adriano Teixeira Pereira

Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército - IPCFEx, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Email: adriano.oneal@hotmail.com

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0003-1287-8219>

Received:	08 Jul 2024
Reviewed:	Jul/Sep 2024
Received after revised:	25 Oct 2024
Accepted:	5 Nov 2024



RAN

Revista Agulhas Negras
eISSN (online) 2595-1084

<http://www.ebrevistas.eb.mil.br/aman>



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



1 Introdução

O exercício físico realizado de maneira correta e regular, associado à alimentação adequada, pode melhorar a aptidão cardiorrespiratória, diminuir sintomas da depressão e, no caso específico das mulheres, promover o ganho ou manutenção de massa óssea e prevenir a osteoporose pós-menopausa (Leitão *et al.*, 2000).

A crescente integração da mulher ao esporte profissional e amador, por vezes, tem levado a cobranças desproporcionais ao desempenho esportivo e a imagem corporal (Horn *et al.*, 2013). A constante busca por melhores resultados, quando não são elaborados em conjunto a uma equipe multidisciplinar que acompanhe as atividades nutricionais, os treinos, os aspectos psicológicos e fisiológicos, podem incorrer em problemas de saúde capazes de diminuir o rendimento da atleta, e ainda acarretar doenças graves (Terto *et al.*, 2018).

Nesse sentido, mulheres fisicamente ativas podem apresentar a tríade da mulher atleta (TMA), caracterizada como um espectro sintomático que varia desde uma disponibilidade ótima de energia, ciclo menstrual normal e saúde óssea ideal, até o outro extremo, com baixa disponibilidade de energia, amenorreia e osteoporose. Compreendendo esse espectro, não é obrigatório apresentar todos os seus sintomas simultaneamente para ser considerada afetada pela condição (Daily *et al.*, 2018, Mehta *et al.*, 2018) que apesar de ser frequentemente discutida entre especialistas vinculados ao mundo esportivo, ainda é pouco conhecida entre outras especialidades.

No âmbito do Exército Brasileiro, na última década, o sexo feminino foi inserido na linha de formação bélica, por meio do art. 7º da Lei nº 12.705, de 08 de agosto de 2012 (Brasil, 2012), havendo necessidade de enquadrá-las na rotina militar ao estabelecer o Projeto de Inserção do Sexo Feminino na Linha de Ensino Militar Bélico (PISFLEMB) e exigindo das candidatas uma preparação física para o desempenho operacional, não somente pela prática do treinamento físico militar (TFM), mas também pelas demandas físicas das atividades de adestramento e operações de combate.

As atividades realizadas pelos militares são diversas (exercícios de campo de combate, resgate de feridos em combate, manuseio de armas, levantamento repetitivo, transporte prolongado de carga) e impõem uma ampla gama de estresses fisiológicos, sendo assim, a capacidade aeróbia e força muscular, potência e resistência são importantes para a realização de tais atividades (Nindl *et al.*, 2016). Assim, a avaliação do desempenho operacional é realizada nas mesmas condições para ambos os sexos, a despeito de ajustes compensatórios nos testes de avaliação física, fruto das diferenças biológicas de homens e mulheres.

O fator primordial para a TMA parece não ser a prática do esporte em si, mas a baixa disponibilidade energética (BDE), que leva a uma incompatibilidade entre a ingestão calórica e o



gasto calórico, ocorrendo, assim, insuficiência no suprimento energético necessário para a manutenção das funções fisiológicas adequadas (Mountjoy *et al.*, 2014, Logue *et al.*, 2020).

Em uma abordagem holística, a definição foi alterada para deficiência energética relativa no esporte (*Relative Energy Deficiency in Sport* - RED-S) (Mountjoy *et al.*, 2014, Mountjoy *et al.*, 2018). Esse novo conceito permite a identificação da deficiência energética como chave para a perturbação de várias funções fisiológicas de diferentes áreas, como reprodução, óssea, endócrina, metabólica, hematológica, crescimento e desenvolvimento, fisiológica, cardiovascular, gastrointestinal e imunológica, com consequências para o desempenho e a saúde do atleta em geral (Mountjoy *et al.*, 2018, Lages *et al.*, 2018).

Em 2017 a Escola Preparatória de Cadetes do Exército (EsPCEEx) foi o primeiro estabelecimento de formação de oficiais do Exército Brasileiro a receber uma turma do sexo feminino da linha de formação bélica. Ao longo de cinco anos de formação, até serem declaradas aspirantes a oficial pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) em 2021, as alunas foram submetidas a uma intensa preparação física para o desempenho operacional, não somente pela prática do treinamento físico militar (TFM), mas também pelas demandas físicas das atividades de adestramento e operações de combate.

Assim, a avaliação do desempenho operacional foi realizada nas mesmas condições para ambos os sexos, a despeito de ajustes compensatórios nos testes de avaliação física, fruto das diferenças biológicas de homens e mulheres. O objetivo geral foi avaliar o impacto da formação militar sobre o desenvolvimento de fatores de risco para a tríade de mulher atleta na primeira turma do sexo feminino da linha de formação bélica do Exército brasileiro.

2 Percurso Metodológico

Trata-se de um estudo longitudinal, observacional, conduzido na EsPCEEx, sediada em Campinas – SP, e na AMAN, sediada em Resende – RJ. As avaliações foram realizadas no Centro de Capacitação Física do Exército (CCFEx).

O Projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Universidade Salgado de Oliveira – UNIVERSO (CAAE: 55948016.1.0000.5289; parecer: 1.550.437), obtendo parecer favorável em 18 de maio de 2016.

2.1 População e Amostra

O estudo contou com 39 militares do sexo feminino que iniciaram a EsPCEEx, terminando com as 24 participantes que concluíram o curso de formação de oficiais na AMAN. A inclusão das



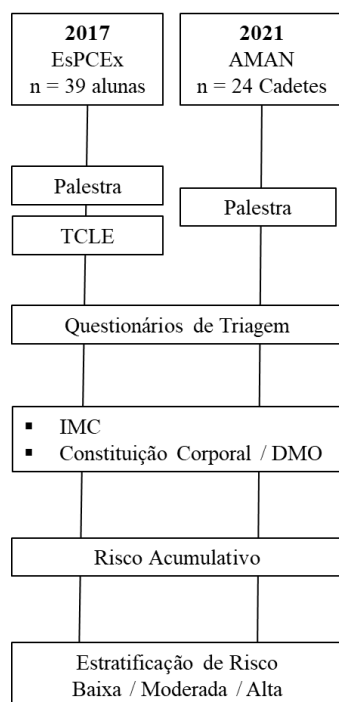
participantes ocorreu por meio de amostragem intencional, onde os critérios de inclusão foram: aprovação nas fases do concurso da EsPCEEx e ter sido voluntária para a pesquisa. Os critérios e exclusão foram: reprovação, desistência do curso ou ter deixado de ser voluntária para o estudo.

2.2 Desenho Experimental

A pesquisa foi dividida em duas fases (Figura 1). A primeira ocorreu no mês de fevereiro de 2017, compreendendo as alunas do primeiro ano da EsPCEEx; primeira turma de mulheres a ingressarem na linha militar bélica do Exército Brasileiro. A segunda fase foi realizada no mês de abril de 2021, compreendendo as então Cadetes do 4º ano de formação de oficiais femininas da Linha Militar Bélica do Exército Brasileiro. Nas duas fases as participantes da pesquisa se deslocaram da AMAN para as dependências do CCFEx, onde as avaliações foram realizadas ao longo de dois dias.

Na semana zero da primeira fase foi ministrada uma palestra a respeito dos aspectos da TMA. Em seguida, foi distribuído um termo de consentimento livre esclarecido (TCLE), no qual apenas as alunas que concordaram em participar voluntariamente do estudo foram avaliadas. Foi realizado um questionário de triagem, enfatizando os componentes da TMA para a avaliação basal das alunas.

Figura 1 - Fluxograma do estudo



Fonte: autores

Em ambas as fases, o risco acumulativo (baixo, moderado e alto) foi avaliado por meio dos seguintes fatores de risco: disponibilidade energética, com ou sem distúrbios alimentares, composição corporal, alterações no ciclo menstrual, densidade mineral óssea e histórico de fraturas ósseas.



A estratificação do risco para a realização de atividade física (liberado, com restrição e impedido) foi realizada, nas duas fases, pela soma da pontuação de cada fator de risco.

2.3 Questionários

Foram desenvolvidos e utilizados os questionários sobre rotina alimentar, sobre ciclo menstrual, informações gerais sobre o estado de saúde e questionário de triagem, ambos adaptados do questionário de triagem do Colégio Americano de Medicina do Esporte (De Souza *et al.*, 2014), contendo informações necessárias para o determinar o risco acumulativo e consequentemente a estratificação de risco para TMA.

Para identificar comportamentos de risco para desenvolver distúrbios alimentares foi utilizada o Teste de Atitudes Alimentares (Eating Attitudes Test – 26) (EAT-26), desenvolvido por Garner e Garfinkel e validado por Bighetti (Bighetti, 2003).

2.4 Baixa Disponibilidade de Energia

Os métodos para avaliar a baixa disponibilidade energética: a ingestão alimentar e o gasto energético estão melhorando, mas são imprecisos. Um índice específico de baixa disponibilidade energética diária é definido como a ingestão de energia (kcal) menos o gasto de energia do exercício (kcal) dividido por quilogramas de massa livre de gordura ou massa corporal magra (Loucks, 2007).

2.5 Densidade Mineral Óssea e Composição Corporal

Foi determinada por densitometria de dupla emissão de raio X (DXA) (LUNARiDXA com software em Core 2008 versão 12.20; GE-Healthcare, Madison, WI USA), sendo avaliado: DMO, massa total, massa gorda, massa magra, percentual de gordura total, massa livre de gordura e o Z-score. Os aplicadores do exame eram habilitados e possuíam experiência na área.

2.6 Análise Estatística

O teste Shapiro-Wilk demonstrou que os dados, com exceção da idade e estatura, tinham distribuição normal, porém essas duas variáveis não interferiram nos objetivos do estudo. O teste t de Student foi usado para comparar amostras pareadas/dependentes. Na estatística descritiva, caso as variáveis dos escores dos questionários apresentassem uma distribuição normal, foram utilizadas as medidas de tendência central (média), dispersão (mínimo, máximo e desvio padrão) e frequências absoluta, relativa e acumulada para descrever as variáveis da investigação. O alpha de Cronbach foi utilizado para verificar a consistência interna do instrumento utilizado (EAT-26), considerando



valores acima de 0,70 como adequados. Utilizou-se nas análises o nível de significância $p < 0,05$ com o software estatístico JAMOV, versão 2.3.9, para Windows.

3 Resultados

Foram obtidas amostras de participantes da primeira turma do sexo feminino a ingressar nos estabelecimentos de Ensino Militar Bélico do Exército Brasileiro em dois momentos: avaliação inicial ocorrida em 2017 com as 39 alunas que iniciaram a ESPCEX e avaliação final em 2021 com as 24 aspirantes a oficial que concluíram a AMAN. Houve, portanto, uma perda de 15 participantes ao longo de cinco anos de formação. Para efeito de comparação, as análises estatísticas foram realizadas somente com as 24 participantes que concluíram o curso. As avaliações foram feitas no momento da incorporação ao serviço militar em 2017 e no último ano de formação em 2021.

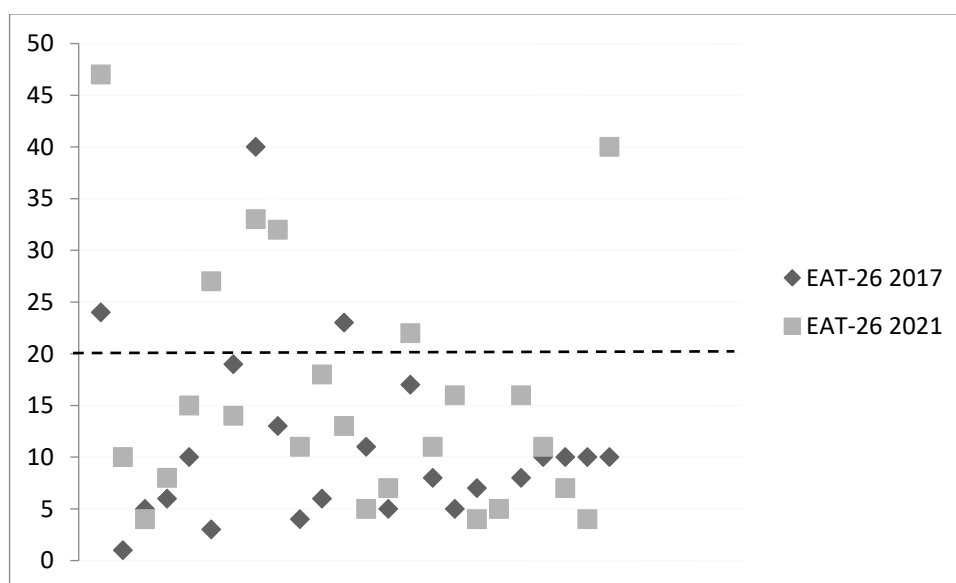
3.1 Características Demográficas

Na avaliação inicial realizada em 2017, as participantes apresentaram média de idade 18,9 ($\pm 1,56$) anos, sendo a menor idade 16 anos e a maior 21 anos, respectivamente. A estatura média observada foi de 164 ($\pm 5,65$) centímetros (cm), sendo a menor 156 cm e a maior 176 cm.

3.2 Análise do Risco de Ocorrência de Distúrbios Alimentares

Em 2017, das 24 participantes, três alunas apresentaram pontuação superior a 20 para o EAT-26. Esse número passou para seis em 2021 (Figura 2).

Figura 2 - Pontuação no Eating Attitude Test (EAT-26) - 2017 e 2021



Fonte: autores



A análise individual das questões, por meio da utilização do Alfa de Cronbach, esteve acima de 0,76 em cada item, e o valor total entre as questões foi de 0,799, sinalizando boa consistência interna da escala. Vale ressaltar que a questão nº 24 não entrou na análise porque todas as respondentes colocaram “ZERO”.

3.3 Alterações no Ciclo Menstrual

Foram considerados fatores de risco para a TMA a menarca tardia e a ocorrência de oligomenorreia/amenorreia (DE SOUZA *et al.*, 2014).

Em 2017, quatro participantes apresentaram risco moderado e uma apresentou risco alto relacionado à menarca tardia, cinco apresentaram risco moderado e três apresentaram risco alto para oligomenorreia e/ou amenorreia.

Em 2021, três participantes apresentaram risco moderado e sete apresentaram risco alto para oligomenorreia e/ou amenorreia.

Importante salientar que ao final da avaliação, três participantes relataram uso de métodos contraceptivos de forma ininterrupta (1, 10 e 12) e quatro relataram uso de método contraceptivo de forma irregular (2, 6, 7 e 20), levando a alguns episódios de menstruação. Assim, foi considerado para o cálculo do risco acumulativo o número de ciclos menstruais referidos pelas participantes.

3.4 Ocorrência de Fraturas por Estresse

Em 2017, por ocasião da incorporação ao serviço militar, não foram relatadas queixas de fratura por estresse. Em 2021, nove apresentaram ao menos um episódio de fratura por estresse ao longo dos cinco anos de formação, correspondendo a 37,5% das cadetes.

3.5 Composição Corporal

Foram avaliados o IMC (kg/m²), massa total (Kg), massa gorda (g), massa magra (g), percentual de gordura total e a massa livre de gordura (g) (Tabela 1). A análise comparativa foi realizada somente com as 24 participantes que concluíram o curso. Ao avaliar o índice de massa corporal (IMC) percebemos que a média no início do estudo foi de 21,20 Kg/m² (variação de 18,1 a 25,1 Kg/m²), finalizando, ao final do estudo com média de 22,20 Kg/m² (variação de 18,80 a 25,90 Kg/m²). Os dados mostram que houve um aumento na média da Massa Total (de 56,90 Kg para 59,70 Kg), todavia isso está relacionado com o aumento na média da Massa Magra (39,22 Kg para 42,55 Kg). Ademais, observa-se ainda uma redução na média da Gordura Total (26,80 Kg para 24,40 Kg).



Tabela 1 - Estatística descritivas das variáveis de estudo no momento INICIAL (2017) e FINAL (2021), n=24

Variáveis	2017	2021	Variação (%)	p-valor	graus de liberdade (gl)
IMC (kg/m²)	21,20±2,0	22,20±2,1	4,50	<,001	23
Massa Total (Kg)	56,90±6,2	59,70±6,1	4,69	<,001	23
Massa gorda (g)	15,36±3,0	13,92±4,6	-10,35	0,153	23
Massa magra (g)	39,22±3,6	42,55±3,4	7,82	<,001	23
Percentual de gordura total	26,80±3,0	24,40±4,2	-9,84	0,011	23
Massa livre de gordura (g)	41,51±3,8	44,94±3,6	7,64	<,001	23
DMO (g/cm²)	1,12±0,1	1,21±0,1	7,44	<,001	23
Z-score	0,65±1,1	1,32±1,0	51,06	<,001	23

Fonte: autores

3.6 Densidade Mineral Óssea

Em relação à densidade mineral óssea (DMO) total, foi observado um aumento médio significativo (de 1,12 para 1,21 g/cm²). O mesmo foi observado no Z-score, que apresentou um aumento substancial (de 0,65 para 1,32) (Tabela 1). O ACSM define baixo conteúdo mineral ósseo a DMO como um Z-score inferior a -1,0.

3.7 Estratificação de Risco

Após a tabulação e análises dos resultados no momento inicial (2017), a estratificação do risco não classificou alunas com “risco alto” e, consequentemente, não houve restrição para a realização de treinamento físico militar e atividades operacionais. Entretanto, 07 (sete) alunas foram estratificadas com “risco moderado”. Nessa fase da avaliação não houve relato de fratura por estresse por parte das alunas.

Após a tabulação e análises dos resultados no momento final (2021), a estratificação do risco não classificou alunas com risco alto e, consequentemente, não houve restrição para a realização de TFM e atividades operacionais. Entretanto, 14 (quatorze) participantes apresentaram risco moderado. Além disso, também foi considerado elevado o relato de fratura por estresse ao longo dos cinco anos de formação.

4 Discussões

O objetivo deste estudo foi investigar a presença dos componentes que caracterizam a tríade da mulher atleta, isoladamente ou combinados, no primeiro e no último ano da formação da primeira



turma de oficiais do sexo feminino a ingressar nos estabelecimentos de ensino militar bélico do Exército Brasileiro.

Estudos anteriores suportam a premissa de que as modalidades esportivas que enfatizam a magreza são vulneráveis à TMA (Lebrun, 2007), porém, não há na literatura estudos referentes à ocorrência da TMA em militares da linha bélica do Exército Brasileiro.

Os desafios físicos e psicológicos enfrentados pelos militares são inerentemente diferentes daqueles enfrentados pelos atletas. As implicações do mau desempenho também são diferentes entre as populações militares e esportivas; as tarefas militares exigem uma combinação única de esforço físico e cognitivo em ambientes imprevisíveis e estressantes, e as consequências do baixo desempenho em combate podem ser catastróficas (O'Leary *et al.*, 2020).

As mulheres nessas funções de combate, provavelmente, experimentarão maiores demandas físicas (O'Leary *et al.*, 2018a, Eun *et al.*, 2018), terão pior desempenho físico (Eun *et al.*, 2018), maior incidência de lesões musculoesqueléticas e fraturas por estresse (O'Leary *et al.*, 2023), além de maior risco de distúrbios reprodutivos com baixa disponibilidade de energia (Gifford *et al.*, 2017), em comparação com os homens.

Ao final do presente estudo, foi observado que nenhuma avaliada apresentou risco para baixa disponibilidade energética, 24% (6) apresentaram risco para desenvolver comportamentos alimentares restritivos, 45,8% (11) apresentaram transtornos menstruais, 37,5% (09) apresentaram ao menos um episódio de fratura por estresse e 58,3% (14) evidenciaram um risco moderado para desenvolverem a TMA. Em paralelo, foi observado também, melhora na média dos índices de composição corporal e da saúde óssea das cadetes.

Não é obrigatório apresentar todos os sintomas simultaneamente para caracterizar a TMA, mas a presença de um ou a associação entre dois componentes podem sinalizar sua instalação por completo no futuro, sendo fundamental uma intervenção imediata (Daily *et al.*, 2018).

Entre os sintomas, a baixa disponibilidade de energia, definida como energia insuficiente para suprir a demanda metabólica, é o principal distúrbio que conduz às alterações fisiopatológicas na tríade da mulher atleta. O balanço energético negativo resulta em suprimento metabólico insuficiente para função menstrual normal, desenvolvimento ósseo e manutenção óssea (Horn *et al.*, 2013). O IMC abaixo de 17,5 Kg/m² ou menos de 85% da massa corporal esperada para adolescentes podem ser considerado sinais evidentes de baixa disponibilidade de energia (De Souza *et al.*, 2014).

Ao longo de cinco anos, não encontramos sinais de BDE nas participantes. Em 2017, duas participantes apresentaram IMC de 18 Kg/m², sendo classificadas com risco moderado no cálculo do risco acumulativo para desenvolver a TMA. Se por um lado tivemos limitações na determinação da disponibilidade de energia, por não conseguir determinar o consumo de energia e o gasto energético



do exercício, por outro, o fato das participantes estarem em regime de aquartelamento e serem submetidas à mesma demanda física e à mesma dieta, mitigaram essas possíveis limitações.

Ao contrário de alguns esportes, uma composição corporal específica não é um pré-requisito para o desempenho militar bem-sucedido (Friedl, 2012), no entanto, a magreza pode ser desejada por alguns militares, havendo evidências de distúrbios alimentares em mulheres militares (O'Leary *et al.*, 2020).

Pierce *et al.* (2017), estudaram a correlação entre o IMC e a realização de tarefas militares realizadas por homens e mulheres. Nas tarefas militares específicas, um IMC mais elevado foi associado a um aumento no tempo de corrida de 2 milhas, no entanto, o desempenho em uma marcha carregada de 1.600 m ou em uma pista de obstáculos não foi relacionado ao IMC em ambos os sexos.

No presente estudo, em 2017, 8,3% (2) das participantes apresentaram IMC entre 17,5 e 18,5 Kg/m², já em 2021 não houve participantes que apresentassem o IMC baixo como risco para desenvolver a TMA. Não foi possível correlacionar o IMC ao risco de desenvolver as variáveis da TMA ao longo dos cinco anos de formação (disponibilidade de energia, alterações menstruais ou saúde óssea). Assim, uma melhor compreensão dos efeitos da baixa disponibilidade de energia na saúde e no desempenho das mulheres em funções militares, incluindo funções de combate, é uma importante área de estudo futuro.

Em paralelo ao estudo do risco de desenvolver a BDE, foi também observado o risco de apresentar algum distúrbio alimentar. O questionário utilizado para determinar o risco de distúrbio alimentar no cálculo do risco acumulativo, nas duas ocasiões, foi o de Informações Gerais sobre o Estado de Saúde e não o EAT-26. Dessa forma, em 2017 nenhuma participante respondeu positivamente à primeira pergunta do questionário de Informações Gerais sobre o Estado de Saúde, que trata sobre distúrbios alimentares. Por outro lado, 12,5% (3) das participantes tiveram pontuação acima de 20 no questionário EAT-26, apontando risco para desenvolver um distúrbio alimentar. Em 2021, 29,10% (7) das participantes responderam positivamente à primeira pergunta do questionário de Informações Gerais sobre o Estado de Saúde e 25% (6) obtiveram pontuação acima de 20 no questionário EAT-26. A diferença foi devida à resposta de uma cadete que apesar de ter respondido positivamente à primeira pergunta do questionário de Informações Gerais sobre o Estado de Saúde, somou apenas 13 pontos no EAT-26.

Das participantes que tiveram pontuação > 20 no questionário EAT-26, em 2017 e 2021, 8,30% (2), referiram oligomenorreia e/ou amenorreia e 12,50 % (3) apresentaram ao menos um episódio de FE ao longo do estudo.

A observação de que os distúrbios alimentares em atletas do sexo feminino, particularmente em esportes que enfatizam a “magra”, levava à amenorreia hipotalâmica funcional e à osteoporose,



foi descrita pela primeira vez pelo ACSM na década de 1990 (Otis *et al.*, 1997). Os distúrbios alimentares são comuns entre os militares americanos (em até 7% dos homens e 30% nas mulheres) (Warner *et al.*, 2007).

Williams *et al.*, relataram em 2018, a incidência de 2,7% de TA nas Forças Armadas americanas, sendo a bulimia nervosa responsável por 41,8% e a anorexia nervosa por 11,9% dos casos. As taxas gerais de incidência foram mais altas na faixa etária mais jovem (≤ 29 anos), mulheres militares brancas não hispânicas, membros do Corpo de Fuzileiros Navais e em ocupações específicas de combate.

A maioria dos estudos que avaliam os distúrbios alimentares nas Forças Armadas americanas relata maior prevalência em mulheres do que em homens (Bartlett *et al.*, 2015, McNulty, 2001, Williams *et al.*, 2018). Fatores especificamente militares que podem contribuir para o aumento do risco, especialmente em mulheres, incluem estilos de vida controlados, condicionamento físico rigoroso, preocupação com a massa corporal (Bartlett; *et al.*, 2015), ingestão obrigatória de refeições calóricas e exigências físicas rigorosas (Beekley *et al.*, 2009).

Tal incremento percentual no risco de desenvolver distúrbios alimentares, encontrado no estudo, ainda não está claro. Porém acreditamos que o aumento dos fatores estressantes ao longo da formação, como exemplo: necessidade de manter um corpo magro, melhora dos índices do TAF e a obtenção de uma boa classificação, podem ter colaborado diretamente para esse desfecho.

A ocorrência de distúrbios alimentares associados ou não à baixa disponibilidade de energia pode levar a ocorrência de alterações menstruais, como a oligomenorreia e/ou amenorreia (DE Souza *et al.*, 2014).

Na primeira avaliação, em 2017, 45,83% (11) das participantes apresentaram risco de alterações do ciclo menstrual quando considerado oligomenorreia e/ou amenorreia ou menarca tardia. Em 2021, esse número passou para 54,16% (13). Segundo O'Leary *et al.* (2018), o treinamento militar básico é uma das partes mais árduas da carreira militar e provavelmente explica a maior prevalência de distúrbios menstruais no início da formação militar.

A gravidade e a duração da BDE, necessárias para criar distúrbios menstruais, não estão claras e a disponibilidade energética < 30 kcal/kg/MLG como ponto de corte não prediz amenorreia em todas as mulheres. Sendo assim, os ginecologistas devem reconhecer que as atletas podem não apresentar amenorreia e ainda sim ter BDE (Mountjoy *et al.*, 2018).

Apesar de confirmado que a deficiência energética grave leva à amenorreia, é necessário entender melhor a interação das mudanças na disponibilidade energética de curto e longo prazo em relação às alterações menstruais (Mountjoy *et al.*, 2018).



Estudos transversais da década de 1990, realizados no Exército Americano, identificaram a prevalência de 12 % de oligomenorreia ou amenorreia (< 9 ciclos em 12 meses ou 3 meses sem ciclo) nos últimos 24 meses e 13% de menarca tardia (≥ 15 anos) (Lauder *et al.*, 1999) e a prevalência de amenorreia alguma vez (> 6 meses sem menstruação) em 15% com menarca atrasada em 4% (≥ 17 anos) (Friedl *et al.*, 1992).

A prevalência de distúrbios menstruais é maior no treinamento militar básico do que em militares treinadas, com mais de 65% das mulheres em treinamento militar básico relatando distúrbios ou alterações do ciclo menstrual (Schneider *et al.*, 2003).

O uso de métodos contraceptivos por parte das participantes também causou uma dificuldade na classificação das alterações do ciclo menstrual, uma vez que não pudemos determinar, nesses casos, se a oligomenorreia e/ou amenorreia foi uma constituinte da tríade ou provocada pela medicação.

Nas Forças Armadas americanas, há evidências crescentes de que as militares estão regulando ou suprimindo intencionalmente a menstruação. Lawrence-Wood *et al.* (2016), em uma revisão sistemática, identificaram a regulação menstrual como uma das cinco principais lacunas no conhecimento de saúde em relação a militares e veteranos do Exército Americano. Goyal *et al.* (2012) relataram que 66% das mulheres em atividades operacionais, indicaram um forte desejo de induzir a amenorreia.

Das militares americanas que usaram contracepção hormonal para suprimir a menstruação, mais da metade (57%), relataram alta satisfação com esse método (Goyal *et al.*, 2012). Powell-Dunford *et al.*, 2003, relataram que 86% das militares entrevistadas queriam suprimir a menstruação, particularmente durante as operações militares e nos campos de treinamento, mas apenas 7% relataram fazê-lo.

De acordo com os dados do presente estudo, em 2017, nenhuma participante relatou fazer uso de métodos contraceptivos para induzir amenorreia, já em 2021, 12,5% (03) das cadetes relataram fazer uso de método contraceptivo de forma contínua para provocar a amenorreia.

A indução da amenorreia parece trazer benefícios nos cenários militares de falta de higiene e privacidade, porém, as repercussões em longo prazo ainda são indeterminadas.

Atletas amenorreicas ou oligomenorreicas demonstraram ter DMO mais baixa, microarquitetura óssea prejudicada, estimativas reduzidas de resistência óssea e taxas mais altas de fratura, em comparação com atletas eumenorreicas e controles não atléticos (Ackerman *et al.*, 2011, De Souza *et al.*, 2014).

As participantes que apresentaram risco de alterações do ciclo menstrual, quando considerado oligomenorreia e/ou amenorreia, apresentaram média de DMO de 1,048 g/cm² e Z-score médio de -



0,26 em 2017 e média de 1,226 g/cm² de DMO e 1,44 de Z-score em 2021. Já a média das participantes foi de 1,120 g/cm² de DMO e 0,64 de Z-score em 2017 e 1,213 g/cm² de DMO e 1,316 de Z-score em 2021.

Ao longo dos cinco anos de estudo, houve um aumento significativo da DMO e do Z-score, por outro lado, 37,5% das participantes apresentaram ao menos um episódio de FE. Em função do sigilo do prontuário médico das escolas de formação, não foi possível determinar o momento exato da fratura nem o tratamento proposto.

A ocorrência das fraturas por estresse pode ser explicada pela inexperiência das participantes, ainda não habituadas aos exercícios físicos e corridas contínuas executadas durante as sessões de TFM. A melhora na DMO e do Z-score podem ser atribuídas à melhora da constituição corporal e aos estímulos musculares promovidos pelo TFM.

Usando a pontuação do ACSM, TENFORDE *et al.*, 2017, relataram que 29% das atletas universitárias do sexo feminino apresentam risco moderado ou alto de fratura por estresse, sugerindo que a tríade é um fator de risco para fraturas por estresse.

Segundo Ackerman *et al.* (2015) e Prather *et al.* (2016), a incidência de FE entre atletas do sexo feminino pode chegar a 13%. Wentz *et al.* (2011) realizaram uma revisão sistemática da incidência de FE em populações militares e atléticas e relataram uma incidência geral de 9,7% em atletas do sexo feminino e 6,5% em atletas do sexo masculino. Numerosos estudos também relataram taxas mais altas de FE em atletas mais jovens.

Das participantes que apresentaram risco de alterações do ciclo menstrual quando considerado oligomenorreia e/ou amenorreia, 45,83% (11) em 2017 e 54,16% (13) em 2021, 25,00% (06) apresentaram ao menos um episódio de fratura por estresse ao longo de cinco anos de formação.

Mulheres ativas que apresentem BDE ou alterações do ciclo menstrual podem apresentar diminuição da densidade mineral óssea e maior incidência de fraturas por estresse, quando comparadas a mulheres eumenorreicas (Mountjoy *et al.*, 2014, Logue *et al.*, 2020).

Os fatores de risco para fraturas por estresse são biológicos e biomecânicos. Geralmente, os fatores biológicos incluem sexo feminino, genética, medicação, a tríade e questões dietéticas. Fatores biomecânicos incluem padrão de treinamento, características ósseas e considerações anatômicas (Tenforde *et al.*, 2017).

Atletas com oligomenorreia podem apresentar um risco de fratura por estresse aumentado de até 4,3 vezes, quando comparadas com atletas eumenorreicas (Mountjoy *et al.*, 2014), (Joy, 2019).

Atletas do sexo feminino que possuem um componente da TMA têm 2,5 vezes mais riscos de desenvolver fratura por estresse, o risco passa a ser 4,7 vezes maior se apresentarem dois ou mais componentes (De Souza *et al.*, 2014).



A inexistência de um protocolo padronizado para quantificar o consumo alimentar limitou a determinação do consumo de energia e consequentemente da disponibilidade energética.

Estratégias para estimar a ingestão alimentar incluem registros alimentares de 3 dias, 4 dias e 7 dias, recordatório alimentar de 24 horas e questionários de frequência alimentar (Heaney *et al.*, 2010). Independentemente do método escolhido, a avaliação precisa da ingestão alimentar pode ser um desafio, devido a uma série de fatores como relato insuficiente de ingestão, ingestão modificada durante o período do relatório e registro impreciso do tamanho das porções (Heaney *et al.*, 2010).

O uso de diários alimentares ou aplicativos com essa finalidade foram de difícil adesão. Por outro lado, o fato de as participantes estarem aquarteladas, na maior parte do tempo, possibilitou uma alimentação balanceada e com a quantidade de calorias necessárias para as atividades diárias, segundo o planejamento semanal das escolas de formação. Essa mesma particularidade também possibilitou a estimativa do gasto energético com o exercício.

Os benefícios da atividade física e do exercício para a saúde e o bem-estar humanos são claros, havendo forte embasamento científico para justificar as recomendações atuais. Assim, existem importantes preocupações de saúde pública quando as recomendações são formuladas para alertar sobre as consequências clínicas negativas associadas ao treinamento físico. Como tal, é necessário cautela ao considerar as evidências científicas que sustentam tais alegações (Williams *et al.*, 2019). Limitar ou diminuir o plano de treinamento de uma cadete com a possibilidade de que a realização do TFM possa estar contribuindo para uma baixa disponibilidade de energia poderá ter um impacto significativo na sua carreira militar.

Samal e Habeebullah (2017) conduziram um estudo sobre as primeiras mulheres a concluir o curso de Ranger do Exército dos Estados Unidos da América e as implicações com TMA. Já O'Leary *et al.* (2020) conduziram um estudo sobre a deficiência energética em militares do sexo feminino do Reino Unido. Dessa forma, encontramos dificuldades em relacionar os estudos existentes com as peculiaridades da nossa amostra, composta por militares do sexo feminino que passaram por cinco anos de formação militar nas escolas de ensino militar bélico do Exército Brasileiro.

A maioria das evidências para o efeito da baixa disponibilidade de energia na saúde e no desempenho é em atletas do sexo feminino (Mountjoy *et al.*, 2018, Nattiva *et al.*, 2007, DE SOUZA *et al.*, 2014). O efeito da baixa disponibilidade de energia em atletas do sexo masculino está sendo cada vez mais reconhecido (Tenforde *et al.*, 2016, Syed *et al.*, 2022), e esses dados militares representam uma importante contribuição para esse campo. A falta de dados sobre mulheres militares provavelmente se deve, em parte, à sua exclusão anterior de funções de combate e, portanto, à falta de exposição a graves déficits de energia. Os homens constituem a maior parte das forças armadas e



as mulheres só recentemente foram autorizadas a entrar em funções de combate em vários países, incluindo o Reino Unido e os Estados Unidos.

Assim a falta de evidências que apoiem muitos dos supostos resultados fisiológicos, de saúde e de desempenho descritos na TMA e o potencial para os efeitos confusos do próprio exercício e do treinamento em excesso são problemáticos. Portanto, mais pesquisas são necessárias para avançar nossa compreensão dos efeitos da deficiência relativa de energia na saúde e no desempenho humano.

O presente trabalho pretende contribuir na adequação das mulheres inseridas na linha bélica da formação militar. Com os dados obtidos será possível adequar a alimentação e o TFM às necessidades desse público específico, criando protocolos que visem à detecção precoce da TMA, ajudando assim, na obtenção e manutenção da operacionalidade da tropa.

5 Conclusão

Ao final do estudo de cinco anos em que acompanhamos a formação da primeira turma do sexo feminino a ingressar na linha de ensino militar bélico do Exército Brasileiro, quatorze (58,3%) participantes apresentaram risco moderado para TMA e nove (37,5%) apresentaram ao menos um episódio de fratura por estresse ao longo dos cinco anos de formação. Os dados mostram que houve um aumento na média da Massa Total, todavia isso está relacionado com o aumento na média da Massa Magra. Ademais, observa-se ainda uma redução na média da Gordura Total. Em relação a DMO e ao Z-score, foi observado um aumento médio significativo. Assim, concluímos que a preparação física militar e a alimentação disponibilizada, tanto em qualidade quanto em quantidade, minimizaram os efeitos deletérios da TMA nas militares estudadas.



Referências

- ACKERMAN, K. E. *et al.* Fractures in Relation to Menstrual Status and Bone Parameters in Young Athletes. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 47, n. 8, p. 1577–1586, ago. 2015.
- ACKERMAN, K. E.; MISRA, M. Bone Health and the Female Athlete Triad in Adolescent Athletes. **THE PHYSICIAN AND SPORTSMEDICINE**, v. 39, n. 1, 2011.
- BARTLETT, B. A.; MITCHELL, K. S. Eating disorders in military and veteran men and women: A systematic review. **International Journal of Eating Disorders**, v. 48, n. 8, p. 1057–1069, 2015.
- BEEKLEY, M. D. *et al.* Incidence, Prevalence, and Risk of Eating Disorder Behaviors in Military Academy Cadets. **Military Medicine**, v. 174, n. 6, p. 637–641, 1 jun. 2009.
- BIGHETTI, F. **Tradução e validação do Eating Attitudes Test (EAT-26) em adolescentes do sexo feminino na cidade de Ribeirão Preto - SP**. Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública—Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 8 dez. 2003.
- BRASIL, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12705.htm. Acesso em: 12 jul. 2023.
- DAILY, J. P.; STUMBO, J. R. Female Athlete Triad. **Primary Care: Clinics in Office Practice**, v. 45, n. 4, p. 615–624, dez. 2018a.
- DE SOUZA, M. J. *et al.* 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad: 1st International Conference held in San Francisco, California, May 2012 and 2nd International Conference held in Indianapolis, Indiana, May 2013. **British Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 4, p. 289–289, fev. 2014a.
- DE SOUZA, M. J. *et al.* 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad: 1st International Conference held in San Francisco, California, May 2012 and 2nd International Conference held in Indianapolis, Indiana, May 2013. **British Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 4, p. 289–289, fev. 2014b.
- EUN, J. *et al.* Determining the Lower Limit of Cerebral Perfusion Pressure in Patients Undergoing Decompressive Craniectomy Following Traumatic Brain Injury. **World Neurosurgery**, v. 111, p. e32–e39, 1 mar. 2018.
- FRIEDL, K. E. *et al.* Factors Associated with Stress Fracture in Young Army Women: Indications for Further Research. **Military Medicine**, v. 157, n. 7, p. 334–338, 1 jul. 1992.
- FRIEDL, K. E. Body Composition and Military Performance—Many Things to Many People. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. Supplement 2, p. S87–S100, jul. 2012.
- GIFFORD, R. M. *et al.* Reproductive dysfunction and associated pathology in women undergoing military training. **BMJ Military Health**, v. 163, n. 5, p. 301–310, 2017.
- GOYAL, V.; BORRERO, S.; SCHWARZ, E. B. Unintended pregnancy and contraception among active-duty servicewomen and veterans. **American Journal of Obstetrics and Gynecology**, v. 206, n. 6, p. 463–469, jun. 2012.
- HEANEY, S. *et al.* Comparison of Strategies for Assessing Nutritional Adequacy in Elite Female Athletes' Dietary Intake. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 20, n. 3, p. 245–256, jun. 2010.
- HORN, E.; GERGEN, N.; MCGARRY, K. **2014-11-18-sportsmed-horn.pdf**. R I Med J, , 2013. . Acesso em: 12 dez. 2021
- JOY, E. A. Address risk factors to prevent bone stress injuries in male and female athletes. **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 4, p. 205, 1 fev. 2019.



- LAGES, A. *et al.* **Défice Energético Relativo no Desporto (RED-S)**. Rev Med Desportiva, , 2018.
- LAUDER, T. D. *et al.* The Female Athlete Triad: Prevalence in Military Women. **Military Medicine**, v. 164, n. 9, p. 630–635, 1 set. 1999.
- LAWRENCE-WOOD E *et al.* **A Systematic Review of the Impacts of Active Military Service on Sexual and Reproductive Health Outcomes Among Servicewomen and Female Veterans of Armed Forces**. Disponível em: <https://jmvh.org/article/a-systematic-review-of-the-impacts-of-active-military-service-on-sexual-and-reproductive-health-outcomes-among-servicewomen-and-female-veterans-of-armed-forces/>. Acesso em: 17 jul. 2023.
- LEBRUN, C. M. The female athlete triad: What’s a doctor to do? **Current Sports Medicine Reports**, v. 6, n. 6, p. 397–404, dez. 2007.
- LEITÃO, M. B. *et al.* Posicionamento oficial da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte: atividade física e saúde na mulher. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 6, n. 6, p. 215–220, dez. 2000.
- LOGUE, D. M. *et al.* Low Energy Availability in Athletes 2020: An Updated Narrative Review of Prevalence, Risk, Within-Day Energy Balance, Knowledge, and Impact on Sports Performance. **Nutrients**, v. 12, n. 3, p. 835, 20 mar. 2020.
- LOUCKS, A. B. Low Energy Availability in the Marathon and Other Endurance Sports: **Sports Medicine**, v. 37, n. 4, p. 348–352, 2007.
- MCNULTY, A. F. Prevalence and Contributing Factors of Eating Disorder Behaviors in Active Duty Service Women in the Army, Navy, Air Force, and Marines. **Military Medicine**, v. 166, n. 1, p. 53–58, 1 jan. 2001.
- MEHTA, J.; THOMPSON, B.; KLING, J. M. The female athlete triad: It takes a team. **Cleveland Clinic Journal of Medicine**, v. 85, n. 4, p. 313–320, abr. 2018.
- MOUNTJOY, M. *et al.* The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad—Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). **British Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 7, p. 491–497, abr. 2014.
- MOUNTJOY, M. *et al.* IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 11, p. 687–697, jun. 2018a.
- NINDL, B. C. *et al.* Operational Physical Performance and Fitness in Military Women: Physiological, Musculoskeletal Injury, and Optimized Physical Training Considerations for Successfully Integrating Women Into Combat-Centric Military Occupations. **Military Medicine**, v. 181, n. 1S, p. 50–62, jan. 2016.
- O’LEARY, T. J. *et al.* Sex differences in neuromuscular fatigability in response to load carriage in the field in British Army recruits. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 21, n. 6, p. 591–595, 1 jun. 2018a.
- O’LEARY, T. J. *et al.* Sex Differences in Training Loads during British Army Basic Training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 50, n. 12, p. 2565–2574, dez. 2018b.
- O’LEARY, T. J. *et al.* Understanding the musculoskeletal injury risk of women in combat: the effect of infantry training and sex on musculoskeletal injury incidence during British Army basic training. **BMJ Mil Health**, v. 169, n. 1, p. 57–61, 1 fev. 2023.
- O’LEARY, T. J.; WARDLE, S. L.; GREEVES, J. P. Energy Deficiency in Soldiers: The Risk of the Athlete Triad and Relative Energy Deficiency in Sport Syndromes in the Military. **Frontiers in Nutrition**, v. 7, p. 142, 25 ago. 2020.



OTIS, C. L. *et al.* American College of Sports Medicine position stand. The Female Athlete Triad. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 29, n. 5, p. i–ix, maio 1997.

PIERCE, J. R. *et al.* Body mass index predicts selected physical fitness attributes but is not associated with performance on military relevant tasks in U.S. Army Soldiers. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Special Issue on Military Human Performance Optimization / Injury Prevention. v. 20, p. S79–S84, 1 nov. 2017.

POWELL-DUNFORD, N. C. *et al.* Attitudes and knowledge about continuous oral contraceptive pill use in military women. **Military Medicine**, v. 168, n. 11, p. 922–928, nov. 2003.

PRATHER, H. *et al.* Are Elite Female Soccer Athletes at Risk for Disordered Eating Attitudes, Menstrual Dysfunction, and Stress Fractures? **PM&R**, v. 8, n. 3, p. 208–213, 1 mar. 2016.

SAMAL, R.; HABEEBULLAH, S. Primary amenorrhea: a clinical review. **International Journal of Reproduction, Contraception, Obstetrics and Gynecology**, v. 6, n. 11, p. 4748, 28 out. 2017.

SCHNEIDER, M. B. *et al.* Menstrual Irregularity in Female Military Cadets: Comparison of Data Utilizing Short-term and Long-term Recall. **Journal of Pediatric and Adolescent Gynecology**, v. 16, n. 2, p. 89–93, abr. 2003.

SYED, J. *et al.* Prevalence of Risk Factors of the Female Athlete Triad among Young Elite Athletes of Pakistan. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 17, n. 2, 1 fev. 2022.

TENFORDE, A. S. *et al.* Parallels with the Female Athlete Triad in Male Athletes. **Sports Medicine**, v. 46, n. 2, p. 171–182, fev. 2016.

TENFORDE, A. S. *et al.* Association of the Female Athlete Triad Risk Assessment Stratification to the Development of Bone Stress Injuries in Collegiate Athletes. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 45, n. 2, p. 302–310, fev. 2017.

WARNER, C. *et al.* Disordered Eating in Entry-Level Military Personnel. **Military Medicine**, v. 172, n. 2, p. 147–151, 1 fev. 2007.

WENTZ, L. *et al.* Females Have a Greater Incidence of Stress Fractures Than Males in Both Military and Athletic Populations: A Systemic Review. **Military Medicine**, v. 176, n. 4, p. 420–430, 1 abr. 2011.

WILLIAMS, N. I. *et al.* Female Athlete Triad and Relative Energy Deficiency in Sport: A Focus on Scientific Rigor. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 47, n. 4, p. 197–205, out. 2019.

WILLIAMS, V. F.; STAHLMAN, S.; TAUBMAN, S. B. Diagnoses of eating disorders, active component service members, U.S. Armed Forces, 2013–2017. **MSMR**, v. 25, n. 6, p. 18–25, jun. 2018.

Capacidades físicas e variáveis antropométricas associadas ao desempenho na marcha com carregamento de carga: uma revisão sistemática

Physical fitness components associated with load carriage performance: a systematic review

RESUMO

Objetivo: O propósito deste estudo foi realizar uma revisão sistemática para explorar as capacidades físicas e variáveis antropométricas que estão ligadas ao desempenho durante a marcha com o transporte de cargas. **Método:** Foi realizada uma revisão sistemática da literatura nas bases de dados Web of Science, Embase, PubMed, LILACS e Cochrane e selecionados estudos cujos critérios de elegibilidade atendessem à estratégia PECOS (participantes: militares; exposição: capacidades físicas e variáveis antropométricas classificadas como “bons”; comparação = capacidades físicas e variáveis antropométricas classificadas como “baixos”; *outcome* = desempenho na marcha com carga; e desenho do estudo = observacional. Os seguintes dados foram extraídos dos estudos: características da amostra utilizada, incluindo o tamanho; avaliação do desempenho; capacidade física e variáveis antropométricas; marcha, carga transportada em quilogramas, a velocidade de deslocamento, o tempo de execução e a distância percorrida durante a marcha; e os resultados. **Resultados:** Um total de 10 estudos foram incluídos na revisão. Participantes com maior massa corporal total e melhor condicionamento aeróbico, pela avaliação direta ou estimado pelo consumo máximo de oxigênio tiveram melhor desempenho. **Conclusão:** O condicionamento aeróbico e a composição corporal parecem ser associados com o desempenho da marcha com carga.

Palavras-chave: Militares. Carregamento de carga. Condicionamento físico.

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to carry out a systematic review to explore the elements of physical conditioning, physical capabilities and anthropometric variables that are linked to performance during walking and carrying loads. **Method:** A systematic review of the literature was carried out in the Web of Science, Embase, PubMed, LILACS and Cochrane databases and studies were selected whose eligibility criteria met the PECOS strategy (participants: military personnel; exposure: physical capabilities and anthropometric variables classified as “good”; comparison = physical capabilities and anthropometric variables classified as “low”; outcome = performance in weight-bearing; and study design = observational. the populations studied were military personnel undergoing weight-bearing gait with the purpose of investigating the components of physical fitness associated with good performance in the activity. The following data were extracted from the studies: characteristics of the sample used, including size; physical capacity and anthropometric variables; the execution time and the distance covered during the march; and the results. **Results:** A total of 10 studies were included in the review. Participants with greater total body mass and better aerobic fitness, as assessed directly or estimated by maximum oxygen consumption exhibited better performance. **Conclusions:** Aerobic conditioning and body composition seem to be associated with load carriage walking performance.

Keywords: Military personnel. Load carriage. Physical fitness.

Arthur Henrique Baldo

Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes - CEFAN, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Email: arthur.hb@hotmail.com

ORCID:

<https://orcid.org/0009-0003-2075-9428>

Priscila dos Santos Bunn

Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes - CEFAN, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Email: priscilabunn@yahoo.com.br

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-6193-4788>

Received:	27 May 2024
Reviewed:	May/Oct 2024
Received after revised:	22 Oct 2024
Accepted:	05 Nov 2024



RAN

Revista Agulhas Negras

ISSN on-line 2595-1084

<http://www.ebrevistas.eb.mil.br/aman>



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



1 Introdução

Ao longo dos séculos houve um aumento progressivo na quantidade de carga transportada pelos militares nos deslocamentos a pé. Tal aumento se deve aos avanços tecnológicos, havendo assim a necessidade de transporte de mais armamento e equipamentos para aumentar o poder de fogo, proteção e comunicações (Alvar *et al.*, 2017). Estudos mostram que nas últimas três décadas essas cargas aumentaram em mais de 50%, alcançando uma média de quase 50 kg em três conflitos internacionais imediatamente anteriores a 2016 (Taylor; Peoples; Petersen, 2016). Neste mesmo sentido, pesquisas sugerem que apesar dos avanços tecnológicos em geral, de armamentos e nos teatros de guerra, o peso carregado para o combate por militares norte-americanos, australianos, britânicos, espanhóis e alemães segue aumentando, podendo variar em torno de 25 kg à 45 kg (Orr *et al.*, 2021).

O gasto de energia e a exigência do exercício de caminhar com uma mochila aumentam de maneira significativa à medida que aumenta a massa carregada, a massa corporal, a velocidade da caminhada, a inclinação e o tipo de terreno. Além disso, os soldados não apenas realizam marchas com carga, como também outras tarefas físicas, como transpor obstáculos, rastejar e atirar, carregando cargas elevadas. (Knapik; Reynolds; Harman, 2004).

O preparo para a tarefa de carregar cargas pode estar associado a um ou mais capacidades físicas e variáveis antropométricas, quais sejam, agilidade, equilíbrio, potência, força, resistência e capacidade aeróbia. Os estudos apontam diferentes variáveis associadas ao desempenho na marcha com carga (Dicks *et al.*, 2021; Fallowfield *et al.*, 2012; Mainenti *et al.*, 2023), o que tem motivado a utilização de métodos combinados de treinamento físico para aumentar o desempenho dos militares. Dentre estes, são citados os exercícios aeróbicos, treinamento de resistência, treinamento intervalado e exercício específico de marcha com carga (Knapik *et al.*, 2012).

Apesar da importância para nortear a prescrição do treinamento físico, não há um consenso entre os estudos que investigaram a associação entre as capacidades físicas e variáveis antropométricas e o desempenho na marcha com carga (Dicks *et al.*, 2021; Fallowfield *et al.*, 2012; Knapik *et al.*, 2012; Mainenti *et al.*, 2023). Neste contexto, um estudo de revisão sistemática (RS) sumarizaria as evidências obtidas dos estudos originais, permitindo uma tomada de decisão para a prática profissional para uma questão específica (Dekkers *et al.*, 2019). Todavia, não foram encontradas RS que associassem as capacidades físicas e variáveis antropométricas ao desempenho dos participantes em marchas com cargas, conhecimento este que pode levar a um melhor conhecimento a respeito dos fatores associados ao desempenho dos militares quando em missões onde haja a necessidade de desempenhar tais atividades.



Desta forma, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática para investigar quais capacidades físicas e variáveis antropométricas são associadas com o desempenho de militar na marcha com carregamento de carga.

2 Método

2.1 Desenho do Estudo

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura redigida de acordo com as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* (PRISMA) (Page *et al.*, 2021). O protocolo foi previamente cadastrado no *International prospective register of systematic reviews* (PROSPERO) sob o número CRD42023425652.

2.2 Estratégia de busca

Inicialmente, foi realizada uma busca no PROSPERO e na base Pubmed com o propósito de verificar se já existia alguma revisão sistemática com o mesmo objetivo. Como não foram encontradas revisões similares, a busca foi realizada nas bases de dados *Web of Science*, *Embase*, *PubMed*, *Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences* (LILACS) e *Cochrane* durante os meses de março e abril de 2023. A estratégia de busca foi desenvolvida utilizando os seguintes Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e *Medical Subject Headings* (MeSH), sendo “carregamento de carga”, “componentes do condicionamento físico” e “militares” (APÊNDICE). As equações de busca foram elaboradas com os operadores de lógica booleana *AND* (entre os descritores) e *OR* (entre os sinônimos).

2.3 Critérios de elegibilidade dos estudos incluídos

O critério de elegibilidade para a seleção dos estudos foi adotado de acordo com a seguinte Estratégia PECOS (BRASIL, 2014): participantes = militares da ativa de qualquer faixa etária; exposição = capacidades físicas e variáveis antropométricas classificadas como “bons”; comparação = capacidades físicas e variáveis antropométricas classificadas como “ruins”; outcome = desempenho na marcha com carga, avaliado pelo tempo de atividade, velocidade ou parâmetros fisiológicos, como frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio (VO₂max), tempo até a exaustão e percepção subjetiva de esforço (PSE); e desenho do estudo = observacional de coorte ou transversais. Por considerar uma potencial natureza multifatorial do desempenho na marcha com carga, optamos por incluir quaisquer capacidades físicas e variáveis antropométricas que pudessem ser investigadas como associados ao desempenho na



marcha com carga. Foram excluídos estudos experimentais, de acurácia diagnóstica, além de estudos que não tenham isolado algum componente do condicionamento físico na análise.

2.4 Seleção dos estudos

Dois avaliadores independentes realizaram a seleção dos estudos de forma independente no site [Rayyan.ai](https://rayyan.ai), disponível gratuitamente (Figura 1). Inicialmente, eles removeram os estudos duplicados. Posteriormente, os dois autores selecionaram os títulos e resumos, categorizando os títulos como “incluído”, “excluído” ou “talvez”. Posteriormente, textos completos foram analisados para elegibilidade, cujos motivos de exclusões foram registrados. Nesta etapa, os documentos avaliados também foram categorizados como “incluído”, “excluído” ou “talvez”. Eventuais discordâncias foram sanadas por consenso.

2.5 Extração dos dados dos estudos

Nesta revisão, foram coletados os seguintes dados dos estudos selecionados: autor e ano, características da amostra utilizada, incluindo o tamanho; método de avaliação do desempenho; capacidades físicas e variáveis antropométricas avaliadas; protocolo da marcha; carga transportada em quilogramas (kg), a velocidade de deslocamento, o tempo de execução; distância percorrida durante a marcha; e os resultados dos estudos individuais (Tabela 1). A extração dessas informações foi realizada por dois avaliadores, de forma independente, organizando-se as informações em tabelas por meio do *software* de edição de planilhas Microsoft Excel.

2.6 Avaliação metodológica

A avaliação metodológica dos estudos selecionados foi realizada por dois avaliadores independentes com a ferramenta de Avaliação da Qualidade dos Institutos Nacionais de Saúde (NIH) para estudos observacionais de coorte e transversais (disponível em <https://nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools>). Para os estudos transversais, esta escala considera nove dos quatorze domínios divididos em três campos de possíveis vieses, que são de seleção, comparação e desfecho. Para cada domínio, os revisores responderam a cada pergunta como “Sim”, “Não”, “Não é possível determinar”, “Não aplicável” ou “Não relatado”, com base na revisão crítica de cada estudo. As perguntas respondidas com “Sim” receberam uma pontuação de 1, enquanto as perguntas respondidas com “Não”, “Não é possível determinar” ou “Não relatado” receberam uma pontuação de 0. A pontuação



total de cada estudo foi usada para classificar o risco de viés como baixo (6–8), moderado (3–5) ou alto (0–2). Discordâncias foram sanadas por consenso.

3 Resultados

Inicialmente, foi encontrado um total de 1.448 registros nas bases de dados. Após a remoção de 151 títulos duplicados no site Rayyan, foram lidos todos os títulos e resumos dos 1.298 estudos restantes. Posteriormente, foram selecionados 61 estudos elegíveis para a análise do texto completo. Finalmente, foram selecionados 10 estudos para inclusão na revisão por atenderem a estratégia PECOS previamente definida (Figura 1).

As amostras foram constituídas majoritariamente por militares das Forças Armadas, sendo a maioria de exércitos ou fuzileiros navais, alguns profissionais de outras áreas de segurança e, em sua minoria, por civis. A presença de homens era predominante, embora alguns estudos tenham contado também com a presença de mulheres, havendo apenas um estudo cujos participantes foram exclusivamente mulheres. Quanto à nacionalidade, em sua ampla maioria os estudos são anglo-saxões: 4 norte-americanos e 4 britânicos, além de 1 brasileiro, 1 croata e 1 sueco. O tamanho da amostra dos estudos foi diverso, com os menores estudos contando com a presença de 12 participantes e o maior estudo com 148 participantes (Quadro 1). Além destes, a Tabela 1 também apresenta a média de idade, estatura, massa corporal total (MCT) e percentual de gordura das amostras.

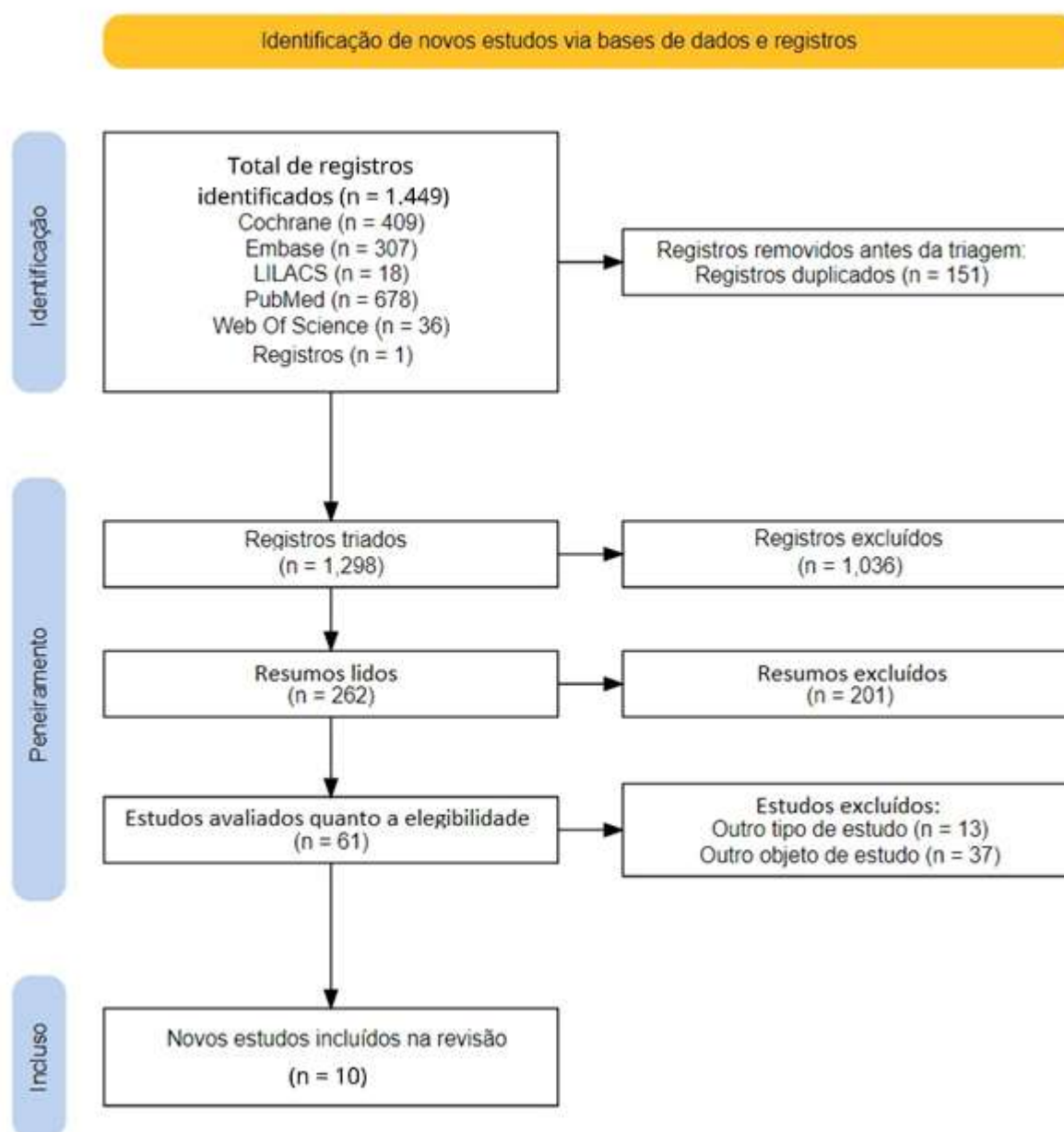
Em relação às características dos fatores associados ao desempenho na marcha com carga, as marchas avaliadas nos estudos variaram quanto a carga carregada pelos participantes (entre 0 e 50 quilogramas) e quanto à distância (entre 400 metros e 19,3 quilômetros). O tempo de execução e a velocidade que as amostras executaram as suas respectivas marchas variaram em função do método de avaliação do desempenho, que em sua maioria fora o tempo para execução, o mais rápido possível, carregando a carga e percorrendo a distância prescrita pelos avaliadores, sendo presentes ainda para avaliar o desempenho nos estudos, porém com menor frequência: FC, PSE e VO_{2max} .

As variáveis avaliadas pelos estudos incluídos foram potência, composição corporal, condicionamento aeróbico, resistência anaeróbica, velocidade, força, resistência muscular, além de pontuação em Testes de Aptidão Física dos exércitos Brasileiro (TAF) e Norte-Americano (APFT), que conjugam exercícios de condicionamento aeróbico, resistência muscular e força (Tabela 2). Em seus resultados, é possível notar uma preponderância de melhor desempenho para participantes com maiores MCT e desempenho aeróbico, sem diferenças entre os sexos quando a composição corporal era



semelhante, além de alguns autores apontarem a experiência prévia na tarefa como fator importante para o desempenho na marcha. Em relação à qualidade metodológica, os estudos apresentaram escores entre 6 e 7 pontos, indicando um baixo risco de viés. Os domínios com menos pontuações nos estudos foram o 4 e o 14, relacionados ao emprego de amostras de populações diferentes e à falta de ajuste estatístico para o controle de vieses de confundimento (Tabela 3).

Figura 1. Fluxograma de busca na literatura.



Fonte: os autores

Tabela 1. Características dos estudos e amostras incluídos.

ESTUDO	TAMANHO DA AMOSTRA			CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA				
	Homens (n)	Mulheres (n)	Total (n)	Idade (anos)	Estatura (cm)	MCT (Kg)	% G	População
(FALLOWFIELD <i>et al.</i>, 2012)	12	0	12	22 ± 3	178 ± 5	80,7 ± 6,8	11,8 ± 3,0	Recrutas Fuzileiros Navais britânicos.
(DICKS <i>et al.</i>, 2021)	15	5	20	20,6 ± 1,65	176 ± 9	78,2 ± 11,3	-	Army Reserve Officer's Training Corps (ROTC), EUA.
(GODHE <i>et al.</i>, 2020)	19	17	36	30 ± 6 (Masculino), 29 ± 6 (Feminino)	1.81 ± 0.05 (Masculino), 1.68 ± 0.07 (Feminino)	82,5 ± 7,0 (Masculino) 66,1 ± 8,9 (Feminino)	-	Bombeiros, militares, policiais e estudantes da Escola de Esporte e Ciências da Saúde (Estocolmo, Suécia). Com e sem experiência em carregamento de carga (>5 anos).
(SPIERING <i>et al.</i>, 2021)	72	2	74	23 ± 3 (PP), 22 ± 3 (SP)	175 ± 8 (PP), 175 ± 8 (SP)	75,5 ± 11,9 (PP), 81,4 ± 12,9 (SP)	22.0 ± 5.7 (SP)	Recrutas do Exército dos EUA.
(COAKLEY <i>et al.</i>, 2019)	87	48	135	26 ± 5	174,5 ± 9	74,2 ± 11,3	-	Militares do Exército britânico.
(SIMPSON <i>et al.</i>, 2017)	17	0	17	25,9 ± 4,3	180,1 ± 6,3	79,3 ± 6,5	-	Militares do Exército britânico.

ESTUDO	TAMANHO DA AMOSTRA			CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA				
(SPORIŠ <i>et al.</i> , 2014)	30	0	30	23,65 ± 1,79	178,66 ± 5,93	79,35 ± 7,71	10,80 ± 3,97	Militares croatas.
(WALKER <i>et al.</i> , 2015)	22	20	42	23,7 ± 3,9	170 ± 10	67,9 ± 9,8	17,8 ± 8,2	Militares e civis norte-americanos, ativos fisicamente.
(WILLIAMS; RAYSON, 2006)	124	24	148	21 ± 3 (E1), 18 ± 2 (E2)	171 ± 1 (E1), 175 ± 06 (E2)	68,8 ± 10,6 (E1), 71,0 ± 9,5 (E2)	16,7 ± 7,3 (E1), 10,8 ± 3,5 (E2)	Recrutas do Exército britânico.
(PANDORF; FRYKMAN, 2001)	0	12	12	25,3 ± 5,5	166 ± 6,5	61,3 ± 6,7	25,7 ± 3,22	Mulheres militares do Exército dos EUA.

Legenda: TAF = Teste de Aptidão Física; MCT: Massa Corporal Total; % G: Percentual de Gordura; PP = Primeira parte do estudo; SP = Segunda parte do estudo; E1 = Estudo 1; E2 = Estudo 2. **Fonte:** os autores.

Tabela 2. Características dos fatores associados ao desempenho na marcha com carga

Estudo	Marcha Avaliada					Método de Avaliação do Desempenho	Capacidade física e variáveis antropométricas avaliadas	Resultados dEstudo
	Autor/Ano	Tempo de execução (min)	Velocidade (Km/h)	Carga (Kg)	Distância (Km)			
(FALLOWFIELD <i>et al.</i> , 2012)		270	4,2	31	19,3	Ar livre	Frequência cardíaca, VO2máx	Potência, Composição Corporal, Condicionamento Aeróbico.
(DICKS <i>et al.</i> , 2021)		-	-	21	0,4 e 3,2	Indoor	Tempo	Resistência Anaeróbica, Condicionamento Aeróbico.
								Relação negativa entre %HRR durante a marcha e MCT (r = 0,72, P = 0,009), massa magra (r = 0,67, P = 0,018) e estatura (r = 0,70, P = 0,012. Potência não pareceu influenciar
								Melhor CV e vVO2máx diminui o tempo para conclusão de tarefa de carregamento de carga

(GODHE <i>et al.</i>, 2020)	5	3 e 5	20, 35 e 50	-	Simulação de terreno	ELI20, ELI35 e ELI50 e VO2máx	Força, Resistência Muscular, Composição Corporal, Condicionamento Aeróbico.	Para a carga mais baixa (20 kg), ELI20, foi correlacionada com a massa corporal, mas nenhum outro fator. Caminhada com 35 e 50 kg carga a 5 km h-1 massa corporal, altura corporal, força muscular da perna e VO2max absoluto foram correlacionados, enquanto relativo VO2max, resistência muscular do tronco e distribuição de fibras musculares da perna não foram correlacionados com ELI35 e ELI50
(SPIERING <i>et al.</i>, 2021)	-	-	33	3,2	Ar livre	Tempo, Velocidade	Composição Corporal, Força Muscular, Potência, Resistência Muscular, Condicionamento Aeróbico.	A performance no teste de carregamento de carga foi influenciada pela massa gorda e pelo VO2máx (R2 = 0,30). Força, potência e resistência muscular não tiveram influência
(COAKLEY <i>et al.</i>, 2019)	-	-	25	12,87	-	Tempo	Composição Corporal, Força Muscular, Condicionamento Aeróbico.	Tempo de corrida de 1,5 milha + MCT prevê o desempenho de marcha de 8 milhas, independentemente do sexo. Força não foi preditor de desempenho
(SIMPSON <i>et al.</i>, 2017)	-	-	20	12,87	Ar livre	Tempo	Condicionamento Aeróbico (VO2máx e lactato sanguíneo).	Velocidade da esteira no ponto de parada (r = 0,85); limiar de lactato (r = -0,80) e VO2máx (r = 0,76) foram correlacionados ao desempenho
(SPORIŠ <i>et al.</i>, 2014)	-	-	25	18	Ar livre	Tempo	Resistência Muscular, Força Muscular, Condicionamento Aeróbico, Composição Corporal.	Análise de regressão linear múltipla: a resistência cardiorrespiratória (3200 e VO2máx) foram associados ao desempenho. Força e composição corporal não tiveram correlação
(WALKER <i>et al.</i>, 2015)	-	4,8 a 8	0 a 30	-	Esteira	Tempo até exaustão	Condicionamento Aeróbico,	Carregar carga resulta em diminuição da função pulmonar e desempenho. Diferentes distribuições de carga

							Composição Corporal.	devem ser investigadas. O desempenho em uma corrida de 4,8km está fortemente correlacionado com o desempenho sem carga. No entanto, essa correlação cai à medida que a carga aumenta, sugerindo que esta não é uma boa medida para avaliar a aptidão para tarefas carregadas. A composição corporal não pareceu ter influência.
(WILLIAMS; RAYSON, 2006)	-	-	15 (E1) e 25 (E2)	3,2	Asfalto	Tempo	Resistência Muscular, Força Muscular, Condicionamento Aeróbico, Composição Corporal.	Foi possível prever o desempenho do transporte de carga com uma carga de 15 kg (shuttle run, % G, e sexo), mas foi questionável ao usar uma carga de 25 kg. Resistência e força muscular não predisseram o desempenho.
(PANDORF; FRYKMAN, 2001)	-	-	14, 27 e 41	3,2	Ar livre	Tempo	Condicionamento Aeróbico, Composição Corporal, APFT (Army Physical Fitness Test) **.	O VO ² máx absoluto e o tempo de corrida de 3,2 km foram os melhores preditores do tempo de execução de marcha carregada. APFT pode ter valor como preditor. Sugere que indivíduos maiores e com maior massa muscular carregam cargas mais pesadas mais rapidamente.

TAF = Teste de Aptidão Física; EB = Exército Brasileiro; * = Corrida de 12 minutos; Abdominais; Flexão de braços; e barra fixa; ** = 2 minutos de flexão de braços; 2 minutos de abdominais; e corrida de 2 milhas; FC = Frequência cardíaca; PSE = Percepção subjetiva de esforço; VO₂máx = Consumo de Oxigênio Máximo; %HRR = % de Reserva de Frequência Cardíaca; MCT = Massa Corporal Total; ELI = Índice de Carga Extra; CV = Velocidade Crítica; vVO₂máx = Velocidade no VO₂máx; % G: Percentual de Gordura. R² = cCeficiente de regressão; r = Coeficiente de correlação. Fonte: os autores.

Tabela 3. Ferramenta de Avaliação da Qualidade dos Institutos Nacionais de Saúde para estudos observacionais de coorte e transversais.

Referências	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11	Item 12	Item 13	Item 14	Pontuação
Coakley <i>et al</i> (2018)	Sim	Sim	NA	Sim	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Sim	7
Dicks <i>et al</i> (2020)	Sim	Sim	NA	Sim	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Não	6
Followfield <i>et al</i> (2012)	Sim	Sim	NA	Sim	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Não	6
Godhe <i>et al</i> (2020)	Sim	Sim	NA	Não	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Sim	6
Pandorf <i>et al</i> (2000)	Sim	Sim	NA	Sim	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Sim	7
Simpson <i>et al</i> (2016)	Sim	Sim	NA	Sim	Sim	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Não	7
Spiering <i>et al</i> (2019)	Sim	Sim	NA	Sim	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Não	6
Sporis <i>et al</i> (2014)	Sim	Sim	NA	Sim	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Sim	7
Walker <i>et al</i> (2015)	Sim	Sim	NA	Não	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Sim	6
Williams e Rayson (2006)	Sim	Sim	NA	Sim	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Sim	7

NA = não aplicável.

Fonte: os autores.



4 Discussão

O presente estudo teve como propósito investigar as capacidades físicas e variáveis antropométricas associadas com o desempenho de militares na marcha com carregamento de carga. Os estudos selecionados fornecem uma visão abrangente sobre os principais fatores que influenciam o desempenho físico no carregamento de cargas. As valências físicas que foram apontadas, por estes, como associadas ao desempenho na marcha com carga foram principalmente composição corporal (MCT e %G) (COAKLEY *Et al.*, 2019; FALLOWFIELD *et al.*, 2012; Godhe *et al.*, 2020; SPIERING *et al.*, 2021; Williams; Rayson, 2006) e condicionamento aeróbico (Dicks *et al.*, 2021; Godhe *et al.*, 2020; Simpson *et al.*, 2017; Spiering *et al.*, 2021; Sporiš *et al.*, 2014; Walker *et al.*, 2015; Williams; Rayson, 2006). Em menor medida houve influência do condicionamento anaeróbico (DICKS *et al.*, 2021), discreto papel da resistência muscular (Williams; Rayson, 2006), e questionável influência do sexo (Coakley *et al.*, 2019; Godhe *et al.*, 2020). Por outro lado, potência (Fallowfield *et al.*, 2012) e força (Coakley *et al.*, 2019; Godhe *et al.*, 2020; Spiering *et al.*, 2021; Sporiš *et al.*, 2014; Williams; Rayson, 2006) não foram associadas, por si só, ao desempenho na marcha com carga.

Os estudos analisados destacam que a composição corporal, particularmente a massa muscular e a estatura, influencia significativamente a capacidade de carregar cargas pesadas. A massa muscular total (MCT) e a percentagem de gordura (%G) são frequentemente associadas a um melhor desempenho em marchas carregadas (Coakley *et al.*, 2019; Fallowfield *et al.*, 2012; Godhe *et al.*, 2020; Spiering *et al.*, 2021; Williams; Rayson, 2006). Além disso, a estatura pode afetar a demanda fisiológica durante o carregamento de carga, com indivíduos de estatura menor experimentando um esforço maior em termos relativos, mesmo ao carregar a mesma carga absoluta. A especificidade da tarefa é outra variável crucial; a experiência prévia em marchar com carga parece melhorar o desempenho, independentemente da composição corporal (Godhe *et al.*, 2020; Spiering *et al.*, 2021; Sporiš *et al.*, 2014; Williams; Rayson, 2006). Assim, enquanto a composição corporal é importante, a experiência e o treinamento específico parecem ser determinantes fundamentais para otimizar o desempenho na marcha com carga.

A análise comparativa dos estudos evidencia a importância da MCT e do VO2máx no desempenho de marchas carregadas. A MCT e o VO2máx são considerados preditores importantes da capacidade de carregar cargas pesadas (Fallowfield *et al.*, 2012). Embora o desempenho na corrida de 4,8 km e a marcha sem carga mostrem uma correlação significativa, essa relação diminui com o aumento da carga, sugerindo que a aptidão geral pode não refletir adequadamente o desempenho em tarefas com carga pesada (Walker *et al.*, 2015). Em contraste, o VO2máx absoluto e o tempo de corrida de 3,2 km emergem como indicadores mais eficazes para prever o tempo de execução da



marcha carregada, destacando sua relevância na avaliação do desempenho (Pandorf; Frykman, 2001). Portanto, a combinação de MCT, VO₂máx e o treinamento específico parece ser mais eficaz para prever e melhorar o desempenho em atividades de carregamento de carga.

A MCT e o VO₂máx desempenham papéis cruciais no desempenho durante o carregamento de carga. Estudos indicam que indivíduos com menor MCT e VO₂máx enfrentam maior tensão cardiovascular e redução na função neuromuscular ao carregar cargas absolutas, mesmo que sejam fisicamente aptos e experientes (Fallowfield *et al.*, 2012). A MCT é um determinante significativo para a capacidade de carregar cargas pesadas, com a experiência prévia em tarefas semelhantes também influenciando o desempenho (Godhe *et al.*, 2020). O VO₂máx, além de sua importância geral, é um preditor relevante para o desempenho em marchas carregadas, ajudando a explicar a variação no tempo necessário para concluir a tarefa (Dicks *et al.*, 2021). Por outro lado, a resistência cardiorrespiratória, como evidenciada por estudos que mostram que 47% da variância inexplicável no desempenho pode ser atribuída a este fator, tem uma influência crescente comparada a outros parâmetros físicos (SPORIŠ *et al.*, 2014). O limiar de lactato também emerge como um fator crucial para alcançar altos níveis de rendimento e resistência (Simpson *et al.*, 2017). Além disso, indivíduos com maior MCT experimentam menor impacto fisiológico ao carregar cargas, demonstrando que a MCT pode mitigar o efeito da carga adicional sobre a fisiologia do indivíduo (Taylor *et al.*, 2012). Esses achados sublinham a necessidade de considerar a MCT e o VO₂máx, bem como a resistência cardiorrespiratória, ao avaliar o desempenho em tarefas de carregamento de carga.

O VO₂máx é um indicador da capacidade aeróbica de um indivíduo, representando a quantidade máxima de oxigênio que pode ser utilizado durante o exercício intenso. É medido em ml/min/kg e reflete a habilidade cardiovascular de fornecer oxigênio aos músculos e sua capacidade de utilizá-lo para gerar energia. Fatores como idade, sexo, condicionamento físico e tamanho corporal influenciam os resultados do teste (ACSM, 2017).

O VO₂máx absoluto e o tempo de corrida de 3,2 km são os indicadores mais relevantes para prever o tempo de execução da marcha carregada, sinalizando uma forte correlação com o desempenho (Pandorf; Frykman, 2001). No mesmo sentido, a combinação do tempo de corrida de 1,5 milha com a MCT pode prever com precisão o desempenho na marcha de 8 milhas, independentemente do sexo (Coakley *et al.*, 2019). Todavia, em outro estudo é apontado que carregar carga acarreta uma diminuição da função pulmonar e desempenho. Embora o desempenho em uma corrida de 4,8 km esteja fortemente correlacionado com a marcha sem carga, essa correlação diminui à medida que a carga aumenta, o que sugere que essa medida não é adequada para avaliar a aptidão em tarefas com transporte de cargas. (Walker *et al.*, 2015).



Não obstante, estas variáveis por si só parecem não explicar o desempenho tarefa ora estudada, em contrapartida, as respostas fisiológicas durante o transporte de carga têm sido mostradas como dependentes de uma combinação de massa da carga, velocidade do movimento, inclinação, terreno, fatores situacionais e condições ambientais (Ainslie *et al.*, 2005; Knapik; Harman; Reynolds, 1996; Pandolf; Givoni; Goldman, 1977). O desempenho no transporte de carga com uma carga de 15 kg pode ser previsto por este, juntamente com testes de *shuttle run* e avaliação do percentual de gordura. Contudo, essa previsão se torna questionável ao usar uma carga de 25 kg, enfatizando a necessidade de programas de treinamento e metas de desempenho baseados na especificidade da tarefa (Williams; Rayson, 2006), o que corrobora os achados dos outros estudos.

A força, isoladamente, não foi associada ao desempenho na marcha com carga (Coakley *et al.*, 2019; Godhe *et al.*, 2020; Spiering *et al.*, 2021; Sporiš *et al.*, 2014; Williams; Rayson, 2006). Entretanto, estudos que consideraram os conjuntos de testes de avaliação física (TAF) mostraram que indivíduos com melhores desempenhos no TAF parecem sofrer uma menor demanda fisiológica ao serem avaliados militares do Exército Brasileiro (Mainenti *et al.*, 2023) e do Exército Norte-Americano (Pandorf; Frykman, 2001). Uma possível explicação pode ser a natureza multifatorial associada ao desempenho na marcha com carga, que parece depender de diferentes valências físicas.

Finalmente, com relação ao sexo, buscou-se investigar se seria evidente uma possível diferença de desempenho quando comparados homens e mulheres. Observou-se nas mulheres uma queda muito maior de desempenho em relação aos dos testes de 0 kg a 30 kg durante a realização tarefas de transporte de carga (Walker *et al.*, 2015). Em função de as mulheres serem na média menores que os homens (62 kg vs. 73 kg naquele estudo), as cargas externas absolutas representam um desafio relativo maior para as mulheres. Além disso, as mulheres tinham uma percentagem de gordura corporal maior do que os homens (25% vs. 11%), resultando em uma massa livre de gordura geral ainda menor. A massa livre de gordura foi demonstrada em outros estudos estar correlacionado com o aumento do desempenho no transporte de carga (Beekley *et al.*, 2007).

Por outro lado, outros estudos mostram que a potencial diferença de desempenho entre homens e mulheres pode ser mitigada dependendo da composição corporal sexos (Coakley *et al.*, 2019; Godhe *et al.*, 2020) e do condicionamento físico dos militares tarefa (Williams; Rayson, 2006). Desta forma, a avaliação física pode ter um papel fundamental na seleção de militares que realizam o transporte de cargas, podendo ainda nortear estratégias de aumento da massa magra e do condicionamento físico.

Em síntese, a especificidade da tarefa, a composição corporal e a capacidade cardiovascular são fatores fundamentais na otimização do desempenho em atividades que envolvam o transporte de cargas, independentemente do sexo do indivíduo. Considerar a interação entre esses fatores é



essencial para o desenvolvimento de programas de treinamento e estabelecimento de metas de desempenho mais eficazes e individualizados, visando maximizar a capacidade de lidar com tarefas carregadas de forma eficiente e bem-sucedida. Compreender a importância dessas correlações permite uma abordagem mais informada e direcionada na busca pela excelência no desempenho físico em contextos que exigem o carregamento de cargas.

Por fim, é curioso notar que com exceção dos estudos que aplicaram testes de aptidão física como componentes mistas do condicionamento físico (Pandorf; Frykman, 2001), apenas um estudo apontou variáveis do desempenho muscular com possível crescente importância para a predição da tarefa, porém com menos importância que um teste de corrida de 3200 metros e de $VO_2^{máx}$ (SPORIŠ *et al.*, 2014). Estes achados vão de encontro com outros anteriores, onde é apontado que dentre as variáveis do desempenho muscular foi demonstrada correlação entre carregamento de carga (15-25 Kg), força máxima e resistência muscular (Rayson; Holliman; Belyavin, 2000). Além disso, foi descrito que força máxima de membros superiores tiveram forte e positiva correlação com o desempenho no carregamento de cargas moderadas e pesadas (29 e 45 Kg, respectivamente) enquanto força de membros inferiores, salto horizontal parado e resistência muscular não foram correlacionadas com a performance carregando qualquer peso (Terho; Vaara; Kyröläinen, 2018).

4.1 Limitações e Pontos Fortes

Podem ser consideradas como limitações do presente trabalho o tamanho heterogêneo das amostras dos estudos selecionados, assim como a grande variedade de cargas e distâncias de marcha empregadas para suas respectivas avaliações e as formas de mensuração do desempenho e dos possíveis preditores de desempenho. Com isso, não foi possível realizar uma metanálise dos resultados obtidos dos estudos. Além disso, a falta de associação entre força muscular, resistência de força e potência pode ser explicada pelos diferentes tipos de testes empregados pelos estudos (agachamento, abdominais, barra etc.).

Por outro lado, essa variedade de formas de mensuração do desempenho e possíveis preditores do mesmo permitiu uma visão mais ampla dos fatores associados ao desempenho da marcha, o que se torna positivo, considerando-se esta; atividade militar tão importante. Outro ponto forte do presente estudo é o fato de ser a primeira revisão a realizar uma pesquisa tão abrangente, buscando em várias bases de dados suas fontes.



5 Conclusão

Os resultados da presente revisão mostraram que a composição corporal (MCT e % G) e condicionamento aeróbico ($VO_2^{máx}$) são cruciais para o desempenho na marcha com carga, assim como a experiência prévia. Entretanto, testes de aptidão física, que combinam avaliações do condicionamento aeróbico, resistência muscular e força podem ser utilizados, embora seja possível que alguns testes sejam irrelevantes para a realização da atividade. Indivíduos maiores e com maior massa muscular têm vantagem em lidar com cargas mais pesadas. Além disso, a literatura ainda carece de mais estudos com testes de força, potência e resistência muscular. Sugere-se que futuras pesquisas investiguem testes de resistência muscular mais específicos, visto que testes generalizados não apresentam correlação com a atividade. Sugere-se também que sejam realizadas pesquisas com maiores distâncias, assim como velocidades diferentes, e cargas maiores do que as apresentadas no presente estudo.



Referências

- American College of Sports Medicine. **ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (10ª edição)**. 10. ed. Estados Unidos da América: Lippincott Williams and Wilkins, 2017, 480 páginas.
- AINSLIE, P. N. *et al.* Physiological and Metabolic Aspects of Very Prolonged Exercise with Particular Reference to Hill Walking. **Sports Medicine**, v. 35, n. 7, p. 619–647, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16026174/>.
- ALVAR, B. A. *et al.* **NSCA's essentials of tactical strength and conditioning**. 1ª ed. Estados Unidos da América: Human Kinetics, 2017, 677 páginas.
- BEEKLEY, M. D. *et al.* Effects of heavy load carriage during constant-speed, simulated, road marching. **Military medicine**, v. 172, n. 6, p. 592–5, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.7205/milmed.172.6.592>.
- COAKLEY, S. L. *et al.* 1.5mile run time and body mass predict 8mile loaded march performance, irrespective of sex. **Journal of science and medicine in sport**, v. 22, n. 2, p. 217–221, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.07.007>.
- DEKKERS, O. M. *et al.* COSMOS-E: Guidance on conducting systematic reviews and meta-analyses of observational studies of etiology. **PLoS Medicine**, v. 16, n. 2, 1 fev. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002742>.
- DICKS, N. D. *et al.* Increased velocity at VO(2)max and load carriage performance in army ROTC cadets: prescription using the critical velocity concept. **Ergonomics**, v. 64, n. 6, p. 733–743, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1858186>.
- FALLOWFIELD, J. L. *et al.* Neuromuscular and cardiovascular responses of Royal Marine recruits to load carriage in the field. **Applied Ergonomics**, v. 43, n. 6, p. 1131–1137, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2012.04.003>.
- GILES, G. E. *et al.* Load Carriage and Physical Exertion Influence Cognitive Control in Military Scenarios. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 51, n. 12, p. 2540–2546, dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002085>.
- GODHE, M. *et al.* Physiological Factors of Importance for Load Carriage in Experienced and Inexperienced Men and Women. **Military medicine**, v. 185, n. 7, p. e1168–e1174, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/milmed/usaa050>.
- GRENIER, J. G. *et al.* Effects of extreme-duration heavy load carriage on neuromuscular function and locomotion: a military-based study. **PLoS one**, v. 7, n. 8, p. e43586, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043586>.
- KNAPIK, J.; HARMAN, E.; REYNOLDS, K. Load carriage using packs: A review of physiological, biomechanical and medical aspects. **Applied Ergonomics**, v. 27, n. 3, p. 207–216, jun. 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(96\)00013-0](https://doi.org/10.1016/0003-6870(96)00013-0).
- KNAPIK, J. J. *et al.* A systematic review of the effects of physical training on load carriage performance. **Journal of strength and conditioning research**, v. 26, n. 2, p. 585–97, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182429853>.
- KNAPIK, J. J.; REYNOLDS, K. L.; HARMAN, E. Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects. **Mil Med**, v. 169, n. 1, p. 45–56, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.7205/milmed.169.1.45>.
- LITLESKARE, S. *et al.* Sprint Interval Running and Continuous Running Produce Training Specific Adaptations, Despite a Similar Improvement of Aerobic Endurance Capacity—A Randomized Trial of Healthy Adults. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 11, p. 3865, 29 maio 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph17113865>.
- LOPES, R. F.; OSIECKI, R.; RAMA, L. M. P. L. Resposta da frequência cardíaca e da concentração de lactato após cada segmento do triathlon olímpico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 3, p. 158–160, jun. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922012000300003>.



MAINENTI, M. R. M. *et al.* O nível de aptidão física afeta o equilíbrio corporal e as respostas fisiológicas após uma tarefa de transporte de carga por 4 km? **Coleção Meira Mattos**, v. 17, n. 59, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.52781/cmm.a106>.

BRASIL. **DIRETRIZES METODOLÓGICAS: Revisão Sistemática e Meta-Análise de Estudos Observacionais Comparativos sobre Fatores de Risco e Prognóstico**. 132p, 2014. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_metodologicas_fatores_risco_prognostico.pdf.

ORR, R. *et al.* Soldier Load Carriage, Injuries, Rehabilitation and Physical Conditioning: An International Approach. **International journal of environmental research and public health**, v. 18, n. 8, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph18084010>.

PAGE, M. J. *et al.* **The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews**. The BMJBMJ Publishing Group, 29 mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.

PANDOLF, K. B.; GIVONI, B.; GOLDMAN, R. F. Predicting energy expenditure with loads while standing or walking very slowly. **Journal of Applied Physiology**, v. 43, n. 4, p. 577–581, 1 out. 1977. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1977.43.4.577>.

PANDOLF, C.; FRYKMAN, P. **Correlates of Load Carriage Performance Among Women**, v. 18, n.2, p. 179-189. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12441582/>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12441582/>.

PIHLAINEN, K. *et al.* Cardiorespiratory Responses Induced by Various Military Field Tasks. **Military Medicine**, v. 179, n. 2, p. 218–224, fev. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-13-00299>.

RAYSON, M.; HOLLIMAN, D.; BELYAVIN, A. Development of physical selection procedures for the British Army. Phase 2: Relationship between physical performance tests and criterion tasks. **Ergonomics**, v. 43, n. 1, p. 73–105, 10 jan. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/001401300184675>.

SIMPSON, R. J. *et al.* Blood lactate thresholds and walking/running economy are determinants of backpack-running performance in trained soldiers. **Applied ergonomics**, v. 58, p. 566–572, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.04.010>.

SPIERING, B. A. *et al.* Predicting Soldier Task Performance From Physical Fitness Tests: Reliability and Construct Validity of a Soldier Task Test Battery. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 35, n. 10, p. 2749–2755, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003222>.

SPORIŠ, G. *et al.* The effects of basic fitness parameters on the implementation of specific military activities. **Collegium antropologicum**, v. 38, p. 165–71, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25643545>.

TAYLOR, N. A.; PEOPLES, G. E.; PETERSEN, S. R. Load carriage, human performance, and employment standards. **Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme**, v. 41, n. 6, p. S131-47, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0486>.

TAYLOR, N. A. S. *et al.* A fractionation of the physiological burden of the personal protective equipment worn by firefighters. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 8, p. 2913–2921, 6 ago. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2267-7>.

TERHO, A.; VAARA, J. P.; KYRÖLÄINEN, H. **Effects of two different loads on cardiorespiratory functions during simulated load carriage exercises**. CISM sport science abstract research line: Psychophysiological military fitness and operational readiness. International Military Sports Council, 2018. Disponível em: <https://www.milспорт.оne/medias/fdvprfiles.php?d=ZmljaGllcnM=&f=Q0lTTV9TcG9ydF9TY2llbmNlX0Fi c3RyYWNOX1RoZXJvXzlwMTgucGRm&s=997928727af98a4724c39b13468cc0ce>.

WALKER, R. E. *et al.* Effect of added mass on treadmill performance and pulmonary function. **Journal of strength and conditioning research**, v. 29, n. 4, p. 882–8, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000408>.

WILLIAMS, A. G.; RAYSON, M. P. Can Simple Anthropometric and Physical Performance Tests Track Training-Induced Changes in Load-Carriage Ability? **Military Medicine**, v. 171, n. 8, p. 742-748, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.7205/milmed.171.8.742>.

Desenvolvimento e Validação de Testes Físicos no âmbito militar: *Insights* para Atletas Táticos

Development and Validation of Physical Assessments in the military: insights for Tactical Athletes

RESUMO

As Forças Armadas militam constantemente para manter suas tropas em condições de agir quando demandado, o que pode ser expresso pelo conceito de prontidão para o combate. Neste sentido, torna-se essencial estruturar programas de treinamento físico apropriados e avaliações confiáveis, que juntos podem contribuir para o preparo adequado dos militares no desempenho de suas tarefas específicas. A literatura apresenta informações dispersas a respeito do desenvolvimento e validação de testes físicos para atletas táticos, tendo em vista que se trata de um processo em grande parte subjetivo, motivo pelo qual se faz necessário conhecer as melhores práticas e os requisitos fundamentais deste processo, a fim de se estruturar uma metodologia robusta. Portanto, o objetivo deste trabalho foi apresentar de forma sistematizada os principais *insights* para o desenvolvimento e validação de testes físicos para atletas táticos, além de apresentar a metodologia utilizada em uma validação que ocorreu no contexto da Força Aérea Brasileira, entre os anos de 2021 e 2023. Pesquisadores que pretendem desenvolver validações de testes físicos para atletas táticos, ou até mesmo empregadores de instituições civis cujo trabalho envolva altas demandas físicas, podem se valer destas informações como material de suporte para seus trabalhos.

Palavras-chave: Militares. Tarefas de Combate. Validação.

ABSTRACT

The Armed Forces constantly fight to keep their troops in a position to act when required, which can be expressed by the concept of combat readiness. In this sense, it is essential to structure good physical training programs and specific assessments, which together can contribute to the adequate preparedness of soldiers to perform their specific tasks. The literature presents scattered information regarding the development and validation of physical tests for tactical athletes, considering that it is a largely subjective process, which is why it is necessary to know the best practices and fundamental requirements of each stage, in order to structure a robust methodology. Therefore, the objective of this work was to systematically present the main insights for the development and validation of physical tests for tactical athletes, in addition to presenting a methodology used in a validation that took place among the Brazilian Air Force between the years of 2021 and 2023. Researchers who intend to develop validations of physical tests for tactical athletes, or even individuals from civilian institutions whose work involves high physical demands, can use this information as support material for their work.

Keywords: Combat Tasks. Military Personnel. Validation.

Willian Carrero Botta

Academia da Força Aérea – AFA, Pirassununga, SP, Brasil

Email: al_botta@hotmail.com

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-2417-2814>

José Maurício Magraner

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, SP, Brasil

Email: jose_mauricio_z@hotmail.com

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-6658-1221>

João Paulo Borin

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, SP, Brasil

Email: profjoaoborin@gmail.com

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-7393-4053>

Received:	16 Jul 2024
Reviewed:	Jul/Nov 2024
Received after revised:	05 Dec 2024
Accepted:	13 Dec 2024



RAN

Revista Agulhas Negras

ISSN online 2595-1084

<http://www.ebrevistas.eb.mil.br/aman>



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



1 Introdução

Na última década, tem-se percebido um esforço por parte das Forças Armadas a nível mundial no sentido de direcionarem suas atenções a um conceito que é pétreo para os militares: a prontidão para o combate (Harrison, 2014). É sabido que a referida prontidão tem uma definição ampla, englobando fatores físicos, psicológicos e técnicos (atrelados ao ser humano), além de questões como capacidade logística e condições para realizar desdobramentos a qualquer tempo (Rounds, 2010). Porém, Nindl *et al.* (2012) defendem que o foco das atenções, quando se pensa em prontidão, precisa ser o fator humano, analisado de uma maneira holística.

Dentre todos os aspectos relacionados à prontidão, este artigo objetivou tratar do domínio físico, já que, independentemente das tecnologias que utilizam, os militares têm o seu corpo como instrumento de trabalho, do qual dependem a execução das Tarefas de Combate (TC) e, por consequência, o sucesso das operações (Nindl *et al.*, 2015). Moraes *et al.* (2008) afirmam que militares fisicamente bem preparados apresentam melhores níveis de prontidão quando comparados a sujeitos mau condicionados, além de se recuperarem mais rápido de lesões e apresentarem mais autoconfiança e motivação.

Nesse contexto, a literatura aponta para três vertentes que podem definir o domínio físico da prontidão: a teoria, a testagem e o treinamento. A primeira busca explicar cientificamente os fenômenos envolvidos no desempenho de TC, além de esclarecer quais são efetivamente os cenários esperados de atuação de determinada tropa. A segunda envolve as avaliações físicas propriamente ditas, cujo objetivo principal é identificar os sujeitos que estão aptos para executarem as TC de sua especialidade, além de identificar lacunas de capacidades físicas que precisam ser melhor desenvolvidas. Por fim, o treinamento busca alcançar o adequado preparo físico dos sujeitos, capacitando-os a desempenharem suas TC e, consequentemente, cumprirem suas missões com êxito, o que impacta diretamente os níveis de prontidão.

Quando o assunto é testagem, há uma quantidade considerável de informações disseminadas na literatura que buscam encontrar a metodologia adequada para desenvolver e validar avaliações confiáveis para atletas táticos, grupo que envolve os militares, agentes da segurança pública e demais profissionais que têm suas funções baseadas em demandas físicas, e que se diferem dos atletas convencionais na medida em que não seguem um calendário competitivo, não desempenham suas ações em condições ideais de repouso, alimentação, etc., além de apresentarem algumas peculiaridades, como a dedicação à proteção de seus pares, ao cumprimento dos deveres constitucionais e à preservação da vida (Alvar; Sell; Deuster, 2017).

Portanto, os objetivos deste trabalho foram i) apresentar de uma forma sistematizada os principais *insights* para o desenvolvimento e validação de testes físicos para atletas táticos e, a seguir,



ii) indicar uma metodologia utilizada em uma validação que ocorreu no contexto da Força Aérea Brasileira, entre os anos de 2021 e 2023, de forma que estes dados possam contribuir com organizações que estão conduzindo ou desejam conduzir este processo.

2 Referencial teórico

É importante destacar que, na busca por referenciais teóricos acerca do desenvolvimento de avaliações baseadas em demandas físicas de trabalho, não se pode focar somente nos estudos direcionados a populações compostas por atletas táticos, tendo em vista que outras populações também podem se beneficiar deste tipo de prática. Pode-se notar que diversos pesquisadores, militares ou não, têm considerado os conceitos estabelecidos por Constable e Palmer (2000) e por Payne e Harvey (2010), cujos artigos servem tanto para os atletas táticos como para setores e profissões em que são exigidas a execução de tarefas de trabalho com destacada demanda física. Estes autores apresentam três abordagens para a testagem física de tarefas de trabalho: i) testes preditores genéricos (assim como os testes físicos regulares de avaliação do condicionamento físico aplicados no âmbito das Forças Armadas do Brasil); ii) testes preditores baseados em tarefas (que almejam prever desempenhos específicos); iii) tarefas simuladas (abordagem que mais se aproxima da execução real de TC).

Payne e Harvey (2010) defendem que testes físicos que serão usados para selecionar pessoas para funções específicas precisam ter origem em uma criteriosa análise do trabalho, além de precisarem ser bons indicadores de tarefas essenciais, serem válidos (no sentido de medirem aquilo que se propõem a medir) e não serem discriminatórios. Estes autores também apresentam uma lista de 14 passos a serem considerados por aqueles que intentam operacionalizar testes focados em tarefas (TFT): i) identificação das tarefas; ii) seleção de tarefas a serem observadas; iii) observação das tarefas em campo; iv) análise das demandas físicas e riscos de lesão; v) identificação das tarefas mais críticas; vi) identificação dos padrões de desempenho; vii) desenvolvimento dos testes físicos; viii) análise da confiabilidade estatística; ix) coleta de dados da execução dos testes; x) estabelecimento de testes preditores; xi) identificação de padrões mínimos para os testes; xii) seleção da bateria final de testes; xiii) revisão dos parâmetros identificados para cada teste; xiv) ajustes de parâmetros em função de condições ambientais.

Robson *et al.* (2018) também desenvolveram pesquisas, junto à Força Aérea Americana, com objetivos similares, estabelecendo cinco etapas para a implantação de TFT, como segue: i) análise do trabalho e identificação das tarefas de demandas físicas; ii) identificação de testes válidos e confiáveis; iii) coleta de dados do desempenho dos sujeitos na execução das tarefas; iv) realização de cálculos estatísticos para avaliar a correlação dos testes com as tarefas; v) identificação dos



parâmetros mínimos das tarefas e dos testes desenvolvidos. Estes autores também apresentam dois caminhos possíveis a serem trilhados durante o processo de validação de TFT, sendo o primeiro deles a validação concorrente, onde uma amostra de sujeitos participa das avaliações físicas a fim de se medir a magnitude da correlação entre estes resultados e o desempenho em TC (ou desempenho no trabalho propriamente dito). E, o segundo caminho seria a validação preditiva, onde os resultados das avaliações são coletados por um determinado período de tempo (um ano por exemplo), para posteriormente os resultados serem comparados com as TC, investigando a capacidade de previsão de desempenhos entre as variáveis.

Milligan *et al.* (2016) contribuíram para esta área do conhecimento discorrendo sobre a relevância da validação e da análise da confiabilidade dentro do processo de desenvolvimento de TFT, o que influencia inclusive o estabelecimento dos pontos de corte (escores mínimos para aprovação). A validade guarda relação com a qualidade inferencial do que foi coletado, enquanto a confiabilidade trata-se de uma questão de consistência (reprodutibilidade) dos dados (Zumbo e Rupp, 2004), estando intimamente relacionadas. A determinação dos graus de confiabilidade das avaliações é, portanto, essencial, a fim de que os resultados não sejam amplamente influenciados pelos erros de medida (Payne; Harvey, 2010; Milligan *et al.*, 2016). Procedimentos estatísticos como correlações intraclasse e análises de variância estão entre os mais utilizados para investigar confiabilidade e efeito aprendido (Spiering *et al.*, 2012; Boyd *et al.*, 2015), trazendo maior clareza ao entendimento da variabilidade dos dados. Além disso, familiarizar previamente os sujeitos que serão testados com os protocolos e formas de execução das tarefas têm se apresentado como uma alternativa viável e efetiva para diminuir a variabilidade dos resultados, gerando mais estabilidade (Milligan *et al.*, 2016).

Tipton *et al.* (2013) apresentaram em seu estudo uma reflexão acerca dos critérios objetivos e subjetivos que precisam dialogar em um processo de desenvolvimento e validação de TFT, estruturando seis etapas fundamentais para tal: i) identificação de tarefas críticas por meio de análises do trabalho; ii) determinação das melhores práticas para a execução das tarefas; iii) concordância com relação aos parâmetros mínimos de desempenho das tarefas; iv) identificação das demandas físicas e fisiológicas da execução das tarefas; v) determinação da carga de trabalho relativa aceitável para a execução das tarefas; vi) de posse dos parâmetros mínimos, desenvolvimento das avaliações físicas. Os autores reforçaram, ainda, a importância de embasar ao máximo todas as decisões subjetivas que forem tomadas ao longo do processo, tendo em vista que a reprovação nas avaliações pode gerar problemas jurídicos, sendo necessário apresentar as fundamentações de tudo que foi estabelecido.

Outro aspecto essencial a ser apresentado é a participação de especialistas, que podem ser definidos como pessoas que executam ou supervisionam a execução de TC ou TS e que tenham experiência com isso (Blacklock *et al.*, 2015). Os especialistas podem ser muito úteis para determinar



as tarefas mais importantes de cada tropa, além de estabelecer quais os protocolos de execução destas tarefas e quais os parâmetros mínimos em termos de resultados (Milligan *et al.*, 2016). Blacklock *et al.* (2015) estabeleceram nove atributos desejáveis de um especialista, recomendando que pelo menos dois sejam atendidos, e este critério tem sido utilizado por diversos pesquisadores internacionais. Além disso, é interessante que os especialistas sejam representativos da população em questão, em termos de idade, sexo, experiência profissional e hierarquia. Existem diversas maneiras de proporcionar interação com os especialistas no decorrer da pesquisa, podendo-se citar como exemplos: entrevistas, reuniões em grupo, questionários, relatos de caso, exibição de filmagens das TC sendo executadas, entre outras. Recomenda-se que sejam usadas, ao menos, duas modalidades distintas de interação, e, de preferência, com especialistas diferentes.

Com relação aos pontos de corte, a literatura apresenta essencialmente duas abordagens para lidar com esta etapa: método baseado na análise da distribuição estatística dos dados (normativa), e método baseado no julgamento de especialistas, também conhecido como análise de critério (Cizek e Bunch, 2006). Os pontos de corte podem ser estabelecidos para cada teste individualmente, considerando que a reprovação em um deles determinará o fracasso do participante, ou pode ser composto por um valor global (escore final), permitindo que o participante compense os desempenhos ruins em algumas avaliações com desempenhos melhores em outras. Tudo vai depender do julgamento dos pesquisadores/especialistas no que diz respeito ao resultado final esperado da bateria de testes, aliado às expectativas depositadas nos avaliados. Além disso, os pontos de corte devem objetivar representar a performance mínima para obter sucesso em determinada tarefa, sendo exatamente o mesmo índice para todos, independente de sexo, idade e outras características descritivas, porque o foco é na tarefa a ser executada (que por definição será sempre a mesma independente de quem a executa).

Portanto, é possível notar que parece não existir uma única linha de ação para desenvolver e validar TFT, tratando-se de um processo em grande parte subjetivo (Tipton *et al.*, 2013) e assim verifica-se a necessidade de apresentar de forma sistematizada os principais insights para o desenvolvimento e validação de testes físicos para atletas táticos. As melhores práticas para a condução deste processo precisam ser pontuadas, visando objetivá-lo cada vez mais, o que pode contribuir para a consistência do respaldo legal da implantação de TFT.

3 Percurso Metodológico

Tendo resgatado os principais direcionamentos encontrados na literatura com relação ao desenvolvimento e validação de TFT, será apresentado a seguir o passo-a-passo que foi utilizado no contexto da Força Aérea Brasileira (FAB) focando em estabelecer Tarefas Simuladas para os cadetes



da Academia da Força Aérea, sintetizando a pesquisa realizada entre os anos de 2021 e 2023 (Botta, 2023). Em função de demandas específicas, a metodologia adotada foi resultado da união das melhores práticas executadas em outras pesquisas, além da tomada de decisões dos pesquisadores acerca de pontos que não estavam bem elucidados anteriormente.

Diante da tarefa de desenvolver e validar TFT para os cadetes da FAB, o primeiro passo foi realizar uma criteriosa análise do trabalho, tendo em vista que esta seria a base de tudo que viria a ser desenvolvido posteriormente. Foram reunidas e avaliadas todas as normas e legislações que regem o referido contexto profissional, de forma a entender o que os empregadores ou o próprio país esperam daqueles profissionais. Destas leituras, foram definidos cenários específicos de atuação, de onde futuramente seriam extraídas as primeiras versões das TC. Esta foi uma etapa da pesquisa de explorações iniciais, não havendo necessidade de envolver muitas pessoas, além de não ser necessário o engajamento obrigatório de especialistas no assunto.

A definição dos cenários de atuação precisou ser específica e bem delimitada, considerando que dela partiriam os mapeamentos das TC propriamente ditas. Além disso, neste momento os pesquisadores extrapolaram o raciocínio para além dos eventos que já haviam ocorrido ou até mesmo dos que eram bastante óbvios, buscando abarcar todas as possibilidades. Fatores como quantidade de pessoas envolvidas no cenário, ambiente, clima, equipamentos disponíveis, objetivo central das ações, tempo de duração, entre outros foram considerados.

A partir da definição dos cenários, passou-se a pensar na viabilidade de prosseguir no processo com todos os que haviam sido elencados. Cenários parecidos e que traziam demandas físicas similares foram agrupados, ou até mesmo um deles foi descartado. Não é possível determinar uma quantidade ideal de cenários a serem estabelecidos, tendo em vista que há muitas variáveis e peculiaridades atreladas a cada tipo de trabalho/missão, porém não se pode esquecer de que cada cenário será desmembrado em diversas TC, e um quantitativo elevado pode inviabilizar logisticamente o avanço da pesquisa.

O próximo passo consistiu em mapear as TC atreladas a cada cenário pré-estabelecido, sendo uma etapa desenvolvida somente pelos pesquisadores (já que estes tinham experiência profissional na área em questão). Nesta etapa também poderiam ser usados especialistas, para colaborar com os pesquisadores. As TC foram descritas de forma sucinta, sem muita riqueza de detalhes, pois o objetivo neste momento foi realizar um mapeamento amplo e abrangente. A principal meta desta etapa era gerar listas de TC vinculadas a cada um dos cenários pré-estabelecidos e, posteriormente, compará-las a fim de eliminar duplicidades, quando por exemplo a mesma TC fosse aplicável a mais de um cenário. Após este cruzamento de informações, foi possível estabelecer uma única lista de TC, sobre a qual se basearam as próximas etapas do processo.



Fez-se necessário, neste ponto, que a lista de TC elencada avançasse em seu processo de validação, que basicamente foi fundamentado na contribuição de especialistas. Pessoas que tinham vivência com as tarefas (executando-as ou observando-as) foram muito importantes neste momento. A estratégia de validação iniciou com a definição de três grupos de especialistas: i) G1: grupo formado por dez sujeitos que tinham comprovada experiência real na execução das TC; ii) G2: grupo formado por 71 sujeitos que tinham especialização operacional em busca e salvamento; iii) G3: grupo formado por quatro sujeitos com formação acadêmica em Educação Física e experiência com treinamentos e instruções militares.

O G1 interagiu com os pesquisadores por meio de entrevistas individuais semiestruturadas, com acesso à lista de TC previamente desenvolvida com antecedência e, após análises individuais, participaram das entrevistas. O foco destas entrevistas era avaliar a adequabilidade das tarefas e cenários elencados, permitindo que os especialistas fizessem sugestões de inclusão, exclusão ou alterações na descrição dos itens constantes no material. Em seguida, a lista de TC ajustada foi inserida em um formulário digital, que foi distribuído aos especialistas do G2. A intenção deste formulário era classificar as TC em graus de importância, valendo-se da escala proposta por Stein (2020), cujos escores variavam de um a cinco (1-não importante; 2-moderadamente importante; 3-muito importante; 4-missão essencial; 5-missão vital para sobreviver em combate). Outros autores sugerem que esta classificação englobe outros domínios além da importância, como frequência, duração e nível de exigência física (Robson *et al.*, 2018), mas a decisão pelos domínios que serão avaliados depende do julgamento dos pesquisadores, levando-se em consideração o teor de suas TC. Após a compilação dos dados dos formulários, foi avaliado se alguma TC deveria ser excluída da lista. O ponto de corte foi estabelecido na mediana 3 da distribuição, o que também pode ser adequado pelos pesquisadores em função de seus contextos de atuação.

Após inserir os ajustes em função da colaboração destes dois grupos de especialistas, pôde-se elaborar uma lista de final de TC. Nesse momento as TC foram descritas com maior riqueza de detalhes, já que até então elas haviam sido apresentadas de forma sucinta. O G3 começou a trabalhar neste momento, auxiliando os pesquisadores a elaborarem testes físicos baseados nas TC que haviam sido selecionadas. As interações ocorreram por meio de conversas em videoconferência, e o principal objetivo foi desenvolver avaliações que fossem representativas das TC, e que fossem viáveis de serem implementadas. Neste ponto, dois pesquisadores realizaram os testes propostos e os gravaram, a fim de detectar entraves logísticos ou impeditivos para a reprodução das avaliações em massa. Foram estabelecidas, no total, cinco TS, sendo dois testes realizados na água e o restante em terra firme.

A partir de então, os pesquisadores separaram uma amostra representativa de sujeitos oriundos da população para a qual os testes foram desenvolvidos, a fim de executarem as TS em caráter exploratório. Inicialmente foi planejada a realização das avaliações por três vezes consecutivas,



proporcionando os intervalos de descanso necessários para que os participantes pudessem se recuperar. A intenção dessas execuções foi a investigação de possível efeito-aprendizado (que poderia comprometer a confiabilidade do teste). Portanto, se houvesse necessidade deveriam realizar-se quantas execuções fossem necessárias até os testes estatísticos não apresentarem diferença significativa entre dois resultados sucessivos. O alcance de dois resultados consecutivos sem diferença estatística permitiu inferir a estabilidade do teste (sem necessidade de mais do que três execuções), e neste momento foram realizados os cálculos dos graus de confiabilidade, por meio do CCI. Quanto maior o grau de confiabilidade do teste melhor, porém os pesquisadores estabeleceram que o mínimo aceitável seria 75%.

Concluída a etapa de testes exploratórios, passou-se para a definição dos pontos de corte de cada avaliação, já que os testes não poderiam ser considerados completos se não houvesse uma previsão dos índices mínimos a serem alcançados. Importante destacar que quando uma avaliação aprova todos os sujeitos, isto não significa necessariamente que ela não está cumprindo sua função, porque é possível que apenas a existência do teste seja suficiente para motivar os sujeitos a treinarem (TIPTON *et al.*, 2013). Foi realizado um cálculo amostral e foram selecionados, aleatoriamente, 88 cadetes para participarem desta última etapa. Os sujeitos realizaram todas as TS uma única vez, tendo sido familiarizados com os testes previamente. De posse dos resultados, os pesquisadores passaram a analisar os dados unindo as abordagens normativa e de critério, a fim de valer-se dos pontos fortes de ambas. Foi estabelecido um ponto de corte inicial no percentil 85 da distribuição, e estes valores foram levados à discussão juntamente com o terceiro grupo de especialistas. A intenção foi determinar os pontos de corte para, longitudinalmente, avaliar a adequabilidade dos índices escolhidos, atualizando-os se necessário.

Finalmente, com os testes desenvolvidos, validados e de posse dos pontos de corte, o próximo passo (em construção) será aplicar as avaliações em maiores escalas/proporções, gerando dados para novas análises. Caso se perceba alguma lacuna nas avaliações, pode-se pensar em desenvolver novas TS, ou até mesmo em complementar a bateria de testagens com outros tipos de TFT, sempre visando a qualidade e a exequibilidade logística dos testes.

4 Considerações Finais

Este artigo teve por objetivo apresentar de uma forma sistematizada os principais *insights* para o desenvolvimento e validação de testes físicos para atletas táticos, tendo em vista que a literatura apresenta informações sobre esta temática de maneira dispersa, e que tarefas de demandas essencialmente físicas precisam ser desempenhadas por sujeitos capacitados, ou seja, “pessoa certa na função certa”. Pesquisadores que pretendem desenvolver validações de TFT, atletas táticos ou até



mesmo empregadores podem se valer destas informações como material de suporte para seus trabalhos. E, por se tratar de um processo que está em constante evolução e atualização, sugere-se que os interessados almejem tornar as etapas cada vez mais objetivas, além de aderir às melhores práticas que já se mostraram eficientes em outras validações.



Referências

- ALVAR, B.; SELL, K.; DEUSTER, P. Tactical strength and conditioning: an overview. **NSCA'S Essentials of Tactical Strength and Conditioning**. Champaign, IL: Human Kinetics, p. 1-8, 2017.
- BLACKLOCK, R. E. *et al.* Standard establishment through scenarios (SETS): a new technique for occupational fitness standards. **Work**, v. 52, n. 2, p. 375-383, 2015.
- BOTTA, Willian Carrero. **Modelo de Tarefas Simuladas para avaliação da prontidão para o combate no âmbito da Força Aérea Brasileira**. 2023. Tese (Doutorado em Educação Física) – Universidade de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/1371250>. Acesso em: 12 dez. 2024.
- BOYD, L. *et al.* Variability in performance on a work simulation test of physical fitness for firefighters. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 40, n. 4, p. 364-370, 2015.
- CIZEK, G. J.; BUNCH, M. B. **Standard setting: A guide to establishing and evaluating performance standards on tests**. SAGE Publications Ltd, ed. 1, 2006.
- CONSTABLE, S.; PALMER, B. **The process of physical fitness standards development**. State of the Art Report. Human Systems Information Analysis Center, US Department of Defense, Washington, DC, 2000.
- HARRISON, Todd. Rethinking readiness. **Strategic Studies Quarterly**, v. 8, n. 3, p. 38-68, 2014.
- MILLIGAN, G. S. *et al.* Validity and reliability of physical employment standards. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 41, n. 6, p. S83-S91, 2016.
- MORAES, C. G. *et al.* A influência da frequência semanal do treinamento intervalado aeróbico, previsto no manual c20-20, sobre a potência aeróbica de militares. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v. 2, n. 8, 2008.
- NINDL, B. C. *et al.* Executive summary from the National strength and conditioning association's second blue ribbon panel on military physical readiness: military physical performance testing. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, p. S216-S220, 2015.
- NINDL, B. C. Strategies for Enhancing Military Physical Readiness in the 21st. 2012.
- PAYNE, W.; HARVEY, J. A framework for the design and development of physical employment tests and standards. **Ergonomics**, v. 53, n. 7, 2010.
- ROBSON, S. *et al.* Fit for duty? Evaluating the physical fitness requirements of battlefield airmen. **Rand health quarterly**, v. 7, n. 2, 2018.
- ROUNDS, M. The principal challenge of realizing total force fitness: Changing our readiness culture. **Military Medicine**, v. 175, n. suppl_8, p. 124-126, 2010.
- SPIERING, B. A. *et al.* Reliability of military-relevant tests designed to assess soldier readiness for occupational and combat-related duties. **Military medicine**, v. 177, n. 6, p. 663-668, 2012.
- STEIN, J. A. **Caffeine: Friend or foe in the modern combat environment?** 2020. PhD's Thesis (Doctor of Philosophy), Kansas State University, Manhattan, Kansas, 2020.
- TIPTON, M. J.; MILLIGAN, G. S.; REILLY, T. J. Physiological employment standards I. Occupational fitness standards: objectively subjective? **European journal of applied physiology**, v. 113, p. 2435-2446, 2013.
- Zumbo, B.D., Rupp, A.A. 2004. Responsible modeling of measurement data for appropriate inferences: important advances in reliability and validity theory. In *The SAGE Handbook of Quantitative Methodology for the Social Sciences*. Edited by D. Kaplan. Sage Press, Thousand Oaks, Calif., USA. pp. 73–92.



Agradecimentos aos avaliadores *ad hoc*

A Revista Agulhas Negras **agradece** aos profissionais / pares ... doutores, que, do alto de seus múltiplos conhecimentos, dedicaram parte de seu tempo para avaliar o conteúdo dos trabalhos submetidos à Revista para a construção deste Número Especial 2024.

Sem essa valorosa contribuição, nosso trabalho não seria possível.

A todos, a nossa mais vibrante continência!!



Revista Agulhas Negras

A Revista das Ciências Militares na AMAN

ISSN 2595-1084

Publicação e Edição

