

Respostas Fisiológicas à Marcha Equipada de 12 km Transportando uma metralhadora MAG ou um Fuzil: Efeito do Peso do Armamento em Militares Bem Condicionados

Physiological Responses to 12-Km Loaded March Carrying a Machine Gun or a Rifle: Effect of Weapon Weight in Physically Fit Military Personnel

Resumo: O objetivo foi comparar as respostas fisiológicas, durante uma marcha de 12 km seguindo os protocolos do Exército Brasileiro, entre dois grupos que transportavam cargas diferentes (equipamento pessoal mais metralhadora e equipamento pessoal mais fuzil). Além disso, investigamos se existe uma correlação entre o peso da carga, em porcentagem da massa corporal total (%MCT), e essas respostas fisiológicas. Foram analisadas as seguintes variáveis: frequência cardíaca média, variação da frequência cardíaca, variação do lactato sanguíneo e a percepção subjetiva de esforço média. O grupo equipamento pessoal + metralhadora apresentou valores medianos significativamente mais elevados para a frequência cardíaca média e variação da frequência cardíaca. Além disso, nossos dados mostraram que a carga (%MCT) foi positiva e significativamente correlacionada com todas as variáveis fisiológicas avaliadas, exceto para variação do lactato sanguíneo. Realizar um transporte de carga de longa distância com uma metralhadora causou maior esforço cardiovascular do que carregar um fuzil.

Palavras-chave: militar; suporte de peso; caminhada; esforço físico; respostas fisiológicas.

Abstract: The objective was to compare physiological responses, during a 12-km march following Brazilian Army protocols, between two groups carrying different loads (personal equipment plus machine gun and personal equipment plus rifle). Additionally, we investigated whether there is a correlation between load weight, in percentage of total body mass (%TBM), and those physiological responses. The following variables were analyzed: mean heart rate, heart rate variation, blood lactate variation and mean rating of perceived exertion. The personal equipment + machine gun group presented significantly higher median values for mean heart rate and heart rate variation. Furthermore, our data showed that load (%TBM) was positively and significantly correlated with all physiological variables assessed, except for blood lactate variation. Performing long-distance load carriage with a machine gun caused greater cardiovascular effort than carrying a rifle.

Keywords: military; weight-bearing; walking; physical exertion; physiological responses.


Lucas Vieira Coelho Dos Santos* 
lucasvcoelhos@gmail.com

Adriane Mara de Souza Muniz* 
adriane_muniz@yahoo.com.br

Bruno Trassi Fernandes Silva De Souza* 
brunotrassi.eb@gmail.com

Ricardo Alexandre Falcão* 
ricfal9@gmail.com

Verônica Pinto Salerno** 
vpsalerno@yahoo.com.br

Luis Aureliano Imbiriba** 
luis_aureliano@hotmail.com

Míriam Raquel Meira Mainenti* 
miriam.maintenti@hotmail.com

* Exército Brasileiro.
Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx).
Rio de Janeiro, Brasil.

** Universidade Federal do Rio de Janeiro.
Escola de Educação Física e Desportos (EEFD).
Rio de Janeiro, Brasil.

Recebido: 28 out. 2022

Aprovado: 06 fev. 2023

COLEÇÃO MEIRA MATTOS

ISSN on-line 2316-4891 / ISSN print 2316-4833

<http://ebrevistas.eb.mil.br/index.php/RMM/index>



1. INTRODUÇÃO

O adestramento e as operações militares dependem frequentemente do deslocamento de tropas a pé. Nestas situações, os soldados transportam o seu próprio armamento, equipamento e material junto ao corpo, geralmente em mochilas e coletes táticos, formando assim um sistema de transporte de carga (BIRREL; HOOPER; HASLAM, 2007; KNAPIK; REYNOLDS; HARMAN, 2004). Os militares são então obrigados a manter um condicionamento físico adequado, uma vez que muitas vezes se encontram em situações extremas em que têm de suportar níveis de fadiga mais elevados do que os normalmente exigidos pela população em geral.

Entre as instruções de adestramento, destaca-se o treinamento de marcha a pé, por ser uma das atividades físicas mais exigidas durante as operações militares, representando cerca de 60-70% das tarefas militares australianas, por exemplo (ORR, 2012). Falta de transporte motorizado disponível, imposições táticas ou de terreno e até instruções militares ou treinamento físico são situações em que as tropas são obrigadas a marchar (BRASIL, 2019). Além disso, após a marcha, as tropas devem chegar ao seu destino indicado dentro do cronograma e serem capazes de combater e cumprir a missão designada.

Embora o terreno, as condições meteorológicas e os fatores psicológicos exerçam uma influência considerável na marcha (JOVANOVI VALUETECH *et al.*, 2014; MCCORMICK; MEIJEN; MARCORA, 2015; VOLOSHINA, 2013), os fatores fisiológicos devem receber uma atenção especial, uma vez que a aptidão física tem uma relação decisiva com o desempenho (KNAPIK *et al.*, 1990; KRAEMER *et al.*, 1987; SWAIN, 2011) e, portanto, para o cumprimento da missão. Militares com experiência em marcha nível pelotão relatam que há papéis mais exaustivos a serem desempenhados, devido ao peso dos diferentes materiais transportados. Portanto, pesquisas estão sendo conduzidas para avaliar as respostas fisiológicas de soldados enquanto transportam cargas diferentes (FAFUNDES *et al.*, 2017; HOLEWIJN, 1990; PAL *et al.*, 2009; PHILLIPS *et al.*, 2016; QUESADA *et al.*, 2000; STUEMPFLE; DRURY; WILSON, 2004), analisando a frequência cardíaca (FC), consumo de oxigénio (VO_2), percepção subjetiva de esforço (PSE) e outras variáveis fisiológicas (limiar ventilatório, volume minuto da ventilação, razão de troca respiratória, gasto energético, pressões inspiratórias e expiratórias da boca, lactato sanguíneo, concentração de glicose), biomecânicas (atividade eletromiográfica, rotações e momentos articulares, contração voluntária máxima isométrica) e cognitivas (respostas corretas, falsos alarmes, sensibilidade) (FAFUNDES *et al.*, 2017; FAGHY; BLACKER; BROWN, 2016; GILES, 2019; GRENIER *et al.*, 2012; HOLEWIJN, 1990; PAL *et al.*, 2009; PHILLIPS *et al.*, 2016; QUESADA *et al.*, 2000). No entanto, os resultados dos estudos ainda diferem, com um conjunto não encontrando o efeito de diferentes cargas nas respostas fisiológicas (FAGHY; BLACKER; BROWN, 2016; FAGUNDES *et al.*, 2017; PHILLIPS, 2016) e outro grupo que o faz (BORGHOLS; DRESEN; HOLLANDER, 1978; GILES, 2019; GRENIER *et al.*, 2012; PAL *et al.*, 2009; PIHLAINEN *et al.*, 2014), conforme descrito abaixo.

Um dos primeiros estudos sobre este tema apontou que, durante uma caminhada com pesos de até 30 kg, cada kg extra de peso aumentava o VO_2 em 33,5 mililitros por minuto (ml/min), frequência cardíaca em 1,1 batimentos por minuto (bpm) e ventilação pulmonar em 0,6

litros por minuto (l / min) (BORGHOLS; DRESEN; HOLLANDER, 1978). Outro estudo comparou uma marcha de 50 minutos a uma velocidade média de 5,7 km/h enquanto transportavam 5,4 kg de equipamento com os primeiros 60 minutos de marcha a uma velocidade média de 5,4 km/h enquanto transportavam 24,4 kg de equipamento, ambos em terrenos com inclinações variáveis (PIHLAINEN *et al.*, 2014). Os resultados do estudo mostraram aumentos significativos no VO_2 , % VO_2 Max, FC e % FCmax ao transportar 24,4 kg (PIHLAINEN *et al.*, 2014). Grenier *et al.* (2012) identificaram igualmente uma variação significativa da FC média (91 bpm a 139 bpm) em função da carga (23 kg ou 47 kg) e da alteração positiva da elevação (240 m e 570 m) ao longo da marcha de 15 km. Outro estudo também descobriu que a velocidade de marcha interfere na FC (protocolo de Harbor modificado), que aumenta de acordo com a velocidade e a carga (sem carga: 88,7 bpm a 3,5 km/h, 94,8 bpm a 4,5 km/h; com uma carga de 40 kg: 114,4 bpm a 3,5 km/h, 127 bpm a 4,5 km/h) (PAL *et al.*, 2009). Mais recentemente, Giles *et al.* (2019) encontraram um impacto significativo no transporte de carga no %FC de reserva, com valores que aumentam progressivamente para as condições de transporte de carga de 47,2 kg e 50,7 kg, em comparação com 8,8 kg.

Outros estudos, no entanto, encontraram resultados diferentes. Fagundes *et al.* (2017) não encontraram diferenças significativas na FC e na PSE ao variar a carga de 0% a 15% da massa corporal, tanto nos testes de corrida máxima como num teste submáximo a 90% do limiar ventilatório. Phillips *et al.* (2016) também não encontraram variações significativas na FC ao comparar os testes de esforço máximo com carga (25 kg; 189 bpm) e sem carga (187 bpm) utilizando o protocolo Balke modificado, apesar de uma redução na duração do teste na condição com carga. Faghy, Blacker e Brown (2016) não encontraram diferenças significativas nos valores de lactato sanguíneo ao comparar testes submáximos de 60 minutos realizados em esteira, com cargas variando de 0 a 20 kg.

Para além desta falta de coerência nos resultados, a maioria dos estudos efetuou testes laboratoriais (FAGHY; BLACKER; BROWN, 2016; FAGUNDES *et al.*, 2017; HOLEWIJN, 1990; PHILLIPS *et al.*, 2016; PAL *et al.*, 2009; QUESADA *et al.*, 2000; STUEMPFLE, DRURY, WILSON, 2004) e não variou o peso do armamento, apenas das mochilas. No entanto, as armas são normalmente transportadas durante as marchas, as instruções e as operações militares e devem ser consideradas e avaliadas. A função que envolve o transporte de um fuzil tem grande importância para a organização tática do pelotão, pois é a mais básica e desempenhada pela maioria dos soldados do pelotão, bem como o transporte de uma metralhadora, devido ao poder de fogo deste armamento. Conhecer as variações das respostas fisiológicas envolvidas em cada uma das funções do pelotão ajudará a estabelecer atividades de formação diferenciadas destinadas a desenvolver um nível de condicionamento físico adequado ao esforço necessário para a marcha com transporte de carga.

Portanto, o objetivo deste estudo foi comparar as respostas fisiológicas entre um grupo de indivíduos carregando equipamento pessoal (EP) e uma metralhadora com outro grupo carregando equipamento pessoal e um fuzil, durante uma marcha de 12 km. Além disso, foi examinado se existe uma correlação entre a carga transportada, em percentagem da massa corporal total (%MCT), e as respostas fisiológicas.

2. METODOLOGIA

2.1 Desenho do estudo

Foi realizado um estudo experimental no qual os militares foram aleatoriamente designados para dois grupos para realizar uma marcha de 12 km: carregando um fuzil (mais leve, grupo de controle) ou uma metralhadora. As respostas fisiológicas foram medidas antes, durante e após a marcha.

2.2 Aspectos éticos

O protocolo de investigação do estudo foi aprovado pelo comitê de ética local (CAAE: 83493618.1.0000.5235).

2.3 Amostra

A amostra foi composta por 30 militares oficiais voluntários (tenentes e capitães) servindo em uma Organização Militar (OM) do Exército Brasileiro no Rio de Janeiro (amostra por conveniência). Os critérios de inclusão foram os seguintes: os participantes deveriam ser militares voluntários, do sexo masculino, com idades compreendidas entre 20 e 32 anos (mediana: 26,50; 1º quartil: 25,00; 3º quartil: 28,00 anos), em serviço ativo de 7 à 15 anos (mediana: 8; 1º quartil: 7; 3º quartil: 10 anos), obter uma pontuação mínima de “Bom” (B) no teste de avaliação física do Exército (TAF) e assinar o termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Foram excluídos do estudo aqueles que tinham acabado de sair de serviço; com problemas ortopédicos, reumatológicos, respiratórios ou neurológicos; com dor musculoesquelética aguda ou crônica; ou que faziam uso de medicamentos que pudessem alterar os sistemas visual e vestibular. As informações de saúde foram auto relatadas pelos participantes e confirmadas com a seção de saúde de sua OM.

2.4 Procedimentos

Todos os participantes realizaram uma marcha de 12 km de acordo com o Manual de Campanha do Exército Brasileiro (BRASIL, 2019). A marcha foi dividida em três etapas de 4 km, com uma duração total de três horas. A primeira etapa teve a duração de 45 minutos (velocidade média de 5,3 km/h), seguida de um período de repouso de 15 minutos. A segunda e a terceira etapas foram concluídas em 50 minutos cada (velocidade média de 4,8 km / h), com um intervalo de 10 minutos entre elas (BRASIL, 2019). A marcha de 12 km foi realizada numa pista de 1 km, com as linhas de largada e chegada no mesmo local. Duas pessoas nos postos de controle localizados a cerca de 500 metros de distância foram encarregadas de monitorar a velocidade média dos participantes e alertá-los para aumentar ou reduzir o seu ritmo.

Todos os participantes marcharam com equipamento pessoal (EP), composto por cinto, suspensórios, dois cantis de 1 litro cheios de água, capacete e uma mochila de grande capacidade. No entanto, a amostra foi dividida aleatoriamente em dois grupos iguais de 15 participantes, cada grupo transportando uma arma diferente: um utilizou um simulador de fuzil (4,7 kg) e o outro um simulador de metralhadora (10,8 kg). Ambos os simuladores consistiam em fuzis Mauser modelo 1935 com cargas diferentes ligadas aos seus centros, a fim de atingir o peso aproximado do fuzil e da metralhadora.

A marcha ocorreu nas instalações do Centro de Capacitação Física do Exército (CCFEx), no Rio de Janeiro. Três voluntários foram selecionados todos os dias entre as 17:00h e as 22:00h. A temperatura média durante as marchas foi de $22,94 \pm 1,93^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa foi de $79,61 \pm 4,78\%$.

Os voluntários compareceram ao laboratório meia hora antes da marcha para preencher o formulário de anamnese (informando a última menção do TAF, tempo de serviço, idade e presença ou ausência de dor ou lesão), assinando o TCLE e tendo massa corporal total medida (MCT, com e sem o equipamento), lactato pré-esforço e frequência cardíaca em repouso aferidos. Eles foram então atribuídos aleatoriamente a um grupo por sorteio. Primeiro foram utilizados 10 pedaços de papel (10 dias de aquisição de dados) com diferentes sequências de três condições (foram recolhidos dados de três militares por dia). A distribuição de fuzis e metralhadoras nestas sequências foi organizada de forma a garantir um total de 15 indivíduos para cada grupo. Em seguida, usamos pedaços de papel simples em uma pequena caixa com letras F e M, para fuzil e metralhadora, respectivamente. Depois de saber qual arma seria utilizada, apresentamos instruções sobre a sequência das atividades, o caminho a seguir e as regras de segurança.

Antes de marchar, todos os participantes comeram uma barra de cereais contendo 79 quilocalorias e hidrataram-se com pelo menos 200 mililitros de água. Cada voluntário marchou sozinho e, para esse fim, iniciou a marcha em intervalos com cerca de 20 minutos. Durante os períodos de descanso, os participantes foram autorizados a retirar a mochila e foram alimentados com uma barra de cereais e hidratados.

A frequência cardíaca foi registrada continuamente e a percepção de esforço foi registrada a intervalos de 0,5 km (durante a marcha) e no final da marcha. Após a marcha, o lactato foi medido novamente. As avaliações foram realizadas por examinadores treinados que trabalharam com as principais variáveis de produção durante, pelo menos, seis meses. Além disso, o monitor de frequência cardíaca e o analisador de sangue utilizados neste estudo são utilizados em todo o mundo e bem respeitados para fins científicos.

2.5 Equipamentos

A frequência cardíaca (FC) foi medida com um monitor de Frequência Cardíaca V800 (Polar, Finlândia), equipado com uma cinta Polar H7. Após a marcha, os dados (FC, distância percorrida, ritmo, entre outros) foram transmitidos via *bluetooth* para armazenamento com o *software Polar Flow* (Polar, Finlândia). O lactato foi medido através da análise do sangue capilar com um monitor *Accutrend Plus* (Roche, Portugal). O esforço percebido foi avaliado usando a

escala de percepção de esforço de Borg modificada (PSE), variando de zero (sem esforço) a dez (esforço máximo) (BORG, 1998); os participantes receberam instruções sobre a escala antes da marcha, que foi posteriormente reforçada durante a coleta de dados.

A estatura dos participantes foi medida com um estadiômetro Sanny Profissional (American Medical do Brasil Ltda, Brasil) e sua massa corporal total (MCT) com uma balança digital modelo 876 (Seca, Alemanha). A temperatura e a umidade relativa foram medidas com um termo-higrômetro digital (Incoterm, modelo TTH100, Brasil) no início de cada etapa de marcha.

2.6 Análise dos dados

As variáveis dos resultados foram a frequência cardíaca média durante a marcha de 12 km, excluindo os períodos de repouso (FC média); a variação da frequência cardíaca (FC Var), calculada subtraindo o valor máximo atingido e o valor de repouso; a variação do lactato (Var Lac = valor pós-marcha - valor pré-marcha); e a média de todos os valores registrados de PSE ao longo dos 12 km (PSE média).

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar a normalidade do conjunto de dados. Para a estatística descritiva, utilizou-se a mediana [1 quartil; 3 quartil], pois a maioria dos dados tinha uma distribuição não paramétrica. A comparação estatística dos grupos foi realizada utilizando as amostras independentes teste T de Student para FC Média, Idade, MCT, estatura e peso total do transporte de carga (dados paramétricos), e o teste U de Mann-Whitney para Var FC, Var Lac e PSE Médio (dados não paramétricos). Os dados categóricos da menção do TAF foram apresentados em frequência absoluta e relativa, e os dois grupos foram comparados pelo teste do Qui-quadrado.

A correlação entre a carga (% da massa corporal total) e as variáveis de resultado foi avaliada utilizando o teste de Pearson (r) para a FC média e o teste de Spearman (rho) para a Var FC, Var Lac e PSE média. O coeficiente de correlação (r/rho) foi classificado em: muito forte para os valores de $r \geq 0,90$; forte para r entre 0,6 (inclusive) e 0,9; regular para r entre 0,3 (inclusive) e 0,6; e fraco entre 0 e 0,3 (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

A significância estatística foi fixada em $p < 0,05$, e as análises foram realizadas utilizando o *software* SPSS (versão 27.0).

3. RESULTADO

Os dados de caracterização da amostra são apresentados na Tabela 1. Os grupos não foram diferentes em termos de idade, massa corporal total, estatura e em resultado nos testes de avaliação física do Exército (TAF). Diferiram apenas nas condições estabelecidas para efeitos do presente estudo, o peso total da carga transportada: EP + Fuzil = 24,7 [24,4; 24,8] kg e EP + Metralhadora = 30,7 [30,7-30,8] kg ($p < 0,001$).

Tabela 1 – Caracterização da amostra

	Total	EP + fuzil	EP + Metralhadora	valor p
Idade (anos)	26,50 (25,00 - 28,00)	27,00 (25,00 - 28,00)	26,00 (25,00 - 29,00)	1,00 ^α
MCT(kg)	79,72 (73,96 - 85,88)	79,05 (74,15 - 85,85)	80,00 (69,55 - 86,00)	0,96 ^α
Altura (m)	1,77(1,71 - 1,82)	1,79 (1,70 - 1,87)	1,77 (1,71 - 1,81)	0,70 ^α
TAF (%)	E-46, 7% MB-20, 0% B - 33, 3%	E - 53, 3% MB-20, 0% B-26, 7%	E - 40, 0% MB-20, 0% B-40, 0%	0,71 ^β

Fonte: autores.

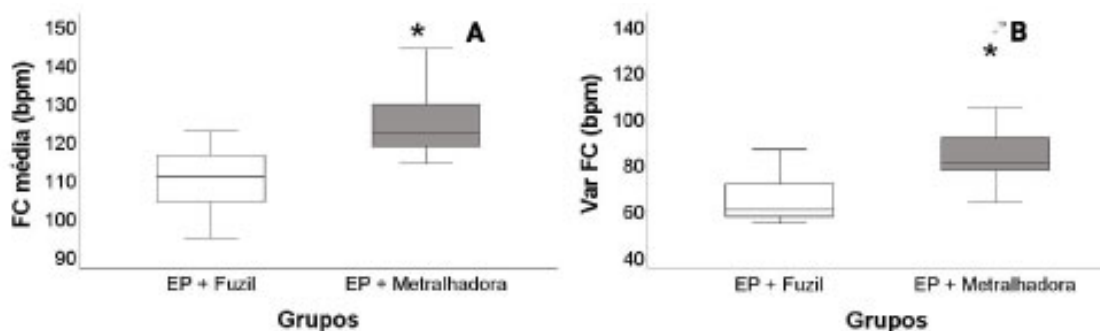
Legenda: EP = equipamento pessoal, MCT= Massa Corporal Total, TAF= pontuação no teste de avaliação física do exército, E = excelente, MB = muito bom, B = Bom. ^αvalor de P para o teste T de Student; ^βvalor de p para o teste Qui-quadrado.

Foram utilizados dados médios de FC e Var FC para apenas 26 dos 30 participantes, devido à perda de dados por conta de problemas operacionais com os medidores de frequência.

Considerando a amostra como um todo, foram obtidos os seguintes resultados: FC média = 117,19 (110,24 - 123,91) bpm; Var FC = 75,00 (59,75 - 81,25) bpm; Var Lac = -0,35 (-0,83 - 0,30) mmol/L; PSE média = 2,38 (2,03 - 3,21). As comparações entre os grupos revelaram que o grupo EP + Metralhadora apresentou maior FC média e Var FC (Gráfico 1) em comparação com o Grupo PE + Fuzil. Não foi encontrada diferença para Var Lac, com valores de EP + fuzil= -0,40 [-0,80; 0,60] mmol/L e EP + Metralhadora: -0,30 [-0,90; 0,10] mmol/L (p = 0,983); e para PSE médio, com valores de 2,25 [2,00; 2,88] e 2,83 [2,33; 3,83], respectivamente (p = 0,065).

Gráfico 1 – Diagrama de caixa com mediana, quartis (1º e 3º) e valores mínimos e máximos para a FC média (frequência cardíaca média) e Var FC (variação da frequência cardíaca)

FC média e Variação na FC nos grupos estudados



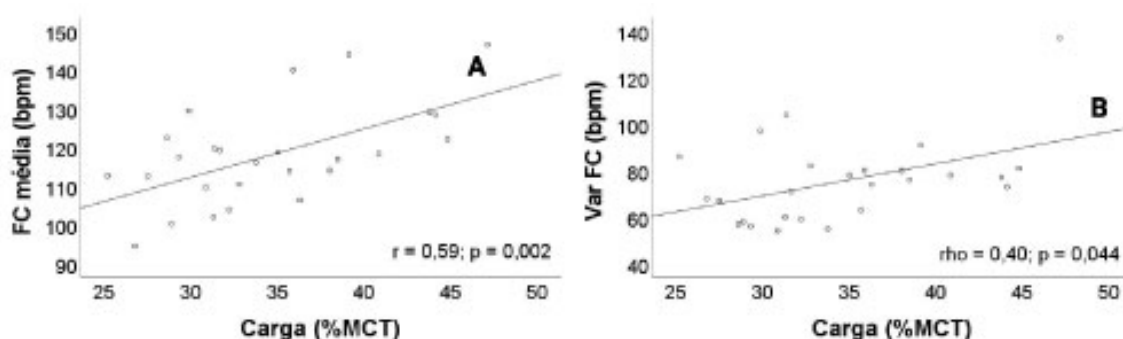
Fonte: autores.

Legenda: A) FC média (frequência cardíaca média) e B) Var FC (variação da frequência cardíaca) para os grupos EP + Fuzil (equipamento pessoal + Fuzil) e EP + Metralhadora (equipamento pessoal + Metralhadora). * p < 0,05.

Com exceção da Var Lac ($\rho = 0,15$), todas as variáveis apresentaram correlações positivas, regulares e significativas com a carga (% da massa corporal total) (gráficos 2, 3).

Gráfico 2 – Gráfico de dispersão da carga % MCT (% da massa corporal total), FC média (frequência cardíaca média) e Var FC (variação da frequência cardíaca)

Correlação entre carga (% da massa corporal total) transportada e variáveis de FC

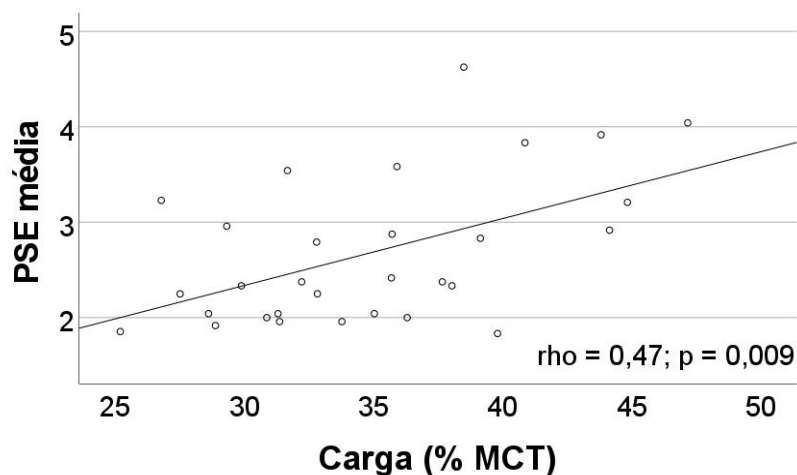


Fonte: os autores

Legenda: A) FC média (frequência cardíaca média) e B) Var FC (variação da frequência cardíaca)
 r = coeficiente de correlação de Pearson; ρ = coeficiente de correlação de Spearman.

Gráfico 3 – Gráfico de dispersão da carga %MCT (% da massa corporal total) e PSE média (percepção subjetiva de esforço média)

Correlação entre carga e percepção subjetiva de esforço



Fonte: autores.

Legenda: ρ = coeficiente de correlação de Spearman; PSE média = percepção subjetiva de esforço média;
 MCT = massa corporal total

4. DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo comparar as respostas fisiológicas em uma marcha de 12 km com transporte de carga entre dois grupos de participantes: um carregando equipamento pessoal (EP) e uma metralhadora e o outro carregando EP e um fuzil. Além disso, investigamos se existe uma correlação entre o peso da carga transportada, em percentagem da massa corporal total (% MCT), e as respostas fisiológicas. Os resultados do estudo mostram que transportar o armamento mais pesado resultou em maior estresse cardiovascular, com os participantes mostrando valores mais altos para a FC média e Var FC. Com exceção da Var Lac, todas as variáveis apresentaram uma correlação positiva, regular e significativa com o peso da carga transportada, em percentagem da massa corporal total.

As maiores exigências cardiovasculares mostradas pelo grupo que carregava a carga mais pesada podem ser explicadas pelo fato de que a atividade física aumenta as necessidades energéticas do corpo, provocando várias respostas fisiológicas destinadas a atender ao aumento da demanda metabólica (BRUM *et al.*, 2004). Atividades cíclicas, como a marcha, causam um aumento na atividade do sistema nervoso simpático (FORJAZ; TINUCCI, 2000) e, como resultado, na frequência cardíaca (FC), volume sistólico (VS) e débito cardíaco (DC) (FORJAZ *et al.*, 1998). Segundo Forjaz e Tinucci (2000), quanto maior a intensidade do exercício, maiores as respostas fisiológicas, mas essas respostas não se alteram durante os exercícios realizados com uma intensidade abaixo do limiar anaeróbico. Assim, segurar e movimentar-se com o peso adicional da metralhadora requer maior DC, o que pode ser alcançado através de maior FC e VS (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2014), explicando os valores significativamente maiores mostrados pelo grupo de EP + metralhadora.

Estes resultados concordam com os de Quesada *et al.* (2000), que identificaram que cada aumento de 15% no peso da carga resultou em um aumento no custo metabólico de cerca de 5 a 6% ao realizar uma caminhada em esteira de 40 minutos; no entanto, os resultados diferem dos de Fagundes *et al.* (2017), que não encontraram diferença significativa nos testes de esforço submáximo realizados em esteira com cargas que variam de 0 a 15% da massa corporal. Phillips *et al.* (2016) não encontraram diferença significativa na FC média entre os grupos sem carga e uma carga de 25 kg em testes incrementais na esteira.

Grenier *et al.* (2012) encontraram uma variação de 81 bpm em uma marcha de 4 horas enquanto carregavam uma carga de 43 kg para uma missão militar simulada, muito semelhante aos nossos resultados para o grupo EP + metralhadora, que apresentou uma variação mediana de cerca de 80 bpm.

Ao contrário dos nossos resultados médios de FC e Var FC, os dados de lactato indicam que as diferenças no peso transportado não alteram significativamente os níveis de lactato no sangue, corroborando os resultados de Faghy, Blacker e Brown (2016), que também não encontraram diferenças significativas nos níveis de lactato. A causa provável para este resultado é que ambos os grupos realizaram uma atividade aeróbica de longa duração, o que leva a uma predominância do sistema oxidativo, resultando em uma pequena concentração de lactato produzido pelo músculo (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2014). O aumento da concentração de lactato no sangue está relacionado a um aumento da produção de lactato nos músculos, que por sua vez está diretamente

ligado à utilização do sistema anaeróbico láctico para gerar energia suficiente para a atividade física (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2014). O sistema anaeróbico láctico é utilizado principalmente pelo organismo em atividades físicas mais intensas, que requerem uma grande quantidade de energia num curto período de tempo (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2014). A marcha, para indivíduos fisicamente aptos, não possui as características dessas atividades intensas e, portanto, o sistema energético mais utilizado pelos participantes do estudo foi o sistema aeróbico. Além disso, por exigir maior DC, há um aumento no fluxo sanguíneo, levando a uma remoção mais rápida do lactato dos músculos e seu transporte para o fígado para ser convertido em glicose. Por conseguinte, é compreensível que não tenham havido alterações importantes nos níveis de lactato.

Os dados de percepção subjetiva de esforço, por sua vez, não mostraram diferença significativa entre os grupos fuzil e metralhadora ($p=0,065$). No entanto, ao considerar a carga relativa (uma porcentagem da massa corporal total do indivíduo), pode notar-se uma correlação positiva significativa entre os valores de carga e de PSE. Estes resultados estão de acordo com os de Quesada *et al.* (2000), que verificaram um aumento significativo do PSE para cargas iguais a 30% da massa corporal (MC) em relação às cargas 0%-MC e 15%-MC, indicando possivelmente que o PSE aumenta para cargas mais pesadas do que 30% da massa corporal.

Uma particularidade das operações militares reais é que, no que diz respeito ao transporte de carga, todos os indivíduos têm valores de carga transportada absoluta semelhante, independentemente da sua massa corporal. Isso pode fazer com que indivíduos menores gastem mais energia, possivelmente gerando mais fadiga e maior risco de lesões. Para resolver esta possibilidade, foi realizada uma análise para avaliar a correlação entre as respostas fisiológicas e o peso da carga transportada em porcentagem da massa corporal total. Três das quatro variáveis analisadas apresentaram correlação positiva e significativa com a carga (% da massa corporal total), confirmando que uma maior carga percentual de MC gera uma maior resposta fisiológica.

Uma das limitações do estudo é que as respostas fisiológicas foram medidas por técnicas mais simples em comparação com a medição direta do consumo de oxigênio (VO_2) por análise das trocas gasosas, que permitiria estimar o gasto energético de uma determinada atividade física (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2014). Este conhecimento, no entanto, não seria aplicável a situações de combate, com os militares transportando seus equipamentos numa marcha a pé. Para este fim, a medição da frequência cardíaca é um instrumento frequentemente utilizado para estimar o nível de intensidade de uma atividade física. Outra limitação foi analisar a carga transportada em porcentagem de MCT e não de massa corporal magra. A utilização deste último na análise permitiria distinguir entre indivíduos com o mesmo valor de massa corporal, mas com composições corporais diferentes. A porcentagem de gordura corporal e as avaliações da massa corporal magra devem ser acrescentadas em estudos futuros. Isso possibilitará a análise da carga como uma porcentagem da massa corporal magra ou mesmo especificamente da massa muscular, que apresentará melhores dados sobre a qualidade e função muscular. Deve-se notar, no entanto, que os valores de massa corporal magra das tropas dificilmente estariam disponíveis e, por outro lado, a medição da MCT é fácil de realizar, tornando a abordagem deste estudo mais realista e aplicável a grandes contingentes militares. Além disso, apenas o armamento variava em peso, mas a munição de metralhadora é conhecida por ser mais pesada, aumentando o peso da mochila e impactando ainda mais os resultados.

Um dos pontos fortes do estudo foi a realização da marcha fora do ambiente laboratorial, com uma rota irregular e condições climáticas externas, melhorando assim a validade externa do estudo. Outro destaque foi o uso de equipamentos fornecidos pela cadeia de suprimentos do Exército Brasileiro, que permitiram reproduzir as mesmas condições de transporte de carga que as tropas brasileiras enfrentam em operações militares reais, especialmente no que diz respeito à distribuição de peso, equilíbrio e conforto. A única exceção foram os coturnos utilizados, que pertenciam a cada participante, a fim de garantir maior conforto e evitar possíveis lesões nos pés.

Vale ressaltar também que este estudo teve como objetivo analisar as respostas fisiológicas em condições mais próximas possível das operações reais: a carga foi transportada não apenas na mochila, mas também distribuída entre capacete, armamento, cinto e suspensórios. Finalmente, a distância de marcha foi maior do que na maioria dos estudos (BEEKLEY *et al.*, 2007; QUESADA *et al.*, 2000), de modo a observar o comportamento das variáveis durante um período de tempo mais longo.

5. CONCLUSÃO

Realizar um transporte de carga de longa distância com uma metralhadora causou um esforço cardiovascular maior do que o transporte de carga com um fuzil. Além disso, o transporte de cargas mais pesadas (%MCT) está correlacionado com maiores respostas cardiovasculares e maiores valores de PSE. O pessoal militar que geralmente carrega uma metralhadora durante a marcha operacional deve prestar mais atenção ao seu treinamento aeróbico do que aqueles que geralmente carregam um fuzil. Outra implicação prática deste fato é que os comandantes devem selecionar soldados com melhor condicionamento aeróbico para transportar metralhadoras, uma vez que esta arma exige um maior esforço do sistema cardiovascular.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à CADESM / DECEX (Coordenadoria de Avaliação e Desenvolvimento da Educação Superior Militar / Departamento de Educação e Cultura do Exército), que apoiou parcialmente este trabalho, através do edital “PRÓ-PESQUISA 2019”

AUTORIA E CONTRIBUIÇÕES

Lucas Vieira Coelho Dos Santos – escrita (versão original, revisão e edição)

Adriane Mara de Souza Muniz e Ricardo Alexandre Falcão – conceptualização, metodologia e escrita (revisão)

Bruno Trassi Fernandes Silva De Souza – redação (versão original e revisão)

Verônica Pinto Salerno e Luis Aureliano Imbiriba – escrita (revisão)

Míriam Raquel Meira Mainenti – conceptualização, metodologia e escrita (revisão e edição)

REFERÊNCIAS

- BEEKLEY, M. D. *et al.* Effects of heavy load carriage during constant-speed, simulated, road marching. **Military Medicine**, Oxford, v. 172, n. 6, p. 592-595, June 2007.
- BIRRELL, S. A.; HOOPER, R. H.; HASLAM, R. A. The effect of military load carriage on ground reaction forces. **Gait Posture**, Oxford, v. 26, n. 4, p. 611-614, Oct. 2007.
- BORG, G. **Borg's perceived exertion and pain scales**. [Champaign, IL]: Human Kinetics 1998.
- BORGHOLS, E. A.; DRESEN, M. H.; HOLLANDER, A. P. Influence of heavy weight carrying on the cardiorespiratory system during exercise. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v. 38, n. 3, p. 161-169, Apr 1978.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Exército. **Manual de campanha marchas a pé**. 3 ed. Brasília, DF: Exército, 2019. EB70-MC-10.304. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/3470/3/EB70MC10304-Final.pdf>. Acesso em: 13 de Fevereiro de 2022.
- BRUM, P. C. *et al.* Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 21-31, ago. 2004. Disponível em: <http://www.luzimarteixeira.com.br/wp-content/uploads/2009/09/arquivo-adaptacoes-musculares-ao-exercicio-fisico.pdf>. Acesso em: 13 de Fevereiro de 2022.
- CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- FAGHY, M.; BLACKER, S.; BROWN, P. I. Effects of load mass carried in a backpack upon respiratory muscle fatigue. **European Journal of Sport Science**, Abingdon, v. 16, n. 8, p. 1032-1038, Nov 2016.
- FAGUNDES, A. O. *et al.* Effects of load carriage on physiological determinants in adventure racers. **PLoS One**, San Francisco, v. 12, n. 12, e0189516, 2017. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0189516>. Acesso em: 13 de Fevereiro de 2022.
- FORJAZ, C. L.; TINUCCI, T. A medida da pressão arterial no exercício. **Revista Brasileira de Hipertensão**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 79-87, jan./mar. 2000.
- FORJAZ, C. L. *et al.* Post-exercise changes in blood pressure, heart rate and rate pressure product at different exercise intensities in normotensive humans. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, São Paulo, v. 31, n. 10, p. 1247-1255, 1998.

GILES, G. E. Load carriage and physical exertion influence cognitive control in military scenarios. **Medicine and Science in Sports Exercise**, Hagerstown, v. 51, n. 12, p. 2540-2546, Dec 2019.

GRENIER, J. G. *et al.* Effects of extreme-duration heavy load carriage on neuromuscular function and locomotion: a military-based study. **PLoS One**, San Francisco, v. 7, n. 8, e43586, 2012.

HOLEWIJN, M. Physiological strain due to load carrying. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v. 61, n. 3-4, p. 237-245, 1990.

JOVANOVIĆ, D. *et al.* Physiological tolerance to uncompensated heat stress in soldiers: effects of various types of body cooling systems. **Vojnosanit Pregl**, Belgrade, v. 71, n. 3, p. 259-264, Mar. 2014.

KNAPIK, J. *et al.* **Frequency of loaded road march training and performance on a loaded road march**. Natick, MA: US Army Research Institute of Environmental Medicine, 1990. (Technical report, n. T13/90).

KNAPIK, J.J.; REYNOLDS, K.L.; HARMAN, E. Soldier load carriage: historical, physiological biomechanical, and medical aspects. **Military Medicine**, Oxford, v.169, n.1, p.45-56, Jan. 2004.

KRAEMER, W. J. *et al.* **The effects of various physical training programs on short duration, high intensity load bearing performance and the Army Physical Fitness Test**. Natick, MA: US Army Research Institute of Environmental Medicine, 1987. (Technical report, n. 30/87). Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA185473>. Acesso em: 13 de Fevereiro de 2022.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance. 8th ed. [Riverwoods, IL]: Wolters Kluwer Health, 2014.

MCCORMICK, A.; MEIJEN, C.; MARCORA, S. Psychological determinants of whole-body endurance performance. **Sports Medicine**, Auckland, v. 45, n. 7, p. 997-1015, July 2015.

ORR, R. **The Australian Army load carriage context: a challenge for defence capability**. Brisbane, Australia: Faculty of Health Sciences & Medicine Publications, Oct 2012. Disponível: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.878.697&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2022.

PAL, M. S. *et al.* Optimum load for carriage by soldiers at two walking speeds on level ground. **International Journal of Industrial Ergonomics**, [s. l.], v. 39, p. 68-72, 2009.

PHILLIPS, D. B. *et al.* The effects of heavy load carriage on physiological responses to graded exercise. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v. 116, n. 2, p. 275-280, Feb 2016.

PIHLAINEN, K. *et al.* Cardiorespiratory responses induced by various military field tasks. **Military Medicine**, Oxford, v. 179, n. 2, p. 218-224, Feb 2014.

QUESADA, P. M. *et al.* Biomechanical and metabolic effects of varying backpack loading on simulated marching. **Ergonomics**, London, v. 43, n. 3, p. 293-309, Mar 2000.

STUEMPFLE, K. J.; DRURY, D. G.; WILSON, A. L. Effect of load position on physiological and perceptual responses during load carriage with an internal frame backpack. **Ergonomics**, London, v. 47, n. 7, p. 784-789, June 2004.

SWAIN, D. P. *et al.* Effect of training with and without a load on military fitness tests and marksmanship. **Journal of Strength Conditioning Research**, v. 25, n. 7, p. 1857-1865, July 2011.

VOLOSHINA, A. S. *et al.* Biomechanics and energetics of walking on uneven terrain. *The Journal of Experimental Biology*, v. 216, pt. 21, p. 3963-3970, Nov 2013.