

MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO
CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

CURSO DE INSTRUTOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA

ALUNO: Renan de Siqueira **Csuka** – 1º Ten

ORIENTADOR: **Fabio** Alves Machado Gomes – 2º Ten

TRANSPORTE DE CARGA EM MOCHILA MILITAR E SEUS EFEITOS SOBRE A RECUPERAÇÃO PÓS MARCHA DOS MÚSCULOS DE MEMBROS INFERIORES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Rio de Janeiro – RJ

2021

ALUNO: Renan de Siqueira **Csuka** – 1º Ten

TRANSPORTE DE CARGA EM MOCHILA MILITAR E SEUS EFEITOS
SOBRE A RECUPERAÇÃO PÓS MARCHA DOS MÚSCULOS DE MEMBROS
INFERIORES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito parcial para conclusão da graduação em
Educação Física do Exército.

ORIENTADOR: **Fabio** Alves Machado Gomes –
2º Ten

Rio de Janeiro – RJ

2021

MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO
CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

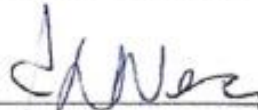
ALUNO: Renan de Siqueira Csuka – 1º Ten

TÍTULO: TRANSPORTE DE CARGA EM MOCHILA MILITAR E SEUS EFEITOS
SOBRE A RECUPERAÇÃO PÓS MARCHA DOS MÚSCULOS DE MEMBROS
INFERIORES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

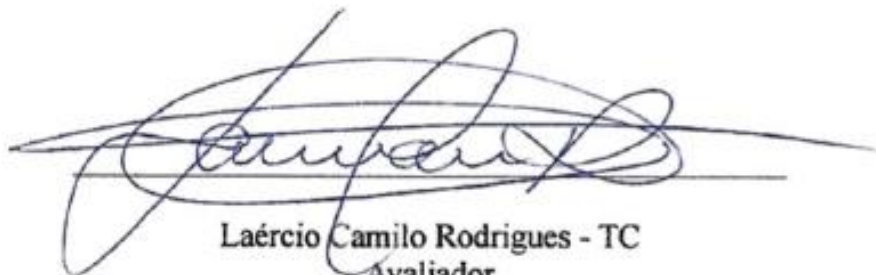
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aprovado em 03 de Dezembro de 2021.

Banca de avaliação



Ângela Nogueira Neves - Prof.ª Dr.ª
Avaliadora



Laércio Camilo Rodrigues - TC
Avaliador



Fábio Alves Machado Gomes - 2º Ten
Avaliador

RESUMO

INTRODUÇÃO: As atividades com transporte de carga externa têm se mostrado um dos principais desafios em operações militares. Durante esse transporte o tronco e as extremidades inferiores são submetidos a uma grande quantidade de estresse mecânico. O objetivo deste estudo foi revisar a literatura disponível sobre o transporte de carga em mochila militar e seus efeitos sobre o tempo de recuperação da capacidade de produção de força na flexão e extensão do joelho após uma marcha a pé. **MÉTODOS:** A revisão sistemática foi conduzida de acordo com o Diretrizes PRISMA e a pesquisa foi feita nas bases de dados B-On, PubMed e Lens. Os Critérios de elegibilidade foram: amostra com idade entre 18 e 45 anos, sem lesões, transporte de carga em mochila militar, medição utilizando dinamometria, medida de controle antes da marcha e/ou de marcha sem carga, artigos de pesquisa original e escritos em inglês. **RESULTADOS:** Um total de 2809 registros foram selecionados e cinco artigos foram incluídos na revisão. Foi observado que, imediatamente após a marcha, há uma redução da capacidade de produção de força isocinética dos extensores e flexores do joelho, voltando aos seus valores pré teste entre 24 e 48 horas. Nas contrações isométricas essa redução pôde ser observada somente na produção de força dos extensores do joelho, retornando a seu valor pré teste entre 48 e 72 horas. **CONCLUSÕES:** Pode-se concluir que, embora existam poucos estudos com população militar e seus efeitos sobre o transporte de carga, os resultados qualitativos desta revisão demonstram efeitos de redução da força imediatamente após a marcha e um efeito temporal na recuperação de acordo com o grupo muscular.

Palavras-chaves: Transporte de carga, recuperação muscular, força muscular, mochila, marcha, militares.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Activities with load carriage have showed to be on of the your main military operations challenges. During this transport the trunk and lower extremities are subjected to a great deal of mechanical stress. The objective of this study was to review the available literature about load carriage in military backpack and its effects on the time to recovery of the capacity to produce force in knee flexion and extension after walking.

METHODS: The systematic review was conducted according to Diretrizes PRISMA guidelines and the research was carried out in the B-On, PubMed and Lens databases. The eligibility criteria were: sample aged between 18 and 45 years, without injuries, load carriage in a military backpack, measuring using dynamometry, measuring control before walking and/or walking without load, original research articles written in english.

RESULTS: A total of 2809 records were selected and five articles were included in the review. It was observed that, immediately after walking, there is a reduction in the isokinetic strenght production capacity of the knee extensors and flexors, returnig to their pre-test values between 24 and 48 hours. In isometric contractions, this reduction could only be observed in the production of force of the knee extensors, returning to its pre-test value between 48 and 72 hours.

CONCLUSION: It may be concluded that, althought there are few studies with the military propulation and its effects on load carriage, the qualitative results of this review show demonstrate effects of strenght reduction immediately after gait and a temporal effect on recovery according to muscle group.

Key words: Load carriage, recovery, muscle strenght, backpack, road march, military.

INTRODUÇÃO

É rotina dos militares marcharem por longos períodos enquanto carregam equipamentos e suprimentos em uma mochila(1). O sucesso de uma missão pode depender da eficiência com que a tropa é capaz de carregar o equipamento necessário por longas distâncias, terrenos variados e ambientes hostis, com o militar tendo que manter o máximo de desempenho para outras tarefas exigidas no campo de batalha(2–4). A marcha com mochila é um requisito ocupacional para os militares e uma forma comum de treinamento físico(5).

Dentre as inúmeras operações realizadas por tropas militares ao longo da história, as atividades com transporte de carga externa têm se mostrado um dos seus principais desafios(6). Patrulhas a pé, por exemplo, transportando cargas pesadas podem gerar um estresse físico capaz de comprometer a prontidão do militar e interferir no seu rendimento operacional(7).

Durante esse transporte de cargas pesadas o tronco e as extremidades inferiores são submetidos a uma grande quantidade de estresse mecânico(8). No treinamento básico militar os soldados são comumente acometidos por lesões nos membros inferiores, os principais estressores são o transporte de carga e a fadiga muscular(9).

Nesse contexto, estudos relataram alguns impactos negativos do transporte de carga. À medida que o peso do equipamento aumentava, a velocidade de caminhada diminuía. Também ocorreu aumento de até 18% no desconforto, de 82% na fadiga ao chegar no objetivo e uma diminuição de 26% da capacidade de realizar disparos. Além disso, o patrulhamento a pé foi a segunda causa mais comum de lesão. Por outro lado, a distância percorrida pelo soldado não foi um fator de risco para lesão, sustentando as afirmativas de que o transporte de carga no patrulhamento a pé está mais associado à ocorrência de lesões do que a atividade de caminhar(10,11).

Em novembro de 2017 na cidade de Melbourne, na Austrália, foi realizado o 4th *International Congress on Soldiers' Physical Performance*. Nesse evento houve um claro consenso sobre a percepção de importantes áreas de prioridade para pesquisa que influenciam a saúde e o desempenho físico do pessoal militar. Entre as áreas mais citadas estavam o transporte de carga e o equipamento individual do soldado prejudicando o desempenho(12). Desta forma, está claro que tarefas de natureza militar envolvendo transporte de carga e equipamento pessoal por longos períodos submetem os soldados a desafios biomecânicos e podem se tornar críticas em algumas situações(13). Portanto, torna-se evidente que a compreensão abrangente dos aspectos físicos envolvidos nessas atividades é um dos primeiros passos no processo de manutenção da saúde e melhora da capacidade operacional do soldado.

Recentemente, alguns estudos (14–17) tentaram definir aspectos fisiológicos e biomecânicos específicos para o transporte de carga, no entanto, os trabalhos tendem a se concentrar em atividades de curta duração (<20 minutos). É provável que esse período não reflita suficientemente a duração da maioria das tarefas com transporte de carga, o que significa que uma parte expressiva dos trabalhos publicados pode explorar apenas parcialmente o problema. Esses autores forneceram informações valiosas para as alterações que ocorrem durante o transporte de carga. No entanto, perguntas específicas ainda permanecem sem resposta, pois é importante entender a interação entre intensidade e duração para minimizar a fadiga(18).

Revisões recentes resumiram os efeitos do transporte de carga na biomecânica da marcha, demonstrando alterações que ocorrem na cinética articular e cinemática, variáveis espaço-temporais e atividade muscular ao transportar uma carga(18–20). Essas alterações na biomecânica da marcha, devido ao transporte de carga, podem levar ao aumento da atividade dos músculos locomotores e antigravitacionais, resultando em maior gasto de energia, aumentando a fadiga, que por sua vez leva a uma marcha atípica(21). Além disso, maiores forças de reação do solo e percentuais de cargas transportadas(22,23) aumentam as forças de contato das articulações causando fadiga e danos às estruturas articulares(24).

Desta forma, devido à natureza da profissão militar, aos requisitos físicos exigidos e ao frequente trabalho com transporte de carga pesada, informações sobre as condições da musculatura de membros inferiores, durante e após a marcha com transporte de carga, se revestem de importância para a força terrestre no planejamento de ações operacionais, como também nas ações preventivas a fim de mitigar os efeitos deletérios da marcha com transporte de carga. Portanto, este estudo tem como objetivo revisar a literatura disponível sobre os efeitos da carga transportada em mochila militar sobre a capacidade de recuperação da capacidade de produção de força na flexão e extensão do joelho após uma marcha a pé.

MÉTODOS

O protocolo desta revisão sistemática foi submetido no PROSPERO (289439) e encontra-se em análise na plataforma. O PROSPERO é produzido pelo *Centre for Reviews and Dissemination* (CRD) da Universidade de York no Reino Unido e financiado pelo *National Institute for Health Research* (NIHR) e visa a evitar a duplicação e reduzir a oportunidade de viés de relatório, permitindo a comparação da revisão concluída com o que foi planejado no protocolo.

Estratégia de pesquisa

A revisão sistemática foi conduzida de acordo com o Diretrizes PRISMA. As bases de dados da B-On, PubMed e Lens foram pesquisadas. Em cada banco de dados, os termos de pesquisa (*backpack OR rucksack*) AND (*gait OR walking*) AND (*muscular OR muscle*) AND (*recovery OR strength OR impairment OR function*) AND (*isokinetic OR torque*) foram usados.

A busca inicial foi realizada em 15 de setembro de 2021 e repetida para registros publicados após essa data em 15 de outubro de 2021. Foram buscados artigos publicados a partir do ano 2000 e escritos em inglês. Artigos duplicados foram removidos e todos os títulos de artigos e resumos restantes foram selecionados de acordo com os critérios de elegibilidade. Após a triagem de títulos e resumos, artigos com texto completo foram recuperados e avaliados de acordo com os critérios de inclusão. Uma busca manual de cada uma das listas de referência dos estudos incluídos também foi realizada. Cada etapa de triagem foi concluída de forma independente por cada revisor, quaisquer discrepâncias foram discutidas para se chegar a um consenso entre os revisores.

Critérios de elegibilidade

Os critérios de inclusão foram estudos que utilizaram: 1) amostra testada com idade entre 18 e 45 anos, 2) transporte de carga em mochila, 3) medição utilizando dinamometria estática ou dinâmica 4) amostra sem lesões musculoesqueléticas e doenças neurodegenerativas, 5) uma medida de controle antes da marcha e/ou de marcha sem carga, 6) artigo de pesquisa original e 7) foram escritos em inglês. Apesar do impacto que isso possa ter nas medidas de após a marcha, serão incluídos estudos que utilizaram tarefas de caminhada com ou sem fuzil.

Os critérios de exclusão foram estudos que utilizaram: 1) exoesqueletos, próteses e órteses, 2) relatos de casos, revisões de literatura ou apresentações em conferências e 3) que não incluam medições biomecânicas após a marcha.

Avaliação de risco de viés

O risco de viés dos estudos incluídos foram avaliados através da escala PEDro(25), que consiste em uma lista de verificação de 11 itens e tem demonstrado ser um instrumento válido e confiável para avaliar o risco de viés de ensaios clínicos controlados e randomizados(26,27). Dois examinadores avaliaram de forma independente o risco de viés de todos os estudos incluídos. Ensaios com pontuação inferior a cinco foram considerados de baixa qualidade metodológica e conseqüentemente com alto risco de viés.

Extração de dados

Para todos os estudos incluídos, detalhes dos participantes, desenho do estudo, sistema de transporte de carga, condições de carga transportada, condições de marcha, método e instrumento utilizado para mensurar a força pré e/ou pós marcha e um resumo dos principais resultados e conclusões foram extraídos.

RESULTADOS

Resultados de pesquisa nas bases de dados

A busca eletrônica de artigos nas bases de dados retornou um total de 2809 resultados, incluindo oito duplicatas. Após a triagem de todos os artigos, um total de cinco estudos foram incluídos na revisão. O fluxo da análise dos artigos ao longo dos procedimentos da revisão está exposto na Figura 1. Desses cinco estudos, dois foram incluídos pela busca nas listas de referência dos estudos incluídos. Esses artigos contemplavam os termos de pesquisa utilizados na busca eletrônica, atendiam os critérios de inclusão. Por algum motivo que não foi possível identificar esses estudos nas buscas, entretanto, estavam disponíveis nas bases de dados.

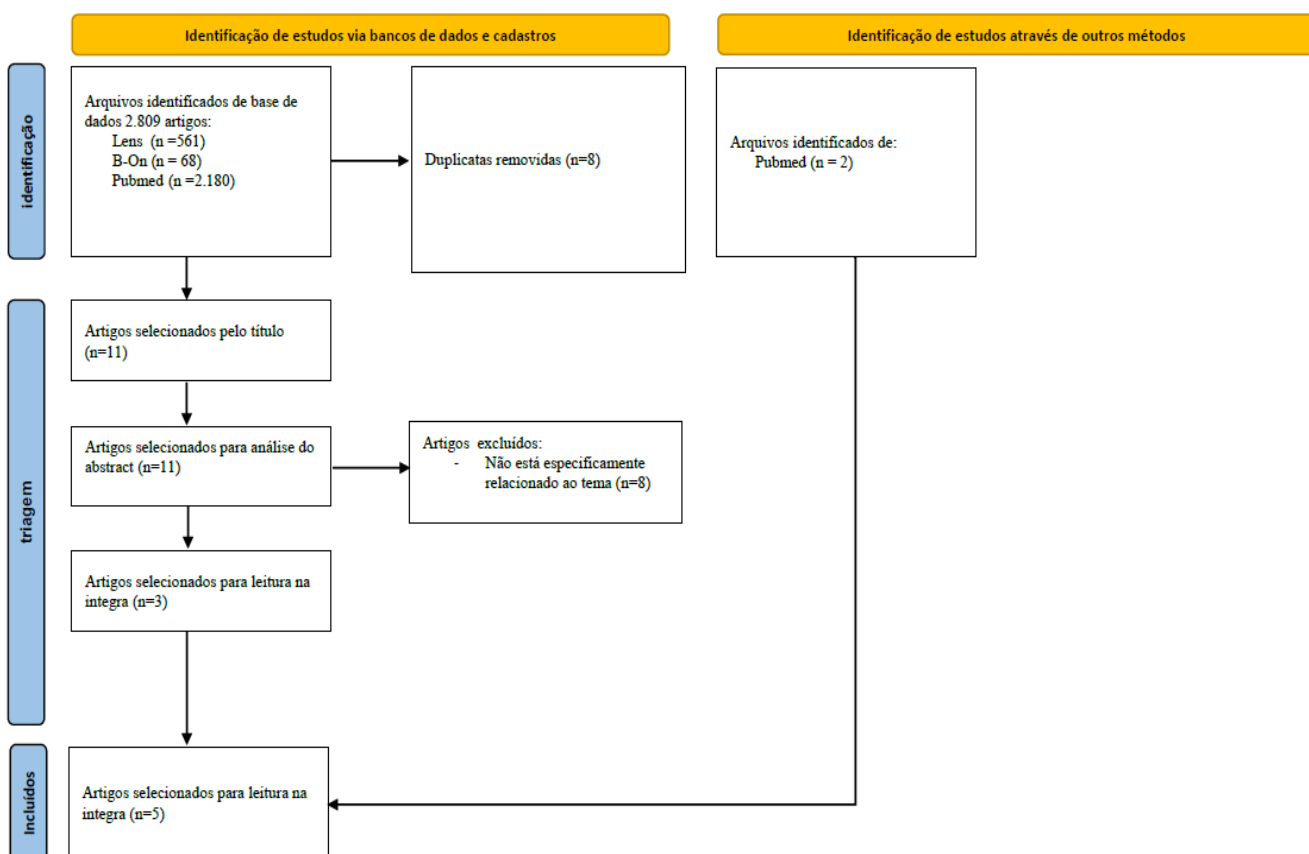


Figura 1: Diagrama de fluxo dos estudos incluídos nesta revisão sistemática.

Características dos artigos incluídos

Na Tabela 1 encontra-se uma visão geral dos dados extraídos dos artigos com as características do estudo e dos principais resultados e conclusões. Todos os cinco artigos selecionados para análise nesta revisão apresentaram um desenho experimental com medidas repetidas realizadas pré e pós marcha, em quatro desses artigos todos participantes da amostra foram submetidos as mesmas intervenções e em um artigo a amostra foi dividida em dois grupos

cada um submetidos as intervenções diferentes pré e pós marcha. Nos cinco artigos incluídos a amostra apresentou idade média variando entre 21 e 38 anos, a velocidade de marcha variou de $\sim 4 \text{ km/h}^{-1}$ a 6.5 km/h^{-1} , a carga transportada na mochila variou de 15 a 25 kg enquanto que a carga total transportada variou de 22 a 38 kg. Em dois artigos a amostra foi composta de militares e em três foram utilizados civis. Em um artigo a amostra utilizada mesclou homens e mulheres e em quatro artigos a amostra foi composta de apenas por homens. Nos dois artigos com amostra militar a marcha foi realizada com fuzil, em um deles a marcha foi realizada em laboratório utilizando esteira motorizada, e no outro a marcha foi realizada no terreno durante uma simulação de missão militar. Quanto aos métodos de avaliação e instrumentação para as avaliações da força, dois artigos utilizaram um dinamômetro isocinético para avaliação da força concêntrica concomitantemente com célula de carga para avaliação da força isométrica. Em um desses artigos as medidas de força foram associadas a suplementação de carboidrato e proteína. Outros dois artigos utilizaram somente a célula de carga e um artigo utilizou somente o dinamômetro isocinético. Além disso, em todos os artigos foram realizadas diversas outras técnicas de medidas para análises durante a marcha como, por exemplo, VO_2Max , gasto energético, estimulação elétrica, análise cinética da marcha, fadiga central, medidas de variáveis espaço-temporais e forças de reação do solo.

Tabela 1. Dados extraídos dos artigos incluídos na revisão.

Referência Bibliográfica	Participantes	Desenho do estudo	Condições de marcha	Equipamento e carga transportada	Método de avaliação da força pré e pós marcha	Instrumentação	Resultados	Conclusão
Blacker et al. (2010a)	10 homens civis 30,0±8,0 anos 79,4±8,3 kg, 15,1±2,8 %g	Medidas repetidas Grupo: Marcha D1: nivelada (0%) Grupo: Marcha D2: declive (-8%) Controle: Medidas pré-marcha	2h a 6.5 km/h ⁻¹ Esteira motorizada D1: nivelada (0%) D2: declive (-8%)	Mochila 25kg	Joelho não dominante • <i>Momento:</i> pré e pós marcha (0, 24, 48 e 72h). • <i>Isometria:</i> 3 a 5 seg MVCI Ext 90° • <i>Isocinético:</i> Flexão e Extensão concêntricos 5 rep x 60°s ⁻¹ Intervalo 30 seg 5 rep x 180°s ⁻¹ AM 70° na flexão e 0° na extensão.	• <i>Isometria:</i> Célula de carga • <i>Isocinético:</i> Cibex II	• <i>Isometria:</i> <i>Ao longo do tempo:</i> - Houve efeito principal reduzindo o PT _{Ext} após o TC. - O efeito de interação revelou que não houve diferença na PT _{Ext} ao longo do tempo entre as condições. - nas condições 0% e -8% o PT _{Ext} retorna ao valor pré-exercício em 72h. • <i>Isocinético:</i> <i>Ao longo do tempo:</i> - Houve efeito principal do tempo de recuperação pós marcha sobre o PT _{Ext} e PT _{Flex} nas velocidades 60°s ⁻¹ e 180°s ⁻¹ . - Não houve efeito de interação ao longo do tempo entre as condições 0% e -8% nos PT _{Ext} e PT _{Flex} . - nas condições 0% e -8% o PT _{Ext} e PT _{Flex} a 60°s ⁻¹ e a 180°s ⁻¹ diminuiu imediatamente após o TC. - nas condições 0% e -8% o PT _{Ext} a 60°s ⁻¹ retorna ao valor pré-exercício em 48h e a 180°s ⁻¹ em 24h. - nas condições 0% e -8% o PT _{Flex} a 60°s ⁻¹ e 180°s ⁻¹ retorna ao valor pré-exercício em 48h. <i>Entre os Grupos:</i> - Não houve efeito principal sobre o PT _{Ext} e PT _{Flex} nas condições 0% e -8% nas velocidades 60°s ⁻¹ e 180°s ⁻¹ .	• O marcha com TC em declive (-8%) e nivelada (0%) causaram decréscimos semelhantes na capacidade de produção de força nos músculos de membros inferiores. • Os decréscimos mais duradouros na capacidade de produção de força foram observados na isometria dos extensores do joelho após a marcha com TC em declive (-8%) e nivelada (0%). • O decréscimo na função muscular pode aumentar o risco de lesão musculoesquelética e pode prejudicar o desempenho durante tarefas físicas e especializadas após o TC.
Blacker et al. (2010b)	10 homens civis 28,0±9,0 anos 81,5±10,5 kg 16,4±3,2 %g	Medidas repetidas - Grupo: Suplementado com carboidrato - Grupo: Suplementado	2h a 6.5 km/h ⁻¹ esteira motorizada nivelada (0%)	Mochila 25kg	Joelho não dominante • <i>Momento:</i> pré e pós marcha (0, 24, 48 e 72h). • <i>Isometria:</i> 3 a 5 seg	• <i>Isometria:</i> Célula de carga s-beam • <i>Isocinético:</i> Cibex II	• <i>Isometria:</i> <i>Entre os Grupos:</i> - não difere. <i>Ao longo do tempo:</i> - o PT _{Ext} imediatamente após o TC diminui nos 3 grupos. - o PT _{Ext} difere entre as grupos e retorna ao valor pré-exercício 48h após a marcha nos grupos suplementados e em 72h no grupo	• O TC prolongado reduziu o PT _{Ext} isométrico e os PT _{Ext} e PT _{Flex} isocinético do joelho independente do suplemento consumido. • A suplementação de proteína e carboidratos acelerou a recuperação PT _{Ext} isométrica em comparação com um placebo.

		com Proteína - Grupo controle: Placebo			MVCI Ext 90° • <i>Isocinético:</i> Flex/Ext concêntrico 5 rep x 60°s ⁻¹ Intervalo 30 seg 5 rep x 180°s ⁻¹ Amplitude de movimento de 70° na flexão e 0° na extensão.		placebo. • <i>Isocinético:</i> <i>Entre os Grupos:</i> - o PT _{Ext} e PT _{Flex} a 60°s ⁻¹ e a 180°s ⁻¹ não difere os grupos. <i>Ao longo do tempo:</i> - o PT _{Ext} e PT _{Flex} a 60°s ⁻¹ diminui imediatamente após o TC e retorna ao valor pré-exercício 72h após a marcha. - o PT _{Flex} a 180°s ⁻¹ diminui imediatamente após o TC e retorna ao valor pré-exercício 24h após a marcha.	• O padrão de recuperação do PT _{Ext} e PT _{Flex} isocinético não difere entre os grupos suplementados e placebo.
Grenier et al. (2012)	10 Militares homens recém-aposentados (7 da Legião Estrangeira Francesa) 38,9±8,9 anos 82,9±9,3 kg 177,0 ±5,0 cm 19,4±3,1 %g	Medidas repetidas - Grupo: Mochila 22 kg - Grupo: Mochila: 38 kg - Controle: sem carga	Missão militar simulada de 21h no terreno. - ↑15km ~4 km/h ⁻¹ (4h) - ↓15km ~5.5km/h ⁻¹ (3h) Uniforme de combate com rifle.	- SC: Roupa de esporte - Carga de combate: 22 kg - Carga de marcha: 38 kg	Joelho direito • <i>Momento:</i> Pré e pós missão militar simulada de 21h • <i>Isometria:</i> 3 rep de 5 seg Intervalo 60 seg MVCI Ext 90°	• <i>Isometria:</i> Célula de carga strain gauge.	MVCI dos extensores diminuiu 10,2±3,6%.	• O TC pesada com duração extrema induz a fadiga periférica moderada nos extensores do joelho em militares experientes.
Blacker et al. (2013)	10 homens civis 30,0±8,0 anos 179,0±0,5 cm 79,4±8,3 kg	Medidas repetidas a. Mochila 25 kg b. Sem carga (Controle)	D1 e D2: 2h a 6.5 km/h ⁻¹ esteira motorizada nivelada (0%) D1: SC D2: Mochila 25kg motorizada nivelada (0%)	Total: 32 kg Cinto: 10 kg Mochila: 15 kg Simulacro de rifle: 7 kg	Joelho não dominante • <i>Momento:</i> pré e pós marcha (2h). • <i>Isometria:</i> 3 rep de 5 seg Intervalo 30 seg MVCI Ext 90°	• <i>Isometria:</i> Célula de carga s-beam	- O efeito de interação revelou que a MVCI altera ao longo do tempo e é diferente ao comparar o grupo CC ao controle. • <i>Isometria:</i> - MVCI reduz 15,0±11,0% no grupo CC.	• O TC diminuiu a força músculo do quadríceps femoral.
James, Damian & Mathew, (2021)	26 Militares: 10 homens e 2 mulheres 22,0±6,0 anos 78,3±36,8 kg 179,2±17,9 cm	Experimental - Grupo: Carga 32 kg - Controle: sem carga	D1 e D2: 2h a 6.5 km/h ⁻¹ esteira motorizada nivelada (0%). Roupa de esporte	Total: 32 kg Cinto: 10 kg Mochila: 15 kg Simulacro de rifle: 7 kg	Joelho direito • <i>Momento:</i> D1 e 2: Pré e pós marcha. D3: apenas dinamometria.	Biodex System 3 Pro	- O efeito de interação revelou alteração em todas variáveis extensoras e em nenhuma flexora. • <i>Isometria:</i> - MVCI reduz no D1pós, D2pré e D2pós CC comparado ao controle. - MVCI reduz no D3 ao comparar o grupo	• Sugere que limitar a perda de força nos extensores do joelho aumentará a capacidade de manter o desempenho do transporte de carga.

- *Gp CC:*
11 homens e 3
mulheres
21,0±5,0 anos,
73,8±34,8 kg
178,0±17,5 cm

- *Isometria:*
1 MVCI antes de
cada série
isocinética.

- *Isocinético:*
Flex/Ext
concêntrico
8 rep x 60°s⁻¹
Intervalo 120 seg
8 rep x 180°s⁻¹

Medida do torque
em ângulo interno
- PT_{Flex}: 130°
-PT_{Ext}: 110°

CC ao controle.
- MVCI reduz apenas no grupo CC.

- *Isocinético:*
Entre os Grupos:
- a 60°s⁻¹ e 180°s⁻¹ o PT_{Ext} reduz no D1pós
CC comparado ao controle.
- a 60°s⁻¹ o PT_{Ext} reduz no D2pré CC
comparado ao controle.
- a 60°s⁻¹ e 180°s⁻¹ PT reduz apenas no
grupo CC.
- a 60°s⁻¹ e 180°s⁻¹ PT_{Ext} reduz no D2pré e
D2pós CC comparado ao controle.
- a 180°s⁻¹ PT reduz no D3 ao comparar o
grupo CC ao controle.

MVCI: Máxima contração voluntária isométrica; AM: Amplitude de movimento; TC: Transporte de carga; CC: com carga; SC: sem carga; PT: Pico de torque; PT_{Ext}: Pico de torque na extensão;
PT_{Flex}: Pico de torque na flexão; Rep: Repetição; D1: Dia 1; D2: Dia 2; D3: Dia 3;

Risco de viés

Após a triagem dos artigos indicados pela busca eletrônica nas bases de dados restaram apenas cinco artigos para análise completa, conforme Tabela 2. Todos os cinco artigos foram considerados como tendo baixo risco de viés, entretanto, 3 destes artigos obtiveram seis pontos na escala PEDro. Por outro lado, dois obtiveram oito pontos nesta mesma escala.

Tabela 2 – Detalhamento dos estudos na Escala PEDro

Critério\Artigo	Blacker et al, 2010a	Blacker et al, 2010b	Blacker et al, 2013	Grenier et al, 2012	James et al, 2021
1 Os critérios de elegibilidade foram especificados	1	1	1	1	1
2 Os sujeitos foram aleatoriamente distribuídos por grupos	0	1	0	0	1
3 A alocação dos sujeitos foi secreta	0	1	0	0	0
4 Grupos semelhantes no que diz respeito ao prognóstico	1	1	1	1	1
5 Sujeitos participaram de forma cega no estudo	0	1	0	0	1
6 Terapeutas atuaram de forma cega	0	0	0	0	0
7 Avaliadores realizaram medidas de forma cega	0	0	0	0	0
8 Mensurações obtidas em mais de 85% dos sujeitos	1	1	1	1	1
9 Análise dos dados por “intenção de tratamento”	1	1	1	1	1
10 Resultados das comparações estatísticas inter-grupos foram descritos	1	1	1	1	1
11 O estudo apresenta medidas de precisão e variabilidade	1	0	1	1	1
TOTAL DE PONTOS	6	8	6	6	8

0 = Não atende o critério; 1 = Sim atende o critério.

Efeitos do transporte da carga sobre a produção de força isométrica

O resumo dos achados e conclusões dos artigos sobre os efeitos da marcha com transporte de carga sobre a capacidade de produção de força isométrica estão na Tabela 1. Os cinco estudos que avaliam os efeitos da marcha com transporte de carga através da dinamometria isométrica utilizaram a musculatura extensora do joelho, apenas um desses cinco estudos incluiu os flexores do joelho.

Especificamente, esses estudos demonstraram que a marcha com transporte de carga reduz a capacidade de produzir força imediatamente após a marcha (28-32), o transporte de carga

com duração extrema induz a fadiga periférica moderada nos extensores do joelho em militares experientes (31), não ocorre nenhum efeito sobre os músculos flexores do joelho (32).

A capacidade de produção de força nos músculos extensores do joelho retorna ao valor pré-exercício 72h após a marcha (28) e a suplementação de proteína e carboidratos aceleraram a recuperação da força isométrica dos extensores do joelho em comparação com um placebo, proporcionando o retorno ao valor pré-exercício 48h após a marcha nos grupos suplementados enquanto que no grupo placebo o tempo foi de 72h.

Efeitos do transporte da carga sobre a produção de força isocinética

O resumo dos achados e conclusões dos artigos sobre os efeitos da marcha com transporte de carga sobre a capacidade de produção de força isocinética estão na Tabela 1. Dos cinco estudos incluídos na revisão, três avaliam os efeitos da marcha com transporte de carga sobre a musculatura flexora e extensora do joelho através da dinamometria isocinética concêntrica nas velocidades 60°s^{-1} e 180°s^{-1} .

Em velocidade lenta (60°s^{-1})

A produção de força extensora e flexora reduzem imediatamente após o transporte de carga (28,32) e retorna ao valor pré-exercício em 48h (28).

Em velocidade rápida (180°s^{-1})

A produção de força extensora e flexora reduz imediatamente após o transporte de carga (28,32) e retorna ao valor pré-exercício em 24h na musculatura extensora e em 48h na flexora (28).

Com suplementação de carboidrato ou proteína

A suplementação não mitiga ação deletéria imediata após a marcha com transporte de carga. Por outro lado, a suplementação acelera a recuperação da capacidade de produzir força em comparação com um placebo. O padrão de recuperação não difere entre os grupos suplementados e placebo.

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi revisar a literatura disponível examinando os efeitos do transporte de carga, especificamente os efeitos da carga transportada em mochila militar sobre a capacidade de recuperação e produção de força na flexão e extensão do joelho após uma marcha a pé. Foram observados efeitos-chave destacados na produção de força isométrica e isocinética após marchas realizadas por civis em esteira motorizada em declive com diferentes cargas transportadas numa mochila; e por militares em ambiente externo com simulações de tarefas militares contendo marchas longas transportando equipamento individual de combate.

Existe um consenso entre pesquisadores militares sobre a percepção de importantes áreas de prioridade para pesquisa que influenciam a saúde e o desempenho físico do pessoal militar. Dentre essas áreas o transporte de carga e equipamento individual é considerado uma prioridade, pois prejudica o desempenho do soldado (12). Desta forma, está claro que tarefas de natureza militar envolvendo transporte de carga e equipamento pessoal submetem os soldados a desafios biomecânicos e podem tornar-se críticas em algumas situações (13).

Na literatura científica o transporte de carga está consolidado como um agente causador de um aumento na atividade muscular de membro inferior (33-36), particularmente do joelho (34-35), estudos anteriores em populações militares e civis (37,38), sugerem que ambas as populações, para se ajustarem ao transporte de carga, apresentam demandas semelhantes na adaptação neuromuscular.

O transporte de carga durante caminhada numa esteira causa a diminuição na força produzida pelos extensores do joelho (28,29), e a mecânica de marcha é alterada causando aumentos na amplitude de movimento do joelho (39). O sistema muscular é considerado um agente protetor do sistema esquelético durante a ação de impacto de uma carga, nessa ação os músculos atuam como amortecedores com a finalidade de atenuar as cargas à medida que são transmitidas ao longo da cadeia cinética. Ao se instalar um processo de fadiga ou estar acometido por uma lesão, o músculo tem a sua capacidade de absorver impacto prejudicada (40).

Os principais estressores numa tarefa militar são o transporte de carga e a fadiga muscular (9). Estudos anteriores (41) demonstraram que militares inexperientes no transporte de cargas operacionais por períodos prolongados, apresentam aumento nos parâmetros da força de reação do solo que estão associados a lesões por *over use* e na diminuição da produção máxima de força após uma tarefa de transporte de carga pesada. Nesse sentido, outros estudos (28) comprovaram em civis que a função neuromuscular permanece reduzida até 48 horas após um período prolongado de transporte de carga na velocidade de 6,5km/h, retornando a valores pré-

teste em 72 horas. Isto significa que os soldados que iniciarem qualquer tarefa com transporte de carga nesse período podem estar partindo para a missão numa condição abaixo do ideal.

A força isométrica (31) foi avaliada antes e após uma missão militar simulada no terreno com duração de 21h e composta de diversas tarefas de combate incluindo duas marchas de 15km, uma em aclive e outra em declive, demonstrou que ocorre uma diminuição ($10,2\pm 3,6\%$) na capacidade de produção de força nos extensores do joelho e que o transporte de carga com duração extrema induz a fadiga periférica moderada nos extensores do joelho em militares experientes. Percentuais parecidos ($15,0\pm 11,0\%$) de comprometimento da musculatura extensora do joelho foram encontrados em outras pesquisas (30) ao comparar indivíduos que realizaram marchas com e sem carga por 2h a 6.5 km/h^{-1} em esteira motorizada nivelada (0%). Também foram comparados (32) indivíduos que realizaram marchas com e sem carga por 2h a 6.5 km/h^{-1} em esteira motorizada nivelada (0%) e demonstraram que houve um efeito de interação indicando alterações no sentido de redução da capacidade de produzir força nos extensores e em nenhuma nos flexores.

Indivíduos submetidos a suplementação de proteína e carboidratos (29) demonstraram um comprometimento da musculatura extensora do joelho após (0, 24, 48 e 72h) uma marcha de 2h a 6.5 km/h^{-1} com transporte de carga (25kg) em esteira motorizada nivelada (0%). Entretanto, ambas as suplementações aceleraram a recuperação da força isométrica dos extensores do joelho em comparação com um placebo, proporcionando o retorno ao valor pré-exercício 48h após a marcha nos grupos suplementados enquanto que no grupo placebo o tempo foi de 72h.

Estudos (44-46) afirmam que o transporte de carga afeta negativamente o desempenho de marcha, possibilita a ocorrência de lesões e desencadeia distúrbios musculoesqueléticos ocasionando a incapacidade do soldado correr, marchar, saltar de um veículo ou carregar uma mochila.

A marcha com transporte de carga aumenta as forças de reação do solo (46,47), o que, conseqüentemente, aumenta a quantidade de força que os músculos dos membros inferiores devem absorver. A capacidade de produção de força do músculo e o pico de torque são indicadores confiáveis da condição da funcionalidade muscular para pessoas saudáveis e têm sido considerados fortes preditores de funções físicas e que refletem a integridade e estabilidade articular (48-52). Militares que apresentam maior capacidade de produzir força desempenham melhor as atividades associadas às ações que se apresentam em combate, como lanços, corridas curtas, transposição de obstáculos, transporte e evacuação de feridos em combate (42). Nesse mesmo sentido, um estudo (43) sobre o papel da força em tarefas militares de alta intensidade incorporando o transporte de carga pesada demonstrou que militares, independentemente do tipo

de treino que realizam, aumentam o tempo de realização de tarefas que simulam o combate ao se inserir o transporte de carga. Entretanto, os militares que treinam força realizam as mesmas tarefas em tempo menor tanto na situação com carga como também na sem carga. Estes achados reforçam a nossa ideia da importância de estudar a capacidade de produção de força muscular a partir de uma perspectiva militar no desempenho de tarefas operacionais quando submetida ao transporte de carga na medida que distúrbios musculares de membros inferiores relacionados ao transporte de carga são comuns e incapacitantes para o pessoal militar.

Limitações do estudo

Todos os cinco estudos incluídos foram considerados como tendo risco baixo de viés. Entretanto, atualmente não há ferramenta validada de avaliação de risco de viés para desenhos de estudos transversais de medidas repetidas (20).

Nesta revisão, utilizamos a Escala de qualidade PEDro e foram identificados alguns estudos que apesar de demonstrarem baixo risco de viés não apresentam no texto uma clara descrição dos procedimentos adotados, tanto no desenho do estudo quanto nos procedimentos de coleta de dados. Isso pode ter exercido um impacto negativo na avaliação dos estudos, principalmente nos três estudos que receberam pontuação seis na classificação de risco de viés. Portanto, uma ferramenta validada para estudos de medidas repetidas necessita ser desenvolvida. O objetivo da escala de qualidade PEDro é avaliar estudos controlados aleatorizados quanto à qualidade metodológica e descrição estatística, isto é, se o estudo contém informações estatísticas mínimas para que os resultados possam ser interpretáveis. Não são avaliadas a validade externa do estudo, generalização dos resultados, nem a magnitude do efeito de tratamento, isto é, se os resultados são clinicamente relevantes ou não. Durante a análise dos artigos e analisado somente o que está reportado no manuscrito, quando há dúvida por parte do avaliador na hora de pontuar o critério, ele o classifica como “não”, obedecendo a recomendação de escala de qualidade metodológica denominada: “culpado até que se prove a inocência” (26).

CONCLUSÃO

Os resultados qualitativos desta revisão demonstram efeitos de redução da força imediatamente após a marcha e um efeito temporal na recuperação de acordo com o grupo muscular.

Existem poucos estudos com população militar disponíveis sobre os impactos do transporte de carga sobre os músculos de membros inferiores.

Pesquisas futuras em militares são necessárias para uma melhor compreensão do comportamento muscular após a marcha com transporte de carga e beneficiariam a elaboração de protocolos específicos para o transporte de carga militar.

REFERÊNCIAS

1. Schuh-Renner A, Grier TL, Canham-Chervak M, Hauschild VD, Roy TC, Fletcher J, et al. Risk factors for injury associated with low, moderate, and high mileage road marching in a U.S. Army infantry brigade. *J Sci Med Sport* 2017; 20 Suppl 4: S28–33.
2. Goffar SL, Reber RJ, Christiansen BC, Miller RB, Naylor JA, Rodriguez BM, et al. Changes in dynamic plantar pressure during loaded gait. *Phys Ther* 2013 Set; 93(9): 1175–84.
3. Knapik JJ. Injuries and injury prevention during foot marching. *J Spec Oper Med* 2014; 14(4): 131–5.
4. North Atlantic Treaty Organization, Research and Technology Organization, Information Systems Technology Panel. Awareness of emerging wireless technologies: ad-hoc and personal area networks standards and emerging technologies = Sensibilisation à l'émergence des technologies sans fil : Technologies émergentes et normes de réseaux personnels et ad-ho. Neuilly-sur-Seine Cedex, France: North Atlantic Treaty Organization, Research and Technology Organization; 2007.
5. Hauschild VD, Roy TC, Grier TL, Schuh-Renner A, Jones BH. Foot marching, load carriage, and injury risk [Internet]. Army Public Health Center Aberdeen Proving Ground - Edgewood Area United States. Technical Information Paper No. 12-054-0616.; 2016 [citado 2 de junho de 2021]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/310650979_FOOT_MARCHING_LOAD_CARRIAGE_AND_INJURY_RISK
6. Nindl BC, Castellani JW, Warr BJ, Sharp MA, Henning PC, Spiering BA, et al. Physiological Employment Standards III: physiological challenges and consequences encountered during international military deployments. *Eur J Appl Physiol* 2013 Nov; 113(11): 2655–72.
7. Roy TC, Ritland BM, Knapik JJ, Sharp MA. Lifting Tasks are Associated With Injuries During the Early Portion of a Deployment to Afghanistan. *Mil Med* 2012 Jun; 177(6): 716–22.
8. Krupenevich R, Rider P, Domire Z, DeVita P. Males and Females Respond Similarly to Walking With a Standardized, Heavy Load. *Mil Med*. 2015 Set; 180(9): 994–1000.
9. Wang H, Frame J, Ozimek E, Leib D, Dugan EL. Influence of fatigue and load carriage on mechanical loading during walking. *Mil Med* 2012 Fev; 177(2): 152–6.
10. Johnson RF, Knapik JJ, Merullo DJ. Symptoms during load carrying: effects of mass and load distribution during a 20-km road march. *Percept Mot Skills* 1995 Ago; 81(1): 331–8.
11. Knapik JJ, Ang P, Meiselman H, Johnson W, Kirk J, Bense C, et al. Soldier performance and strenuous road marching: influence of load mass and load distribution. *Mil Med* 1997 Jan; 162(1): 62–7.
12. Lovalekar M, Sharp MA, Billing DC, Drain JR, Nindl BC, Zambraski EJ. International consensus on military research priorities and gaps — Survey results from the 4th International Congress on Soldiers' Physical Performance. *J Sci Med Sport* 2018 Nov; 21(11): 1125–30.

13. Heller MF, Challis JH, Sharkey NA. Changes in postural sway as a consequence of wearing a military backpack. *Gait Posture* 2009 Jul; 30(1): 115–7.
14. Hinde K, Lloyd R, Low C, Cooke C. The effect of temperature, gradient, and load carriage on oxygen consumption, posture, and gait characteristics. *Eur J Appl Physiol* 2017 Mar; 117(3): 417–30.
15. Hudson S, Cooke C, Lloyd R. The reliability of the Extra Load Index as a measure of relative load carriage economy. *Ergonomics* 2017 Set;60(9):1250-1254.
16. Dames K, Smith JD. Effects of load carriage and footwear on spatiotemporal parameters, kinematics, and metabolic cost of walking. *Gait Posture* 2015 Jul;42(2):122-6.
17. Dames K, Smith JD. Effects of load carriage and footwear on lower extremity kinetics and kinematics during overground walking. *Gait Posture* 2016 Out; 50: 207–11.
18. Boffey D, Harat I, Gepner Y, Frosti CL, Funk S, Hoffman JR. The Physiology and Biomechanics of Load Carriage Performance. *Mil Med.* 2019 Jan; 184(1–2): e83–e90.
19. Liew B, Morris S, Netto K. The Effect of Backpack Carriage on the Biomechanics of Walking: A Systematic Review and Preliminary Meta-Analysis. *J Appl Biomech* 2016 Dez;32(6):614-629.
20. Walsh GS, Low DC. Military load carriage effects on the gait of military personnel: A systematic review. *Appl Ergon* 2021 Mai;93:103376.
21. Andersen KA, Grimshaw PN, Kelso RM, Bentley DJ. Musculoskeletal Lower Limb Injury Risk in Army Populations. *Sports Med - Open* [Internet]. 2016 [citado 7 de junho de 2021];2. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4851683/>
22. Lobb NJ, Fain AC, Seymore KD, Brown TN. Sex and stride length impact leg stiffness and ground reaction forces when running with body borne load. *J Biomech* 2019 Mar; 86: 96–101.
23. Sessoms PH, Gobrecht M, Niederberger BA, Sturdy JT, Collins JD, Dominguez JA, et al. Effect of a load distribution system on mobility and performance during simulated and field hiking while under load. *Ergonomics* 2020 Fev; 63(2): 133–44.
24. Lenton GK, Bishop PJ, Saxby DJ, Doyle TLA, Pizzolato C, Billing D, et al. Tibiofemoral joint contact forces increase with load magnitude and walking speed but remain almost unchanged with different types of carried load. Srinivasan M, organizador. *PLoS One* 2018 Nov 5;13(11):e0206859.
25. Verhagen AP, de Vet HC, de Bie RA, Kessels AG, Boers M, Bouter LM, et al. The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. *J Clin Epidemiol* 1998 Dez; 51(12): 1235–41.
26. Shiwa SR, Costa LOP, Moser AD de L, Aguiar I de C, Oliveira LVF de. PEDro: a base de dados de evidências em fisioterapia. *Fisioter Em Mov* 2011 Jun; 24(3): 523–33.
27. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized Controlled Trials. *Phys Ther* 2003 Ago; 83(8): 713–21.

28. Blacker SD, Williams NC, Fallowfield JL, Bilzon JL, Willems ME. Carbohydrate vs protein supplementation for recovery of neuromuscular function following prolonged load carriage. *J Int Soc Sports Nutr* 2010 Jan 12;7:2.
29. Blacker SD, Fallowfield JL, Bilzon JL, Willems ME. Neuromuscular function following prolonged load carriage on level and downhill gradients. *Aviat Space Environ Med* 2010 Aug; 81 (8): 745 – 53.
30. Blacer SD, Fallowfield JL, Bilzon JL, Willems ME. Neuromuscular Impairment Following Backpack Load Carriage. *J Hum Kinet* 2013 Jul; 37:91-8.
31. Grenier JG, Millet GY, Peyrot N, Samozino P, Oullion R, Messonnier L, et al. Effects of Extreme Duration Heavy Load Carriage on Neuromuscular Function and Locomotion: A Military-Based Study. *PLoS One* 2012 Aug; 7(8):e43586.
32. James S, Damian C, Mathew B Energy cost and knee extensor strength changes following multiple day military load carriage. *Appl Ergon* 2021 Nov;97:103503.
33. Lindner T., Schulze C, Woitge S., Finze S., Mittelmeier W., Bader R. The effect of the weight of equipment on muscle activity of the lower extremity in soldiers. *Sci World J* 2012 Set.
34. Paul S, Bhattacharyya D, Chatterjee T, Majumdar D. Effect of uphill walking with varying grade and speed during load carriage on muscle activity. *Ergonomics* 2016 Abr;59(4):514-25.
35. Rice H, Fallowfield J, Allsopp A, Dixon S. Influence of a 12.8-km military load carriage activity on lower limb gait mechanics and muscle activity. *Ergonomics*. 2017 Mai;60(5):649-656.
36. Sessoms PH, Gobrecht M, Niederberger BA, Sturdy JT, Collins JD, Dominguez JA, et al. Effect of a load distribution system on mobility and performance during simulated and field hiking while under load. *Ergonomics* 2020 Fev;63(2):133-144.
37. Andersen KA, Grimshaw PN, Kelso RM, Bentley DJ. Musculoskeletal lower limb injury risk in army populations. *Sports Med Open* 2016 Abr;2:22.
38. Liew, B, Morris, S, Netto, K. The effect of backpack carriage on the biomechanics of walking: a systematic review and preliminary meta-analysis. *J Appl Biomech* 2016 Dez;32(6):614-629.
39. Attwells RL, Birrell SA, Hooper RH, Mansfield NJ . Influence of carrying heavy loads on soldiers' posture, movements and gait . *Ergonomics* 2006 Nov;49(14):1527-37.
40. Warden SJ, Burr DB, Brukner PD. Stress fractures: pathophysiology, epidemiology, and risk factors. *Curr Osteoporos Rep* 2006 Sep t;4(3):103-9.
41. Lidstone DE, Stewart JA, Gurchiek R, Needle AR, Werkhoven V, H, McBride JM. Physiological and Biomechanical Responses to Prolonged Heavy Load Carriage During Level Treadmill Walking in Females. *J Appl Biomech* 2017 Ago;33(4):248-255.

42. Harman EA, Gutekunst DJ, Frykman PN, Sharp MA, Nindl BC, Alemany JA, Mello RP. Prediction of simulated battlefield physical performance from field-expedient tests. *Mil Med* 2008 Jan;173(1):36-41.
43. Mala J, Szivak TK, Flanagan SD, Comstock BA, Laferrier JZ, Maresh CM, Kraemer WJ. The role of strength and power during performance of high intensity military tasks under heavy load carriage. *US Army Med Dep J* 2015 Abr;3-11.
44. Beekley MD, Alt J, Buckley CM, Duffey M, Crowder TA. Effects of heavy load carriage during constant-speed, simulated, road marching. *Mil Med* 2007 Jun;172(6):592-5.
45. Jennings BM, Yoder LH, Heiner SL, Loan LA, Bingham MO. Soldiers with musculoskeletal injuries. *J Nurs Scholarsh* 2008;40(3):268-74.
46. Birrell SA, Hooper RH, Haslam RA. The effect of military load carriage on ground reaction forces. *Gait Posture* 2007 Out;26(4):611-4.
47. Knapik JJ, Reynolds KL, Harman E . Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects . *Mil Med* 2004 Jan;169(1):45-56.
- 48 Ferrucci L, Guralnik JM, Buchner D, Kasper J, Lamb SE, Simonsick EM, et al. Departures from linearity in the relationship between measures of muscular strength and physical performance of the lower extremities: The Women's Health and Aging Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1997 Set;52(5):M275-85.
50. Osawa Y, Studenski SA, Ferrucci L. Knee extension rate of torque development and peak torque: Associations with lower extremity function. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2018 Jun;9(3):530-539.
51. Visser M, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, Newman AB, Nevitt M, Rubin SM, et al. Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005 Mar;60(3):324-33.
52. Warren GL, Lowe DA, Armstrong RB . Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports Med* 1999 Jan;27(1):43-59.