



O uso de equipamento operacional em exercícios com fogo real no simulador de incêndio altera a percepção de desconforto musculoesquelético, força de preensão manual e sintomas de stress de bombeiros militares ? estudo piloto

Does the use of operational equipment in real-fire exercises in the fire simulator alter the perception of musculoskeletal discomfort, handgrip strength or stress symptoms of military firefighters ? pilot study

Florisvaldo Ribeiro Pereira Junior^{1*} , Alexandre Fernandes Machado¹ , Carlos Henrique de Oliveira Reis¹ , Geanderson Sampaio de Oliveira¹ , Pedro Fortes Junior¹ , Alexandre Lopes Evangelista² , Anderson Caetano Paulo³ , Victor Machado Reis^{4,5} , Roberta Luksevicius Rica⁶ , Danilo Sales Bocalini¹ 

RESUMO

Considerando que a atividade ocupacional merece uma atenção e monitorização constante, principalmente devido às adversidades encontradas nas exigências operacionais do combate a incêndios, o objetivo deste estudo foi analisar as repercussões psicofisiológicas antes e após o Exercício de Fogo Real (EFR). Sete militares (24,71± 2,06 anos) de um pelotão de bombeiros que frequentavam a disciplina de Combate a Incêndios Estruturais do Curso de Formação de Bombeiros do Espírito Santo foram avaliados antes e após a EFR em relação a: Sintomas de Stress, desconforto musculoesquelético (com e sem equipamento de proteção individual (EPI) para combate a incêndios), medidas antropométricas, preensão manual e taxa de sudorese. Não foram encontradas alterações significativas na força de preensão manual e nos sintomas de stress ($p > 0,05$). Em relação ao desconforto musculoesquelético, verificou-se um aumento da sensação de desconforto no pescoço, ombros e pernas, em ambos os lados analisados ($p < 0,05$). Considerando os parâmetros relativos à composição corporal, foi encontrada uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre a massa corporal antes (69,37± 12,89 kg) em comparação com depois (68,14± 12,56 kg), indicando uma perda de 1,22± 0,78 kg, com uma taxa de sudorese de 36,13± 23,07 mL/min. Concluindo, os bombeiros militares que utilizam equipamento operacional em exercícios de fogo real no simulador de incêndio apresentam desconforto muscular no pescoço, ombros e pernas, aumento da sudorese sem apresentar alterações nos indicadores de stress e redução da força de preensão manual.

PALAVRAS-CHAVE: dores musculares; bombeiros; militares; atividade física.

ABSTRACT

Considering that occupational activity deserves constant attention and monitoring, especially due to the adversities encountered in the operational requirements of firefighting, the aim of this study was to analyze the psychophysiological repercussions before and after the Live Fire Exercise (EFR). Seven soldiers (24.71± 2.06 years old) from a platoon of firefighters who were studying the Structural Fire Fighting discipline of the Espírito Santo Firefighter Training Course were evaluated before and after EFR in relation to: Stress Symptoms, musculoskeletal discomfort (with and without personal protective equipment (PPE) for firefighting), anthropometric measurements, hand grip and sweating rate. No significant changes were found in handgrip strength and stress symptoms ($p > .05$). In relation to musculoskeletal discomfort, there was an increased sensation of discomfort in the neck, shoulders and legs, on both sides analyzed ($p < .05$). Considering the parameters related to body composition, a significant difference ($p < .05$) was found between body mass before (69.37± 12.89 kg) compared to after (68.14± 12.56 kg) indicating a loss of 1.22± 0.78 kg, with a sweating rate of 36.13± 23.07 mL/min. In conclusion, military firefighters using operational equipment in real fire exercises in the fire simulator experience muscular discomfort in the neck, shoulders and legs, increased sweating without showing changes in stress indicators and reduced handgrip strength.

KEYWORDS: muscle pain; firefighters; military; physical activity.

¹Universidade Federal do Espírito Santo – Vitória (ES), Brasil.

²Centro Universitário Católica Ítalo Brasileiro – São Paulo (SP), Brasil.

³Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Curitiba (PR), Brasil.

⁴Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro – Vila Real, Portugal.

⁵Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano – Vila Real, Portugal.

⁶Universidade Estácio de Sá – Vitória (ES), Brasil.

*Autor correspondente: Avenida Fernando Ferrari, 514 – Goiabeiras – CEP: 29075-910 – Vitória (ES), Brasil. E-mail: junior.ribe@gmail.com

Conflito de interesse: Nada a declarar. **Financiamento:** Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (bolsas números 637/2022 e 1007/2022) e Fundação para a Ciência e Tecnologia IP (UIDB/04045/2020).

Recebido: 20/2/2024. **Aceite:** 07/06/2024.

INTRODUÇÃO

De entre as necessidades operacionais do bombeiro militar, a atividade de combate a incêndios está entre as que oferecem maiores adversidades. A atividade de combate a incêndio exercida pelo bombeiro militar possui características especiais, como o conhecimento específico do comportamento do fogo e da fumaça, do uso de equipamento de proteção individual (EPI), equipamento de proteção respiratória (EPR), com a capacidade de executar incursões em ambientes com potencial risco de vida. Além disso, o salvamento de vítima num ambiente confinado ou incendiado, corresponde a uma das funções do bombeiro equipado para o combate a incêndio. Dessa forma, é considerado dever do Bombeiro Militar estar devidamente preparado tecnicamente, fisicamente e psicologicamente para atuar em situações adversas no atendimento a situações que envolvem inúmeras intercorrências (Filipe, 2014).

Para o atendimento do bombeiro militar em locais com foco de incêndio é necessário considerar a sua própria proteção. O Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ), afirma que o uso do EPI e EPR adequados para ocorrência é uma regra estabelecida e vivenciada no momento do curso de formação as ações clássicas desenvolvidas pelo bombeiro militar em operações e notas de instrução (CBMERJ, 2017). Apesar de proteger o bombeiro do calor e da fumaça, esses equipamentos acrescentam 21-45 kg de massa adicional e reduzem a capacidade do bombeiro militar dissipar calor (Coca et al., 2010). Somado ao stress de uma ocorrência de situação real de combate com fogo e calor extremo podem apresentar redução da sua capacidade de trabalho. De facto, a monitorização da sudorese, nível de força muscular e sintomas de stress e desconforto musculoesquelético podem auxiliar nos ajustes do treino físico e técnico-operacional para garantir êxito em operações reais, que constantemente podem ocorrer em locais inóspitos, de risco elevado, em condições stressantes com excesso de calor e humidade (CBMERJ, 2017).

Desta forma é possível considerar que para exercer a função bombeiro militar indicadores como aptidão física e capacidade técnica são parâmetros essenciais a serem aprimorados de maneira constante para que a atividade do bombeiro seja realizada sem prejuízos aos envolvidos além de garantir o sucesso da operação (Corradini, 2009). Assim, o sucesso nas operações, as decisões estabelecidas diante de imprevistos bem como a segurança da sua própria vida são dependentes de qualidades adquiridas por meio do treino específico regular e convenientemente orientado.

Nesta perspectiva, o Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo (CBMES), desenvolve inúmeras ações de treino que envolvem atividades de supressão do fogo (CBMES, 2020).

O objetivo das instruções é permitir através de treino técnico ou físico o aprimoramento de ações que poderão ser utilizadas durante ocorrências que podem ser inúmeras como produtos perigosos, defesa civil, resgate de vítimas politraumatizadas presas em veículos, prevenção e normalização contra incêndio e pânico. Assim, por ser uma proposta educativa, o acompanhamento de um ou mais técnicos com experiência na instrução é permitir aproximação de condições reais que poderão ser vivenciadas pelo militar com ajustes imediatos visando o aprimoramento da ação. Apesar das respostas psicofisiológicas de bombeiros submetidos ao calor serem discutidas na literatura (Angerer et al., 2008; Barr et al., 2010; Fullagar et al., 2022; Horn et al., 2012; Kim et al., 2020; Mcentire et al., 2013; Parsons et al., 2019; Prell et al., 2020; Silva et al., 2018; Walker et al., 2015; Wohlgemuth et al., 2023), há lacunas a serem preenchidas, em especial as alterações psicofisiológicas durante o processo de formação de bombeiros militares. O objetivo do presente estudo foi monitorar a sudorese, a força de prensão manual, os sintomas de stress e a percepção de desconforto musculoesquelética de bombeiros militares em formação submetidos a exercício com fogo real no simulador de incêndio.

MATERIAIS E MÉTODOS

Após aprovação de ética e autorização do comando local do Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo (CBMES), 13 alunos do Curso de Formação de Soldados do Centro de Ensino e Instrução (CFSD) do ano de 2023 participaram voluntariamente neste estudo (Tabela 1). Foi adotado como critério de inclusão estar devidamente ativo na disciplina combate a incêndio estrutural e frequentando simultaneamente a disciplina Treinamento Físico Militar (TFM), além de membro do 5º Pelotão do CFSCEI.

Tabela 1. Características antropométricas dos bombeiros militares.

| Parâmetros | Média | Desvio padrão |
|---|-------|---------------|
| Massa corporal antes da instrução (kg) | 69,37 | 12,89 |
| Massa corporal depois da instrução (kg) | 68,14 | 12,56 |
| Estatura (m) | 1,73 | 0,07 |
| IMC (kg/m ²) | 22,69 | 2,88 |
| Σ das dobras cutâneas (mm) | 42,00 | 7,07 |
| MG (kg) | 8,71 | 2,85 |
| MIG (kg) | 59,43 | 10,27 |
| % gordura | 12,68 | 2,41 |

Valores expressos em média ± desvio padrão; EPI: equipamentos de proteção individual; IMC: índice de massa corporal; MG: massa gorda; MIG: massa isenta de gordura.

Aspetos éticos

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Espírito Santo de acordo com o parecer nº. 6.294.119/2023.

Intervenção

Antes da realização da instrução foi medida a massa corporal e a força de prensão manual aos militares vestidos com o uniforme de educação física e responderam aos questionários de stress e desconforto musculoesquelético. A seguir, os militares foram instruídos a vestir o EPI de uso pessoal do próprio bombeiro (capa, calça, bota, balaclava, luva e capacete) e o equipamento de proteção respiratória autônomo sob o uniforme de educação física e novamente foi medida a massa corporal agora visando estabelecer a massa adicional pelo uso do EPI. Após a realização da instrução, todos os militares se despiram completamente dos EPIs, vestiram novos uniformes de educação física secos e foram novamente submetidos a avaliações da massa corporal, força de prensão manual, stress e desconforto musculoesquelético. Antes e após a finalização do procedimento a reidratação (*ad libitum*) foi garantida a todos os militares envolvidos na intervenção.

A intervenção de combate ao incêndio seguiu as atividades padronizadas no CEIB, retirada da NFPA 1403 de 2002. De maneira geral, os militares executaram as atividades para extinção de um incêndio de fase crescente e totalmente desenvolvida com intuito educacional. Primariamente ao início da instrução, o bombeiro militar responsável técnico pela instrução fez a leitura do briefing de segurança. O briefing de segurança corresponde as seguintes informações: 1) afirmação que os alunos são responsáveis pela sua própria segurança a todo o momento e devem realizar constantemente uma avaliação dinâmica do risco (*AvDR*) a fim de garantir que não estão superexpostos ao calor; 2) o militar que realizou a instrução deveria estar em boas condições físicas e psicológicas, para o desenvolvimento das atividades nos simuladores, devendo todos os envolvidos responder com sinal positivo ou negativo para qualquer questão; 3) questionar se alguém está sob efeitos de álcool ou drogas; indicação para remoção de relógios, anéis, piercings, colares e brincos; 4) verificar se todos estavam vestidos adequadamente e secos com seu EPI e EPR; 5) questionados sobre o uso EAPR devidamente vestido com folga nos tirantes de ombro, recaindo o peso do equipamento no tirante da cintura que deveria estar mais ajustado; 6) alertar para o devido cuidado com superfícies não alinhadas e riscos no percurso; 7) advertir que devidamente equipados os militares deveriam fazer a conferência em dupla, um do outro, para garantir que a equipagem

está adequada; 8) questionar se os equipamentos de primeiros socorros estão disponíveis na Unidade de Resgate (UR) ou Equipe de Atendimento Pré-hospitalar (EAPH) e se o Instrutor de Segurança estará fora da unidade durante todo o exercício; 9) verificar a disponibilidade de água para arrefecimento e reposição hídrica, a existência de telemóveis e/ou de rádio disponível para emergências; 10) reiterar a existência de qualquer lesão, mesmo que de pequeno potencial a um membro da equipa de instrutores; 11) advertir que instrutores e sujeitos que farão a instrução devem manter-se agachados e manter um olho no foco a todo momento; 12) informar que os participantes da instrução devem seguir orientações da equipa de instrutores, ao ouvirem a ordem de “fora, fora, fora”, os participantes devem sair o mais rápido possível da unidade, de joelhos, mantendo-se de frente para a câmara de queima a todo o momento, permanecendo com a válvula conectada até às devidas ordens dos instrutores fora do simulador de incêndio; 13) sinalizar que o rescaldo/limpeza poderá ser feito no mesmo dia, caso seja necessária a reutilização do simulador de incêndio, com a devida proteção respiratória e individual; 14) os instrutores devem conferir a equipagem dos alunos antes de entrarem no simulador de incêndio, garantir que a válvula de demanda está segura, que a máscara facial está devidamente colocada e que o cilindro de ar respirável está completamente aberto.

Após a explicação e verificação de cada ponto sobre a instrução para os participantes, foi iniciada a instrução, possibilitando a realização do procedimento de “passagem de porta”, que é o procedimento de abordagem de ambiente incendiado, no qual há a possibilidade de algum comportamento extremo do fogo. O Simulado foi realizado num contentor que pode chegar a uma temperatura de aproximadamente 800°C próximo ao teto.

Todo procedimento foi monitorizado e conduzido por 4 instrutores bombeiros militares, tecnicamente preparados e habilitados para a realização do procedimento. Assim, os militares responsáveis pelo exercício ficaram distribuídos com funções distintas, dois posicionam-se no interior do compartimento de simulação (contentor), onde controlam a câmara de queima, sendo que, um fica responsável pela entrada de ar (ventilação - VENT) no simulador, e outro fiscaliza a evolução do incêndio (Bourn Reset Manager- BRM), além de fornecer comandos para o VENT. Os discentes controlam tanto as atividades no interior do simulador, quanto o rodízio de entrada e combate do foco de incêndio para equalizar os esforços entre eles.

Resumindo, a comando do instrutor os militares passam inicialmente por um briefing, onde é explicado ao aluno os procedimentos de segurança e como será feito o Simulado.

É nesse momento também que os alunos são divididos em grupos que entrarão no simulador utilizando as técnicas aprendidas durante as aulas teóricas do CFSd. Os instrutores executam uma progressão no interior do contentor e revezam a ponta do esguicho com troca de 2:2 (entram dois e saem dois), dinâmica comumente utilizada no combate a um incêndio real. No grupo que participou da pesquisa, havia duas guarnições de 2 militares e uma de 3. O combate acontece priorizando a execução das técnicas aprendidas, sem apagar o foco, no final as guarnições se juntam para debelar o incêndio e fazer o rescaldo. Portanto, um grupo entra executa o que aprendeu e sai, o incêndio é reiniciado e a outra guarnição entra para combater.

No final do procedimento, todos os militares foram submetidos ao procedimento de rescaldo que consistiu na retirada completa do material dentro do contentor e extinção completa do fogo. Por se tratar de uma instrução, a avaliação consiste em terminar o exercício cumprindo todas as etapas do EFR.

Parâmetros avaliados

Avaliação antropométrica

A estatura foi medida utilizando um estadiômetro Cardiomed (modelo WCS) com precisão de 0,1 cm. A massa corporal foi medida usando uma balança Filizola (Personal Line Modelo 150) com precisão de 0,1 kg. O Índice de massa corporal (IMC, kg/m²) foi calculado conforme a Equação 1:

$$\text{IMC} = \text{massa/estatura}^2 \quad (1)$$

A composição corporal foi analisada por espessura de dobras cutâneas, obtidas em sete pontos anatômicos distintos (subescapular, suprailíaca, axilar-média, torácica, tricipital, abdominal, coxa) seguindo protocolos previamente estabelecidos (Jackson & Pollock, 1978; Jackson et al., 1980). As variáveis antropométricas foram classificadas conforme as recomendações da Organização Mundial da Saúde.

Taxa de sudorese

A taxa de sudorese (TS) foi avaliada antes e após a realização da instrução. Todos os indivíduos foram pesados 15 minutos antes do início (PI) e imediatamente após (PF) a realização da instrução (AW) conforme prévia publicação (Silva et al., 2018). A TS foi expressa em (mL/min) obtido pela Equação 2:

$$\text{SR} = (\text{massa corporal inicial} - \text{massa corporal final}) * 1.000 / \text{tempo total de atividade física} \quad (2)$$

O cálculo de percentagem de perda hídrica (Equação 3) (Machado et al., 2018):

$$(\text{massa corporal inicial} - \text{massa corporal final} * 100 / \text{massa corporal inicial}) \quad (3)$$

Avaliação da força de preensão manual

A avaliação da força de preensão manual foi realizada por meio de dinamômetro manual (Jamar Plus, Nottinghamshire, UK) medido em quilogramas (kg). Os participantes foram orientados a permanecer sentados numa cadeira (sem braços) com a coluna ereta, mantendo o ângulo de flexão do joelho de 90°, o ombro posicionado em adução e rotação neutra, o cotovelo flexionado a 90°, com antebraço em meia pronação e punho neutro, podendo movimentá-lo até 30° graus de extensão. O braço foi mantido suspenso no ar com a mão dominante posicionada no dinamômetro, sendo sustentado pelo avaliador (Fess, 1992).

O protocolo utilizado foi o de três tentativas ou aferições, sendo inicialmente realizada uma sessão de familiarização com o dinamômetro e, quando necessário, ajustado o tamanho da pega, sendo em seguida realizadas as medições. Na execução das aferições, foram orientados a pressionar com o máximo de força por 10 segundos com intervalos de 20 segundos entre cada aferição (Haidar et al., 2004). Estas aferições ocorreram antes das atividades e após a realização das mesmas a fim de avaliar o impacto das atividades na força dos participantes (Ikemoto et al., 2007).

Sintomas de stress

O Inventário de Sintomas de Stress foi utilizado seguindo prévias publicações (Lipp, 2000). O instrumento avalia os sintomas físicos e psicológicos estabelecendo o diagnóstico sobre a ocorrência do stress e a fase em que se encontra sendo elas: alerta, resistência, quase exaustão e exaustão. O instrumento apresenta 37 itens de natureza somática e 19 referentes aos aspectos psicológicos, já que os sintomas muitas vezes se repetem, diferindo somente na intensidade e seriedade (Rossetti et al., 2008). Seguindo as diretrizes do Conselho Federal de Psicologia a análise do instrumento foi realizado por uma profissional habilitada.

Desconforto musculoesquelético

Para a avaliação do desconforto musculoesquelético foi utilizado o Diagrama de Corlett e Manenica (1980) antes e após a realização da instrução e já utilizado pelo nosso grupo em militares (Oliveira, 2008). Este instrumento possibilita avaliar a existência de dor, as zonas dolorosas e a intensidade da dor, por meio da divisão do corpo em 27 partes e do uso

de um índice de dor que varia entre 1 (ausência de dor) a 5 (dor extrema). Para verificar o relato de dor de maneira geral, foi realizado o somatório da pontuação dos 27 segmentos corporais.

Análise estatística

Os dados são apresentados em frequência absoluta (n), relativa (%) para variáveis qualitativas e média e desvio padrão para variáveis quantitativas. Os testes χ^2 e teste t pareado foram utilizados para comparar respectivamente os dados das variáveis qualitativas e quantitativas. Foi usado o software GraphPad Prism version 6.00 for Windows (GraphPad Software, La Jolla California, USA), sendo adotado um nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Do total de 13 participantes 6 foram excluídos por não completarem todas as fases da intervenção. Assim, 7 bombeiros participaram do estudo sendo 1 mulher e 6 homens com idade média geral de $24,71 \pm 2,06$ anos.

As características antropométricas podem ser visualizadas na Tabela 1. Diferença estatística ($p < 0,05$) foi encontrada na massa corporal sem ($69,37 \pm 1,66$ kg) e com ($90,81 \pm 13,36$ kg) o EPI, totalizando um acréscimo de $17,75 \pm 3,15$ kg de massa proveniente da roupa de proteção.

Considerando os parâmetros relativos à composição corporal, diferença significativa ($p = 0,006$) foi encontrada entre a massa corporal antes comparada com depois da instrução. Este resultado indicou uma perda de $1,22 \pm 0,78$ kg equivalente a $1,73 \pm 1,06\%$, correspondendo a uma taxa de sudorese de $36,13 \pm 23,07$ mL/min.

Não foram encontradas alterações significativas após a realização da instrução na força de prensão manual (Antes: $29,61 \pm 4,74$ kg/f, Depois: $31,11 \pm 4,04$ kg/f; $p = 0,508$) e no score dos sintomas de stress (Antes: $1,57 \pm 1,13$, Depois: $1,57 \pm 1,81$; $p > 0,999$).

Na Tabela 2 é possível visualizar os resultados relativos à percepção de desconforto musculoesquelético dos bombeiros militares antes e após a instrução. Não foram encontradas diferenças ($p > 0,05$) entre os lados direito e esquerdo, contudo, diferenças ($p > 0,05$) foram encontradas somente no pescoço, nos

Tabela 2. Características descritivas do desconforto musculoesquelético dos bombeiros militares.

| Parâmetros | Antes | Após | Valor p | |
|------------------------|------------------|-------------------|-----------------|-------|
| Pescoço | $1,57 \pm 0,786$ | $2,57 \pm 0,97$ | 0,017 | |
| Costas – zona superior | $1,14 \pm 0,37$ | $2,28 \pm 1,70$ | 0,155 | |
| Costas – zona média | $1,00 \pm 0,00$ | $1,28 \pm 0,75$ | 0,355 | |
| Costas - zona inferior | $1,71 \pm 1,25$ | $2,57 \pm 1,27$ | 0,111 | |
| Quadril | $1,00 \pm 0,00$ | $1,00 \pm 0,00$ | NA | |
| Ombro | Lado direito | $1,28 \pm 0,75$ | $2,42 \pm 1,13$ | 0,047 |
| | Lado esquerdo | $1,00 \pm 0,00$ | $2,14 \pm 1,06$ | 0,030 |
| Braço | Lado direito | $1,00 \pm 0,00$ | $1,28 \pm 0,75$ | 0,355 |
| | Lado esquerdo | $1,00 \pm 0,00$ | $1,00 \pm 0,00$ | NA |
| Antebraço | Lado direito | $1,00 \pm 0,00$ | $1,00 \pm 0,00$ | NA |
| | Lado esquerdo | $1,00 \pm 0,00$ | $1,00 \pm 0,00$ | NA |
| Punho | Lado direito | $1,00 \pm 0,00$ | $1,42 \pm 1,13$ | 0,355 |
| | Lado esquerdo | $1,00 \pm 0,00$ | $1,00 \pm 0,00$ | NA |
| Mão | Lado direito | $1,00 \pm 0,00$ | $1,28 \pm 0,48$ | 0,172 |
| | Lado esquerdo | $1,00 \pm 0,00$ | $1,28 \pm 0,48$ | 0,172 |
| Coxa | Lado direito | $1,00 \pm 0,00$ | $1,00 \pm 0,00$ | NA |
| | Lado esquerdo | $1,00 \pm 0,00$ | $1,00 \pm 0,00$ | NA |
| Perna | Lado direito | $1,28 \pm 0,75$ | $2,42 \pm 1,61$ | 0,047 |
| | Lado esquerdo | $1,28 \pm 0,75$ | $2,42 \pm 1,27$ | 0,030 |
| Tornozelo e pé | Lado direito | $1,00 \pm 0,00$ | $1,00 \pm 0,00$ | NA |
| | Lado esquerdo | $1,00 \pm 0,00$ | $1,28 \pm 0,75$ | 0,355 |
| Dor geral | $27,14 \pm 7,38$ | $27,85 \pm 10,90$ | 0,289 | |

Valores expressos em média \pm desvio padrão.

ombros direito e esquerdo e nas pernas direita e esquerda após a realização da instrução. Os resultados relativos as classificações da percepção de desconforto estão descritas na Tabela 3.

DISCUSSÃO

Considerando que atividades realizadas em ambiente com calor extremo podem provocar desidratação e prejudicar o desempenho (Nuccio et al., 2017) a avaliação das alterações na sudorese em bombeiros militares em simulações de incêndio assume um papel importante para o desenvolvimento de estratégias e aperfeiçoamento de programas de treino. Na literatura existem poucos estudos que se dedicaram a investigar a resposta da desidratação ou mesmo da taxa de sudorese em bombeiros (Angerer et al., 2008; Horn et al., 2012; Silva et al., 2018) sendo influenciada por mecanismos térmicos e não térmicos (Shibasaki et al., 2009).

A perda de líquidos resulta numa diminuição do volume sanguíneo, volume sistólico e da produção de calor com aumento da resistência vascular diminuindo a circulação periférica e prejudicando a dissipação do calor. Do ponto de vista muscular a desidratação pode promover o aumento da degradação de glicogênio, aumento da temperatura e da concentração de lactato (Mack et al., 1988; Murray, 1996). Além disso, o tipo de exercício, intensidade do exercício e nível de condicionamento físico, exercem influência direta na taxa de sudorese (Sunderland & Nevill, 2005). A alteração da massa corporal após a atividade também pode ser considerada como um parâmetro para medir a desidratação (Hillyer et al., 2015).

No presente estudo, a perda hídrica foi de $1,73 \pm 1,06\%$, próximo dos valores de Horn et al. (2012) que demonstraram uma perda hídrica de 2,2% em três horas de ocorrência e diferente de Angerer et al. (2008) que em 30 minutos

Tabela 3. Classificação do desconforto musculoesquelético dos bombeiros militares.

| Parâmetros | | Antes | | | | | Depois | | | | |
|-----------------|---------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | E | M | I | L | A | E | M | I | L | A |
| | | F (%) | F (%) | F (%) | F (%) | F (%) | F (%) | F (%) | F (%) | F (%) | F (%) |
| Pescoço | | 0 (0) | 0 (0) | 1 (14,28) | 2 (28,57) | 4 (57,14) | 0 (0) | 1 (14,28) | 3 (42,85) | 2 (28,57) | 1 (14,28) |
| Costas Superior | | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 1 (14,28) | 6 (85,71) | 1 (14,28) | 1 (14,28) | 3 (42,85) | 0 (0) | 4 (57,14) |
| Costas Média | | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) | 0 (0) | 0 (0) | 1 (14,28) | 0 (0) | 6 (85,71) |
| Costas Inferior | | 0 (0) | 1 (14,28) | 1 (14,28) | 0 (0) | 5 (71,42) | 0 (0) | 2 (28,57) | 2 (28,57) | 1 (14,28) | 2 (28,57) |
| Bacia | | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) |
| Ombro | Lado direito | 0 (0) | 0 (0) | 1 (14,28) | 0 (0) | 6 (85,71) | 0 (0) | 1 (14,28) | 0 (0) | 2 (28,57) | 4 (57,14) |
| | Lado esquerdo | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) | 0 (0) | 1 (14,28) | 1 (14,28) | 2 (28,57) | 3 (42,85) |
| Braço | Lado direito | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) | 0 (0) | 0 (0) | 1 (14,28) | 0 (0) | 6 (85,71) |
| | Lado esquerdo | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) |
| Antebraço | Lado direito | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) |
| | Lado esquerdo | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) |
| Punho | Lado direito | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) | 0 (0) | 1 (14,28) | 0 (0) | 0 (0) | 6 (85,71) |
| | Lado esquerdo | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) |
| Mão | Lado direito | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 2 (28,57) | 5 (71,42) |
| | Lado esquerdo | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 2 (28,57) | 5 (71,42) |
| Coxa | Lado direito | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) |
| | Lado esquerdo | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) |
| Perna | Lado direito | 0 (0) | 0 (0) | 1 (14,28) | 0 (0) | 6 (85,71) | 1 (14,28) | 1 (14,28) | 1 (14,28) | 1 (14,28) | 3 (42,85) |
| | Lado esquerdo | 0 (0) | 0 (0) | 1 (14,28) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 2 (28,57) | 1 (14,28) | 1 (14,28) | 3 (42,85) |
| Tornozelo e pé | Lado direito | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) |
| | Lado esquerdo | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 7 (100) | 0 (0) | 0 (0) | 1 (14,28) | 0 (0) | 6 (85,71) |

F: frequência; A: Ausência de dor/desconforto; L: dor/desconforto baixo; M: dor/desconforto moderado; I: dor/desconforto intenso; E: dor/desconforto extremo.

de combate a incêndio demonstraram uma perda hídrica de 0,47 a 0,79%. Considerando a taxa de sudorese, o presente estudo encontrou valores médios de $36,13 \pm 23,07$ mL/min, similares aos valores de Silva et al. (2018) que também analisando instruções de 45 minutos de combate a incêndio encontram uma taxa de sudorese de $45 \pm 17,57$ mL/min. Importante mencionar que perdas entre 6-10% da massa corporal pode ser considerado um fator de risco para desidratação e doenças associadas ao calor (Coris et al., 2004).

Desta forma, com os resultados do presente estudo, fica sugestivo que abordagens hídricas previamente a uma instrução de maneira similar à prática de exercícios de alta intensidade poderá ser uma abordagem para manter a integridade física do militar e garantir melhor qualidade na execução da tarefa. Baseado nesta abordagem com atividades desportivas, Nuccio et al. (2017) demonstrou ser possível encontrar reduções maiores e menores que 2% em diferentes práticas desportivas. Desta forma sugerimos que a oportunidade de hidratação em condições de treino seja uma abordagem ad libitum.

O presente estudo apresentou uma perda média de 1,77% da massa corporal, valores próximos aos 2-3% encontrados em exercícios de alta intensidade especialmente em altas temperaturas (Galloway, 1999). Estes resultados já eram esperados, uma vez que o uso dos equipamentos de proteção associados a grande exigência física e as altas temperaturas em que os bombeiros são submetidos geram altas taxas de sudorese por comprometerem a resposta termorreguladora desses indivíduos (Barr et al., 2010; Horn et al., 2012). Isso pode resultar em alterações importantes no peso corporal e risco elevado de desidratação (Walker et al., 2016). Por esse motivo, uma melhor compreensão da incidência da desidratação é fundamental para garantir a saúde e segurança dos bombeiros. O desenvolvimento de mais estudos é de fundamental importância para garantir a saúde e a segurança desses profissionais em vários cenários e condições de atuação profissional (Walker et al., 2016).

Estudos anteriores (Dougherty et al., 2006; Edwards et al., 2007; McGregor et al., 1999; Nuccio et al., 2017) identificaram diminuição do desempenho físico com uma desidratação entre 2 a 4% da massa corporal. No presente estudo, não foram encontradas alterações significativas no teste de prensão manual após a realização da instrução, corroborando com os resultados de outros estudos (Dougherty et al., 2006; Edwards et al., 2007; McGregor et al., 1999). Segundo D'Anci et al. (2009) parece haver um efeito mínimo na função cognitiva como resultado de uma desidratação progressiva até 2% da massa corporal, desta forma, a não alteração da força de prensão manual pode não ter sido

influenciada pela instrução ao ponto de apresentar prejuízos na performance, porém, mais estudos são necessários para confirmar esse resultado.

É preciso lembrar ainda, que as informações sobre as respostas psicofisiológicas referentes à intensa exposição ao calor durante incêndios estruturais e como eles impactam na função cognitiva e psicológica dos bombeiros ainda são incipientes. Desta forma, é importante considerar que estas respostas podem ser dependentes de vários fatores como local, condições, duração e intensidade do incêndio (Canetti et al., 2022; Fullagar et al., 2021). Curiosamente, em relação ao stress, os voluntários não apresentaram diferenças após a realização da instrução. Estes resultados vão ao encontro do estudo de Teixeira et al. (2023) que demonstraram não haver alterações cognitivas substanciais durante situações simuladas de combate ao incêndio. Uma das possíveis razões para explicar estes resultados, poderá estar associada à experiência dos indivíduos participantes do estudo. A amostra foi composta por bombeiros militares profissionais com treino e experiência em situações stressantes que envolvem combates a incêndio. Dessa forma, considerando as respostas ao stress parecem diminuir com a frequência das exposições (Kothgassner et al., 2021), é possível que a habituação ao stress da profissão de bombeiro tenha minimizado as respostas stressantes geradas pela simulação.

Outro fator a ser considerado, corresponde à exigência fisiológica encontrada em exercícios físicos de alta intensidade (Teixeira et al., 2023), que são comparados a simulação de combate analisada. Assim, levantamos a hipótese de que a irisina e o fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF) podem ter aumentado em resposta à simulação (Figueiredo et al., 2019; Teixeira et al., 2023), contribuindo para a manutenção do desempenho cognitivo através do sistema de recompensa no cérebro, pela elevação da dopamina (Zsuga et al., 2016). Contudo, como não foi possível avaliar estes indicadores no presente estudo, são necessários mais estudos para confirmar a hipótese de que simulações de combate a incêndios podem alterar níveis plasmáticos de irisina e BDNF.

Em relação ao desconforto musculoesquelético houve aumento no pescoço, ombros e pernas, em ambos os lados analisados. Uma possível razão para esta diferença está associada à força aplicada em membros superiores para segurar e direcionar o jato de água bem como pelo próprio peso do equipamento de proteção utilizado durante a simulação. O peso e volume dos EPIs proporcionam a proteção térmica desejada; no entanto, tendem a constituir um peso excessivo para os bombeiros. No Brasil, o peso dos equipamentos de EPI pode chegar a 27 Kg (Oliveira, 2008), impedindo assim a mobilidade articular e o desempenho no trabalho (Wang

et al., 2021). Estudos anteriores (Coca et al., 2010; Park et al., 2015) demonstraram uma diminuição significativa na amplitude de movimento durante o uso de EPIs, o que pode comprometer o equilíbrio corporal e movimentos, levando a desconforto nessas regiões.

Algumas limitações devem ser mencionadas no presente estudo, o número de sujeitos da amostra, a não avaliação das respostas cronotrópicas e da percepção de esforço da instrução, bem como o uso de instrumentos psicométricos imediatamente após podem limitar os resultados obtidos, portanto, generalizações devem ser evitadas. Porém, mesmo considerando estes pontos, novos estudos com melhor controle e monitorização devem ser realizados para confirmar os resultados do estudo.

CONCLUSÃO

Os bombeiros militares usando equipamento operacional em exercícios com fogo real no simulador de incêndio apresentam desconforto muscular nas regiões da cabeça, ombros e pernas, aumento da sudorese sem apresentar alterações em indicadores de stress e redução da força de prensão manual.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela assistência científica, e ao Corpo de Bombeiros do Espírito Santo.

REFERÊNCIAS

- Angerer, P., Kadlez-Gebhardt, S., Delius, M., Raluca, P., & Nowak, D. (2008). Comparison of cardiocirculatory and thermal strain of male firefighters during fire suppression to exercise stress test and aerobic exercise testing. *American Journal of Cardiology*, 102(11), 1551-1556. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2008.07.052>
- Barr, D., Gregson, W., & Reilly, T. (2010). The thermal ergonomics of firefighting reviewed. *Applied Ergonomics*, 41(1), 161-172. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.07.001>
- Canetti, E. F., Gayton, S., Schram, B., Pope, R., & Orr, R. M. (2022). Psychological, physical, and heat stress indicators prior to and after a 15-minute structural firefighting task. *Biology*, 11(1), 104. <https://doi.org/10.3390/biology11010104>
- Coca, A., Williams, W. J., Roberge, R. J., & Powell, J. B. (2010). Effects of firefighter protective ensembles on mobility and performance. *Applied Ergonomics*, 41(4), 636-641. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.01.001>
- Coris, E. E., Ramirez, A. M., & Van Durme, D. J. (2004). Heat illness in athletes: The dangerous combination of heat, humidity, and exercise. *Sports Medicine*, 34(1), 9-16. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434010-00002>
- Corlett, E. N., & Manenica, I. (1980). The effects and measurement of working postures. *Applied Ergonomics*, 11(1), 7-16. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(80\)90115-5](https://doi.org/10.1016/0003-6870(80)90115-5)
- Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo (CBMES) (2020). *Norma para regulamentação de treinamento físico militar e teste de aptidão física para o efetivo do CBMES (Portaria Nº 045-S)*. Recuperado de <https://cb.es.gov.br/Media/CBMES/PDFs/Legislacao/578-R%20ANEXO-4.pdf>
- Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) (2017). *Manual básico do bombeiro militar (Vol. 2)*. Recuperado de <https://pt.scribd.com/document/615510114/Manual-Basico-de-Bombeiro-Militar-CBMRJ-2017Volume-2>
- Corradini, M. M. (2009). *Comparativo do desempenho nas provas do Teste de Aptidão Física e no Teste Específico de Bombeiro de Cadetes da Academia de Bombeiro Militar de Santa Catarina (Trabalho de conclusão de curso, Universidade do Vale do Itajaí)*.
- D'Anci, K. E., Mahoney, C. R., Vibhakar, A., Kanter, J. H., & Taylor, H. A. (2009). Voluntary dehydration and cognitive performance in trained college athletes. *Perceptual and Motor Skills*, 109(1), 251-269. <https://doi.org/10.2466/pms.109.1.251-269>
- Dougherty, K. A., Baker, L. B., Chow, M., & Kenney, W. L. (2006). Two percent dehydration impairs and six percent carbohydrate drink improves boys' basketball skills. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(9), 1650-1658. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000227640.60736.8e>
- Edwards, A. M., Mann, M. E., Marfell-Jones, M. J., Rankin, D. M., Noakes, T. D., & Shillington, D. P. (2007). Influence of moderate dehydration on soccer performance: Physiological responses to 45 minutes of outdoor match-play and the immediate subsequent performance of sport-specific and mental concentration tests. *British Journal of Sports Medicine*, 41(6), 385-391. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.033860>
- Fess, E. (1992). Grip strength. In J. S. Casanova (Ed.), *Clinical assessment recommendations* (2nd ed., pp. 41-45). American Society of Hand Therapists.
- Figueiredo, C., Antunes, B. M., Giacón, T. R., Vanderlei, L. C., Campos, E. Z., Peres, F. P., Clark, N. W., Panissa, V. L. G., & Lira, F. S. (2019). Influence of acute and chronic high-intensity intermittent aerobic plus strength exercise on BDNF, lipid, and autonomic parameters. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(2), 359-368.
- Filipe, A. (2014). *Diagnóstico do nível de conhecimento dos militares do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás em ocorrências com busca e salvamento em ambientes confinados e incendiado (Trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual de Goiás)*.
- Fullagar, H., Notley, S. R., Fransen, J., Richardson, A., Stadnyk, A., Lu, D., ... & Duffield, R. (2022). Cooling strategies for firefighters: Effects on physiological, physical, and visuo-motor outcomes following firefighting tasks in the heat. *Journal of Thermal Biology*, 106, 103236. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103236>
- Fullagar, H., Schwarz, E., Richardson, A., Notley, S. R., Lu, D., & Duffield, R. (2021). Australian firefighters' perceptions of heat stress, fatigue, and recovery practices during firefighting tasks in extreme environments. *Applied Ergonomics*, 95, 103449. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103449>
- Galloway, S. D. (1999). Dehydration, rehydration, and exercise in the heat: Rehydration strategies for athletic competition. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 24(2), 188-200. <https://doi.org/10.1139/h99-016>
- Haidar, S. G., Kumar, D., Bassi, R. S., & Deshmukh, S. C. (2004). Average versus maximum grip strength: Which is more consistent? *Journal of Hand Surgery*, 29(1), 82-84. <https://doi.org/10.1016/j.jhsb.2003.09.012>
- Hillyer, M., Menon, K., Singh, R., & Menon, K. (2015). The effects of dehydration on skill-based performance. *International Journal of Sports Science*, 5(3), 99-107. <https://doi.org/10.5923/j.sports.20150503.02>
- Horn, G. P., DeBlois, J., Shalmyeva, I., & Smith, D. L. (2012). Quantifying dehydration in the fire service using field methods and novel

- devices. *Prehospital Emergency Care*, 16(3), 347-355. <https://doi.org/10.3109/10903127.2012.664243>
- Ikemoto, Y., Demura, S., Minami, M., Nakada, M., & Uchiyama, M. (2007). Force-time parameters during explosive isometric grip correlate with muscle power. *Sports Science for Health*, 2(2), 64-70. <https://doi.org/10.1007/s11332-007-0041-3>
- Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40(3), 497-504. <https://doi.org/10.1079/bjn19780152>
- Jackson, A. S., Pollock, M. L., & Ward, A. (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(3), 175-181.
- Kim, D. H., Bae, G. T., & Lee, J. Y. (2020). A novel vest with dual functions for firefighters: Combined effects of body cooling and cold fluid ingestion on the alleviation of heat strain. *Industrial Health*, 58(2), 91-106. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2018-0205>
- Kothgassner, O. D., Goreis, A., Glenk, L. M., Kafka, J. X., Pfeffer, B., Beutl, L., Kryspin-Exner, I., Hlavacs, H., Palme, R., & Felnhofer, A. (2021). Habituation of salivary cortisol and cardiovascular reactivity to a repeated real-life and virtual reality Trier Social Stress Test. *Physiology & Behavior*, 242, 113618. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113618>
- Lipp, M. E. N. (2000). *Manual do inventário de sintomas de stress para adultos de Lipp (ISSL)*. Casa do Psicólogo.
- Machado, A. F., Evangelista, A. L., Miranda, J. M. D. Q., Teixeira, C. V. L. S., Leite, G. D. S., Rica, R. L., Figueira Junior, A., Baker, J. S., & Bocalini, D. S. (2018). Taxa de sudorese após treinamento intervalado de alta intensidade usando peso corporal. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 24(3), 197-201. <https://doi.org/10.1590/1517-869220182403178641>
- Mack, G. A. R. Y., Nose, H. I. R. O. S. H. I., & Nadel, E. R. (1988). Role of cardiopulmonary baroreflexes during dynamic exercise. *Journal of Applied Physiology*, 65(4), 1827-1832. <https://doi.org/10.1152/jappl.1988.65.4.1827>
- McEntire, S. J., Suyama, J., & Hostler, D. (2013). Mitigation and prevention of exertional heat stress in firefighters: A review of cooling strategies for structural firefighting and hazardous materials responders. *Prehospital Emergency Care*, 17(2), 241-260. <https://doi.org/10.3109/10903127.2012.749965>
- McGregor, S. J., Nicholas, C. W., Lakomy, H. K. A., & Williams, C. (1999). The influence of intermittent high-intensity shuttle running and fluid ingestion on the performance of a soccer skill. *Journal of Sports Sciences*, 17(11), 895-903. <https://doi.org/10.1080/026404199365452>
- Murray, R. (1996). Dehydration, hyperthermia, and athletes: Science and practice. *Journal of Athletic Training*, 31(3), 248-252.
- Nuccio, R. P., Barnes, K. A., Carter, J. M., & Baker, L. B. (2017). Fluid balance in team sport athletes and the effect of hypohydration on cognitive, technical, and physical performance. *Sports Medicine*, 47(10), 1951-1982. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0738-7>
- Oliveira, R. (2008). *Relação da aptidão física expressa pelos componentes composição corporal e cardiorrespiratório com nível de estresse de bombeiros do serviço de resgate da polícia militar do estado de São Paulo* (Tese de doutorado, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo).
- Park, H., Trejo, H., Miles, M., Bauer, A., Kim, S., & Stull, J. (2015). Impact of firefighter gear on lower body range of motion. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 27(2), 315-334. <https://doi.org/10.1108/IJCST-01-2014-0011>
- Parsons, I. T., Stacey, M. J., & Woods, D. R. (2019). Heat adaptation in military personnel: Mitigating risk, maximizing performance. *Frontiers in Physiology*, 10, 1485. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01485>
- Prell, R., Opatz, O., Merati, G., Gesche, B., Gunga, H. C., & Maggioni, M. A. (2020). Heart rate variability, risk-taking behavior, and resilience in firefighters during a simulated extinguish-fire task. *Frontiers in Physiology*, 11, 482. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00482>
- Rossetti, M. O., Ehlers, D. M., Guntert, I. B., Leme, I. F., Rabelo, I. S. A., Tosi, S. M., Pacanaro, S. V., & Barrionuevo, V. L. (2008). O inventário de sintomas de stress para adultos de Lipp (ISSL) em servidores da polícia federal de São Paulo. *Revista Brasileira de Terapias Cognitivas*, 4(2), 108-120.
- Shibasaki, M., Rasmussen, P., Secher, N. H., & Crandall, C. G. (2009). Neural and non-neural control of skin blood flow during isometric handgrip exercise in the heat-stressed human. *The Journal of Physiology*, 587(Pt 9), 2101-2107. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.169201>
- Silva, A. P., Toriani, S. D. S., de Medeiros Rocha, E. D., & Carvalho, P. (2018). Desidratação em bombeiros militares após treinamento de combate a incêndio. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, 12(72), 537-541.
- Sunderland, C., & Nevill, M. E. (2005). High-intensity intermittent running and field hockey skill performance in the heat. *Journal of Sports Sciences*, 23(5), 531-540. <https://doi.org/10.1080/02640410410001730197>
- Teixeira, I. G., Verzola, M. R., Filipini, R. E., & Speretta, G. F. (2023). The effects of a firefighting simulation on the vascular and autonomic functions and cognitive performance: A randomized crossover study. *Frontiers in Physiology*, 14, 1215006. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1215006>
- Walker, A., Argus, C., Driller, M., & Rattray, B. (2015). Repeat work bouts increase thermal strain for Australian firefighters working in the heat. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 21(4), 285-293. <https://doi.org/10.1179/2049396715y.0000000006>
- Walker, A., Pope, R., & Orr, R. M. (2016). The impact of fire suppression tasks on firefighter hydration: A critical review with consideration of the utility of reported hydration measures. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 28, 63. <https://doi.org/10.1186/s40557-016-0152-x>
- Wang, S., Park, J., & Wang, Y. (2021). Cross-cultural comparison of firefighters' perception of mobility and occupational injury risks associated with personal protective equipment. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 27(3), 664-672. <https://doi.org/10.1080/10803548.2019.1607027>
- Wohlgemuth, K., Sekiguchi, Y., & Mota, J. (2023). Overexertion and heat stress in the fire service: A new conceptual framework. *American Journal of Industrial Medicine*, 66(8), 705-709. <https://doi.org/10.1002/ajim.23482>
- Zsuga, J., Tajti, G., Papp, C., Juhasz, B., & Gesztelyi, R. (2016). FNDC5/irisin, a molecular target for boosting reward-related learning and motivation. *Medical Hypotheses*, 90, 23-28. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2016.02.020>