

# 消防隊員の大規模災害対応活動訓練における身体活動強度の推定 ～ 3軸加速度計法を用いて～

## Study For Fire-Fighters' Physical Activity of The Training of Large Scale Disaster Response Activity -Using tri-axis Accelerometer Method-

小泉奈央<sup>1</sup>、根岸祐太朗<sup>1</sup>、緒形ひとみ<sup>2</sup>、麻見直美<sup>3</sup>  
Nao Koizumi<sup>1</sup>, Hitomi Ogata<sup>2</sup> and Naomi Omi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学 人間総合科学研究科

Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba

<sup>2</sup> 広島大学 人間社会科学研究科

Graduate School of Humanities and Social Sciences, Hiroshima University

<sup>3</sup> 筑波大学 体育系

Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

### 要約

これまで我々は、過酷な環境下で長時間に渡り大規模災害対応活動に従事する緊急消防援助隊員の半数に体調不良が見られること、食糧物資不足を感じていること、推定エネルギー必要量に対する総エネルギー摂取量不足や、消防本部が準備する活動食・補給食のエネルギー量の不足を明らかにしてきた。このことからエネルギー必要量を補う活動食・補給食の内容について検討する必要があると考えられるが、この検討に必要な消防関連活動の強度や特性は明らかになっていない。以上から、エネルギー必要量を補う活動食・補給食を検討するために実災害を想定した大規模ブライズ訓練における消防隊員の身体活動強度を推定することを目的とした。連続2日間の大規模災害対応活動訓練に参加する消防隊員154名を対象とし、3軸加速度計法(活動量計 OMRON HJA-750)と行動記録法を使用して、睡眠を除いた訓練時間をSedentary (SED: 安静)・Light Physical Activity (LPA: 低強度身体活動)・Moderate- (MPA: 中強度身体活動)・Vigorous- (VPA: 高強度身体活動)に分類して活動強度を推定した。その結果、SEDは平均28.4%、LPAは平均52.5%、MPAは平均18.4%、VPAは平均0.7%であった。

キーワード: 消防隊員、大規模災害、活動食・補給食、身体活動強度、3軸加速度計法

### Summary

When large-scale disasters occur, fire-fighters are expected to engage in high-intensity and long-term disaster response activities under harsh environments (conditions). Akano (2015) reported that about the half of members became sick during the Great East Japan Earthquake in 2011. "Eating" or disaster situation-reserve food (DSRF) plays an important role in maintaining the condition of firefighters even in case of emergencies and to keep their strength. Nonetheless, physical activity level and pattern of firefighters engaged in disaster response activities are not known.

The purpose of this study is to understand the strength and characteristics of firefighter activities. Metabolic equivalents (MET) of fire-fighters was measured using a tri axial-accelerometer. Research subjects were 154 fire-fighters who participated in a two-day blind fire-fighting training dedicated to large-scale disasters (hereinafter referred to as brand training). Data were analyzed by job type and job rank by comparing the average. Time spent sedentary (SED) and in light- (LPA), moderate- (MPA) and vigorous-intensity physical activity (VPA). Firefighters spent the time of a training in SED(28.4%), LPA (52.5%), MPA(18.4%) and VPA(0.7%). As a result of the survey, there was a significant difference depending on the job class and the type of unit.

*Keywords: Fire Fighters, Large-scale disaster, disaster situation-reserve food (DSRF) Physical activity, tri axial-accelerometer*

### 1. はじめに

消防隊員は、大規模災害発生時、過酷な環境下で長時間に渡り大規模災害対応活動に従事する。我々がこれまでに行った調査から、派遣隊員の半数に体調不良が見られる他、食糧物資不足を感じていることなど<sup>1)</sup>が明らかになった。総務省からは「各消防本部は72時間活動

可能な食糧等の事前準備に努めるものとする」と示されているが、活動におけるエネルギー必要量および準備すべき食について明示されていない<sup>2)</sup>。先行研究においては、発災直後のライフラインや流通が途絶し、かつ後方支援が十分に期待できない期間に摂取する1日に3度の食事を「活動食」、活動食以外の補助的な食事(災害現

責任著者: 麻見直美

E-mail:omi.naomi.gn@u.tsukuba.ac.jp 〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1 体育科学系A棟308

筑波大学体育系 電話番号: 029-853-6319

2020年9月30日受付; 2021年1月29日受理

Received September 30, 2020; Accepted January 29, 2021

場で摂取することも想定)を「補給食」と定義している<sup>1)</sup>。著者らによる大規模災害対応活動訓練における調査においては、総エネルギー摂取量が推定必要量に対して不足している<sup>3)</sup>こと、また消防本部が準備する活動食・補給食のエネルギー量が不足していること<sup>3)</sup>が明らかとなった。この結果からエネルギー必要量を補う活動食・補給食の内容について検討する必要があると考えられるが、大規模災害発災後の消防関連活動の強度や特性については明らかとなっていない。

以上のことから、大規模災害対応活動におけるエネルギー必要量を補う活動食・補給食を検討するために、実災害を想定した大規模ブラインド訓練における消防隊員の身体活動強度を推定することを目的とした。

## 2. 方法

実際の災害で計測することが望ましいが、発災直後に調査に係る測定デバイスを装着できないため、本研究においては最も実際の災害に近いと考えられる訓練を調査対象とした。調査対象訓練は実際の災害を想定して行われ、隊員に事前に訓練と内容が知らされない連続2日間の大規模災害を想定したブラインド形式で行われた。合計3訓練(訓練A, B, C)に参加する消防隊員154名を対象とし、3軸加速度計法(活動量計 OMRON HJA-750)と行動記録法を使用して、活動強度を推定した。身体活動量の評価としては、二重標識水法、加速度計法、心拍計法などが挙げられる。大規模災害活動訓練(約24時間から30時間)という区切られた時間の間に実験室内で再現の難しい幅広い活動の評価を行うために、機器を携帯することで測定可能な被侵襲性の高い加速度計法を用いた。本機器のアルゴリズムについては先行研究において詳述されている<sup>4,5)</sup>。3軸加速度計法は鉛直方向、前後方向、左右方向の加速度情報から合成加速度を算出しており<sup>6)</sup>本機器では、10秒毎に0METsから18METsまで計測される。本研究では、OMRON HJA-750から出力した記録データを解析に用いた<sup>7,8)</sup>。また、0-1.4 metabolic equivalents (METs)をSedentary (SED: 安静) time、1.5-2.99METsをLight physical Activity (LPA: 低強度身体活動)、3.0-5.99 METsをModerate physical

Activity (MPA: 中強度身体活動)、6 METs以上をVigorous intensity physical activity (VPA: 高強度身体活動)とし、生活記録から読み取れる仮眠時間は除外した。隊の種別は、救助隊員、消火隊員、救急隊員、その他隊員とし、職階級は、消防司令、消防司令補、消防士長、消防副士長、消防士とし、調査対象者は隊員からランダムに選出した。各調査対象訓練開始前に調査対象者に加速度計を配布し装着させ、調査対象訓練終了後(訓練AおよびCは30時間、訓練Bは24時間)回収した。また、本研究は筑波大学研究倫理委員会の承諾のもと実施し、対象者に研究の意義および目的を説明したうえで、研究についての理解と同意を得て行われた。統計処理には、windows software SPSS (version24)を用いた。平均間の有意差検定には、一元配置の分散分析を用い、多重比較にはTukeyのHSD法を用いた。統計学的有意水準は5%未満に設定した。

## 3. 結果

### 3-1 調査対象者の身体特性

調査対象者は、当該訓練に参加する19歳から57歳までの消防隊員154名を対象とした。調査対象者の身体特性を表1に示した。訓練途中の機器不良のため1名が除外となった。

### 3-2 対象者全体活動強度比率

対象者全体では、SEDは、平均28.4%(6時間13分02秒) LPAは、平均52.5%(11時間26分26秒) MPAは、平均18.4%(3時間59分53秒) VPAは、平均0.7%(9分17秒)であった(図1)。

### 3-3 活動隊別強度比率

また、活動隊ごとに活動強度毎の比率を示した(図2)。その結果、救急隊は、SEDの割合が救助隊・消火隊・その他隊よりも有意に高く、MPAの割合が有意に低いことが分かった。また、救助隊のMPAの割合は救急隊よりも有意に高く、消火隊のVPAは救助隊と救急隊よりも有意に高かった。

表1. 対象者の身体特性

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	BMI*(kg/m <sup>2</sup> )
Mean	35.4	172.5	69.8	23.4
SD**	7.7	5.5	8.0	2.2

全体 (n=154) 男性 (n=154) 女性 (n=0)

\*BMI (Body Mass Index) は体重 (kg) を身長<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>) で除して算出した

\*\*SD : Standard Deviation

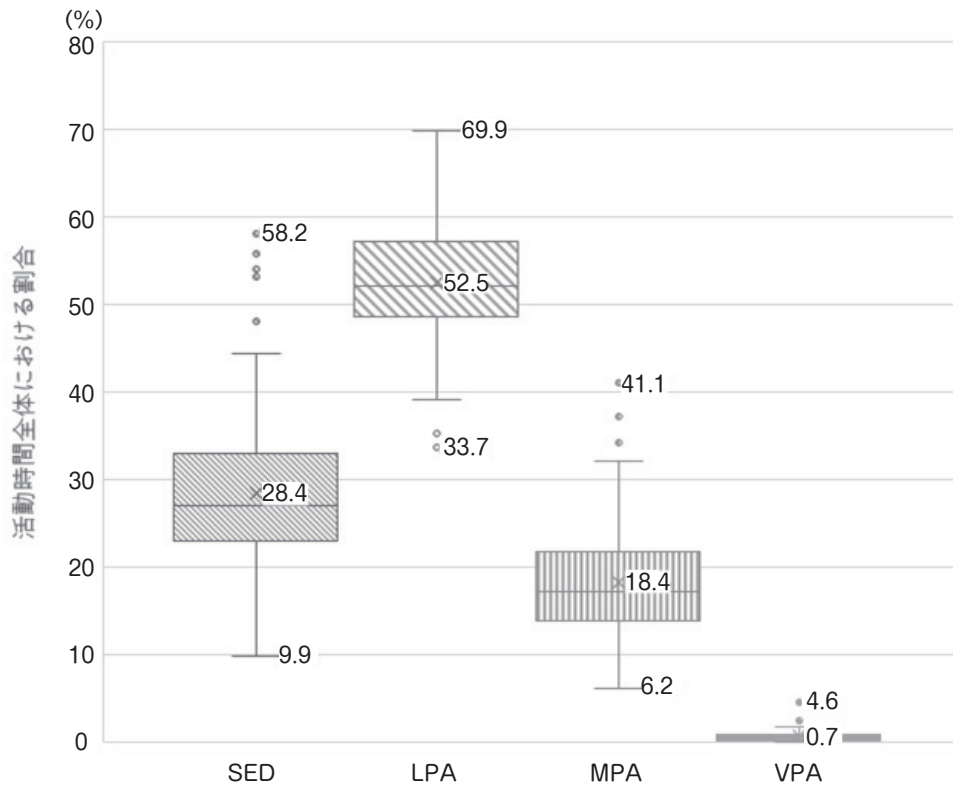


図1. 全体活動強度比率

仮眠時間を除外した全体活動時間における調査対象者全体の活動強度別の比率を示した。

SED=Sedentary (安静) LPA=Light Physical Activity (低強度身体活動) MPA=Moderate- (中強度身体活動) VPA=Vigorous- (高強度身体活動)

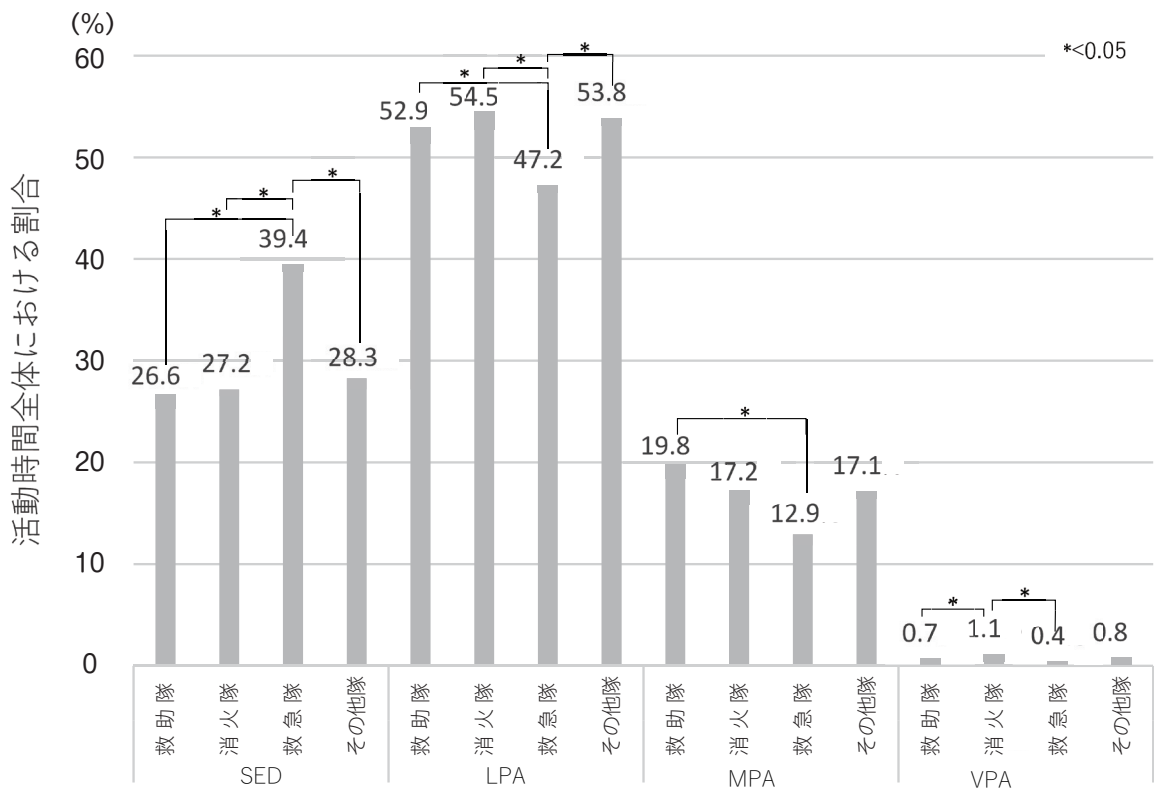


図2. 活動隊種別活動比率

仮眠時間を除外した全体活動時間における活動強度別の比率を活動隊種別ごとに示した。

### 3-4 職階級別活動強度比率

さらに、職階級別の活動比率を図3に示した。消防司令補がLPA以上の活動が最も多く、MPAは消防司令よりも有意に高かった。

### 3-5 調査対象者の睡眠時間

調査対象者の睡眠時間を隊種別（表2）および職階級別（表3）に示した。隊種別では、消火隊員の睡眠時間が救助隊員、救急隊員、その他隊員よりも有意に長く、職階級別では、消防司令補の睡眠時間が消防士長、消防副士長、消防士よりも有意に短いということが分かった。

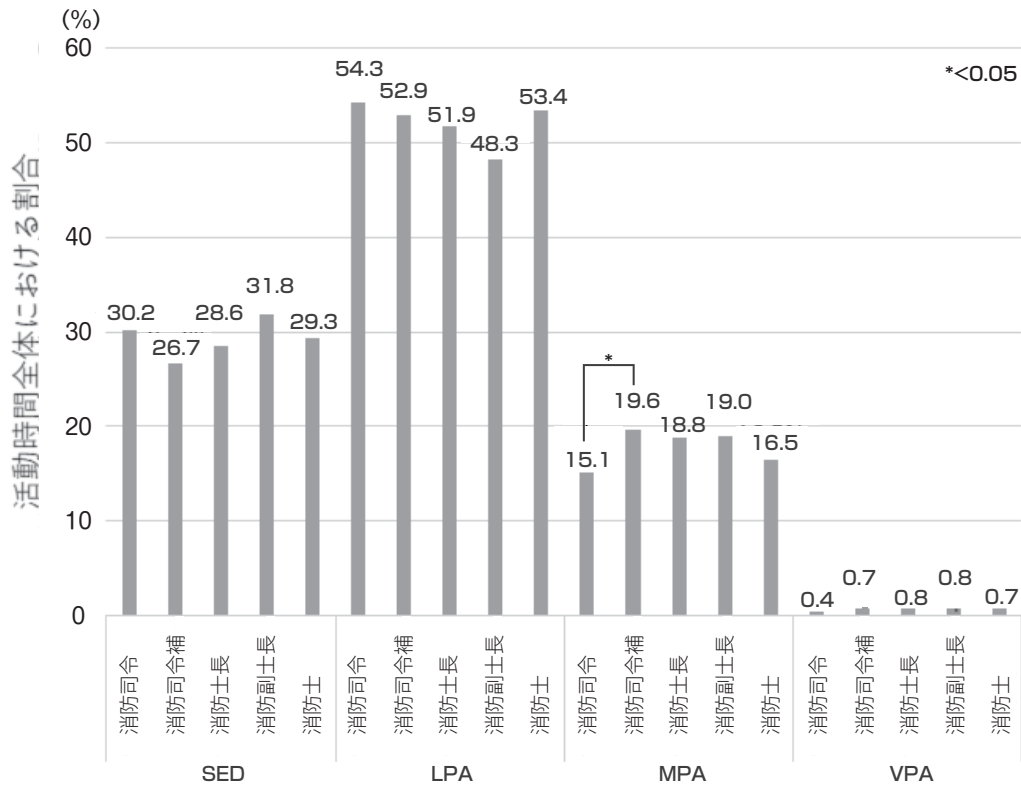


図3. 職階級別活動比率

仮眠時間を除外した全体活動時間における活動強度別の比率を職階級別ごとに示した。

表2. 隊種別平均睡眠時間

	救助隊	消火隊	救急隊	その他隊	合計
N	101	19	19	14	153
Mean	3:45:52 <sup>a)</sup>	4:44:03	3:31:25 <sup>a)</sup>	3:04:07 <sup>a)</sup>	3:47:29
SD*	1:21:14	0:44:01	0:38:03	1:19:41	1:16:45

a) p<0.05 VS 消火隊

\*SD: Standard Deviation

表3. 職階級別平均睡眠時間

	消防司令	消防司令補	消防士長	消防副士長	消防士	合計
N	19	57	43	13	21	153
Mean	3:51:56	3:11:25	4:07:30 <sup>a)</sup>	4:15:59 <sup>a)</sup>	4:22:41 <sup>a)</sup>	3:47:29
SD*	1:16:03	1:27:14	1:02:29	0:51:24	0:45:24	1:16:45

a) p<0.05 VS 消防司令補

\*SD: Standard Deviation

#### 4. 考察

睡眠を除く平均活動時間 21 時間 48 分 38 秒中 SED (安静) は 28.4% であり、それ以外の 71.6% である 17 時間 38 分 32 秒間 LPA (低強度身体活動) 以上の活動を続けていた。林野計画火災対応活動消防隊員の調査では、SED は約 49% であり、一方林野火災対応活動消防隊員への調査では SED は約 74% だったと報告されている<sup>11,12)</sup>。本研究では、SED は全体平均で 28.4% という結果であり、先行研究よりも低い割合を示した。本研究の活動時間は SED に分類される活動が少なく、LPA(1.5METS-) 以上の身体活動を長時間行っているということが明らかになった。先行研究における林野計画火災対応活動や林野火災対応活動は延焼を計画的に操作することや鎮火を主目的とすることが多い<sup>12, 13)</sup> が、本研究の調査対象である大規模災害活動は人命救助を主目的とした活動が多く、特に生存率を左右する発災後 72 時間においては、活動時間が長期化することが考えられる。活動の内容としては、救助隊は資器材を担いで登山および要救助者の検索活動、シャベルによる土砂掘削活動や、土砂および資器材の運搬活動など、中強度以上の活動が多く含まれる内容の業務を行っており、救急隊員は、救助隊員や消火隊員が救助し、搬送された要救助者の救命処置などを行ったため、他の活動隊に比べて SED の活動時間が長かったことが考えられる。

また、Raines ら<sup>9)</sup> は、都市火災対応の消防隊員が活動に従事する 2 時間のうち MPA (中強度身体活動) の割合は 3% であると報告している。さらに、別の先行研究では、森林火災の全期間にわたって、MPA で費やされた時間の割合は 5% から 23% の範囲であったと報告されている<sup>10, 11, 12)</sup>。また、森林計画火災対応消防隊員を対象とした研究においては、MPA 活動が占める割合が 24% であったことを報告している<sup>13)</sup>。本研究の結果においては、MPA 活動は、18.4% である 3 時間 59 分 53 秒であった。これまで報告されている都市火災対応消防隊員の結果よりも大きく、森林計画火災対応消防隊員よりも低いことが明らかとなった。また、これまでは、消防隊員のみ調査報告であったが、活動隊別にみると、救助隊員は LPA52.9%、MPA19.8%、VPA (高強度身体活動) 0.7% と活動隊の中で LPA 活動以上の割合が最も大きく、次いでその他隊、消火隊、救急隊となること分かった。活動隊種別に有意な差が見られたことから、今後活動食・補給食を検討していくうえでも、活動隊種別ごとに内容を検討する必要性が考えられた。

階級別には、消防司令補が最も SED の活動割合が低く、MPA の割合は消防司令よりも有意に高かった。消防司令補は、消防司令からの指示を受けて消防士長以下の隊員の活動を統制しつつも率先して活動を進めていく必要があるため、活動時間が長くなったことが考えられる。平均仮眠時間を確認しても、消防司令補が一番短く、業務従事時間が最も長かったことが確認できる。睡眠時間が不足している兵士は、タスクへの速度が著しく低下したという報告もある<sup>14)</sup>。仮眠時間が短かったことに関して活動クオリティに影響を与えた可能性があるが、今後は活動の質についても検討する必要性が考えられた。

#### 5. まとめ

救助隊は MPA・VPA の時間が長く、救急隊は SED の時間が長い。また、監督者階級である消防司令補の階級は活動時間が長く、仮眠時間が短いことが分かった。全体としては、睡眠を除く平均活動時間は、SED 以外の活動

を長時間続けていることが確認された。

以上から、大規模災害活動訓練においては、長時間にわたり一定以上の活動を継続する必要があることから、長時間にわたる活動を支えることのできる活動食および携帯性が良く摂取しやすい補給食の必要性が考えられ、さらにその内容についても充実させていく必要性が考えられた。

#### 謝辞

本調査にご協力いただきました緊急消防援助隊訓練関係消防職員の皆さまに感謝致します。

#### 参考文献

- 1) 赤野史典, 細谷昌右, 玄海嗣生, 山口至孝, 緒形ひとみ, 麻見直美, 大規模災害発生時の隊員の効果的な活動食の摂取方策に関する検証 消防技術安全所報, 2013, 50 号, 70-77
- 2) 平成 24 年度緊急消防援助隊広域活動拠点に関する調査報告書, [http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/h25/2504/250419\\_1houdou/02\\_houdoushiryou.pdf](http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/h25/2504/250419_1houdou/02_houdoushiryou.pdf)
- 3) 雨宮美宇, 小泉奈央, 緒形ひとみ, 麻見直美, 大規模災害を想定した訓練における消防隊員の活動食・補給食の実態調査, 日本災害食学会誌, 2019, VOL.6 NO.2 PP.43-49
- 4) 中田由夫, 大河原一憲, 大島秀武, 田中茂穂, 3 軸加速度計 Active Style Pro を用いた身体活動量評価において epoch length が解析結果に及ぼす影響, 運動疫学研究, 2012, 14-2, 143-150
- 5) Oshima Y, Kawaguchi K, Tanaka S, et al. Classifying household and locomotive activities using a triaxial accelerometer. *Gait Posture*. 2010; 31, 370-4.
- 6) Ohkawara K, Oshima Y, Hikiyama Y, IshikawaTakata K, Tabata I, Tanaka S. Real-time estimation of daily physical activity intensity by a triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm. *Br J Nutr*. 2011, 105, 1681-91
- 7) Yoshitake Oshima, Kaori Kawaguchi, Shigeho Tanaka, Kazunori Ohkawara, Yuki Hikiyama, Kazuko Ishikawa-Takata, Izumi Tabata: Classifying household and locomotive activities using a triaxial accelerometer: *Gait & Posture* 31, 2010, 370-374
- 8) Kazunori Ohkawara, Yoshitake Oshima, Yuki Hikiyama, Kazuko Ishikawa-Takata, Izumi Tabata, Shigeho Tanaka, Real-time estimation of daily physical activity intensity by a triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm: *British Journal of Nutrition*, 2011, 105, 1681-1691 doi:10.1017
- 9) Raines J, Snow R, Petersen A, Harvey J, Nichols D, Aisbett B, Pre-shift fluid intake: Effect on physiology, work and drinking during emergency wildfire fighting. *Appl. Ergon*, 2012, 43, 532-540.
- 10) Vincent GE, Ridgers ND, Ferguson SA, Aisbett B, Associations between firefighters' physical activity across multiple shifts of wildfire suppression. *Ergonomics*, 2016, 59, 924-931.
- 11) Cuddy JS, Sol JA, Hailes WS, Ruby BC, Work patterns dictate energy demands and thermal strain during wildland firefighting. *Wilderness Environ. Med*, 2015, 26, 221-226.
- 12) Cuddy JS, Slivka DR, Tucker TJ, Hailes WS, Ruby BC, Glycogen levels in wildland firefighters during

wildfire suppression, *Wilderness Environ. Med*, 2011, 22, 23-27.

- 13) Stephanie E, Chappel, Brad Aisbett, Grace E. Vincent, Nicola D, Ridgers, Firefighters' Physical Activity across Multiple Shifts of Planned Burn Work. *Int. J. Environ. Res. Public Health* , 2016, 13, 973; doi:10.3390
- 14) Mario Jovanović , Goran Sporiš, Josip Šopar, Dražen Harasin, Dario Matika, The effects of basic military training on shooting tasks in conditions of sleep deprivation, 2012, 44, No.1, 31-38