

避難所開設訓練時における身体的負担度の評価

今井 大喜¹⁾・岡崎 和伸²⁾・荻田 亮³⁾・
横山 久代⁴⁾・鈴木 雄太⁵⁾・生田 英輔⁶⁾・渡辺 一志⁷⁾

- 1) 大阪市立大学 都市健康・スポーツ研究センター e-mail: dimai@sports.osaka-cu.ac.jp
 2) 大阪市立大学 都市健康・スポーツ研究センター e-mail: okazaki@sports.osaka-cu.ac.jp
 3) 大阪市立大学 都市健康・スポーツ研究センター e-mail: ogita@osaka-cu.ac.jp
 4) 大阪市立大学 都市健康・スポーツ研究センター e-mail: yokoyama@sports.osaka-cu.ac.jp
 5) 大阪市立大学 都市健康・スポーツ研究センター e-mail: suzuki@sports.osaka-cu.ac.jp
 6) 大阪市立大学 大学院生活科学研究科 e-mail: ikuta@osaka-cu.ac.jp
 7) 大阪市立大学 都市健康・スポーツ研究センター e-mail: hwatanabe@osaka-cu.ac.jp

災害時に避難所を開設する際には、特有の動作によって一定の身体負担が強いられると想定される。本研究では、運動強度や身体活動量の評価とアンケート調査から、避難所開設訓練時の身体的負担度について検証した。その結果、運動強度は最大で瞬間的に70%に達する活動が含まれるが、平均では2METs程度であり、身体活動量は、軽めの運動やスポーツ約1時間の実施に相当する程度の身体的負担度であることが示された。

Key words : 避難所開設訓練, 運動強度, 身体活動量

1. 緒言

災害現場での身体活動は、主に現場での事務的な調整業務から災害支援物資の運搬、人力による瓦礫・土砂の撤去作業、被災者の救護活動等、多様な動作が挙げられる。国立健康・栄養研究所による身体活動のメッツ (METs)^{注釈)}表によると、これらの動作に関わる項目として、立位での会話や楽な労力 (1.8 METs)、ボランティア活動における「楽」から「きつい」作業 (3.0 - 4.5 METs)、シャベルで土や泥をすくう (5.5 METs)、人力車を曳く (6.3 METs)、消火救護作業 (6.8 - 9.0 METs ※防火服着用時) 等のMETs値が示されている¹⁾。これらのMETs値から災害現場での身体活動における運動強度や身体活動量については、ある程度推定することができるものの、避難所開設時あるいはその訓練時における身体活動時の運動強度や身体活動量については、その詳細が明らかとされておらず、実際にどの程度の身体的負担度があるのかについては検証されていない。

2. 目的

本研究では、防災訓練の一環である避難所開設訓練の身体的負担度について、運動強度や身体活動量の評価とアンケート調査から検証することを目的とした。

3. 方法

(1) 対象

対象は、地域の防災リーダーである健常な成人男女10名 (男性6名, 女性4名) とした。事前の間診にて、体調に異常の無いこと、実験遂行に問題の無いことを確認した。表1に対象の身体的特徴を示す。

(2) プロトコル

表1. 対象の身体的特徴

年齢, 歳	56	±	11
身長, cm	165.2	±	9.0
体重, kg	61.9	±	9.3
BMI, kg/m ²	23	±	2
男性6名, 女性4名 (平均値 ± 標準偏差)			

2020年11月14日（土）に開催された大阪市住吉区の総合防災訓練において、65分間の避難所開設訓練時に、対象の心拍数・身体活動量・活動内容を測定し、記録した。対象は、以下のa)~c)の3つの訓練内容のいずれか一つを主導する役割を担っていた（1名のみ全体統括役）。また、訓練の終了直後に運動強度や疲労度に関する主観的感覚や、対象の属性や健康・体力状態および運動・スポーツ実施頻度、防災活動についての自信や訓練内容に関して問うアンケートを実施した。

- a) 避難所受付開設・運営（図1A）
- b) 仮設ベッドの資材の搬出入と設置（図1B）
- c) 可搬式ポンプ・ホースの搬出入と初期消火（図1C）



図1. 避難所開設訓練の様子

(3) 測定項目

測定項目は次のa)~f)とした。

- a) 当日の体調および年齢・身長・体重：問診により記録
- b) 心拍数（Polar；A370，光電式容積脈波記録法）：前腕部に装着した心拍数計にて1秒毎に記録
- c) 身体活動量（オムロン；Active style Pro HJA-750C，3D加速度記録法）：腰部前面に装着した活動量計にて10秒毎のMETs値を記録
- d) 活動内容の音声付き動画（GoPro；HERO9）：ヘルメット前額部に装着したビデオカメラにて動画と音声を記録
- e) 主観的運動強度（Borgスケール²⁾・疲労感（Visual Analog Scale³⁾）：各スケールを対象に提示の上記録（図2A・B）
- f) 属性・健康状態・体力・運動やスポーツ実施頻度・防災活動についての自信・訓練内容についてのアンケート：訓練直後に回答用紙へ記録（図2C）

(4) データ解析

1秒毎に記録した心拍数から1分毎の値を算出した。立位安静時の最低値を安静時の心拍数として、安静および訓練中の平均心拍数と年齢から、次のa~d)に示す式にて、年齢から推定された最大心拍数に対する各訓練の相対的運動強度を算出した⁴⁾。10秒毎に記録されたMETs値から1分毎のMETs値を算出し、運動強度として評価した。身体活動量および活動時のエネルギー消費量は、METs値と訓練の従事時間（65分間）、体重から次のe~f)に示す式にて算出した⁵⁾。

- a) 年齢から推定する最大心拍数（拍/分）= 220 - 年齢（歳）
- b) 予備心拍数（拍/分）= 年齢から推定する最大心拍数（拍/分）- 安静時心拍数（拍/分）
- c) 目標心拍数（拍/分）= 予備心拍数（拍/分）× 相対的運動強度（%）+ 安静時心拍数（拍/分）
※相対的運動強度（%）は小数値で計算
- d) 相対的運動強度（%）=（目標心拍数（拍/分）- 安静時心拍数（拍/分））÷ 予備心拍数（拍/分）
※c)式を変形。目標心拍数に運動中（訓練中）の心拍数を代入する。
- e) 身体活動量（METs・時）= 運動強度（METs）× 時間（時）
- f) エネルギー消費量（kcal）= 1.05 × 身体活動量（METs・時）× 体重（kg）

(5) 研究倫理

本研究は、大阪市立大学生活科学研究科研究倫理委員会にて審査を受け、承認された(No.20 - 26). 対象者には、研究実施担当者から研究の趣旨を十分に説明した上で、同意を得て実施した。

A 主観的運動強度	
20	
19	非常にきつい
18	
17	かなりきつい
16	
15	きつい
14	
13	ややきつい
12	
11	楽である
10	
9	かなり楽である
8	
7	非常に楽である
6	

C アンケート	
1. ご職業を教えてください (〇はいくつでも可) 〇	
1 会社員 2 公的機関・教員 3 自営業 4 会社役員 5 自由業 〇	
6 専業主婦 (夫) 7 学生 8 パート・アルバイト 9 無職 〇	
10 町会・地域団体役員 11 その他 () 〇	
2. あなたの健康状態について該当するものに〇をつけて下さい 〇	
1 大いに健康 2 まあ健康 3 あまり健康でない 〇	
3. あなたの体力について該当するものに〇をつけて下さい 〇	
1 自信がある 2 普通である 3 不安がある 〇	
4. あなたの運動・スポーツの実施頻度について該当するものに〇をつけて下さい 〇	
1 ほとんど毎日 2 ときどき 3 ときたま 4 しない 〇	
ほとんど毎日：週3～4日以上、ときどき：週1～2日以上、ときたま：月1～3日以上 〇	
運動・スポーツの内容 〇	
5. あなたの防災活動遂行力について該当するものに〇をつけて下さい 〇	
1 自信がある 2 普通である 3 不安がある 〇	
6. 今回の訓練の満足度について、もっとも当てはまる数字に〇をつけてください 〇	
1 とても満足である 2 まあ満足である 3 あまり満足でない 4 満足でない 〇	

B

疲れを全く感じない最良の感覚

何もできないほど疲れ切った最悪の感覚

図 2. 主観的運動強度と疲労感およびアンケート

4. 結果

表 2 は、65 分間の避難所開設訓練中における心拍数の基礎データと身体的負担度を評価する各種指標を示す。各対象の年齢および安静時の立位心拍数、訓練中の平均・最大心拍数から算出した訓練中の平均・最大運動強度は、①避難所受付開設・運営で 19 - 29 % (幅, 以下同様), 33 - 44 % (N = 3), ②仮設ベッド資材の搬出入と設置で 17 - 19 %, 35 - 45 % (N = 2), ③可搬式ポンプ・ホースの搬出入と初期消火で 29 - 32 %, 70 - 71 % (N = 2), ④統括で 25 %, 49 % (N = 1) であった。

METs 値による訓練中の平均・最大運動強度は、①避難所受付開設・運営で 1.6 - 2.1 METs, 3.3 - 4.6 METs (N = 3), ②仮設ベッド資材の搬出入と設置で 1.7 - 1.8 METs, 3.4 - 4.8 METs (N = 2), ③可搬式ポンプ・ホースの搬出入と初期消火で 1.9 - 2.2 METs, 3.5 - 4.0 METs (N = 3), ④統括で 2.4 METs, 4.5 METs (N = 1) であった。

METs 値から評価した訓練中の身体活動量・エネルギー消費量は、①避難所受付開設・運営で 1.8 - 2.4 METs・時, 92.6 - 165.4 kcal (N = 3), ②仮設ベッド資材の搬出入と設置で 1.9 - 2.1 METs・時, 118.9 - 122.2 kcal (N = 2) であった。③可搬式ポンプ・ホースの搬出入と初期消火で 2.1 - 2.7 METs・時, 154.9 - 182.3 kcal (N = 3), ④統括で 2.8 METs・時, 217.8 kcal (N = 1) であった。

訓練中の主観的運動強度・疲労感は、①避難所受付開設・運営で 8 - 11, 3 - 17 mm (N = 3), ②仮設ベッド資材の搬出入と設置で 10 - 15, 26 - 71 mm (N = 3), であった。③可搬式ポンプ・ホースの搬出入と初期

消火で 11 (N = 1)，22・38 mm (N = 2)，④統括で 14，40 mm (N = 1) であった。

アンケートの有効回答数は 9 名であった。対象の属性は、「会社員・自営業」が 6 名 (67 %)，「専業主婦」が 1 名 (11 %)，「町会等の地域団体役員」が 2 名 (22 %) であった。健康状態は、「おおいに健康」が 4 名 (44 %)，「まあ健康」が 5 名 (56 %)，「あまり健康でない」の回答はなかった。自身の体力については、「自信がある」が 1 名 (11 %)，「普通である」が 7 名 (78 %)，「不安がある」が 1 名 (11 %) であった。運動・スポーツの実施頻度は、「ほとんど毎日」が 1 名 (11 %)，「ときどき」が 6 名 (67 %)，「ときたま」の回答はなく，「しない」が 2 名 (22 %) であった。ときどき以上に実施している運動やスポーツの種類は，「散歩・ウォーキング・自転車通勤・卓球・ソフトボール・バレーボール・ジムでのエクササイズ」であった。防災活動の遂行力については，「自信がある」が 3 名 (33 %)，「普通である」が 4 名 (44 %)，「不安がある」が 2 名 (22 %) であった。今回の訓練の満足度については，「とても満足である」の回答はなく，「まあ満足である」が 7 名 (78 %)，「あまり満足でない」が 2 名 (22 %) であり，「満足でない」の回答はなかった。

表 2. 避難所開設訓練中における心拍数の基礎データと身体的負担度を評価する各種指標

対象	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
役割※		①			②			③		④
心拍数の基礎データ										
安静時の立位心拍数(最低値)，拍/分	78	61	65	73	57	117	111	94	71	92
訓練中の平均心拍数，拍/分	100	82	87	91	77	148	128	118	98	107
訓練中の最大心拍数(最大値)，拍/分	110	110	102	110	106	167	150	147	137	122
心拍数から評価した相対的運動強度										
平均運動強度，%	29	19	19	17	19	92	35	32	29	25
最大運動強度，%	42	44	33	35	45	146	82	70	71	49
METs 値による運動強度										
平均運動強度，METs	2.1	2.0	1.6	1.7	1.8	—	2.2	1.9	2.0	2.4
最大運動強度，METs	3.4	4.6	3.3	3.4	4.8	—	3.7	3.5	4.0	4.5
METs 値から評価した身体活動量とエネルギー消費量										
身体活動量，METs・時	2.4	2.4	1.8	1.9	2.1	—	2.7	2.1	2.4	2.8
総エネルギー消費量，kcal	115.4	165.4	92.6	122.2	118.9	—	182.3	154.9	173.3	217.8
主観的運動強度および疲労感										
主観的運動強度	11	9	8	10	12	15	—	—	11	14
疲労感，mm	17	13	3	26	46	71	—	38	22	40

※①避難所受付開設・運営，②仮設ベッド資材の搬出入と設置，③可搬式ポンプ・ホースの搬出入と初期消火，④統括対象 F・G は安静時の立位心拍数が高いため参考値とする。[—]は測定機器の不調・人為的エラーによる欠損

5. 考察

本研究では，避難所開設訓練時の身体的負担度について，①避難所受付開設・運営，②仮設ベッド資材の搬出入と設置，③可搬式ポンプ・ホースの搬出入と初期消火，④全体統括の訓練内容別に，運動強度や身体活動量の評価とアンケート調査から総合的に検証した。また，運動強度については主に生理的反応そのものである心拍数やそれと強く相関する主観的感覚と，主に加速度を生じさせる体動を反映する活動量から METs 値として呈示する双方の評価方法から検証した。

心拍数から評価した避難所開設訓練時の相対的運動強度は，①避難所受付開設・運営と②仮設ベッド資材の搬出入と設置訓練において平均強度 (①19・29 %，②17・19 %) は前者が高く，最大強度 (①33・44 %，②35・45 %) は同程度であったことに対して，可搬式ポンプ・ホースの搬出入と初期消火訓練時では，平均強度こそ 29・32 %であったものの，瞬間的な (1 分間の平均値) 最大強度は，70 - 71 %に達することが明らかとなった。小田らは，消防隊員の消火活動中における心拍数の変化について報告しており，火災現場到着後から放水開始までに急激な心拍数の上昇が認められることを示している⁶⁾。このことから可搬式ポンプ・

ホースの搬出入と初期消火訓練では、重量物の運搬から直ちにそれらの稼働準備にかかるため、瞬間の運動強度が非常に高くなると考えられる。一方、活動量計から評価した運動強度は、いずれの訓練時も2 METs程度（①1.6 - 2.1 METs, ②1.7 - 1.8 METs, ③1.9 - 2.2 METs）であり、最大値では4 METs程度（①3.3 - 4.6 METs, ②3.4 - 4.8 METs, ③3.5 - 4.0 METs）であった。本研究では、活動量計だけでは検出できない動作時（体の移動はないが力が加わっている、踏ん張っている）の運動強度について、心拍数を合わせて評価することで、より客観性の高いデータが得られたと考えられる。心拍数そのものは、精神的な影響を受けて増加することが知られており⁷⁾、本結果においてもその影響は完全に否定できない。しかし、今回の対象は地域の防災リーダーであり、当日実施した訓練内容については何度も従事した経験のあることから、精神的負担は慣れによってそれほど大きくなかったと考えられ、その影響は小さいと考えられる。避難所開設訓練時の身体活動量は、いずれの役割においても2.2 METs・時程度（①1.8 - 2.4 METs・時, ②1.9 - 2.1 METs・時, ③2.1 - 2.7 METs・時）であった。これは、「ゆっくりとした歩行」や「水場での遊び」等に相当する軽めの運動・スポーツを約1時間おこなった際の身体活動量と同程度であると考えられる¹⁾。また、総エネルギー消費量は、① - ③の訓練において、最小値で92.6 kcal, 最大値で182.3 kcalであり、約2倍の差がみられた。これらの値は、算出の際に体重を用いることから、同一の運動強度や身体活動量であっても対象による差が生じてしまうことは否めないものの、体重の差のみでこの差が生じることは、身体的特徴（体重61.9 ± 9.3kg）から考えにくいいため、これは主に訓練中の身体活動量の個人差に因るところが大きいと考えられる。一方、本研究の対象者は、BMIが23 ± 2 kg/m²であり、標準的な体格の成人男女であったため、これらの数値は、避難所開設活動に必要なエネルギー消費量の目安として提示できると考えられる。④統括役の身体活動量および総エネルギー消費量は、2.8 METs・時, 217.8 kcalであり、いずれの値も10名の対象中で最高値を示した。統括役は、特定の活動に従事することはないものの、常に現場の状況を把握する必要があったため、このように最高値を示したことは、動画からも各所を立ち回り続けていたことに起因すると考えられる。主観的運動強度は、役割毎の幅をみると、①8 - 11, ②10 - 15, ③11であり、また、疲労感においても、①3 - 17, ②26 - 71, ③22 - 38であり、同一の訓練内容を主導する役割であっても身体的なきつさや疲労の感じ方は、対象者によって大きく異なっていた。本研究の訓練内容において、実際には立位や座位、歩行や軽度の走行、発声の強弱等、個々人における詳細な活動に偏りのあることが動画から観察されるため、同一の訓練内容における主観的感覚の偏り、すなわち変動の幅については、さらにその詳細を検証する必要がある。また、それらは対象者の年齢や体力レベルの違いによっても影響する可能性が考えられるため、このような訓練時あるいは実際の災害時での活動の際には、活動内容の詳細や個々人の年齢や体力レベルを踏まえた上で従事させる活動内容を考慮することが、2次災害を防ぐ上で重要であると考えられる。

本研究の対象は、「健康状態」について9名が「おおいに健康」か「まあ健康」のいずれかを回答していた。「体力」については8名が「自信がある」あるいは「普通である」と回答し、運動・スポーツの実施頻度については、7名が「ほとんど毎日」あるいは「ときどき」と回答していた。さらに、防災活動の遂行力については、7名が「自信がある」あるいは「普通である」と回答していた。本研究の対象は、地域の防災リーダーであり、日常的に防災活動に参画している者であったが、健康や体力についてもある程度の自信を持ち、また、何らかの運動・スポーツ活動を日頃からおこなっていた。それらが防災活動の遂行力にもつながっていると考えられる。内閣府の体力・スポーツに関する世論調査（平成25年1月調査）によると、自分自身の「健康状態」について「おおいに健康」であり、「体力」について「自信がある」と回答している者の65 - 80%が、実際に週1 - 2日以上、運動・スポーツを実施していると回答している⁷⁾。

本研究の限界として、対象人数が限られていたことや、年齢に偏りのあったことが挙げられる。したがって得られたデータについては、個人毎の平均値と最大値の解析に留めている。各役割内におけるデータの偏りは、詳細な活動内容の違いに因ると考えられるため、時系列データと動画撮影のデータから、さらに分節化した各々の活動を評価することで、その原因を検出できる可能性があるものの、活動の種類が増えればサンプル数も少なくなり、さらに偏りを生む原因にもなると考えられる。したがって、今後この両方面からの

検証をおこなうことで, より精度の高い身体的負担度を検証できる可能性があると考えられる. そうすることで各訓練の身体負担度に見合った日常的な運動・スポーツの推奨ならびにトレーニングの提案等がおこなえると期待される.

6. 結論

避難所開設訓練において, 運動強度は, 瞬間的に最大 70%相対強度に達する活動が含まれるが, 平均では 2METs 程度であり, 身体活動量は, 軽めのスポーツ約 1 時間の実施に相当する程度の身体的負担度である.

謝辞

本研究の実施に際して多大なご協力を賜った, 大阪市住吉区山之内地域の地域防災リーダーの皆様, この場をお借りして厚く御礼申し上げます. また, 研究実験の補助およびデータ入力にお力添え頂きました, 当時大阪市立大学大学院生活科学研究科の二宮佳一様に, 深く感謝申し上げます.

利益相反および研究資金

本研究において, 著者の開示すべき利益相反はない. 本研究は, 大阪市立大学都市防災教育研究センター 2020 年度特別推進研究の助成を受けて実施した.

注釈

メッツ (Metabolic Equivalent: METs) は, エネルギー消費量が座位安静時代謝量の何倍か示す指標⁵⁾.

参考文献

- 1) 国立健康・栄養研究所 改訂版「身体活動のメッツ(METs)表」, <https://www.nibiohn.go.jp/files/2011mets.pdf> (2021 年 8 月 25 日取得).
- 2) 日本疲労学会 疲労感 VAS 検査方法, <https://www.hirougakkai.com/VAS.pdf> (2021 年 8 月 25 日取得).
- 3) Borg, G. A. (1982): Psychophysical bases of perceived exertion, *Med Sci Sports Exerc*, 14(5), 377-381.
- 4) G.Gregory Haff and N.Travis Triplett 編 (2018): ストレングストレーニング&コンディショニング 第 4 版, 第 20 章 有酸素性持久力トレーニングのためのプログラムデザインとテクニック, 608-609.
- 5) 財団法人健康・体力づくり事業財団編 (2010): 健康運動指導士要請講習会テキスト 下 第 4 版, 第 15 章 栄養摂取と運動, 4 身体活動量の定量法とその実際(2), 1003-1009.
- 6) 小田伸午, 兜子昌弘, 田口貞善 (1988): 消防隊員の消火活動中の心拍反応と全身持久性, *産業医学*, 30, 406-407.
- 7) 石橋富和, 大谷璋, 三浦武夫 (1968): 精神負担の指標としての心拍数, *産業医学*, 10, 377-379.
- 8) 内閣府 体力・スポーツに関する世論調査 (平成 25 年 1 月調査), https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/chousa04/sports/1368151.htm (2021 年 8 月 25 日取得).