

消防活動時の労働負担に関する調査結果について

Research on the physiological responses during isometric (bicycle type) exercises equivalent to fire fighting activities.

北 岡 開 造*
正 木 豊*
丸 山 勝 幸*

The physiological responses of 6 firefighters, ages from 20 to 40, were recorded during 28 minutes of isoergometer exercises. The following results were obtained.

- (1) It is better for the body and enhances productive work that the firefighting operations shall be kept below 170 heart beats / min (30 years old)
- (2) It needs much more time for recovery after the firefighters handled hard labor loads for more than a certain time.
- (3) The heart beats when responding to a fire are more than 125 heart beats / min and the physiological burden is especially difficult after lying in bed.

1. 目 的

消防活動は、初期の火災対応が特に重要でありまた厳しい作業負担もこの時期に集中している。

本調査は、モデル火災別及びペース配分別の消防作業負担を自転車エルゴメータによる駆動負担に置き換え、消防作業の合理的、かつ効率的ペース配分等についての基礎資料を得たので、その結果を報告する。

2. 調査期間等

(1) 調査期間

昭和62年12月9日から昭和63年1月26日まで

(2) 測定場所

消防科学研究所第四研究室医学実験室

(3) 測定対象者

20歳代から40歳代までの消防職員で健康管理区分の指定を受けていない者6人を3人ずつのグループに分けて行った。(モデル火災別とペース配分別グループ)

3. 調査内容等

(1) 装備条件

出火出場時の防火衣に、東消5型空気呼吸

器を着装した。

(2) 負荷内容

測定対象者に対し、写真の自転車エルゴメータで漸増減負荷を与えた。

(3) 作業負荷の設定

消防作業の中から基本となる次の6項目選択した。

ア 出場は、2階から階段を駆け降り、直ちに防火衣・呼吸器等を着装(以下「完全装備」という。)し、1分間でポンプ車に乗車する。

イ 乗車は、完全装備した隊員がポンプ車内で座位姿勢を4分間保持する。

ウ 現場到着後のホースカーえい行は、完全装備の隊員1名がホースカーに65mmのホースを10本積載したものを毎分120mの速度でえい行する。

エ 階段昇りは、完全装備の隊員が65mmホース1本を携行し、毎分43mの速度で階段を昇る。

オ 放水は、65mmホースを保持した隊員が移動しながら筒先圧力3kgf/cm²で放水する。

なお、実施に際しては、前述の各種消防作業の負荷強度(RMR値)を自転車駆動負荷(Wワット値)に換算し直した。例えばホースカーえい行の負荷RMR17.5は、自転車駆動負荷では、RMR14.2(200W/分)

*第四研究室

を1分15秒実施することとした。⁽¹⁾



写真 自転車エルゴメータによる測定風景

(4) 仕事量の設定

想定火災は、別表1に示すNo.1からNo.3のモデルとし、各モデル規模に合わせて消防活動時の仕事量を設定した。

○No.1モデル火災

2階建住宅の2階部分が50㎡焼損程度の火災とし、消防作業は、ホースカーえい行と放水、放水補助が主なものである。

○No.2モデル火災

5階建共同住宅の4階部分が50㎡焼損程度の火災とし、No.1の消防作業に4階相当の階段昇りが加わったものである。

○No.3モデル火災

10階建飲食店の8,9階部分が300㎡焼損程度の火災とし、No.1の消防作業に8階相当の階段昇りを加わえ、放水作業は、放水のみをしたものである。

(5) ペース配分別負荷設定

(4)で示したNo.3の消防作業負荷をベースに最も激しい負荷を短時間で行った場合や、負荷を下げ時間を延長して行った場合など4とおりにおいて設定したもので別表2のとおりである。

4. 測定項目

(1) 身体特性

測定対象者の身長、体重、肺活量等の身体特性を測定する。

(2) 心拍数

胸部3点誘導によるR-R波間隔の5拍分を1分換算し、心拍検出装置で算出する。

(3) 空気消費量

一定負荷強度ごとにダグラスバックに呼気ガスを採取し、呼吸量測定器で計測する。

(4) 酸素消費量

前(3)で採取した呼気ガスの酸素消費量をガス分析装置を用いて計測する。

(5) 二酸化炭素発生量

前(3)で採取した呼気ガスの二酸化炭素発生量をガス分析装置を用いて計測する。

5. 使用機器

- 自転車エルゴメータ本体（竹井機器製）
- 心拍検出装置（竹井機器製）
- ガス分析装置（フクダ産業製）

6. 結果

(1) 身体特性

測定対象者の身長、体重、肺活量の測定値は、表1のとおりである。

表1 身体特性

被測定者	年齢	身長	体重	肺活量
A	34	168	72	3540
B	35	175	75	5160
C	28	168	63	4700
D	35	176	73	4400
E	40	159	59	4300
F	30	173	63	3500

(2) 心拍数

ア モデル火災No.1からNo.3（以下「No.iあるいはNo.2, No.3」という。）の作業負荷に対する心拍数変化は、図1に示すとおりである。

自転車駆動後1分は、出場指令を受けてから乗車まで（以下「出場」という。）は各モデルとも同一の仕事量となっており、心拍数は125拍/分程度であった。

また、その4分後は、90拍/分まで回復している。

最高心拍数は、ホースカーえい行と階段

昇りを合わせた負荷（以下「大負荷」という。）の終了した直後に発現しており、No.1は137拍/分、No.2は150拍/分、No.3は158拍/分であった。

次に、大負荷終了から4分経過後の心拍数についてみると、No.1は22拍減少し115拍/分、No.2は30拍減少し120拍/分、No.3は33拍減少し125拍/分であった。

その測定結果は、表2に示すとおりである。

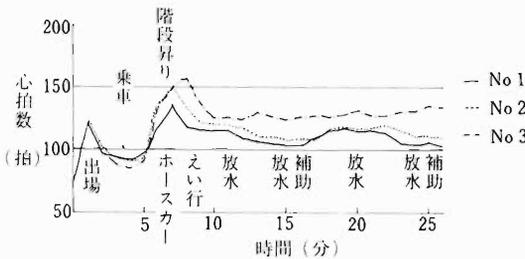


図1 モデル火災別の心拍数変化

表2 モデル火災の心拍数（4分経過時）

	大負荷終了時	4分経過時	減少心拍数
No. 1	6'25'' 137	10'25'' 115	22
No. 2	7'12'' 150	11'12'' 120	30
No. 3	7'59'' 158	11'59'' 125	33

さらに、大負荷終了後20分の心拍数をみると表3に示すとおり、No.1は33拍減少し104拍/分、No.2は39拍減少し111拍/分、No.3は23拍減少し135拍/分であった。

表3 モデル火災の心拍数（20分経過時）

	大負荷終了時	20分経過時	減少心拍数
No. 1	6'25'' 137	26'25'' 104	33
No. 2	7'12'' 150	27'12'' 111	39
No. 3	7'59'' 158	27'59'' 135	23

イ ペース配分別No.4からNo.7（以下「No.4あるいはNo.5、No.6、No.7」という。）の心拍数の変化は、図2に示すとおりである。

ペース配分別の最高心拍数は、各グループとも大負荷終了時に発現している。高い

順にみると、No.5が166拍/分、次いでNo.4が161拍/分、No.6とNo.7が159拍/分であった。

次に大負荷終了から4分経過後の心拍数についてみると、表4に示すとおり、No.4は33拍減少し128拍/分、No.5は、32拍減少し134拍/分、No.6は28拍減少し131拍/分、No.7は24拍減少し135拍/分であった。

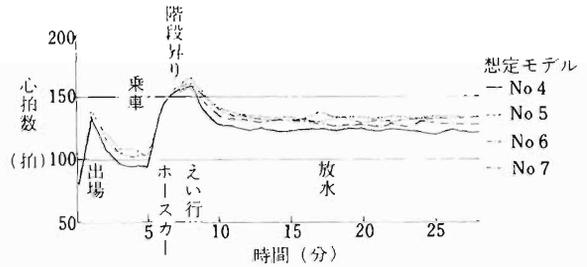


図2 ペース配分別の心拍数変化

表4 ペース配分別の心拍数（4分経過時）

	大負荷終了時	4分経過時	減少心拍数
No. 4	7'59'' 161	11'59'' 128	33
No. 5	8'08'' 166	12'08'' 134	32
No. 6	8'08'' 159	12'08'' 131	28
No. 7	8'08'' 159	12'08'' 135	24

また、大負荷終了から20分経過後の心拍数は、表5に示すとおり、No.4は、39拍減少し122拍/分、No.5は、32拍減少し134拍/分、No.6は、31拍減少し128拍/分、No.7は26拍減少し133拍/分であった。

表5 ペース配分別の心拍数（20分経過時）

	大負荷終了時	20分経過時	減少心拍数
No. 4	7'59'' 161	27'59'' 122	39
No. 5	7'59'' 166	28'08'' 134	32
No. 6	7'59'' 159	28'08'' 128	31
No. 7	7'59'' 159	28'08'' 133	26

(2) 空気消費量

ア モデル火災別の空気消費量は、表6に示すとおりであり、No.3の毎分空気消費量がNo.1、2に比べて5.5l～8.4l多く消費している。

表6 モデル火災別の空気消費量

	総空気消費量 (ℓ)	毎分空気消費量 (ℓ)
No. 1	884.5 (93.3)	33.2 (3.5)
No. 2	982.1 (129)	36.1 (4.1)
No. 3	1163.3 (93.8)	41.6 (3.3)

() 内は標準偏差

イ ペース配分別の空気消費量

ペース配分別の空気消費量は表7に示すとおり、毎分空気消費量は、No.5が最も多く38.4ℓ/分、次いでNo.6が36.9ℓ/分、No.4が36.7ℓ/分であり、最も少ないのは、No.7の34.3ℓ/分であった。

表7 ペース配分別の空気消費量

	総空気消費量 (ℓ)	毎分空気消費量 (ℓ)
No. 4	1028.3 (60.9)	36.7 (2.1)
No. 5	1084.2 (79.2)	38.4 (2.8)
No. 6	1043.6 (46.6)	36.9 (1.7)
No. 7	969.4 (47.2)	34.3 (1.7)

() 内は標準偏差

(3) 酸素消費量

ア モデル火災別の酸素消費量

モデル火災別の酸素消費量は表8で示すとおり、総酸素消費量は、No.3が最も多く47.3ℓ、次いでNo.2が41.4ℓ、No.1が38.7ℓの順になっている。

イ ペース配分別の酸素消費量

ペース配分別の総酸素消費量は表9に示すとおり、No.6が最も多く44.3ℓ、次いでNo.4が42.4ℓ、No.5が41.3ℓ、No.7が37.7ℓの順である。

表8 モデル火災別の酸素消費量

	総酸素消費量 (ℓ)	毎分酸素消費量 (ℓ)
No. 1	38.7 (3.4)	1.4 (0.1)
No. 2	41.4 (4.3)	1.5 (0.1)
No. 3	47.3 (2.4)	1.7 (0.8)

() 内は標準偏差

表9 ペース配分別の酸素消費量

	総酸素消費量 (ℓ)	毎分酸素消費量 (ℓ)
No. 4	42.4 (2.6)	1.5 (0.9)
No. 5	41.3 (2.0)	1.4 (0.7)
No. 6	44.3 (1.3)	1.5 (0.7)
No. 7	37.7 (2.2)	1.3 (0.7)

() 内は標準偏差

(4) 二酸化炭素発生量

ア モデル火災別の二酸化炭素発生量

モデル火災別の二酸化炭素の総発生量は表10に示すとおり、No.3が最も多く31.6ℓ、次いでNo.2が27.4ℓ、No.1が26.8ℓである。

表10 モデル火災別の二酸化炭素発生量

モデル火災別	総発生量 (ℓ)	毎分発生量 (ℓ)
No. 1	26.8 (0.5)	0.9 (0.05)
No. 2	27.4 (0.3)	1.0 (0.1)
No. 3	31.6 (0.2)	1.1 (0.1)

() 内は標準偏差

イ ペース配分別の二酸化炭素発生量

ペース配分別の二酸化炭素総発生量は表11に示すとおり、No.4が29.7ℓ、次いでNo.5が33.3ℓ、No.6が30.7ℓ、No.7が27.3ℓである。

表11 ペース配分別の二酸化炭素発生量

ペース配分別	総発生量 (ℓ)	毎分発生量 (ℓ)
No. 4	29.7 (0.3)	1.0 (0.01)
No. 5	33.3 (0.3)	1.17(0.01)
No. 6	30.7 (0.4)	1.08(0.01)
No. 7	27.3 (0.3)	0.98(0.01)

() 内は標準偏差

(5) 消費カロリー

カロリー消費量は、体内で単位時間に消費されるエネルギー量をキロカロリー単位で表

したものである。

ア モデル火災別の総消費カロリー

モデル火災別の総消費カロリーを測定した結果は表12のとおりである。

No.1が218kcal, No.2が236kcal, No.3が271kcalであった。また、ホースカーえい行や階段昇り後の毎分の消費カロリーをみると、11.1~14.8kcal/分消費していた。

イ ペース配分別の総消費カロリー

ペース配分別負荷の総消費カロリーを測定した結果は表13のとおりである。

No.6が最も多く233kcal, 次いでNo.4が222kcal, No.5が221kcal, No.7が180kcalであった。また、階段昇り後の消費カロリーはNo.4が12.4kcal/分と最も多く次いでNo.5が11.9kcal/分, No.6が11.4kcal/分, No.7が11.3kcal/分であった。

表12 モデル火災別の消費カロリー

火災モデル別	総消費カロリー	ホースカーえい行後のカロリー	階段昇り後のカロリー
No.1	218Kcal	11.8Kcal/分	14.8Kcal/分
No.2	236Kcal	12.3Kcal/分	
No.3	271Kcal	11.1Kcal/分	

表13 ペース配分別の消費カロリー

火災モデル別	総消費カロリー	ホースカーえい行後のカロリー	階段昇り後のカロリー
No.4	222Kcal	10.2Kcal/分	12.4Kcal/分
No.5	221Kcal	9.0Kcal/分	11.9Kcal/分
No.6	233Kcal	10.2Kcal/分	11.4Kcal/分
No.7	180Kcal	11.3Kcal/分	11.3Kcal/分

7. 考 察

(1) 心 拍 数

出場の負荷強度は125拍/分程度, また大負荷の強度は160拍/分程度であった。出場やホースカーえい行, 階段昇りは, 負荷が激しい

ことと, 短時間であることのため定常状態がみられない。一方, 大負荷終了後の放水作業や放水補助は, 負荷強度が小さいことと, 5分以上の作業であることのため定常状態をみることができた。

ア 火災活動モデル別の心拍数

最高心拍数は, 各モデルとも大負荷の終了前後に現れている。

さらに大負荷終了後4分の心拍数では, No.3の回復幅が最も大きくなっていった。

しかし, 20分経過後のNo.3は, 回復が大きく遅延していた。

負荷強度があるレベルを越えると, 回復が大きく遅延している。

イ ペース配分別の心拍数

大負荷(定常状態の成立のない)のペース配分は, No.4が, No.5からNo.7に比べ19秒短く(仕事量は同一)終了しているにもかかわらず, 心拍数に大きな差は認められなかった。

なお, ペース配分の相違によるランニング中の全心拍数に統計上の有意差は認められないといわれている。⁽²⁾

(2) 空気消費量, 酸素消費量及び二酸化炭素発生量

作業負荷が激しくなるに従い, 筋活動が活発になり呼吸量が増加し, 酸素消費量及び二酸化炭素発生量も同様に増加していた。火災活動モデル別では, 作業量が多い順に空気消費量, 酸素消費量, 二酸化炭素発生量も多くなっていた。

ペース配分別の空気消費量, 酸素消費量及び二酸化炭素発生量の違いに統計上の有位差は認められなかった。

(3) 消費カロリー

ホースカーえい行や階段昇りの負荷は消費カロリーからみても, きわめて大きい負荷であると考えられる。

長時間の消防活動では, 初期の激しい負荷に加えて高温, 高湿などの環境条件が加わるため, かなり大きなエネルギーを消費することが考えられる。普段からこのような労働負担を勘案した食物の摂取に心掛けることが大切である。

8. ま と め

(1) 消防活動前半の出場やホースカーえい行、階段昇り、資器材搬送などは、短時間に作業を終了することが要求される。このため、非常に大きな全身持久力とともに、局所的筋持久力が必要とされる。(エネルギー消費が非常に大きい。)

これらの消防作業を円滑に行うためには、普段から筋持久力と全身持久力の維持、向上に努めることが大切である。

(2) 出場に相当する心拍数は、125拍/分程度になっているが、乗車中にこの心拍数は90拍/分程度まで回復しており、現場到着後のホースカーえい行や階段昇りなどの激しい負荷強度に対するウォーミングアップ効果の維持について、配慮する必要がある。

また、仮眠時(60拍/分程度と考えられる)からの出場は、急激でかなりの労働負担を及ぼしているものと考えられる。

(3) 作業負荷の強度が、ある程度以下の場合、一定の回復を示しているが強度がある程度を越えると、回復が大きく遅れるので、隊員の休息については、顔つきや姿勢、態度、呼吸

表14 自覚的運動強度の判定表と運動強度

尺度	英 語	日 本 語	運動強度(%)
6	very very light	非常に楽である	5
7			
8			
9	very light	かなり楽である	20
10	light	楽である	40
11			
12			
13	fairly hard	ややきつい	55
14	hard	きつい	70
15			
16			
17	very hard	かなりきつい	85
18	very very hard	非常にきつい	95
19			
20			

注) Borgのカテゴリー尺度と小野寺、宮下(1976)による日本語表示尺度の実数を10倍したものが毎分心拍数である。

数などに配慮することが大切である。

(4) 作業(運動)を行いうる心拍数の限度指標は、180拍/分といわれており、これから判断し、消防作業の効率と隊員の安全を考慮した目標心拍数は、170拍/分(30歳)を越えない範囲と考えられる。

隊員一人ひとりが自らの心拍数を知るためには、運動時にその人が感じた身体への負担(表14自覚的運動強度)と、その時の心拍数を数えれば知ることができる。この「自覚的運動強度」と心拍数との間には、信頼できる関係がある。⁽²⁾

参 考 文 献

- (1) 小田清一「健康づくりのための運動ハンドブック」(P53):第一出版(昭和62年)
- (2) 山地啓司「運動処方のための心拍数の科学」(P40, 59~60):大修館書店(昭和58年)

別表1

モデル火災別

(ポンプ車隊1番員)

消防作業の種別	測定モデル		想定 No.1	想定 No.2	想定 No.3
	RMR	kgm/分	防火造, 共同住宅 (2/0) 2階部分50㎡焼損 (半焼)	耐火造, 共同住宅 (5/0) 4階部分50㎡焼損 (部分焼)	耐火造, 飲食店 (10/2) 8, 9階部分300㎡焼損 (部分焼)
出場	12.0	1000	調整時間 5 秒	調整時間 5 秒	調整時間 5 秒
乗車	1.0	30	1 分00秒	1 分00秒	1 分00秒
ホースカーえい行	14.2	1200	4 分00秒	4 分00秒	4 分00秒
階段昇り	14.2	1200	調整時間 5 秒	調整時間 5 秒	調整時間 5 秒
梯子昇り	6.8	480	1 分15秒	1 分15秒	1 分15秒
放水	5.5	430	—————	47秒	1 分34秒
放水補助	3.0	210	15秒	—————	—————
放水補助	5.5	430	5 分00秒	5 分00秒	20分00秒
放水補助	3.0	200	5 分00秒	5 分00秒	—————
放水補助	5.5	430	5 分00秒	5 分00秒	—————
放水補助	3.0	200	5 分00秒	5 分00秒	—————
計			26分40秒	27分12秒	27分59秒

注：強負荷時の実施前に 5 秒の負荷調整時間を設け、危害防止を図る。

別表2

ベース配分別

想定モデルNo.	RMR	想定 No.4	想定 No.5	想定 No.6	想定 No.7
		調整時間 5 秒	調整時間 5 秒	調整時間 5 秒	調整時間 5 秒
1000	12.0	1 分00秒	1 分00秒	1 分00秒	1 分00秒
30	1.0	4 分00秒	4 分00秒	4 分00秒	4 分00秒
985	11.8	調整時間 5 秒	調整時間 5 秒	—————	—————
1200	14.2	1 分15秒	1 分43秒	調整時間 5 秒	—————
1080	12.8	1 分34秒	1 分25秒	1 分25秒	—————
985	11.8	—————	—————	—————	調整時間 5 秒
430	5.5	—————	—————	1 分43秒	3 分08秒
430	5.5	20分	20分	20分	20分
計		27分59秒	28分18秒	28分18秒	28分18秒

注：強負荷時の実施前に 5 秒の負荷調整時間を設け、危害防止を図る。