

## 消防活動と休息時間に関する研究

## The Length of Healthful Rest for Firefighters in Firefighting

|   |   |   |    |
|---|---|---|----|
| 原 | 山 | 金 | 三* |
| 野 | 尻 | 忠 | 弘* |
| 丸 | 山 | 勝 | 幸* |
| 石 | 川 | 高 | 満* |

Forty firefighters divided into 4 groups took four round of two-step exercise (20cm high) in a hot room. The rotation in the experiment consists of 6 minutes of exercise, rest, 5 minutes of exercise and recovery. The length of rest in 2 minutes, 5 minutes, 10 minutes and 15 minutes respectively for each round.

To evaluate the physiological changes, we measured their heart beat, respiration rate, blood pressure, volume of sweat, air consumption, oxygen consumption and relative metabolic rate (RMR) the results are :

- (1) After firefighting, the length of the most healthful rest for firefighters is 10 minutes.
- (2) The heart beat is the most suitable indication of the physiological changes.
- (3) After taking a rest, when firefighters' heart beat fall to less than 100 bpm, they may start firefighting again.

## 1. 目 的

消火活動に従事する消防隊員が熱環境下（火災室内）において、どのような生理変化が生ずるかを測定し、隊員の消防活動と休息時間に関する基礎資料を得るために実施したものである。

## 2. 測定期間

昭和59年10月3日から昭和59年11月9日まで。

## 3. 測定場所

消防科学研究所 第四研究室 熱環境室

## 4. 測定対象者

- (1) 身体特性（身長、体重、胸囲、皮脂厚、基礎代謝量等）
- (2) 特別救助隊員、I群、II群、III群、IV群、各群10人、計40人。

なお、医師（東京医科歯科大学）による問診と心電図による健康診断を実施した。

## 5. 測定内容

## (1) タイムスケジュール



## (2) 測定条件

ア 負荷は、ウの装備を着装し熱環境室（温度50℃、湿度70%、風速0.5m/S以下）内で、高さ20cmの踏台を2秒に1回上下する2階段法により行った。

イ 休息、回復は熱環境室外の常温環境（23℃～26℃）で安静座位とし、休息は東消5型空気呼吸器、防火帽を離脱、防火衣、ゴム長靴は着たま、回復は東消5型空気呼吸器、防火衣、防火帽を離脱した状態とした。

ウ 装備は、出火出場時の服装で東消5型空気呼吸器を着装した（装備重量、約24.5kg）。

\*第四研究室

表1 測定対象者の身体特性

|                |     | 年齢<br>(歳) | 身長<br>(cm) | 体重<br>(kg) | 胸囲<br>(cm) | 皮 脂 厚 (mm) |      |      | 握力<br>(kg) | 体表<br>面積<br>(m <sup>2</sup> ) | 基礎代謝時<br>O <sub>2</sub> 消費量<br>(ml/分) | 安静代謝時<br>O <sub>2</sub> 消費量<br>(ml/分) |
|----------------|-----|-----------|------------|------------|------------|------------|------|------|------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                |     |           |            |            |            | 上腕         | 腹部   | 背部   |            |                               |                                       |                                       |
| I 群<br>(10人)   | A.V | 28        | 170.9      | 65.9       | 90.8       | 9.7        | 12.3 | 11.6 | 49.6       | 1.72                          | 215                                   | 259                                   |
|                | S.D | 3         | 3.6        | 7.3        | 4.0        | 2.5        | 5.5  | 2.7  | 7.6        | 0.09                          | 12                                    | 15                                    |
| II 群<br>(10人)  | A.V | 30        | 171.4      | 64.1       | 90.4       | 9.2        | 10.8 | 10.3 | 46.5       | 1.70                          | 213                                   | 256                                   |
|                | S.D | 4         | 4.5        | 4.7        | 3.6        | 3.2        | 2.6  | 2.1  | 6.0        | 0.07                          | 9                                     | 10                                    |
| III 群<br>(10人) | A.V | 30        | 168.7      | 64.7       | 92.6       | 10.4       | 16.2 | 13.5 | 49.4       | 1.69                          | 212                                   | 254                                   |
|                | S.D | 2         | 6.1        | 5.3        | 3.7        | 4.0        | 6.7  | 3.3  | 9.0        | 0.10                          | 13                                    | 15                                    |
| IV 群<br>(10人)  | A.V | 28        | 167.0      | 61.3       | 89.5       | 8.8        | 10.4 | 10.9 | 47.9       | 1.64                          | 206                                   | 247                                   |
|                | S.D | 3         | 3.5        | 4.3        | 2.4        | 3.1        | 3.0  | 3.3  | 3.9        | 0.07                          | 9                                     | 11                                    |

(A.V平均値, S.D標準偏差)

## 6. 測定調査項目

## (1) 測定項目

## (2) アンケート調査

アンケート(1) 1回目 氏 名

2回目

いまあなたが行った作業(負荷)が、どのくらいつらかった(きつかった)かをお答え下さい。1から21  
までの番号を○で囲んで下さい。

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21  
きわめて かなり かなり かなり かなり かなり かなり かなり かなり かなり かなり かなり かなり かなり かなり かなり かなり かなり かなり かなり かなり  
軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 軽い 重い

アンケート(2) 氏 名

負荷①と負荷②の間の休息時間は、充分でしたか?

それとも足りませんでしたか?

適当な番号を○で囲んで下さい。

- 1 足りない
- 2 やや足りない
- 3 適当である(足りなくも多くもない)
- 4 やや多めである(やや充分である)
- 5 多めである(充分である)

| 項 目                  | 測定器材           | 測 定 の 有 無              |     |     |     |
|----------------------|----------------|------------------------|-----|-----|-----|
|                      |                | 負荷①                    | 休 息 | 負荷② | 回 復 |
| 心 拍 数<br>(b/min)     | 多用途医用監視<br>装置  | ○                      | ○   | ○   | ○   |
| 血 圧<br>(mmHg)        | 連続自動血圧計        | ○                      | ○   | ○   | ○   |
| 空 気 消 費 量<br>(ℓ/min) | エレクトロ<br>メタボラー | ○                      | ×   | ○   | ×   |
| 酸 素 消 費 量<br>(ℓ/min) | 〃              | ○                      | ×   | ○   | ×   |
| 二酸化炭素産生量<br>(ℓ/min)  | 〃              | ○                      | ×   | ○   | ×   |
| 呼 吸 数<br>(回/min)     | 〃              | ○                      | ×   | ○   | ×   |
| 発 汗 量<br>(g)         | 人体精密台秤         | 測定直前と直後の体重減少による<br>発汗量 |     |     |     |
| 体 温 (舌下温)<br>(°C)    | 電子体温計          | 測定前と負荷後の舌下温            |     |     |     |
| 尿 量<br>(ml/h)        | メスシリンダー        | 測定開始前後の時間尿             |     |     |     |

○ 測定実施  
× 測定未実施

質問紙法によるアンケート調査（記名式）を実施した<sup>1)</sup>。

- ① アンケート(1)については、負荷①終了時と負荷②終了時にそれぞれ“つらさ”度（主観的運動強度）について調査した。
- ② アンケート(2)については、負荷②終了時に“休息時間の長さ”について調査した。

## 7. 結果と考察

### (1) 心拍数

一般に熱環境での耐え限界は安静の場合、心拍数が毎分135拍を越すと不快感を生じ、労働している場合は160拍に達すると耐えがたい苦痛を感じ、180拍になると熱虚脱をおこす恐れがあるといわれている<sup>2)</sup>。このことから本測定における中止基準は、心拍数が毎分180拍を越えたときとした。なお途中で中止した者について、それ以後のデータは外挿法によって読みとった。

ア 常温安静時のI、II、III、IV群の群ごとの平均心拍数は、それぞれ毎分60、59、56、61拍であった。また負荷①6分終了時では、それぞれ167、165、176、169拍であり各群ごとの差はほとんどなかった。

イ 休息終了時は、それぞれ毎分96、93、115、116拍であり、I、II群とIII、IV群の間には、統計上の有意差が認められるが ( $P < 0.01$ )、

I群とII群、III群とIV群の間はほぼ同じ値を示し有意差はなかった。

ウ 負荷②5分終了時は、それぞれ毎分181拍 ( $n=10$ )、176拍 ( $n=10$ )、185拍 ( $n=10$ )、181拍 ( $n=10$ ) であり各群の間に有意差はなかったが、回復10分後の心拍数は、それぞれ100、99、110、109拍であり、I、II群とIII、IV群に有意差が認められるが ( $P < 0.05$ )、I群とII群、III群とIV群では有意差はなかった。

エ 負荷②においては、心拍数が中止基準の毎分180拍を越えた者が多くその出現頻度をみると、I群30%、II群40%、III群80%、IV群60%であった。また、休息終了時の心拍数と負荷②で中止した者との関係を見ると、休息終了時の心拍数が100拍以下になった場合は、負荷②で中止基準に達する者の割合が少なかった。

オ 心拍数の変化の状況から、休息時間について考察すると、休息終了時における心拍数にI、II群とIII、IV群の間に有意差が認められたこと、また負荷②において心拍数が180拍を越えた出現頻度をみると、I、II群とIII、IV群の間に顕著なものがみられたことから休息時間は、およそ10分はとる必要があると考えられる。

(回/分)

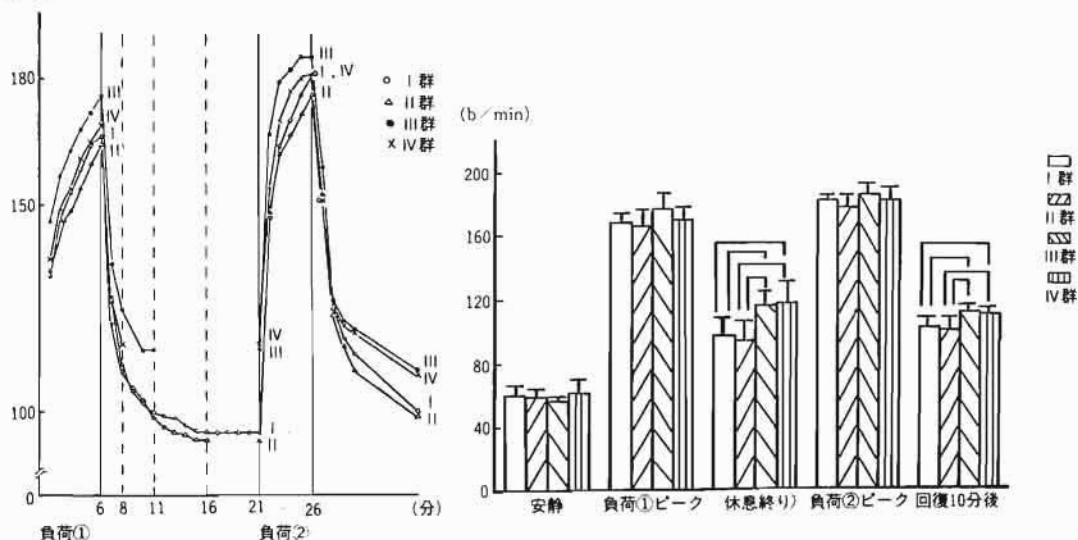


図1 心拍数の変化

## (2) 収縮期血圧 (最高血圧)

「測定値のレベルをあわせるため、心拍数が中止基準に達した者のデータを削除した。このため収縮期血圧の負荷②5分終了時及び呼吸数、空気消費量、酸素消費量、二酸化炭素産生量、舌下温、発汗量についての値は、I群7人、II群6人、III群2人、IV群4人のデータを基に処理をした」。

ア 常温安静時のI、II、III、IV群の群ごとの平均収縮期血圧は、それぞれ133、132、135、133各mmHgであった。また、負荷①6分終了時では、それぞれ224、216、208、218各mmHgであり、各群の間にはほとんど差はみられなかった。

イ 休息終了時は、それぞれ126、131及び150、182各mmHgであり、I、II群とIII、IV群の間には有意差があった。

ウ 負荷②5分終了時は、それぞれ216、211、208、226各mmHgであり各群の間に有意差があった。

エ 回復時の収縮期血圧は、I、II、III群は5分から6分、IV群は8分後に安静の値にもどった。

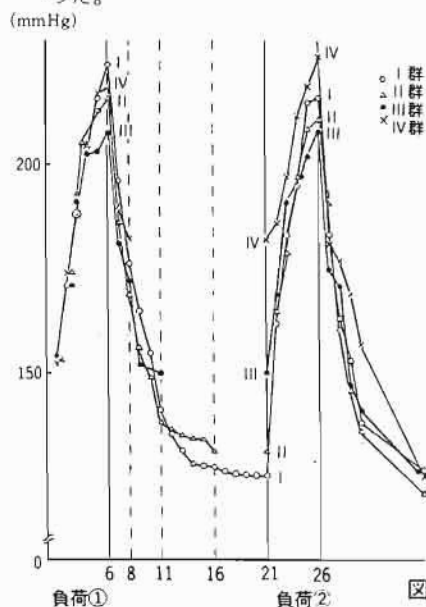


図2 収縮期血圧の変化

## (3) 呼吸数

測定開始時のI、II、III、IV群の群ごとの平均呼吸数は、それぞれ毎分11、11、13、13回であった。

負荷①終了時には、それぞれ27、29、29、29

回であり、負荷②終了時においても、27、28、30、30回と休息時間の長短による差はほとんどみられず、負荷①、②とも測定開始時の約2.5倍の30回となっており、2秒に1回の呼吸であった。

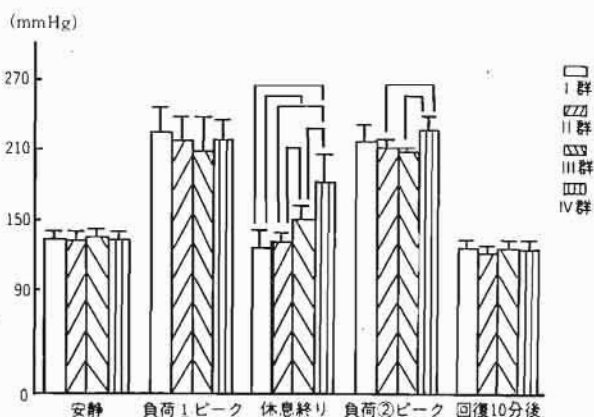
このことは、収縮期血圧のほうが心拍数の回復より早いことを示している。

オ 収縮期血圧について、各群間の差をみると心拍数と同様休息終了時において、I、II群とIII、IV群の間に有意差が認められるなど、心拍数と血圧の増減関係にはきわめて深い関係がみられる。

カ 一般に血圧からみた負荷中止の基準は3)、

- ① 収縮期血圧が、負荷の増加にもかかわらず上昇しない時。
- ② 収縮期血圧が、10mmHg以上下降した時。
- ③ 収縮期血圧が、250mmHg以上に上昇した時。
- ④ 拡張期血圧(最低血圧)が、20mmHg以上上昇した時。
- ⑤ 拡張期血圧が、110から120mmHg以上になった時。

といわれている。本測定において、収縮期血圧の群平均最高値は、IV群の負荷②の226mmHgであり、測定対象者の最高値は248mmHgで血圧の中止基準に達したものはなかった。



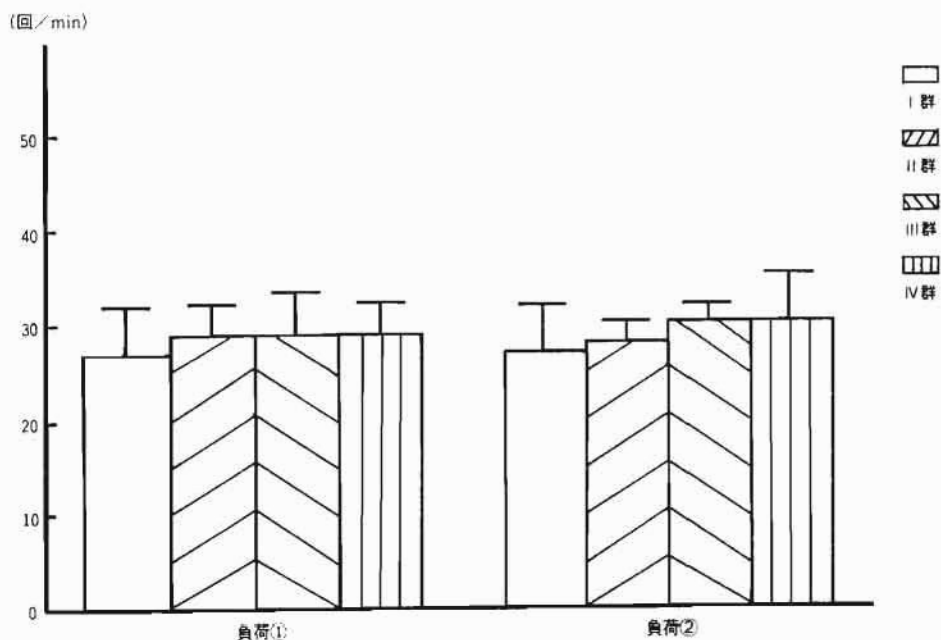


図3 呼吸数 (定常状態)

#### (4) 空気消費量

ア 負荷①開始時の I, II, III, IV 群の群ごとの平均空気消費量は、それぞれ毎分 12, 13, 12, 13 l であり、その後急激に上昇し負荷 1 分後には、37, 39, 36, 39 l と約 3 倍にもなり、負荷終了時 6 分では、52, 53, 56, 54 l と約 4 倍となったが、各群の間には当然のこ

とながら有意差は認められなかった。

イ 負荷② 1 分後の空気消費量は、負荷①とほぼ同様で、それぞれ 32, 32, 35, 40 l であり負荷終了時 5 分では、それぞれ 53, 56, 44, 56 l で全群の平均は、52 l であり各群の間に有意差は認められなかったが、休息時間が短くなる程多くなる傾向にある。

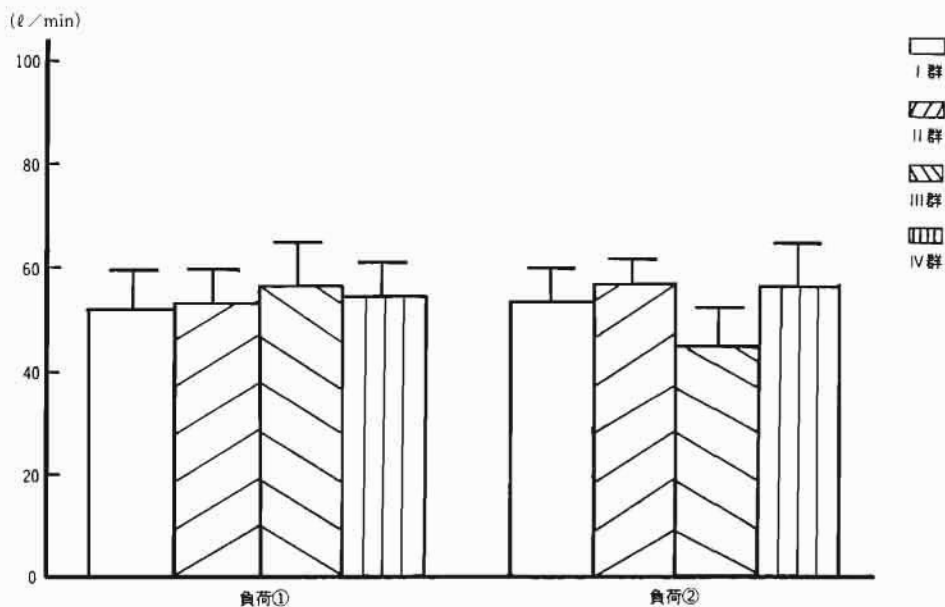


図4 空気消費量 (定常状態)

## (5) 酸素消費量

ア 負荷①開始1分では、I、II、III、IV群の群ごとの平均酸素消費量は、毎分1.9、1.9、1.8、1.9ℓであり、2分では2.4、2.5、2.5、2.5ℓに達し、その後負荷終了時の6分までは定常状態で安定した数値であった。

イ 負荷②においても、負荷①と同様負荷開始2分後に、それぞれ2.2、2.1、2.4、2.4ℓとなり負荷終了時の5分までは定常状態であり、各群の間に差はみられなかった。

ウ 両負荷とも酸素消費率は、ほぼ4%から5%であった。すなわち酸素を1ℓ消費するのに必要とされる空気は、20ℓから25ℓとなる。

一般に空気消費量と酸素消費量は、図6の関係にあるといわれ<sup>4)</sup>、本測定においてもほぼ同様の傾向が得られた。

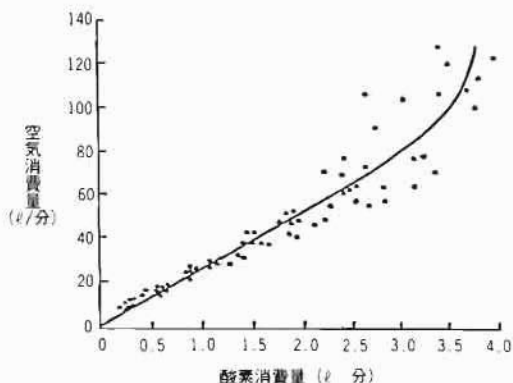


図6 空気消費量と酸素消費量との関係

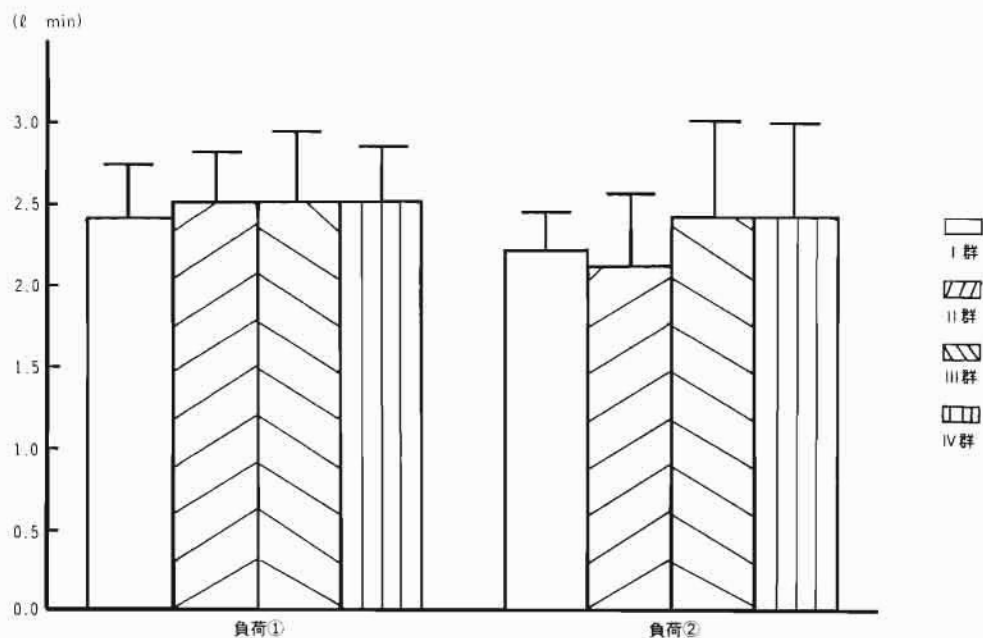


図5 酸素消費量（定常状態）

## (6) 二酸化炭素産生量

ア 負荷①開始1分では、I、II、III、IV群の群ごとの平均二酸化炭素産生量は、1.3、1.4、1.3、1.3ℓであり、2分後には、1.8、2.0、1.9、1.9ℓに達し、その後、負荷終了時の6分までは定常状態であった。

イ 負荷②においては、負荷開始2分から3分後にそれぞれ1.8、1.8、1.8、1.9ℓの定常状態に達したが各群の間に差はみられなかった。

二酸化炭素産生量は、酸素消費量より10%

から20%少ない傾向にある。

## (7) 呼吸商 (RQ)

呼吸商 (Respiratory Quotient) とは、人が一定時間内に産生した二酸化炭素とその間に消費した酸素との比であり、消費カロリーやエネルギー源の燃焼割合をみることができ、次の式で求められる<sup>5)</sup>。

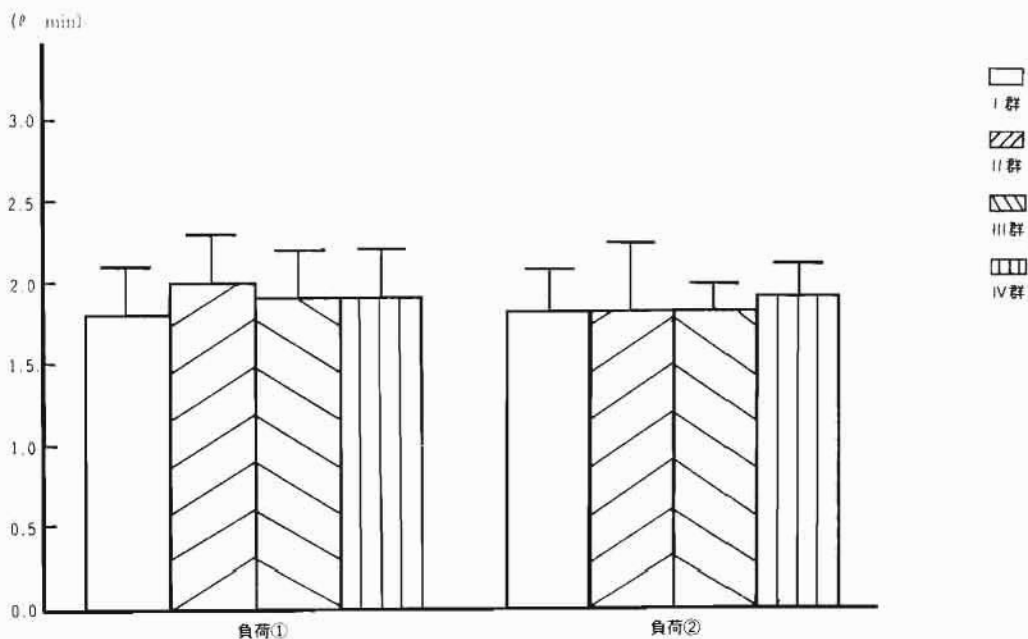


図7 二酸化炭素産生量（定常状態）

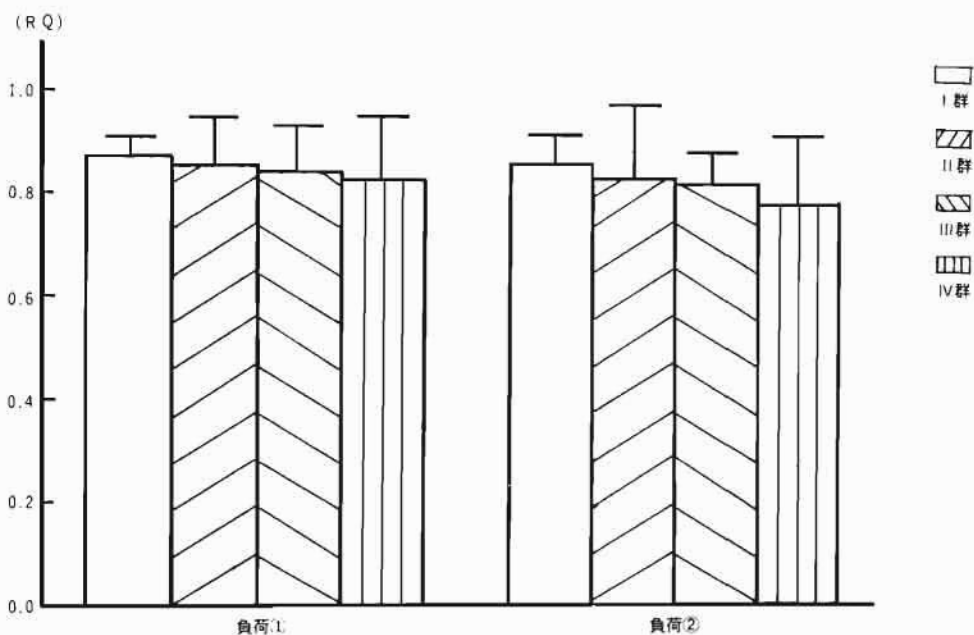


図8 呼吸商

$$RQ = \frac{\text{二酸化炭素産生量}}{\text{酸素消費量}}$$

一般に RQ は、0.707から1.00の範囲にあり、運動が激しくなると1.00に近い値を示し、さらに激しくなると酸素負債となり、その運動は長く続けることができなくなる。本測定における RQ は、負荷①の場合 I、II、III、IV 群はそれぞれ、0.87、0.85、0.84、0.82 となり、また負荷

②ではそれぞれ、0.85、0.82、0.81、0.77 となったが負荷①、負荷②ともに各群の間に有意差は認められなかった。

# (8) エネルギー代謝率 (RMR)

個人の体格差, 年齢差, 男女差などの個人差を除いた労作強度を表わす指数であるエネルギー代謝率 (Relative Metabolic Rate) は, 次のように求めることができる。

$$RMR = \frac{(\text{作業時毎分酸素消費量}) - (\text{安静時毎分酸素消費量})}{(\text{基礎毎分酸素消費量})}$$

安静時の RMR は “0” で強い負荷になるに従い RMR は大きくなる。

負荷①における I, II, III, IV 群の RMR は,

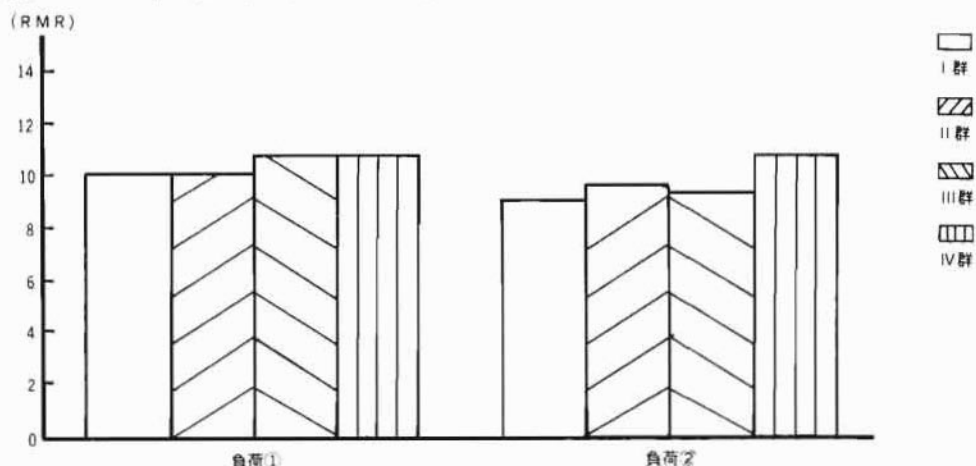


図 9 R M R

表 2 消防活動とスポーツの RMR

( ) は RMR を示す

| RMR | 消 防 活 動                               | ス ポ ー ツ           |
|-----|---------------------------------------|-------------------|
| 3   | 筒先保持 (3.0)                            | テレビ体操 (3.0)       |
|     | 屋内検索 (3.0)                            | いそぎ足95m/分 (3.5)   |
|     | 執務服で普通歩行 (3.6)                        | ゴルフ (3.6)         |
| 5   | はしご降り (4.7)                           | アイスホッケー (4.5)     |
|     | 行動力基準動作 1 (空気呼吸器) (4.7)               | 野球捕手 (4.6)        |
|     | 行動力基準動作 2 (空気呼吸器) (4.9)               | ラジオ体操 (5.0)       |
|     | 放水 (筒先圧力 3 kg/cm <sup>2</sup> ) (5.5) | 階段昇り45m/分 (6.5)   |
|     | 全装備で普通歩行70m/分 (5.7)                   | アメリカンフットボール (6.9) |
|     | はしご昇り (6.8)                           |                   |
| 7   | 執務服でいそぎ足110m/分 (7.0)                  | サッカー FC (7.1)     |
|     | 全装備でいそぎ足110m/分 (10.4)                 | ハイキング (7.4)       |
|     |                                       | サッカー HB (8.4)     |
| 12  | 出火出場の服装で階段昇り45m/分 (呼吸器なし) (12.0)      | 硬式テニス・シングルス (8.8) |
| 16  | 出火出場 (16.0)                           | マラソン (15.6)       |
|     | ホースカー降り, ホース延長 (18.3)                 | 10000m走 (17.0)    |
| 19  | 全装備で階段昇り45m/分 (19.0)                  |                   |
| 30  | 現場疾走 (30.0)                           | 1500m走 (30.0)     |



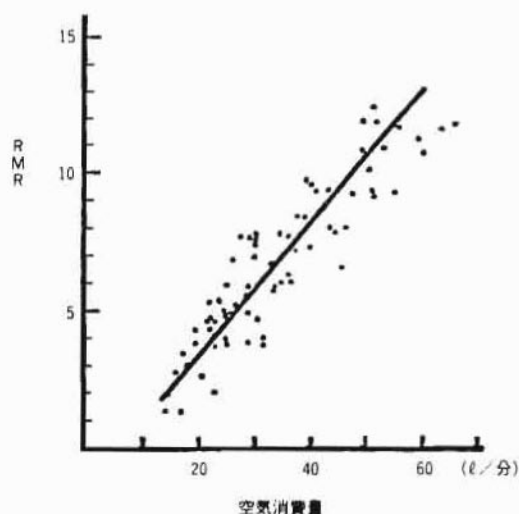


図10 空気消費量とRMR

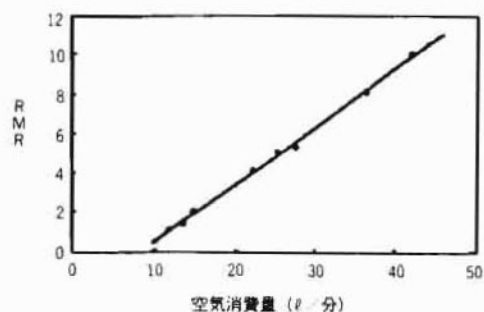


図11 空気消費量とRMRとの関係

### (9) 舌下温

ア 常温環境の安静時舌下温は、平均で $36.1^{\circ}\text{C}$ から $36.3^{\circ}\text{C}$ の範囲にあった。

負荷①における舌下温の昇温は、各群それぞれ $0.5$ ,  $0.5$ ,  $0.5$ ,  $0.1^{\circ}\text{C}$ であった。

負荷②における各群の安静時からの昇温は、

それぞれ $1.1$ ,  $1.2$ ,  $1.2$ ,  $0.8^{\circ}\text{C}$ であり、負荷①に比べると平均で約 $0.7^{\circ}\text{C}$ の昇温となった。

このように、舌下温の上昇は、休息時間の長短より負荷の軽量と熱環境の状況に影響されるものである。

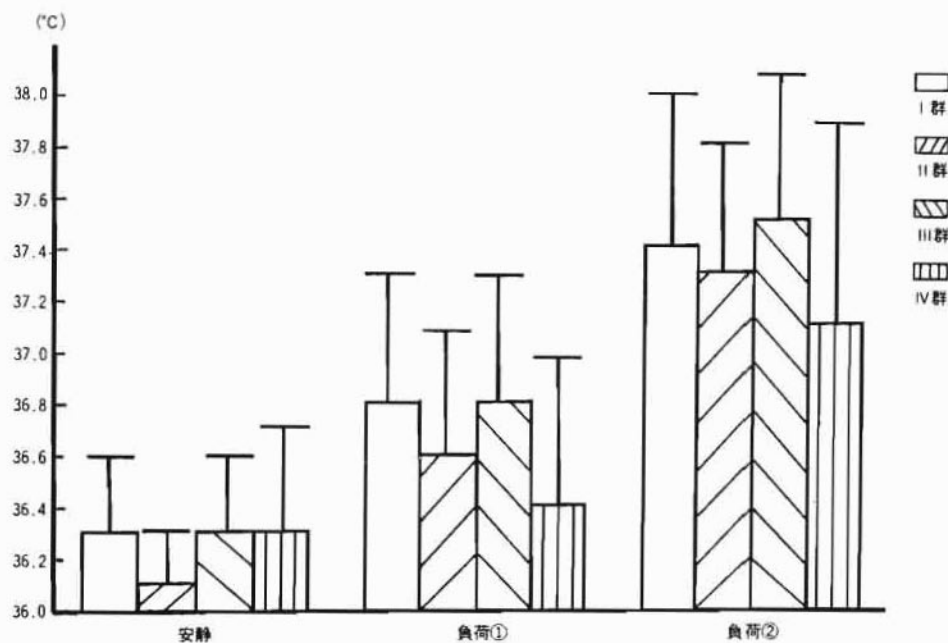


図12 舌下温

## (10) 発汗量

測定前の体重と後の体重差を発汗量とした。

I, II, III, IV群の群ごとの平均発汗量は、728, 791, 590, 624 gであり、測定時間(37, 31, 26, 23分)が長くなると増える傾向がみられる。

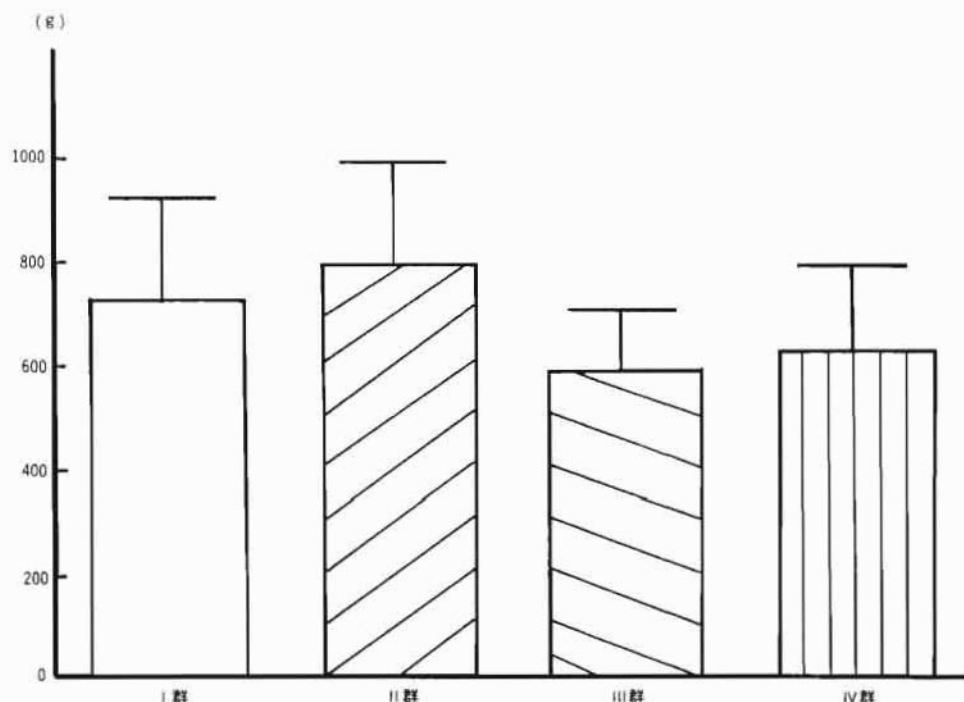


図13 発汗量

## 11) 尿量

測定前1時間の尿量と開始後1時間の尿量は、I 群(n=10)、前50ml、後25ml、II 群(n=9)、66ml、35ml、III群(n=10)、64ml、28ml、IV群(n=10)、55ml、30mlであり、各群とも測定前と後では発汗量との関係で尿量は減少した。

このように、発汗と尿とは密接に関係しており、発汗量が増加すると体内水分の減少により尿量が少なくなり、尿は茶褐色になるとともに尿中塩分も濃くなる。

## 12 アンケート調査

ア アンケート(1)の結果は、図15のとおりであり、両負荷の主観的評価に関する結果では、休息時間の長さに関わりなく負荷②が負荷①に比べて、わずかに“つらい”という結果がでている。さらに、III, IV群では、2回目の負荷時に短時間で心拍数が中止基準を越える

一般に発汗量の多少は、生理的に大きく影響するものであり、体温調節のため皮膚と呼吸道から不感蒸散が行われ、皮膚などの表面から蒸発した水は、1 gにつき約0.585kcalの熱を奪うといわれている。<sup>9)10)11)</sup>

者が明らかに多いにもかかわらず、主観的評価では、I, II群と比べ明確な差はなかった。イ アンケート(2)の結果は、図16のとおりであり、休息時間の長さでは、I 群「やや多い」、II 群「適当」、III群「やや少い」、IV群「少い」ということになり主観的評価では、休息時間は、10分が適当であるといえる。

ウ これらのことから、消防活動時の休息時間については、主観的評価と客観的評価の両者を考慮に入れる必要があるものと考えられる。

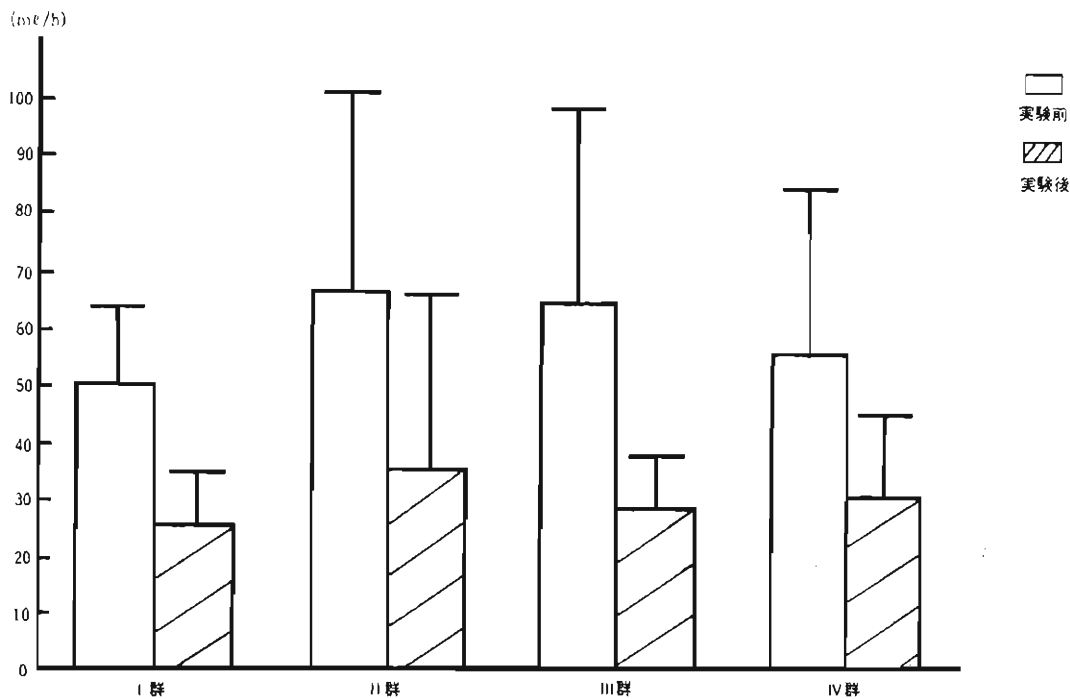


図14 尿 量

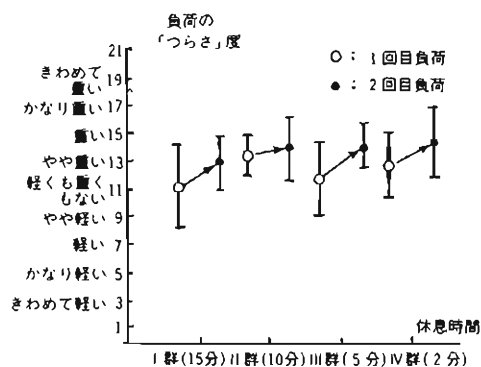


図15 運動負荷の「つらさ」度の主観的評価

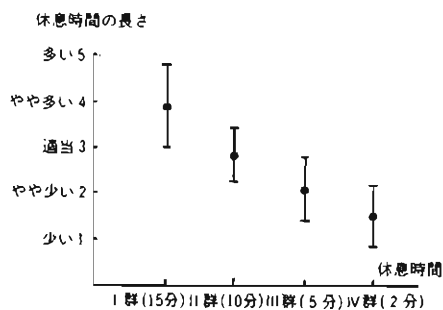


図16 休息時間の長さの主観的評価

## 8. ま と め

本測定結果から、消防活動後、休息をとり再度活動する場合の休息時間について次のことがいえる。

### (1) 適正な休息時間

消防活動後の休息時間は、およそ10分は必要である。

このことは、心拍数、収縮期血圧の測定結果

から休息時間が5分から10分の間において、顕著な変化がみられたこと及び測定中止基準である心拍数が、毎分180拍を越えた割合が、5分から10分にかけて急激に減少したこと。

さらには、アンケート調査の結果からも、休息時間は10分が適当であるという主観的評価が得られたことによるものである。

### (2) その他

ア 休息時間を客観的にみる指標は、心拍数と

収縮期血圧であるが、心拍数のほうがより実用的である。

イ 心拍数で毎分あたり100拍以下になることが、次の消防活動に従事する目安である。

ウ 収縮期血圧は、心拍数より早く安静時の値にもどるが、心拍数の回復をまって消防活動をしたほうがよい。

エ 本測定の実定条件以上に負荷が厳しい場合は、その間にとる休息時間は長くする必要がある。

オ アンケート調査からいえることは、主観的に回復したと意識しても、客観的には、まだ休息時間が足りないということもある。

## 9. 謝 辞

末尾になりましたが、健康管理をお願いした東京医科歯科大学医学部衛生学教室助教授 高野健人、助手 本橋 豊の両先生に深く感謝いたします。

## 10. 文 献

1) 山地啓司,「心拍数の科学」(P166)大修館書店

(昭和58年)

2) 渡辺厳一,「基礎環境衛生学」(P43) 朝倉書店 (昭和48年)

3) アメリカスポーツ医学協会編,日本体力医学会体力科学編集委員会訳,「運動処方の方針」(P16) 南江堂 (1982年)

4) 児玉俊夫,猪飼道夫,石河利寛,黒田善雄「スポーツ医学入門」(P76)南江堂(1974年)

5) 中西光雄,「体育生理学実験」(P114)技術書院 (昭和46年)

6) 吉川春寿,「からだと食物」(P38) 岩波新書 (昭和58年)

7) 消防科学研究所報,16号 (P89) 東京消防科学研究所 (1979年)

8) 沼尻幸吉,「活動のエネルギー代謝」(P92) 労働科学研究所 (1974年)

9) R. N. ハーディ著,佐々木隆訳,「温度と動物」(P39) 中公新書 (昭和52年)

10) 三浦豊彦,「暑さ寒さと人間」(P62) 中公新書 (昭和52年)

11) 久野 寧,「汗の話」(P121) 光生館 (昭和56年)