

消防活動の身体的負担に関する研究

Study of physical load in firefighting.

島津 幸 廣*
正木 豊*
川部 浩 史*

概 要

消防活動における身体的負担の軽減及び安全性の向上を図るため、ホースカーえい行や階段昇り（強負荷消防活動）を連続して実施する実験を行った。

本研究の主な結果については、次のとおりである。

- 1 ホースカーえい行や階段昇りは、厳しい身体的負担となっていた。
- 2 階段昇りの所要時間等は、脚筋力との相関が強かった。
- 3 肥満傾向にある職員は、活動に要する時間が長くなっていた。

We studied the physical load in firefighting activities such as pulling a hose cart and going up stairs, for improvement of safety management and mitigation of physical load on them.

The findings were as follows.

- 1 The load of firefighting was far beyond for firefighters.
- 2 The time of going up stairs was related to the strength of their legs.
- 3 The firefighters who were fat took long time in the same activity.

1 はじめに

近年における都市化や産業活動の進展により、火災等の災害発生態様はビル火災を中心にますます複雑化、大規模化している。このため、一旦災害が発生すると消防活動は著しく困難となり、消防隊員の技術、体力もより高度なものが要求されている。本研究は、このような状況を踏まえ、負荷強度の厳しい消防活動を行う消防隊員の生理的変化等を明らかにし、もって消防隊員の体力向上（体力診断・運動処方プログラム開発）に資するものである。

2 分析内容

- (1) 心拍数や筋力の数値からみた消防活動の身体的負担について
- (2) 肥満の状況が身体的活動能力に及ぼす影響について
- (3) アンケート調査に基づく活動中のきつさ感と普段の運動状況等の関係について

2 実験の概要

- (1) 実施期間
平成7年10月24日から同年11月3日まで
- (2) 実施場所
消防科学研究所（以下「研究所」という）及びそれに近接した構内道路
- (3) 対象者
健康上問題のない消防隊員60人
- (4) 生理的変化等の測定方法
 - ア 服装条件
出火出場時の服装とし、装備は次のとおりである。

アルミックス防火衣、防火帽、銀長靴、手袋
東消5型空気呼吸器（8ℓ軽量ボンベ、空気充填済み）

 装備重量約18kg
 - イ 負荷条件
対象者は、次の(ア)~(イ)に挙げた負荷条件を連続して行った。
 - (ア) ホースカー（総重量約195kg）を平地でえい行する。
 - (イ) 10kgのバッグ（65mmホースを想定）を左右どちらか一方の手に保持し、11階相当（高低差32m）の階段

*第四研究室

を昇る。

(ウ) 前(カ)及び(イ)実施中のペース配分は、途中で休まず極力短時間で終えることができ、かつ安全を考慮して対象者自身が決めるよう指示した。

ウ 使用資器材、道路等

実験に使用した資器材、道路、階段等については次のとおりである。

(ア) 実験に使用したホースカーと利用した道路(写真1)

a ホースカーには、直径65mm、長さ20mのホース10本を積載した(総重量約195kg)。

b ホースカーをえい行した道路は、舗装されたほぼ平坦な路面であり、途中で1回折り返すコースとした。



写真1 実験に使用したホースカー及び道路

(イ) 実験に利用した階段(写真2)

階段は、研究所の東側に位置する地下1階から6階屋上に至る高低差約32mの屋外階段で、各階には途中で踊場がある。この階段の寸法は、踏面が25cm、蹴上が20cm、段数が162段となっており、住宅公団が建築する高層共同住宅等に見られる一般的な構造である。



写真2 実験に使用した階段

(5) 測定項目

ア 心電図

対象者に心電図送信機を装着し、ホースカーえい行及び階段昇り活動(以下「活動」という)の開始から終了直後まで連続測定を行い、心電波形のモニター及び心拍数を記録した(写真3、4)。

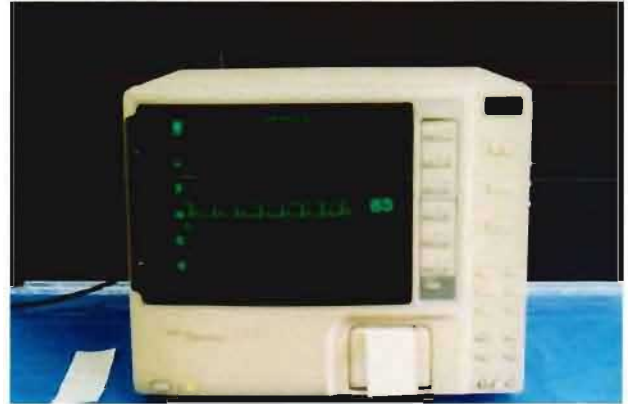


写真3 心電図モニター



写真4 心電図送信機

イ 脚筋力

活動前と活動後にコンビ製脚筋力測定器により両足の瞬発力(エネルギー)の測定を行った(写真5)。



写真5 脚筋力の測定状況

ウ 握力

活動前と活動後に左右の手1回ずつ測定を行った(写真6)。

4 測定結果の考察



写真6 握力の測定状況

(1) 身体特性

対象者の身体的特性については、表1のとおりである。

(2) 身体的負担について

ア 心拍数による測定

心拍数は、身体的負担（以下「負担」という）を示す指標として広く利用されており、本実験も、心拍数を用いて活動における負担の状況について測定した。（以下、数値については特にことわらない限り平均値）

表2は、活動の負担を示したもので、ホースカーえい行は165拍/分、階段昇りは179拍/分に達していた。

このような厳しい負担を負う消防活動では、心拍数の上昇とともに血圧も相当上昇していたことが推測される。しかし、活動中のペース配分を適正に保つことで負担は相当軽減できるので、血圧の高い者などは、普段の体力トレーニングの中で安全なペース配分の把握に努めることが重要である。

表2 ホースカーえい行、階段昇り時の負担

ホースカーえい行	階 段 昇 り
165 拍	179 拍

エ 活動の所要時間

活動に要した時間を「ホースカーのえい行」「階段昇り」に区分し、それぞれ測定した。

オ 体脂肪率等の身体測定

タニタ製体内脂肪計（写真7）により、活動前に身長、体重、BMI*1、体脂肪率*2の測定を行った。



写真7 体内脂肪計

カ アンケート調査

運動状況やきつき感等について、活動終了後、別記の質問用紙を配り、記述回答により調査した。

イ 脚筋力による測定

活動が及ぼす負担の状況を調査するため活動前と活動後における両脚の瞬発力を測定した。その結果は表3が示すとおりで、活動前は1430Wであったが活動終了後には、14%低下（約200W）していた。

表1 対象者の身体特性

平均年齢	身 長		体 重		B M I				
	平均(cm)	標準偏差	平均(kg)	標準偏差	平 均	標準偏差			
39.0歳	170.4	4.81	67.6	6.89	23.3	2.08			
	体 脂 肪 率		体 力 等 級						
	平 均	標準偏差	1級	2級	3級	4級	5級	6級	7級
	18.6	3.90	5人	13	19	12	7	3	1

注 標準偏差 … 平均値のもとになった集団の数値のばらつき度合い（平均値からの隔たり）を示す値。

表3 活動前後の脚筋力変化と低下率

活動前	活動後	低下率
1430W	1236W	14%

次に、活動に要した時間と脚筋力との相関を見ると、図1のとおり、かなりの相関($\gamma=0.56$)を示していた。このことから、普段のトレーニングメニューに脚筋持久力を向上させる階段上りやスクワットを入れることが重要であるとともに、災害現場における事故防止に配慮する必要が認められる。

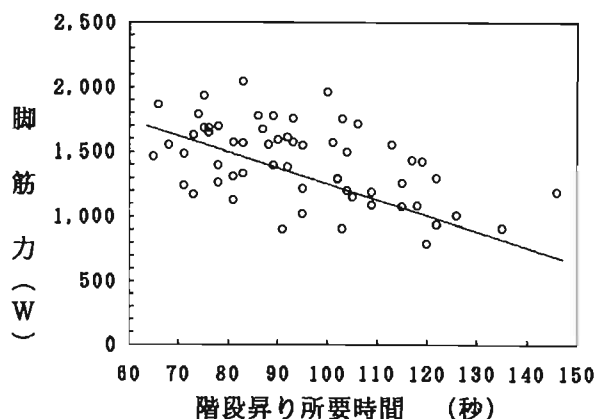


図1 脚筋力と階段昇り所要時間の相関

ウ 握力による測定

活動前と活動直後における握力測定は左右とも行い、10kgのバッグを持った方の手の値を測定値とした。表4に示すとおり、活動前の握力は46.8kgだったが活動後では約7% (43.6kg) 低下していた。しかし、その低下率は、前述の脚筋力の負担に比べ軽くなっている。

表4 活動前後の握力と低下率

活動前	活動後	低下率
46.8kg	43.6kg	6.9%

エ 活動所要時間

「ホースカーえい行」と「階段昇り」の活動所要時間は表5に示すとおりである。

本実験は、非常用エレベーター設備のない11階建ての建物の最上階が延焼しているとの厳しい条件を設定しており、ホースカーのえい行時間は約42秒、階段昇り時間は約93秒を要していた。

表5 ホースカーえい行、階段昇りの所要時間

ホースカーえい行	階段昇り
41.9秒	93.6秒

(3) 肥満の状況が活動に及ぼす影響について

ア 肥満度の測定

身体の肥満度合いが消防活動に与える状況を調査するため、次の測定方法により対象者を測定した。

(ア) BMIによる肥満度判定

BMIは、ローレル指数などと同様に、被験者の身長や体重との関係から肥満を算出するもので、医学やスポーツの分野で一般に使用されている。

この判定による60人の対象者の結果は表6のとおり、肥満に該当するものは見られなかったが、軽肥満に該当する者が10人見られた。

表6 BMIによる判定結果

	標準者	軽肥満者
対象者数	50人	10人

(イ) 体脂肪率による肥満度判定

体脂肪測定器を用いて体脂肪率による肥満度を判定した結果は表7に示すとおり、軽肥満と判定された者は3人見られた。

BMIでは軽肥満でも、体脂肪率による判定では標準である例が多く見られた一方、BMIでは標準でも、体脂肪率では軽肥満と判定される、いわゆる「かくれ肥満^{文献3}」例(1人)も見られた。身長と体重の比だけでは表面化されない場合があるので注意が必要である。

表7 体脂肪率による判定結果

	標準者	軽肥満者
対象者数	57人	3人

イ 肥満が活動に及ぼす影響

一般に、肥満とは「脂肪が体内に過剰に蓄積されることにより過剰体重となっている状態^{文献4}」をいい、肥満は、負荷荷重としてマイナス影響(消防活動時間の遅れや疲労の助長など)を及ぼすものと考えられる。

前ア、ケのBMI判定により軽肥満とされた10人と、標準値内の者の活動所要時間は、図2が示すとおりであり、軽肥満者はやや所要時間が長かかっている。しかし、軽肥満者の例数が標準者の例数に比べ相当少ないため、軽肥満であることが活動所要時間を長くした主たる要因であるとは断定できない。今回の調査では、体脂肪の蓄積過多による肥満者がいなかったため、その影響についての十分な比較はできなかったが、肥満は、消防活動時の円滑な動きに支障を及ぼすとともに、消防資器材の軽量化の効果が減じられるほか、一般的にあらゆる成人病に共通した危険因子と言われているので、普段から体重に注意した生活に心掛けることが重要だといえる。なお、BMIで「最も肥満に近い」と判定された対象者A(BMI 29.0軽肥満者)の活動所要時間を見ると、同年代の普通のそれと比べ短時間で終えており、身長や体重を用いた計算による肥満度判定は、筋肉質でスポーツ選手のような者を肥満として判定する場合があるので、肥満度判定に際しては注意が必要である。

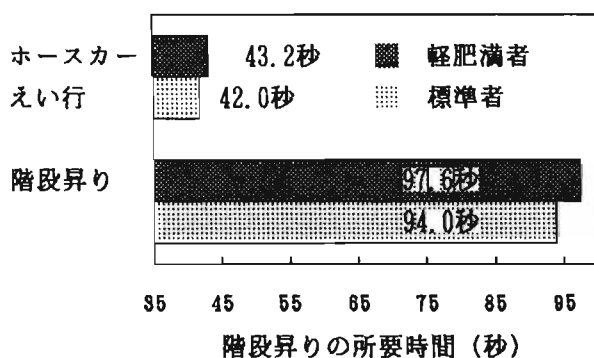


図2 軽肥満者と標準者の平均所要時間の比較

(4) アンケート調査に基づく活動のきつさ感と普段の運動状況等の関係について

ア 本実験の「きつさ感」

活動終了時のきつさ感は表8の示すとおり、「きつい」以上の回答の割合は、90%近くまで達しており、対象者の大半が全力を出して頑張っていたと考えられる。

表8 活動終了直後のきつさ感

相当きつい	きつい	ややきつい
41%	47%	12%

イ 足の疲労感

活動直後の足の疲労感は表9のとおり、「やや動く」が最も高く、「全く動かない」、「動く」の順になっていた。前述の脚力の活動前後における測定結果と比較してみると、実際の脚筋力の低下と対象者の感覚的なものとは、かなりの相違が認められる。

表9 活動終了直後の足の疲労感

全く動かない	やや動く	動く
41%	47%	12%

ウ 対象者の運動状況

(ア) 運動状況

本実験の対象者の運動状況は表10に示したとおりである。

運動状況別は、週3回以上、週2~1回、それ以下に分けた。今回の調査対象者に週0回はいなかった。

「週3回以上」運動している者の割合は17%、週2~1回の者は、83%であった。

表10 実験対象者の運動状況

週3回以上	週2~1回
17%	83%

(イ) 対象者の実施運動種別

運動種別で見ると、表11のとおり、筋力、持久力の双方をバランスよく行っている者は各年代約33%、持久力トレーニングのみを行っている者は54%、筋力トレーニングのみを行っている者は13%が見られた。

消防活動では、筋力と持久力の両方が求められることから、バランスのとれたトレーニングを行う必要がある。

表11 実験対象者の運動種別

筋力トレのみ	持久力トレのみ	両方
13%	54%	33%

5 まとめ

- (1) 階段昇り終了後の心拍数は、相当高い数値を示しており、厳しい負担であったといえる。

階段昇りなど厳しい負担を負う消防活動では、心拍数とともに血圧も相当上昇していたことが推測されるが、活動中のペース配分により負担を相当軽減することができるので、血圧の高い者等は、普段の体力トレーニングのなかで、安全なペース配分の把握に努めることが重要である。

また、普段のトレーニングメニューに脚筋持久力を向上させる階段昇りやスクワットを入れることが、脚筋の負担を軽減する上で効果的といえる。

- (2) 「やや肥満」に該当する10人の活動所要時間は、普通の者のそれに比べやや長くなっており、肥満は、消防活動時の円滑な動きに支障を及ぼすとともに、一般的にあらゆる成人病に共通した危険因子と言われているので、普段から体重に注意した生活に心掛けることは重要だといえる。

- (3) 普段の運動状況は、週3階以上のものが約17%となっていた。運動状況の違いが体力の差となって現れるので、適切なトレーニングにより年齢に相当した体力レベル以上を目指すことが重要であり、そのためには一人ひとりに合った、バランスのとれた適切なトレーニングをすることが重要である。

引用・参考文献

- 1 山地啓司：心拍数の科学、P41、1981.
- 2 東京消防庁消防科学研究所第四研究室：階段昇降時における消防隊員の生理変化について、消防科学研究所報15号、P97-103、1978.
- 3 湯浅景元：体脂肪、P146-152、1995.
- 4 細谷憲政：人間栄養学、P103、1993.

* 1 BMI

Body Mass Indexの略。体重(kg) / 身長(cm)² × 10⁴で計算され、身体の脂肪量を表す数値として国際的に広く用いられている。22が最も疾病に陥りにくいとされ、正常域は20~25、30以上は肥満、その中間は過体重とされる。^{文献4}

* 2 体脂肪率

身体組成における脂肪の割合を示したもの。肥満であるか否かを、身長と体重の関係ではなく脂肪の割合で判定するための数値で、14~23%が適正、25~30%が軽肥満、それ以上は肥満とされる(東京慈恵会医科大学臨床データ)。

別記

腰 労 度 等 ア ン ケ ー ト 調 査

被験者氏名 _____ (年齢 _____ 歳), 体力等級 _____ 級
身長 _____ cm 体重 _____ kg
本日の体調について 良い 普通 悪い
測定の実施について できる 難しい できない

- 1 普段のトレーニング状況について (勤務中の運動, 訓練を含む)

<input type="checkbox"/> よくやっている	→	<input type="checkbox"/> 筋持久カトレーニング (ウエイトリフティング等)
<input type="checkbox"/> やっている		<input type="checkbox"/> 全身持久カトレーニング (マラソン, ジョギング)
<input type="checkbox"/> 少しやっている		
<input type="checkbox"/> やっていない		
- 2 運動競技大会への参加
過去3年間に各種運動競技大会(庁内の駅伝大会, 剣道大会, スポーツフェアを含む)の参加について
 参加したことがある 参加したことがない
- 3 終了時の足の状況について
 全く動かない やや動く 動く 軽く動く
- 4 終了時の思われ
 相当思苦しい 思苦しい やや思苦しい 思われなし
- 5 終了時のまつき感
 相当まつき まつき ややまつき 普通
- 6 終了時の余力について
 相当ある ある ややある ない 全くない