

「行動力基準タイム」測定についての運動生理学的考察

鵜	飼		恒*
渡	辺	恵	門**
野	尻	忠	弘**
遠	藤		昇**
田	辺	孝	視***
斎	藤	義	照**

1. はじめに

近年、都市における災害の態様は、対象物の変化に伴い、ますます複雑化し、これらの災害に対処する消防活動にも広範な知識と高度の技術及び体力・気力が要求されてきている。

したがって、このような消防事象に対処し、効率的な消防活動を行うためには、職員各人が現場の状況を適確に判断する能力と現有機器を災害の態様に応じて選択し、効率的に運用する技術を身につけておくことが必要であるが、組織としても職員各人にこれらの能力・技術及び気力・体力を十分つけさせるため、一貫した思想のもとに、教育・訓練を行うことが必要である。

さきに、司令部を中心に「隊員の技術基準」作成の一環として「行動力基準タイム測定」が行われたが、これは消防活動訓練の基本的なものについて基準化したものを作成し、現場行動のより適確な遂行と、平素の教育訓練の向上に資するものとしてまことに的をえたものといえる。

しかし、このような測定を行うに際しては組織とし

てもこれらの業務に従事する職員の安全管理対策を樹立し、職員が安心して業務に専念できるよう裏付ける必要がある。

このような観点から、われわれは「行動力基準タイム測定」について安全対策の一環として、運動生理学的な考察を行ったので発表する。

なお、「行動力基準タイム測定」は各方面からランダム方式で代表を選び、空気呼吸器等8項目にわたり行われたが、これらのうち動作1（乗車状態から行動を開始し、車両から20mのところまで呼吸器の面体を着装し、重さ20kgのものを3分以内に30回持ち上げる写真1参照）及び動作2（乗車状態から行動を開始し、車両から20mのところまで面体を着装し、暗い高所で、

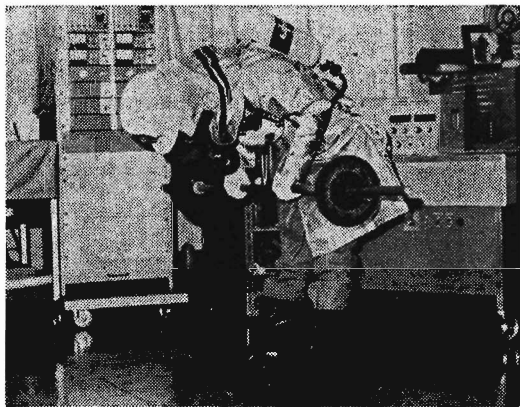


写真1 動作1

* 第四研究室長 ** 第四研究室 *** 東村山消防署



写真2 動作2

表 1 実 験 内 容

No.	項目	装 備	動 作
No. 1		執 務 服 あ み 上 げ 靴	乗車状態から行動を開始し、車両から 20m のところで重さ 20kg の物を 3分以内に30回持ち上げる。
No. 2		No. 1 に 同 じ	乗車状態から行動を開始し、車両から 20m の踏み高所 (3 F) で重さ 60kg のものを 10m 水平移動する。
No. 3		No. 1 に東消 4 型	乗車状態から行動を開始し、車両から 20m のところで面体を着装し、重さ 20kg のものを 3分以内に30回持ち上げる。
No. 4		No. 3 に 同 じ	乗車状態から行動を開始し、車両から 20m のところで面体を着装し、踏み高所で重さ 60kg のものを 10m 水平移動する。
No. 5		出火出場の服装	No. 1 と 同 じ
No. 6		No. 5 に 同 じ	No. 2 と 同 じ
No. 7		No. 5 に東消 4 型	No. 3 と 同 じ
No. 8		No. 7 と 同 じ	No. 4 と 同 じ
No. 9		No. 7 と 同 じ	No. 3 と同じでダグラスバックで呼気採取
No. 10		No. 7 と 同 じ	No. 4 と同じでダグラスバックで呼気採取

表 2 被 験 者 一 覧 表

氏 名	年 令 (才)	在職年月 (年ヵ月)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	胸 囲 (cm)	肺活量 (cc)	皮 脂 厚 (mm)	握力(右) (kg)	握力(左) (kg)	肩腕力 (kg)	背筋力 (kg)	土 体 そらし (cm)
A	45	19年 0	172.0	63.0	85.5	4,000	9.8	51.5 48.0		36.0	141.0	45.0
B	38	11年 0	167.0	62.0	92.5	5,100	16.0	55.0 44.0		32.0	156.0	45.0
C	32	7年 0	164.0	54.0	81.5	5,500	10.0	42.0 35.0		41.0	142.0	54.0
D	28	6年 0	169.0	70.0	98.0	5,850	27.0	62.0 42.0		40.0	150.0	40.0
E	28	6年 0	166.0	57.0	84.0	5,150	9.5	52.0 48.0		44.0	240.0	47.0
F	24	6年 0	159.0	49.0	78.0	4,500	11.1	42.0 40.0		30.0	125.0	48.5

重さ 60kg のものを 10m 水平移動する。(写真 2 参照)
について行ったものである。

また、実験 No. 9 及び No. 10 で空気の消費量及び RMR
を測定し動作別の比較を行った。

2. 実 験 内 容

表 1 に示したように、実験は動作 1 及び動作 2 について No. 1 から No. 10 までを行い、このうち実験 No. 1 から No. 8 までは心拍数、呼吸数及び血圧等について測定し、動作別の比較を行うとともに、執務服、防火服及び呼吸器等装備別の比較を行った。

3. 実 験 方 法

- (1) 心拍、呼吸数はテレメーター (三栄測器 K. K. 271 型) により、安静時から回復するまで連続測定した。
- (2) 血圧は、自動連続血圧計 (植田製作所 U S M-200 B) により動作開始直前及び動作終了直後から

回復状況を約10分間連続測定した。

- (3) RMRについては、瞬時呼気ガス分析装置（三栄測器K. K. I H O 2-2型）及びショランダーの微量ガス分析器を併用して測定した。
- (4) 空気の使用量については、呼吸器の面体着脱直前、直後に、呼吸器本体についている圧力計(1.5級)の数値を判読した。
- (5) 空気呼吸器は、東消4型を使用した。
- (6) 動作2の60kgの人形の代わりに砂ダミーを、梯子の登梯の代わりに研究所の屋内階段の昇降をもって代行した。

また、ダミーの移動は、研究所の床上で行ったので摩擦抵抗の相違により、各方面で行われた方法（例えば第4方面）と比較するとけん引力で約10kg少ない22kgで行った。

- (7) その他については各方面と同様の方法で行った。

4. 被験者

被験者の6名は全員研究所に所属する職員で、その身体的特徴は別表のとおりである。(表2)

5. 測定値

(1) 心拍数について

心拍数は、運動負荷によって増加するが、一般に心拍数は毎分拍出量の変化の大きな原因で、臨臨的

表3 負荷動作中の心拍数の変化

実験No.	増心率	増心率										
		40~50%	51~60%	61~70%	71~80%	81~90%	91~100%	101~110%	111%以上			
動作1	1	/	/	2	/	/						
	3	/	/		/	/	/	/				
	5	/	5									
	7		3		3							
動作2	2		/	2		2				/		
	4				2		3	/				
	6	/	/	/	/	/	/					
	8		/			3	/	/				

表4 心拍数の回復状況

動作別	回復時間	回復時間					
		1分以内	2分以内	3分以内	4分以内	5分以内	5分以上
動作1	1	/	/	/	/	/	/
	3		/			/	4
	5	/		3			2
	7		/	/		/	3
動作2	2		3	/			2
	4		2	/	/		2
	6		3	2	/		
	8		3	/			2

にも、実験的にも、また体力測定的面でもいちばん多く用いられるものである。

表3は、動作1及び動作2を行った場合の安静時との比較で増加率を示している。

$$\text{増加率} = \frac{\text{運動中の心拍数} - \text{安静時の心拍数}}{\text{安静時の心拍数}} \times 100$$

これを動作別にみると、動作1では増加率のピークが50~70%台にあるが、このうち70%以上増加したものは9人である。動作2では、70~90%台にピークがあり、しかも70%以上増加したものは17人と多く、動作1よりも負荷が強いことを示している。

次に、装備負荷別にみると、70%以上増加したものは、呼吸器を着装した場合（実験No.3及びNo.7以下同じ）動作1では7人、装着しない場合（実験No.1及びNo.5以下同じ）は2人である。動作2では、呼吸器を着装した場合（実験No.4及びNo.8以下同じ）11人、装着しない場合（実験No.2及びNo.6以下同じ）6人で、動作1及び動作2のいずれの場合でも、呼吸器という装備が負荷されると心拍数が増加することを示している。

また、防火服のように、比較的負荷量の少ないものでは、その負荷による心拍数の変化の差は、このような短時間の労作負荷ではあらわれなかった。

次に、心拍数が動作別の安静時の状態までに回復した経過時間をみると表4のとおりである。

心拍数は、動作別、装備別を問わず過半数が5分以内に回復している。これを動作別にみると、回復に5分以上かかっているものは、動作1で10人、動作2で6人で動作2の方が回復が早くなっている。動作2は動作1よりも負荷が大きいかかわらず心拍の回復が早くなっているが、これは、動作2の

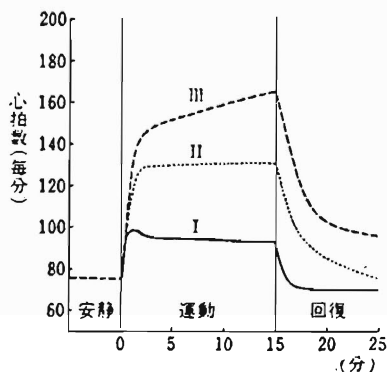


図1 運動の強さによる心拍数の増加の様式、Iは軽い運動、IIは中等度、IIIは強度の運動である(L. Brouha, 1966)

動作時間が約1分と短いことによるものと思われる。

また、装備別にみると、呼吸器をつけた場合動作1では7人、動作2では4人が回復に5分以上要しているが、呼吸器をつけない場合は動作1で3人、動作2では2人であり、呼吸器という装備が負荷されたことにより心拍の回復が遅くなったものと思われる。

図1は、L. Brouha が運動強度による運動中及び運動後の心拍数の経過を模式的に示したものであるが、図においてIは軽い運動であり、心拍数は初期に増加するが、その後はやや減少を示している。IIは中等度の運動であり、心拍数は定常状態を示している。IIIは強度の運動であり、心拍数は次第に増加している。

図2及び図3は、今回実験を行った各動作のうちで、一番負荷の大きい実験No.7（動作1）及び実験No.9（動作2）について動作中及び動作後の心拍数の経過を示したものである。これを図1と比較してみると、図2は心拍の増加数こそ図1のII程度の増加を示しているが、形としては軽い運動型のIと同じである。また、動作後の回復状況もIの型に属し、動作1は動作中の心拍数の増加状況、及びその回復状況とも軽い運動に属するものと言える。

図2は、心拍数が急激に増加し、労作程度は強度のものであることを示しているが、負荷時間が1分と短いこともあり、動作後の回復状況はIの型に属しており、ともに軽度の労作と考えられる。

(2) 呼吸について

運動は呼吸に大きな影響をあたえる。一般に運動することにより、呼吸の数と深さとの両方が増加する。激しい動作をする場合に呼吸数が毎分30~40となり、1回呼吸量が3~3.5ℓぐらいになることがあるので呼吸量が毎分100ℓを越えることもある¹⁾。

ところで呼吸数の上限はふつう毎分40~50ぐらいであるといわれている。安静時の成人の呼吸数が約16回であるので、呼吸数が上限に達するまでには、200~300%増加することになる。

表5は、動作中の呼吸数が安静時のそれと比較した場合の増加率を示したものである。

$$\text{増加率} = \frac{\text{運動中の呼吸数} - \text{安静時の呼吸数}}{\text{安静時の呼吸数}} = 100$$

このうち、呼吸数が60%以上増加したものを動作別にみると、動作1で7人、動作2で9人で動作2の方がやや増加している。

次に、装備負荷別にみると、呼吸器を着装した場

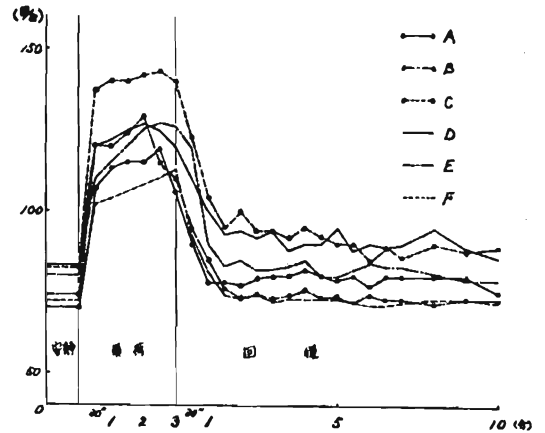


図2 動作1の心拍増加状況と回復状況

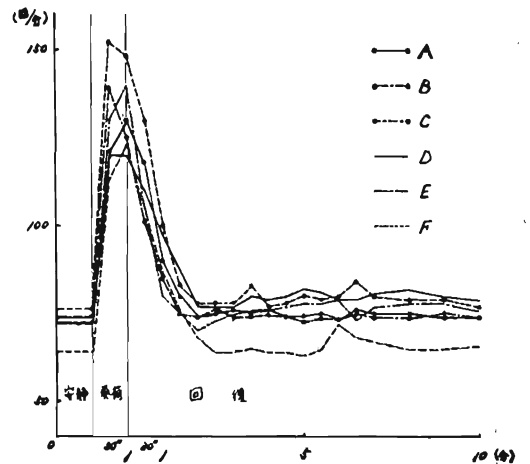


図3 動作2の心拍増加状況と回復状況

表5 動作中における呼吸数の変化

実験 No.	増加率	増加率					
		0%以下	0~20%	21~40%	41~60%	61~80%	81%以上
動作1	1			5	1		
	3		2		2	1	1
	5	1	1		1	1	2
	7			2	2		2
動作2	2			2	1		3
	4		1	1	2	1	1
	6	2		1	2	1	
	8			1	2	2	1

合、動作1で4人、動作2で5人、計9人が60%以上の増加をきたしているが、着装しない場合は、動作1で3人、動作2で4人計7人で、呼吸器という装備負荷により呼吸数が増加していた。呼吸数の変

表 6 呼吸数の回復状況

実験 NO.	時分	3分以内	3~5分以内	5分以上
		動作 1	6	
動作 1	1	6		
	3	6		
	5	6		
	7	6		
動作 2	2	6		
	4	5	1	
	6	6		
	8	4	1	1

表 7 血圧の変化

実験 NO.	時分	血圧 (mmHg)							
		10mm	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~70	70以上
動作 1	1	2	3	1					
	3	1	2			2	1		
	5	3		2				1	
	7		1	1	1		1		2
動作 2	2		1	1	1	3			
	4			1	3		1	1	
	6		2			2	2		
	8			1			3	1	1

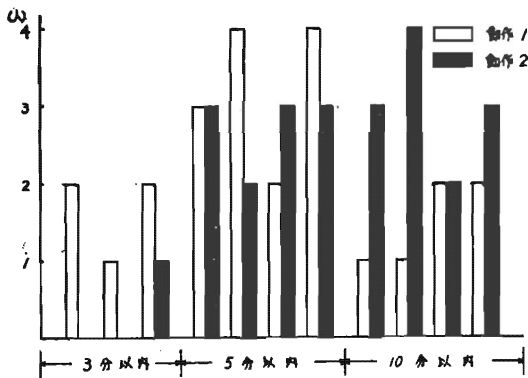


図 4 動作別血圧の回復状況

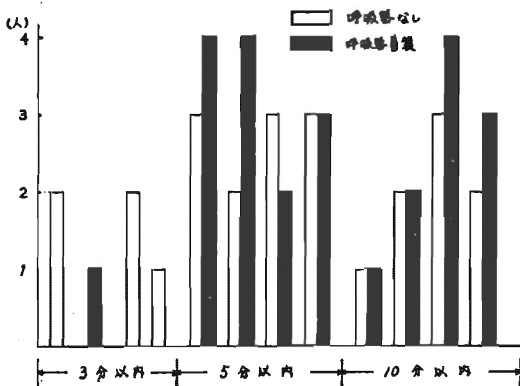


図 5 装備別血圧の回復状況

化からみても、動作 1 よりも動作 2 が、また呼吸器という装備が負荷された場合の方が、負荷のない場合よりも負荷の程度が強く、負担が大きいことを示していた。

動作後の呼吸数の回復状況は表 6 のとおりである。

動作後の呼吸数の回復は、比較的早く、動作別、装備別を問わず、ほとんどの人が 3 分以内に回復していた。即ち動作別では、動作 2 で 3 人が回復に 3 分以上かかっているのみで、動作 1 では全員が 3 分以内に回復していた。

また、装備別では動作 2 において呼吸器を着装した場合に 3 人が回復に 3 分以上かかっていたが、その他は全員が 3 分以内に回復していた。

(3) 血圧について

運動中の血圧測定は、その技術的困難性のためにあまりなされていない。しかし、運動直後の値から考察しても、運動中かなりの上昇を示すことが推察される。特に運動強度の大きい動的運動に際しては安静時のそれより最高血圧は 50~100mmHg ぐらい大きい値を示すと言われている。即ち、動的運動により一般に脈圧が増大するのである。しかし、重量挙げのように静的運動においては、運動中血圧は一時上昇するがすぐ下降し、人によってはむしろ低下するということが知られている²⁾。

表 7 は、各動作の動作直後の血圧が、安静座位時に比較してどのくらい増加したかを示したものである。

表中動作 1 で、呼吸器という装備を着装しない場合の血圧の上昇は、1 人を除いてすべて 30mmHg 以下にとどまっているが、これは動作内容が重量挙げという静的運動であることから上昇しなかったものと思われる。

しかし、呼吸器という装備が負荷されると 7 人が 30mmHg 以上の増加をきたしていた。

これに反して動作 2 では、血圧の上昇が大きく、呼吸器という装備の負荷がなくても、過半数の人が 30mmHg 以上の増加をきたしていたほか、呼吸器という装備が負荷されると、さらに過半数の人が 50mmHg 以上の血圧の上昇を示していた。

図 4 及び図 5 は血圧の回復状況を示したものであるが、心拍・呼吸と同様、動作 1 よりも動作 2 が、また装備負荷のあるものがないものより、その回復は遅いことを示していた。

(4) 空気の消費量について

運動は呼吸に大きな影響があり、一般に運動すると呼吸の数と深さとの両方が増加すると前に述べた

表 8 動作別・装備別空気消費量 (l/分)

被験者 No	動作 1		動作 2	
	No. 3	No. 7	No. 4	No. 8
A	5.0	4.4	5.7	5.6
B	3.9	3.7	2.9	5.5
C	3.2	3.0	5.3	2.5
D	3.8	4.8	2.4	5.6
E	2.8	3.3	5.7	4.1
F	1.5	2.5	1.4	2.7
平均	3.4	3.6	3.9	4.3

が、安静時の成人の呼吸数は、毎分約16回、1回呼吸量は約 500 ml であるから毎分呼吸量は約 8 l とされている。

表 8 は、各動作の毎分あたりの空気の消費量を測定したものである。

動作時間が短かったため、動作により、また各人により空気の消費量が異なり一定はしていないが平均的には動作 1 よりも動作 2 が、装備負荷の小さいものより大きいものの方が空気の消費量が多かった。

(5) RMR について

RMR は日本で広く用いられている労作強度の表示法で、季節、体格、年齢に拘わらずほぼ一定とされている。

表 9 は、各動作について測定した RMR である。

被験者 6 人の測定値のうち、最大値と最小値を除外して平均値を計算すると、動作 1 では 4.7、動作 2 では 4.9 で、労作強度を表わす RMR からは動作別の著しい差は認められなかった。

6. 考 察

- (1) 労作強度を動作別にみると、動作 1、動作 2 ともに RMR で 5 前後であり、これはラジオ体操あるいは 3 kg の圧力で放水している時の労作強度と同程度のもので、安全管理上問題のあるほど強いものではなかった。
- (2) RMR では動作別の差は認められないが、心拍呼吸及び血圧等の変化、あるいは空気の消費に動作 2 が動作 1 よりも負荷が大きいことを示していた。
- (3) 装備負荷の少ない執務服と防火服とでは、心拍呼吸及び血圧等の変化の面では、装備による差は認められないが、これは、負荷の時間が短いため

表 9 RMR 値表

被験者 No	A	B	C	D	E	F	平均
No 9 (動作 1)	4.4	5.0	4.1	5.6	4.2	5.0	4.7
No 10 (動作 2)	5.1	5.2	4.5	5.5	4.7	3.4	4.9

(。印は平均から除外した値)

装備負荷としてあらわれなかったものと思われる。

しかし、空気消費量の面で、毎分あたり 4 l (動作 2) の差があらわれており、負荷が大きければそれだけ空気の消費も増加することを示していた。

- (4) 執務服と呼吸器というように、装備負荷の差が大きい場合は、明らかに装備負荷の大きいものほど変化が大きいことを示していた。
- (5) 各種生理変化のうち、心拍・血圧の回復には 5 分以上かかったものがかなりいたが、呼吸回の復は早く、1 人を除いてすべての人が 5 分以内に回復した。

- (6) 動作 1・2 とも負荷としては、それほど大きいものではないが、最高血圧が 200 mmHg をこえた人もいたので高血圧、心疾患のあるものに対して行うには注意が必要である。

- (7) 呼吸器をつけて動作した場合、人によっては呼吸数の減少がみられたが、これは呼吸器の通気抵抗その他の障害により呼吸制限を受け、呼吸数の増加につながらなかったものと思われる。

以上が考察の要点であるが、血圧・心拍・呼吸等、すべての面で、特に問題になるような変化はみられずテストはおおむね適当な範囲のものと思われる。

今回のテストは、基準作成のためのものであったため、短い動作、あるいは断片的な動作のものであったが、自分自身の技術、能力を知る上でも基準は必要であり、今後は一連の動作の連続したものの基準の作成も必要ではないかと思われる。

また、このような動作は、教育・訓練・テストを交互に行い、職員自身が動作を体得するまで行うことが技術向上につながるものと思われる。

参 考 文 献

- 1) スポーツ医学入門 (南山堂)
- 2) 体育生理学実験 (技術書院)