

消防隊員の生理変化について(年代別の生理変化)

鶴 飼 恒*
 野 尻 忠 弘**
 川 田 丈 昭**
 遠 藤 昇**
 齋 藤 義 照***
 永 田 陽 一**

1. はじめに

戦後、我国の人口動態は多産多死型から西欧先進国なみの少産少死型に移行したため、平均寿命は年々伸び昭和52年では男72.69年、女77.95年と世界でも有数の長寿国となった。また、労働力人口の主力も中年層に移り、この傾向は今後ますます顕著になると思われる。¹⁾

又昭和50年代に入り、日本経済も昭和40年代の高度成長から一転して安定成長の時代に入り、近年は増員を前提としない公務員の週休2日制の論議もなされるようになってきた。

このような情勢の中で、東京消防庁の消防吏員の数も社会の趨勢に伴い図1のように昭和42年の10,836人より、10年後の昭和51年には17,148人と1.6倍にも増強されたが²⁾安定成長期に入った昭和51年前後からは人員増は殆んどなく、むしろ人員削減までいわれるようになってきた。このような傾向が継続するとすれば、消防吏員の年代構成も近い将来30代、40代、50代のいわゆる中高年層の占める割合が増大するであろうことが推測される。

今回、牛込、新宿、渋谷、世田谷、野方の各消防署の協力により20代、30代、40代の消防隊員について、消防動作を负荷したときの心拍数、呼吸数、血圧の変化、空気消費量、酸素消費量およびエネルギー代謝率(RMR)、消費カロリーなどについての測定を行ったのでその一端を報告する。

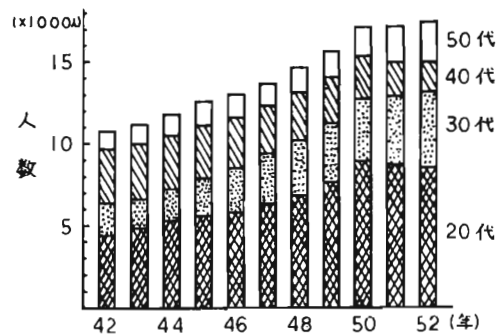


図1 職員の年代別構成

2. 被測定者

(1) 被測定者

表1に示す身体的特徴をもった健康な成人男子で、殆どどの者がスポーツをしている。

(2) 負荷条件および負荷内容

負荷条件は表2に示すように分速と装備重量により動作1から動作4の4段階に区分した。

負荷内容は、表3のように安静10分、負荷5分、回復20分、休息25分以上とし、次の動作に移るまでに十分な休養を与えた。

(3) 測定装置および測定項目

医用テレメータ(271型、三栄測器KK製)により、安静時、負荷期、回復期の心拍数、呼吸数を連続測定した。

連続自動血圧計(USM200B、KK植田製作所製)により、安静時、負荷直後から回復期の血圧を測定した。

ダグラスバックにより採気した呼気をショランダー微量ガス分析器により分析し、エネルギー代

* 第四研究室長、** 第四研究室、*** 多摩消防署

謝率 (RMR), 酸素消費量, 消費カロリー量などを算出した。

トレッド・ミル (WB-201D, 日本秤錘KK) により毎分速度70m, 110mの定速歩行を負荷した。

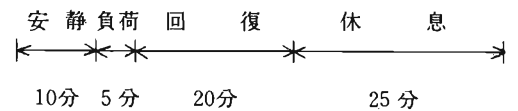
表1 被測定者の身体的特徴

被測定者		任務別	年齢 (才)	身長 (cm)	体重 (kg)	胸囲 (cm)	皮脂肪厚 (mm)	肺活量 (ml)	スポーツ歴 (年)
20代 n=7	A	小隊員	25	160	63	89	22	4100	野球 3
	B	〃	23	170	75	95	33	5350	サッカー 5
	C	〃	21	165	63	81	23	4400	野球 4
	D	〃	21	176	74	92	8	4300	サッカー 4
	E	機関員	21	174	63	88	16.5	4100	剣道 3
	F	小隊員	18	178	75	102	22.5	4650	卓球 4
	G	〃	27	167	63	86	15	4400	野球 2 柔道 4 テニス 1
	平均		22.3	170	68	90.4	20	4471.4	
	S・D		2.98	6.45	6.24	6.75	7.85	431.91	
30代 n=7	A	小隊員	33	172	81	105	28	3200	
	B	小隊長	31	165	58	88	24	3200	野スキ 20 球 8
	C	小隊員	32	164	64	89.5	26	4100	野球 3
	D	機関員	31	168	69	88	25.8	4350	野剣道 1 野球 2
	E	小隊員	32	160	66	89	43.8	4300	
	F	機関員	37	160	61	86	27	3900	野球 5
	G	小隊長	33	165	56	85	18	4300	野球 3
	平均		32.7	164.9	65	90.1	27.5	3907.1	
	S・D		2.06	4.26	8.37	6.77	7.89	506.98	
40代 n=5	A	中隊長	42	168	55	85	15	4700	マラソン 12
	B	機関員	40	163	67	93	24	2900	マラソン 5
	C	小隊長	41	162	67	93	27.5	3000	柔道 6
	D	中隊長	42	170	64	89	16.5	4950	
	E	機関員	41	163	54	86	20	4000	野球 4
	平均		41.2	165.2	61.4	89.2	20.6	3910	
	S・D		0.84	3.56	6.43	3.77	5.19	944	

表2 負荷条件

動作	分速	装備内容 (重量)
1	70m	執務服, 運動靴 (1.5kg)
2	110m	〃 (〃)
3	70m	全装備 (26.4kg)
4	110m	〃 (〃)

表3 タイムスケジュール



3. 測定結果

(1) 動作別の労作強度

動作別の心拍数増加率を被測定者全員 (n=19) についてみると図2に示すとおりである。

また、これを酸素需要量でみると表4のとおり

である。したがって、動作別の労作強度は動作1, 動作3, 動作2, 動作4の順であることがわかった。

(2) 速度, 装備重量とRMR

図3, 4は装備重量1.5kg (執務服, 運動靴) と全装備26.4kg (出火出場の服装, ライフゼム呼吸器,

5 kgの砂袋)のそれぞれの場合に、トレッド・ミルで毎分速度70mおよび110mを負荷したときのエネルギー代謝率(RMR)である。

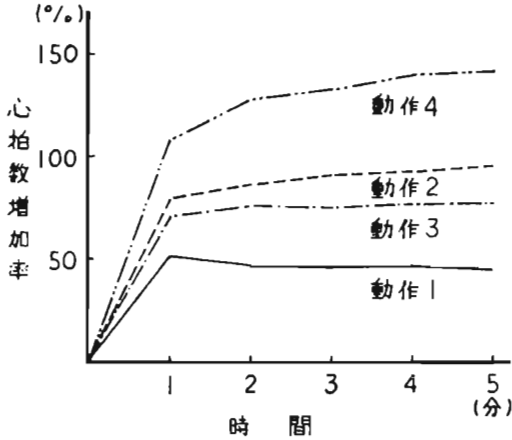


図2 心拍数増加率

表4 動作別酸素需要量(ml)

	動作1	動作2	動作3	動作4
n.	19	19	19	19
平均	373	728	596	1094
S. D.	136	174	167	192

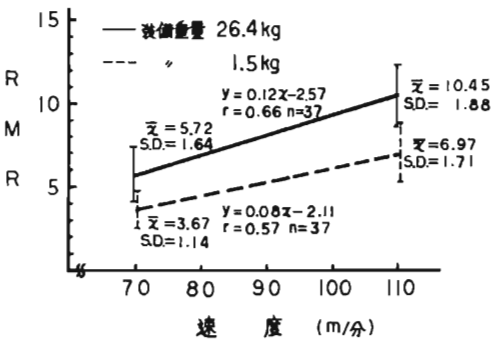


図3 速度とRMR

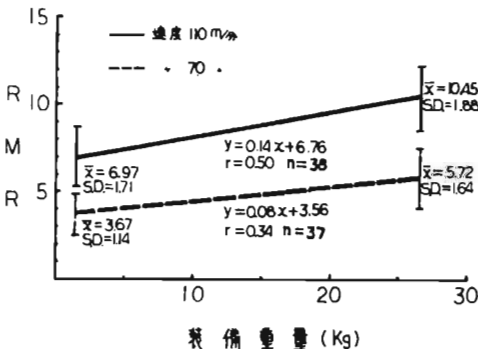


図4 装備重量とRMR

装備重量の増加によるRMRの変化は毎分歩行速度が110mの場合、装備重量が1.5kgではRMRは6.97、装備重量が26.4kgでは10.45と歩行速度が同じでも装備重量がふえるとRMRは1.5倍に増加した。

歩行速度の増加によるRMRの変化は装備重量が26.4kgの場合、毎分歩行速度が70mのRMRは5.72、歩行速度が110mでは10.45と1.8倍に増加した(y:回帰方程式, r:相関係数, S.D.:標準偏差, P:有意水準または危険率, n:例数。)

(3) 心拍数および心拍数増加率とRMR

図5は動作1から動作4までのトレッド・ミルによる負荷時の心拍数とRMRの関係を表わしたもので、心拍数とRMRの間には相関係数 $r=0.75$ と高い相関関係があることを示している。

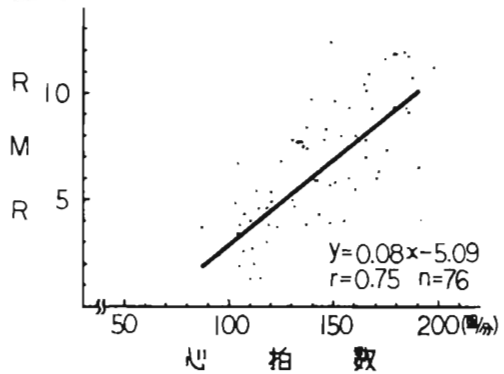


図5 心拍数とRMR

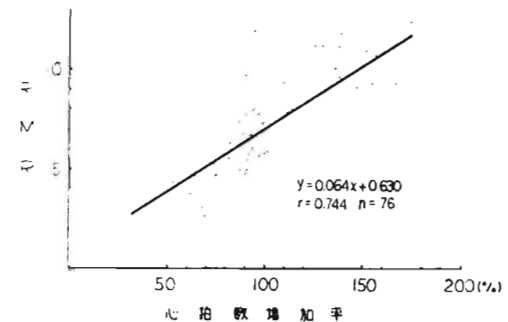


図6 心拍数増加率とRMR

図6は心拍数増加率とRMRの関係を表わしたもので、この間には相関係数 $r=0.744$ と高い相関関係があることを示している。

(4) 空気消費量とRMR

図7は動作1から動作4までをトレッド・ミルで負荷した場合全員の空気消費量とRMRの関係を表わしたもので、ダグラス・バックにより採気した呼気量を吸気量に換算して求めた。この相関

係数は、 $r = 0.94$ と、高い相関関係にあることを示している。

(5) O₂消費量とRMR

図8は動作1から動作4をトレッド・ミルで負荷した時のO₂消費量とRMRの関係を表わしたもので、ショランダー微量ガス分析器により呼気中のガス分析を行い算出した。この相関係数は、 $r = 0.96$ であり、高い相関関係にあることを示している。

(6) 速度と消費カロリー

図9は歩行速度と装備重量のちがいによる毎分あたりの消費カロリーを示す。

毎分の歩行速度が110mの場合、装備重量が1.5kgで毎分あたり消費カロリーは9.0Cal、装備重量が26.4kgでは12.9Calと1.4倍になった。

装備重量が26.4kgの場合、毎分歩行速度が70mで毎分あたり消費カロリーは7.6Cal、歩行速度が110mでは12.9Calと1.7倍に増加した。

このように歩行速度と装備重量が増せば消費カロリーは増加することを示している。

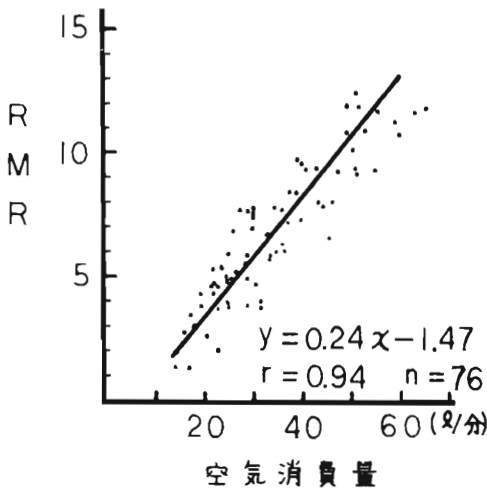


図7 空気消費量とRMR

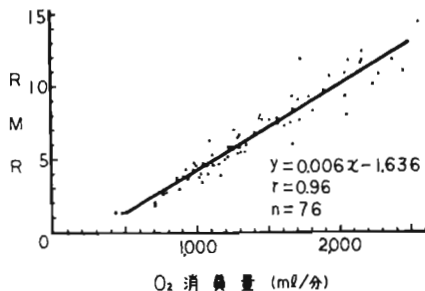


図8 O₂消費量とRMR

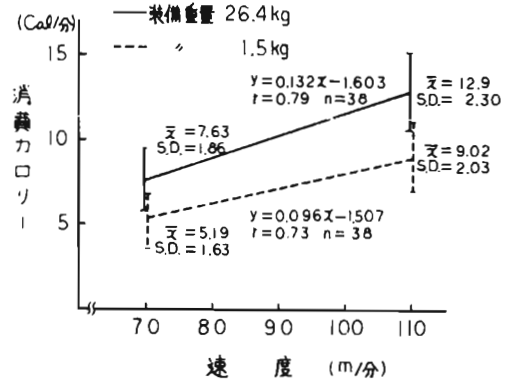


図9 速度と消費カロリー

(7) 心拍数の変化

図10-1、図10-2、図10-3、図10-4は動作1から動作4までの年代別心拍数変化を表わしたもので、20代(n=7)、30代(n=7)、40代(n=5)の毎分あたり心拍数変化の平均値を結んだものである。

図から、年代別心拍数変化は動作負荷時に差異がみられ、とくに動作が厳しくなるほど、高年齢層において回復が遅くなることを示している。

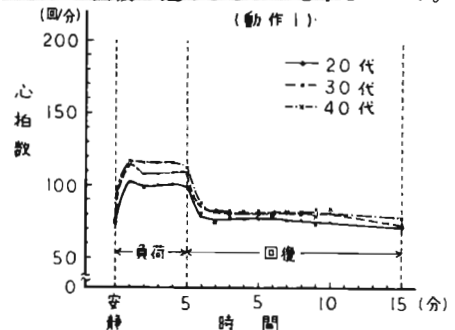


図10-1 心拍数の変化 (動作1)

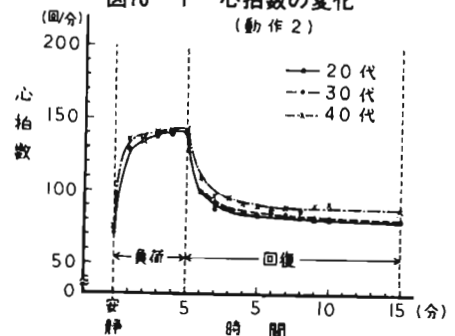


図10-2 心拍数の変化 (動作2)

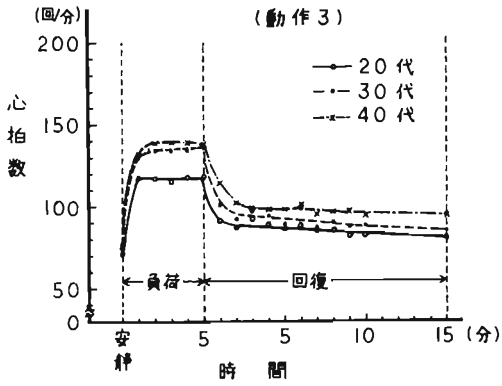


図10-3 心拍数の変化

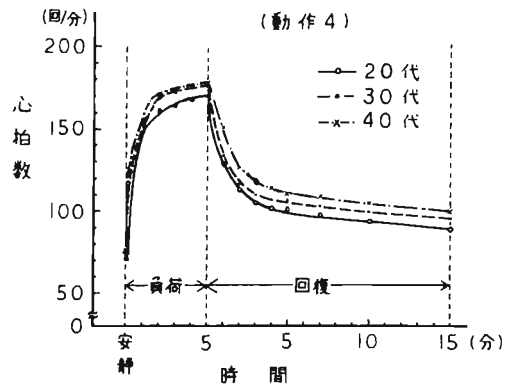


図10-4 心拍数の変化

(8) 呼吸数の変化

図11-1, 図11-2, 図11-3, 図11-4は動作1から動作4までの年代別呼吸数変化で、20代(n=7), 30代(n=7), 40代(n=5)の毎分あたり呼吸数変化の平均値を結んだものである。

図から、年代別呼吸数変化も心拍数と同様、動作負荷時に差異がみられ、とくに動作が厳しくなるほど、高年齢層において回復が遅くなることを示している。

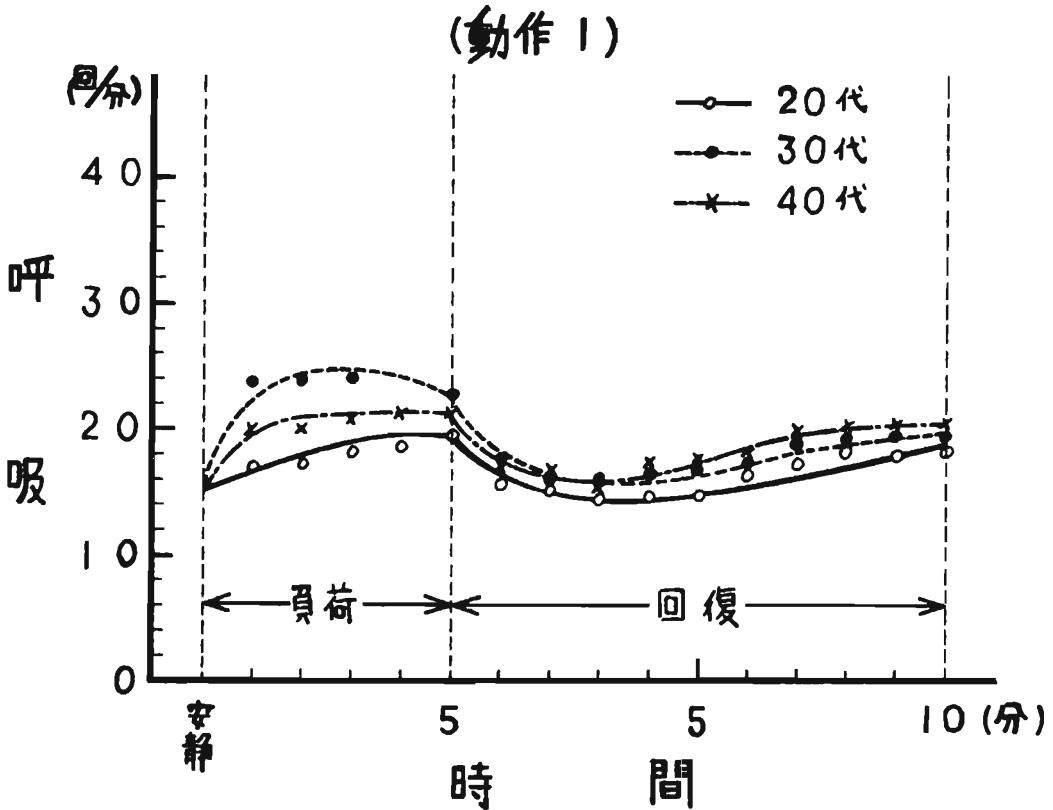


図11-1 呼吸数の変化

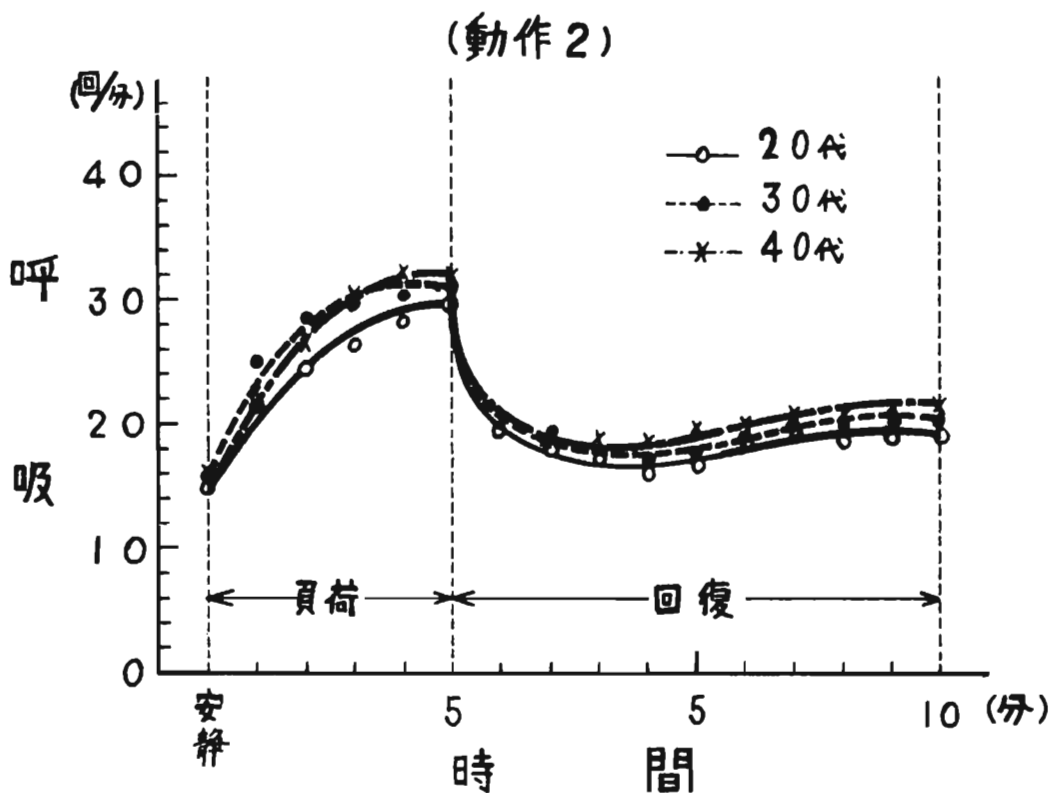


図11-2 呼吸数の変化

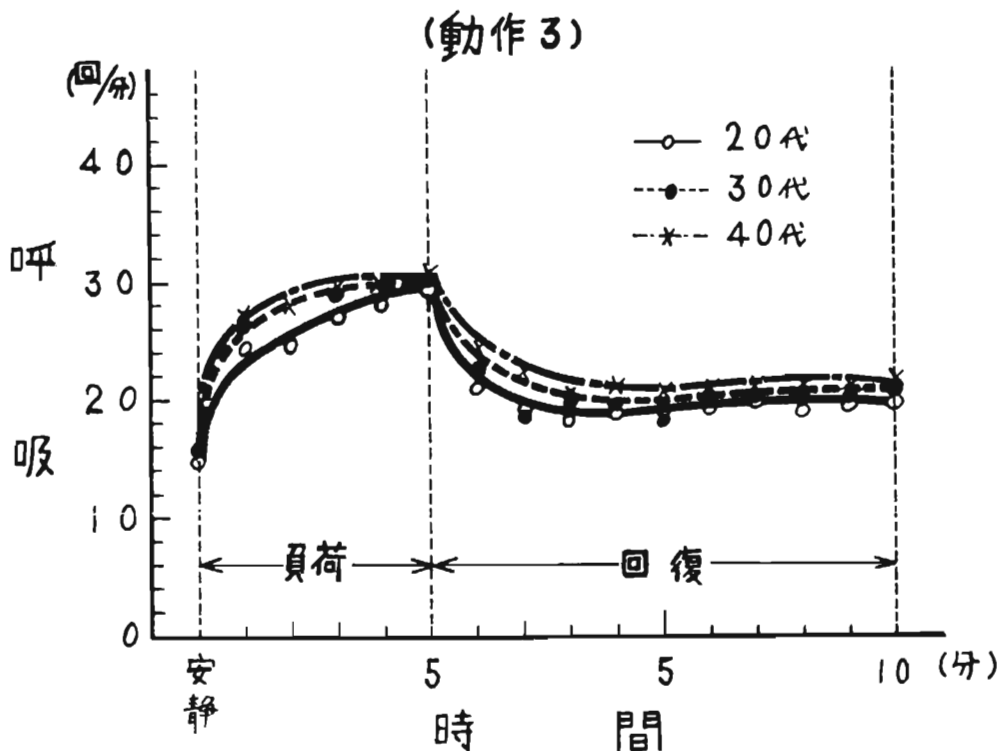


図11-3 呼吸数の変化

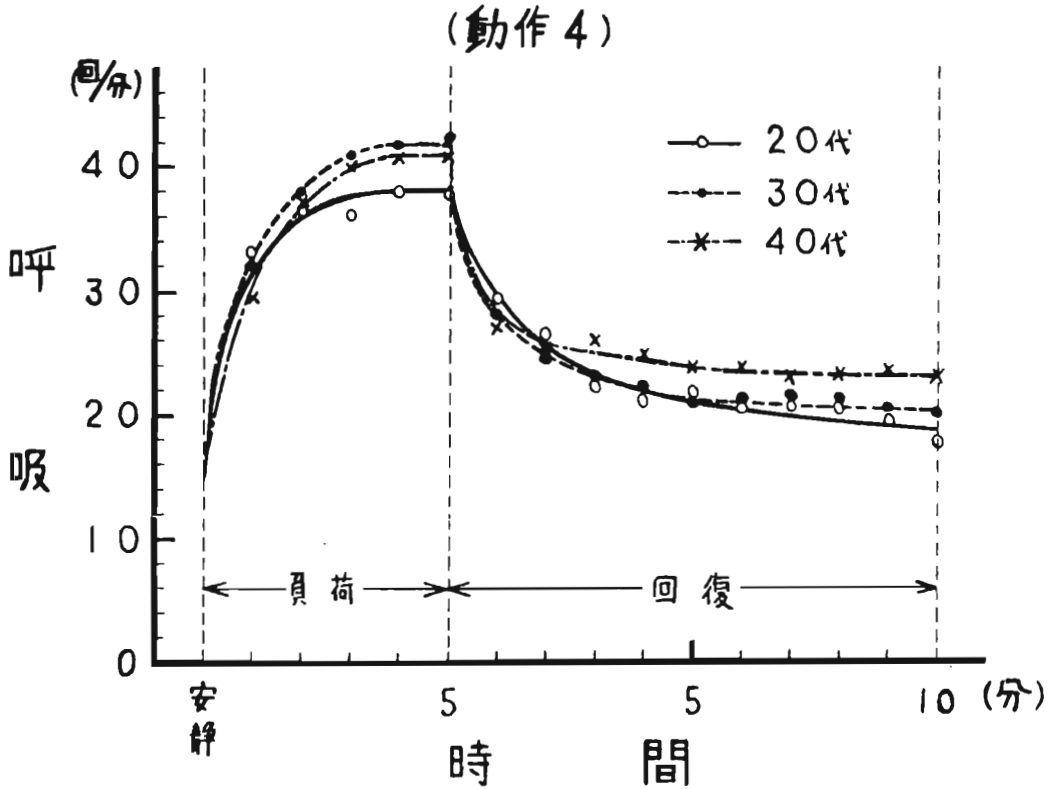


図11-4 呼吸数の変化

(9) 血圧の変化

図12-1、図12-2、図12-3、図12-4は動作1から動作4までの年代別血圧変化で、20代(n=7)、30代(n=7)、40代(n=5)の平均値を直線で結んだものである。測定は安静時、負荷直後および回復期の毎分ごとに行った。

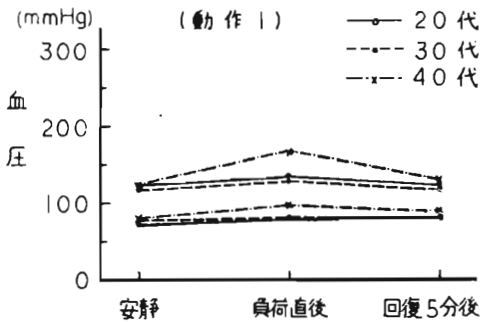


図12-1 血圧の変化

最高血圧は、負荷直後で20代と30代ではあまり変化なく、20代と40代、30代と40代間に大きな変化がみられた。この傾向は回復期においても同じであった。

最低血圧は、負荷直後、回復期および年代別の

いずれにおいても殆んど変化はみられなかった。

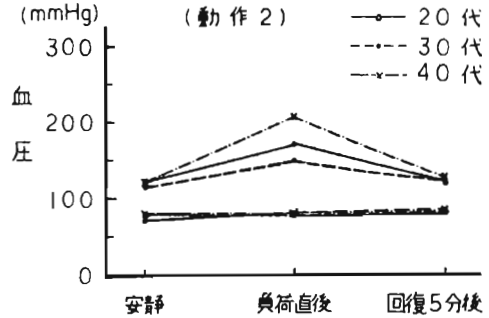


図12-2 血圧の変化

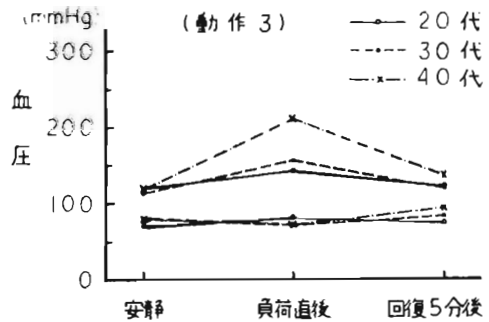


図12-3 血圧の変化

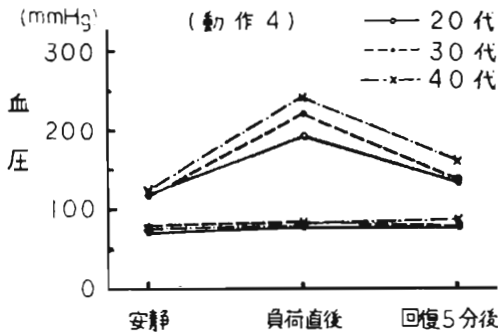


図12-4 血圧の変化

4. 考 察

(1) 歩行速度、装備重量とRMR

速度および装備重量とRMRの関係は図3、図4に示すように歩行速度、重量が増せば増加する。このことは山岡らによる図13³⁾にも示されているが本測定の結果も同様の傾向にあった。

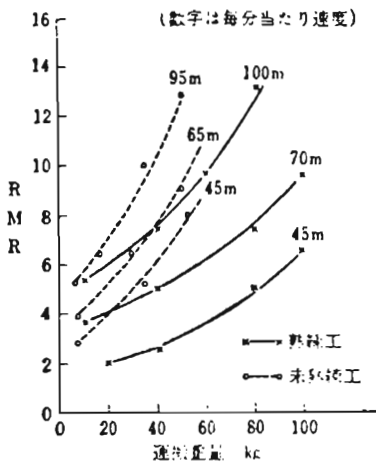


図13 熟練工，未熟練工の作業のRMRの相違

(山岡誠一，沼尻幸吉：スポーツ労働・栄養学P.149)

(2) 空気消費量、酸素消費量とRMR

空気消費量および、酸素消費量とRMRの関係も図6、図7のとおりで、それぞれ高い相関関係があることを示している。

これらも沼尻による図14⁴⁾の換気量（空気消費量）とRMRの関係と殆んど一致していた。

空気消費量と酸素消費量の関係は児玉らによる図15⁵⁾から毎分あたり酸素消費量0.2ℓから3ℓぐらいまでは直線的に比例している。

(3) 速度、装備重量と消費カロリー

速度、装備重量と毎分あたり消費カロリーの関係は図8のとおりで、速度、重量、体重が増せば消費するカロリーも増加することは図16⁶⁾からも明らかである。

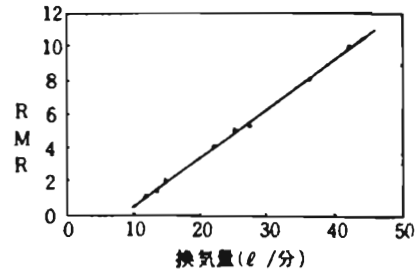


図14 換気量とRMRとの関係

(沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝P.92)

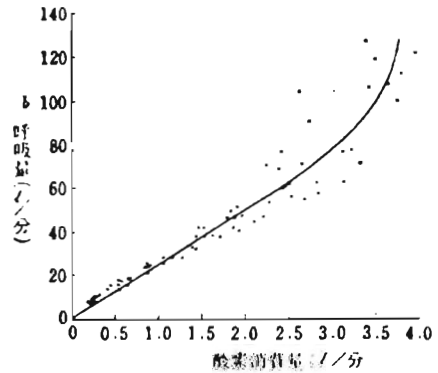


図15 呼吸量と酸素消費量との関係

(児玉・猪飼・石河・黒田：スポーツ医学入門P.76)

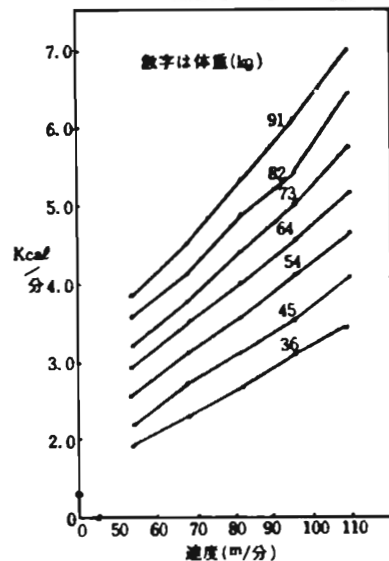


図16 歩行速度とKcal/分との関係

(沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝P.70)

(4) 心拍数および心拍数増加率とRMR

全数における心拍数とRMRの関係は図5のとおりであるが、年代別の回帰方程式図17によるとRMRは年代別に有意差があるほどの変化はみられなかったが、20代ではRMRが高くなっても心拍数の増加は30代、40代に比べてわずかに少かった。

心拍数増加率とRMRの関係は図6のとおりであるが、年代別の回帰方程式を図18に示した。この図から20代では心拍数増加率が増加しても30代、40代に比べてRMRのふえかたが、わずかに少なかった。

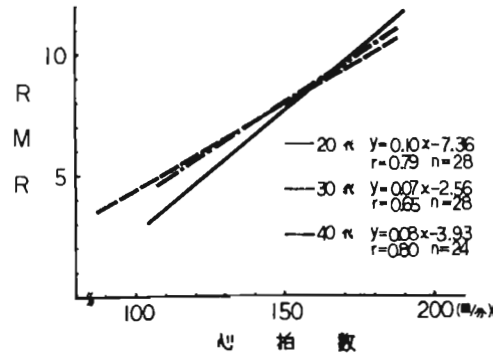


図17 心拍数とRMR

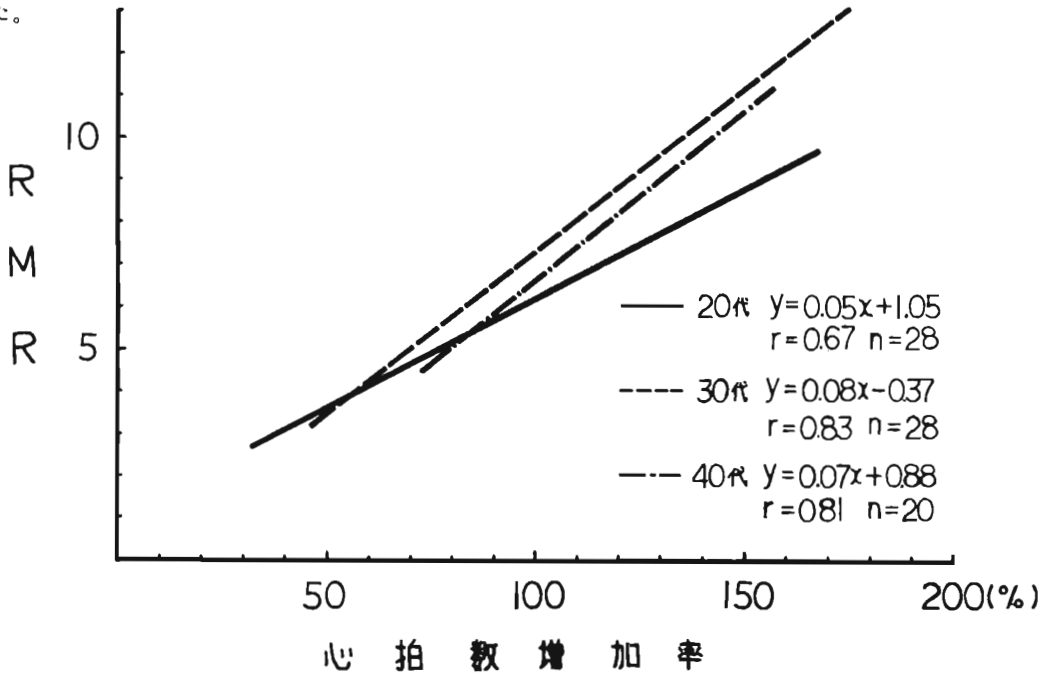


図18 心拍数増加率とRMR

沼尻によると図19に示すように、心拍数とRMRの関係は個人差が除去された心拍数増加率のほうがRMRとの相関が高いといわれているが本測定の結果、心拍数および心拍数増加率とRMRとの相関係数は図5、図6に示すようにはほぼ同じであった。この点は今後さらに検討する必要があるであろう。いずれにしろ、心拍数からRMRを推定するのは⁸⁾条件設定が難しいために、慎重が必要であり、安易な利用は誤りをおかす恐れがあるといわれている。⁹⁾

(5) 心拍数、呼吸数の年代別変化

心拍数、呼吸数の変化は図10-1～図10-4および図11-1～図11-4のとおりであるが、負荷直後、回復5分後における20代と30代、30代と40

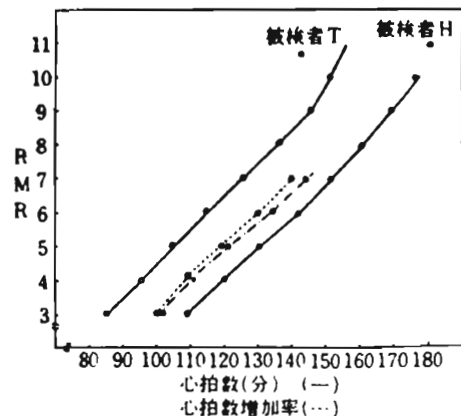


図19 心拍数とRMRとの関係
(沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝P.95)

代、20代と40代について平均値の差を検定したところ有意差はいずれの動作においても認められなかった。しかし、図に示されるように、負荷期、回復期とも年代別に変化が認められ、この傾向は負荷が厳しくなり、また年代が増すにともなって顕著になる。

一定負荷後の心拍数、最高血圧の回復過程を調べ、全身持久性を判定する方法としてステップテスト（踏台昇降運動）があり、図20¹⁰に中西による年令別の心拍数の判定指数を示す。このように心拍数の回復は年令により明らかな変化があり、ある程度の心臓機能のおとろえを示している。

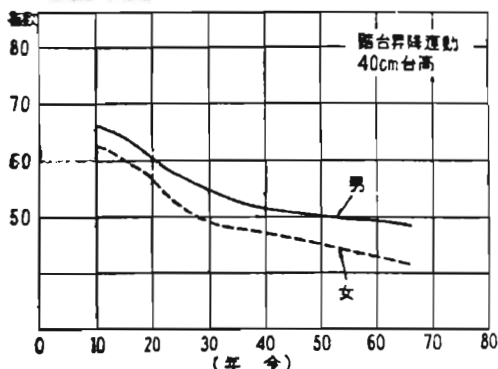


図20 踏台昇降運動

(中西光雄：体育生理学実験P.193)

(7) 最高血圧の年代別変化

最高血圧の変化は図12-1～図12-4のとおりであるが、負荷直後、回復5分後における20代と30代、30代と40代、20代と40代に平均値の差を検定したところ表5のように20代と40代、30代と40代の16例中9例に有意差が認められ ($P < 0.05$)、20代と30代には認められなかった。40代で20代と30代にくらべ最高血圧において回復のおくれが見られた。このことは、一定負荷後の最高血圧の測定が年代別の体力の変化を把握する興味ある一方法であると思われる。

5. 結 論

(1)心拍数、心拍数増加率は動作の強さと装備重量の重さが増すと増加する。

(2)年代別の心拍数、呼吸数の変化は平均値の差を検定した結果有意差はなかったが、負荷期、回復期とも年代に応じて明らかな変化がみられ年代が増すにしたがって負荷期に増加し、回復期には回復がおそかった。

(3)最高血圧について負荷直後、回復5分後の年代別平均値の差を検定したところ、20代と40代、30代と40代に有意差があった ($P < 0.05$)。

(4)空気消費量、酸素消費量、RMR、消費カロリーなどについては年代別の変化が認められなかったが、心拍数、呼吸数とくに最高血圧について年代の増加にともなって差が顕著になることがわかった。

表5 最高血圧の差の検定

年代		20代と30代	20代と40代	30代と40代
1	負荷直後	—	有意 ※	有意 ※ ※
	回復5分後	—	—	—
2	負荷直後	—	—	有意 ※
	回復5分後	—	—	—
3	負荷直後	—	有意 ※	有意 ※
	回復5分後	—	—	有意 ※
4	負荷直後	—	有意 ※	—
	回復5分後	—	有意 ※	有意 ※

※ ※ ($P < 0.01$), ※ ($P < 0.05$)

おわりに

以上われわれが知り得た年代別の心拍数、呼吸数、最高血圧の変化と文献による、各種の体力テストは10代後半をピークにして年齢が増すにしたがって体力が低下することを示している。この体力の低下と訓練、体力練成、気力の関係を追求し中高年層の消防隊員の安全管理と戦力保持の資とするためには今後この種の測定および調査研究を全庁的規模で実施する必要があると考えられる。

本測定に際し協力をいただいた牛込、新宿、渋谷、世田谷、野方消防署の隊員のみなさまに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 昭和52年版、厚生白書 (P13～P23)
- 2) 東京消防庁統計書 (昭和42年～昭和52年)
- 3) 山岡誠一・沼尻幸吉：スポーツ・労働・栄養学 (P149)、医歯薬出版株式会社(1976)
- 4) 沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝 (P92) 労働科学研究所 (1974)
- 5) 児玉・猪飼・石河・黒田：スポーツ医学入門 (P76) 南山堂 (1972)

- 6) 沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝 (P.70)
労働科学研究所 (1974)
- 7) 沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝 (P.95)
労働科学研究所 (1974)
- 8) ISHIDA, M.: The physiological respon-
se to walking uphill under hot environ-
ment. The Bulletin of Tokyo Medical and

- Dental University, Vol. 22, No. 2, P 139 (1975)
- 9) 沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝 (P.98)
労働科学研究所 (1974)
- 10) 中西光雄：体育生理学実験 (P.193)
技術書院 (1971)