

# 温度環境と高齢者の身体運動時 における血圧，体温及び心拍反応

名古屋大学 小林 寛 道  
(共同研究者) 同 近藤 孝 晴  
三重大学 脇田 裕 久

## Cardiovascular and Thermoregulatory Responses of High Aged Men during Exercise in a Hot-humid Environment

by

Kando Kobayashi\*, Takaharu Kondo\*,

Hirohisa Wakita\*\*

\* *Nagoya University,*

\*\* *Mie University*

### ABSTRACT

Three men ages of 36, 63 and 67 yrs old exercised for 30 min on a bi-cycle ergometer at a work rate of 300 kpm/min and recovered for 30 min in a hot ( $32^{\circ}\text{C}$   $T_a$ , RH 46%) and a cool ( $22^{\circ}\text{C}$   $T_a$ , RH 40%) environment, respectively.

Heart rate at 30 min of exercise in a cool and a hot environment was 86 and 90 bpm for 36 yrs man, 102 and 144 bpm for 63 yrs man, and 109 and 150 bpm for 67 yrs man, respectively.

Average values of blood pressure during exercise in a cool and a hot environment were 146.3/74.0 (systolic/diastolic) and 150.4/43.5 mmHg for 36 yrs man, 153.9/68.5 and 159.6/71.7 mmHg for 63 yrs man, and 171.0/91.5 and 180.9/89.7 mmHg for 67 yrs man, respectively.

Increment in rectal temperature at 30 min of exercise in a cool and a hot environment was  $0.2$  and  $0.3^{\circ}\text{C}$  for 36 yrs man,  $0.1$  and  $0.7^{\circ}\text{C}$  for 63 yrs man, and  $0.2$  and  $0.6^{\circ}\text{C}$  for 67 yrs man, respectively. Ventilation at 30 min of exercise in a hot environment was greater than that of

a cool environment by 10.1%, 20.4% and 23.4% for 36 yrs, 63 yrs and 67 yrs man, respectively. Oxygen intake during exercise was also greater in a hot environment compared with that of a cool environment by 13.4%, 22.2% and 19.4% for 36 yrs, 63 yrs and 67 yrs man, respectively.

The peak values of blood lactate in a cool and a hot environment were 0.95 and 2.10 mmole/l for 63 yrs man, and 1.64 and 2.62 mmole/l for 67 yrs man, respectively.

These results show that the stress of exercise in a hot-humid environment was considerably greater for high aged persons than for younger persons.

### 要 旨

36歳, 63歳, 67歳の男子3名を被検者として, 気温 32°C と 22°C の環境で, 自転車運動 (300 kpm/min) を30分間実施した。

気温 22°C の場合と比較して, 気温 32°C の運動では, 36歳の被検者には, 呼吸循環機能や体温, 血液性状に大きな差異がみられなかったが, 63歳と67歳の被検者では, 心拍数が42拍/分高く, 直腸温が 0.4~0.6°C 高く, 換気量や酸素摂取量の増大の割合が大きく, ヘマトクリットや乳酸濃度の変化も大きかった。

高温多湿環境での運動は, 高齢者にとって, 青壮年の場合と比較して, 著しく生体への負荷が大きい。

### 緒 言

我国は, 急速に高齢化社会へと進行しつつある

が, 高齢者が, より好ましい心身のコンディションを維持してゆくうえで, 積極的にスポーツや身体運動を行うことの有効性が示唆されている。高齢者を対象とした健康指導教室も, 各地で行われているが, 高齢者が身体運動を行った時の生体反応について, 科学的なアプローチは, 極めて未熟な段階にあるといえる。

我国では, 四季の気温変化が著しいが, 特に高温多湿での身体運動が, 高齢者の身体にどのような影響を与えるかについて, 血圧, 体温, 心拍数, 代謝および血液動態の面からとらえ, 高齢者の体温調節や運動に対する適応性を考察することを研究の目的とした。

### 研 究 方 法

67歳, 63歳, 36歳の健康な男子3名を被検者とした表1。

気温 32°C (相対湿度 46%), および気温 22°C

表1 Characteristics of the subjects

Subjects	Age (yr)	Body Height (cm)	Body Weight (kg)	% Fat	$\dot{V}O_2$ max (ml/kg·min)
MWH	36	168.0	68.5	20.2	41.9
MTK	63	167.1	56.2	10.0	—
MHM	67	164.1	68.1	19.6	—

(相対湿度40%)にコントロールされた人工気候室内で、各被検者は30分間の安静を保った後、モナーク製自転車エルゴメータを用いて、300kpm/minの負荷(50rpm)で30分間のペタリングを行い、運動後30分間の座位安静を保った。

運動前安静時、運動時、および回復期を通して心電図を連続記録するとともに、「クリティコン運動負荷時自動血圧モニター、モデル1165」を用いて、2分間隔に収縮期血圧と弛緩期血圧を測定した。

体温の変化をとらえるため、サーミスタおよび「体温データ集録装置(タカラ工業製)」を用いて、直腸温、耳管温、および身体7ヶ所(頭部、胸部、背部、上腕、腹部、大腿部、下腿部)の皮膚温を1分間隔で連続記録し、Nadelの式<sup>4)</sup>により、平均皮膚温を算出した。

代謝の変化を測定するため、安静時5分間、運動時8分目、18分目、28分目からそれぞれ2分間、回復期13分目、25分目から5分間の呼気をダグラスバッグを用いて採集し、呼気中のO<sub>2</sub>濃度、CO<sub>2</sub>濃度を、モルガンO<sub>2</sub>分析器、ゴダルトCO<sub>2</sub>分析器によって分析した。

また、前肘静脈から、安静時、運動時10分、20分、30分、回復期15分、30分に採血を行い、自動血球計数器によって赤血球数、白血球数、シアンメトヘモグロビン法によってヘモグロビン濃度、毛細管法によってヘマトクリット、酵素法によって乳酸濃度を測定した。

## 研究結果

心拍数の変化を図1に示した。

運動中心拍数は、36歳の被検者(MWH 36)では、気温22°C、32°Cの場合とも、ほぼ一定値(80~90拍/分)を示したのに対し、63歳、67歳の被検者(MTK 63, MHM 67)では、時間経過に伴って増大がみられ、運動30分目では、気温22°Cで102拍/分、109拍/分、気温32°Cで144

拍/分、150拍/分の水準に達した。気温32°Cにおける回復期30分目の心拍数を、気温22°Cの場合と比較すると、MTK 63では28拍/分、MHM 67では38拍/分高い水準にあった。

血圧の変化を図2に示した。

運動中の血圧変化についてみると、MWH 36では、収縮期血圧が気温22°Cで平均150.4mmHg、気温32°Cで平均146.3mmHgと、ほぼ同水準にあったが、弛緩期血圧は、気温22°Cの74.0mmHgに比較して、気温32°Cでは43.5mmHgと、低い水準にあった。

MTK 63では、収縮期血圧が運動の持続に伴って上昇する様子がみられた。気温32°Cにおける収縮期血圧は平均159.6mmHg、弛緩期血圧は平均71.7mmHgで、両者とも、気温22°Cの場合に比較して、収縮期血圧が5.7mmHg、弛緩期血圧が3.2mmHg高い値であった。

MHM 67では、運動開始後12分までは、気温32°Cの場合に高い値(最高収縮期圧197mmHg)にあったが、15分目以後、気温22°Cの場合とほぼ同様の水準(収縮期血圧、平均176.6mmHg)にあった。

運動後の血圧は、3名の被検者とも、気温22°Cの場合に比較して、気温32°Cの場合に、収縮期、弛緩期血圧とも低い傾向にあった。

直腸温、耳管温、平均皮膚温の変化については図3に示した。

30分間の運動による直腸温の上昇は、MWH 36では気温22°Cで0.2°C、気温32°Cで0.3°Cであるが、MTK 63では、気温22°Cで0.1°C、気温32°Cで0.7°C、MHM 67では、気温22°Cで0.2°C、気温32°Cで0.6°Cと、高齢者では高温環境の運動による直腸温の上昇の割合が大きい。

安静時の耳管温は、環境温度によって影響されやすいが<sup>5)</sup>、30分間の運動に伴う耳管温の上昇

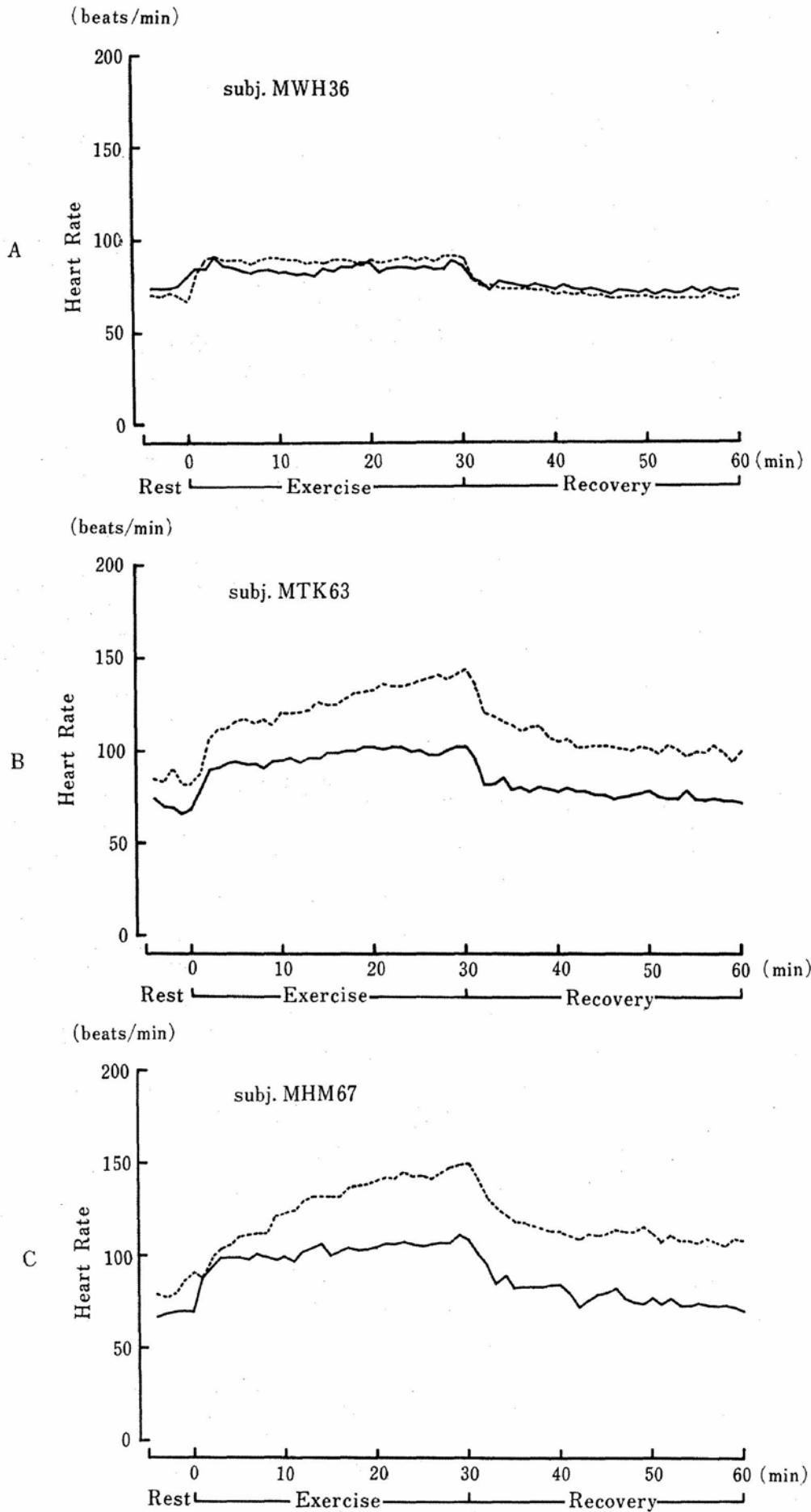


图1 Changes of heart rate in the different room temperature.  
room temperature: --- 32°C (RH46%), — 22°C (RH 40%)

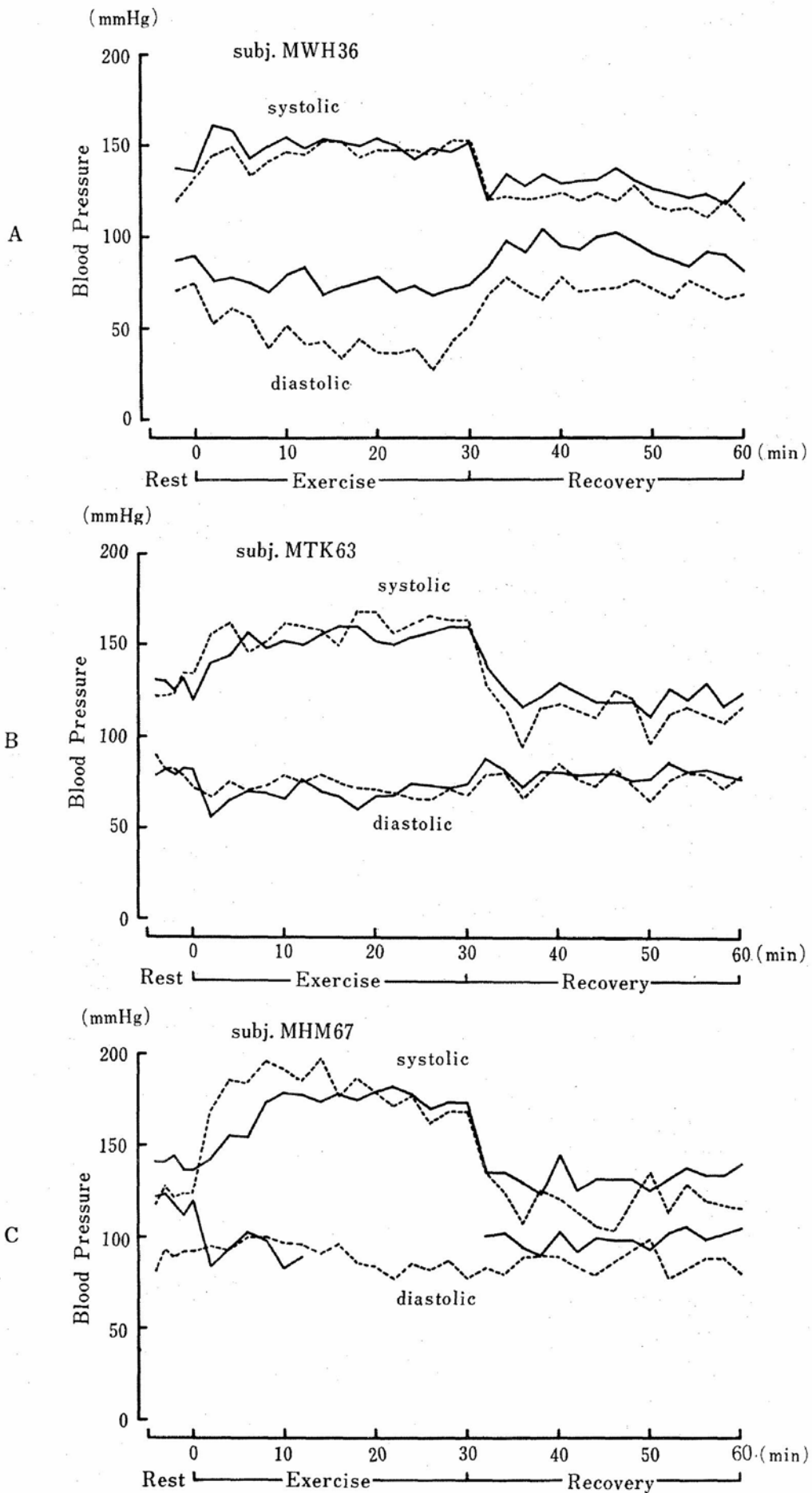


图2 Changes of blood pressure in the different room temperature.  
room temperature: --- 32°C, — 22°C

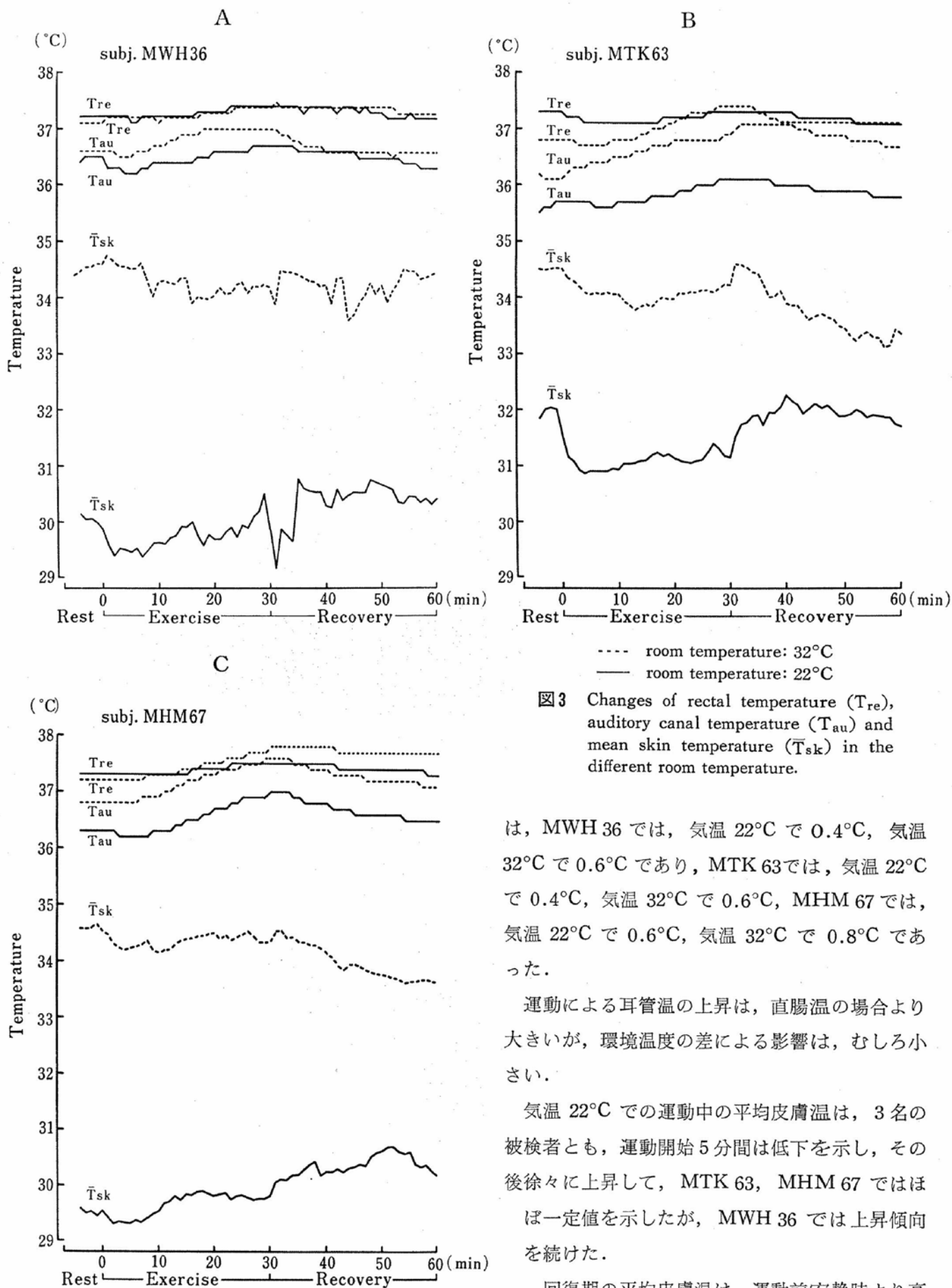


図3 Changes of rectal temperature ( $T_{re}$ ), auditory canal temperature ( $T_{au}$ ) and mean skin temperature ( $\bar{T}_{sk}$ ) in the different room temperature.

は、MWH 36 では、気温 22°C で 0.4°C、気温 32°C で 0.6°C であり、MTK 63 では、気温 22°C で 0.4°C、気温 32°C で 0.6°C、MHM 67 では、気温 22°C で 0.6°C、気温 32°C で 0.8°C であった。

運動による耳管温の上昇は、直腸温の場合より大きいですが、環境温度の差による影響は、むしろ小さい。

気温 22°C での運動中の平均皮膚温は、3名の被検者とも、運動開始5分間は低下を示し、その後徐々に上昇して、MTK 63、MHM 67 ではほぼ一定値を示したが、MWH 36 では上昇傾向を続けた。

回復期の平均皮膚温は、運動前安静時より高

い水準を示した。

気温 32°C の運動では、MWH 36 は、運動開始16分目で最低となり、その後わずかな上昇しか示さなかったが、MTK 63 と MHM 67 では、運動開始10~12分目で最低となり、その後上昇してほぼ一定水準を保つか、または上昇を続けた。

回復期では、MTK 63 と MHM 67 では、時間経過とともに低下を示したが、MWH 36 では、一定範囲内の変動を示した。

換気量と酸素摂取量の変化について図 4 に示した。

気温 32°C での運動30分目の値を、気温 22°C

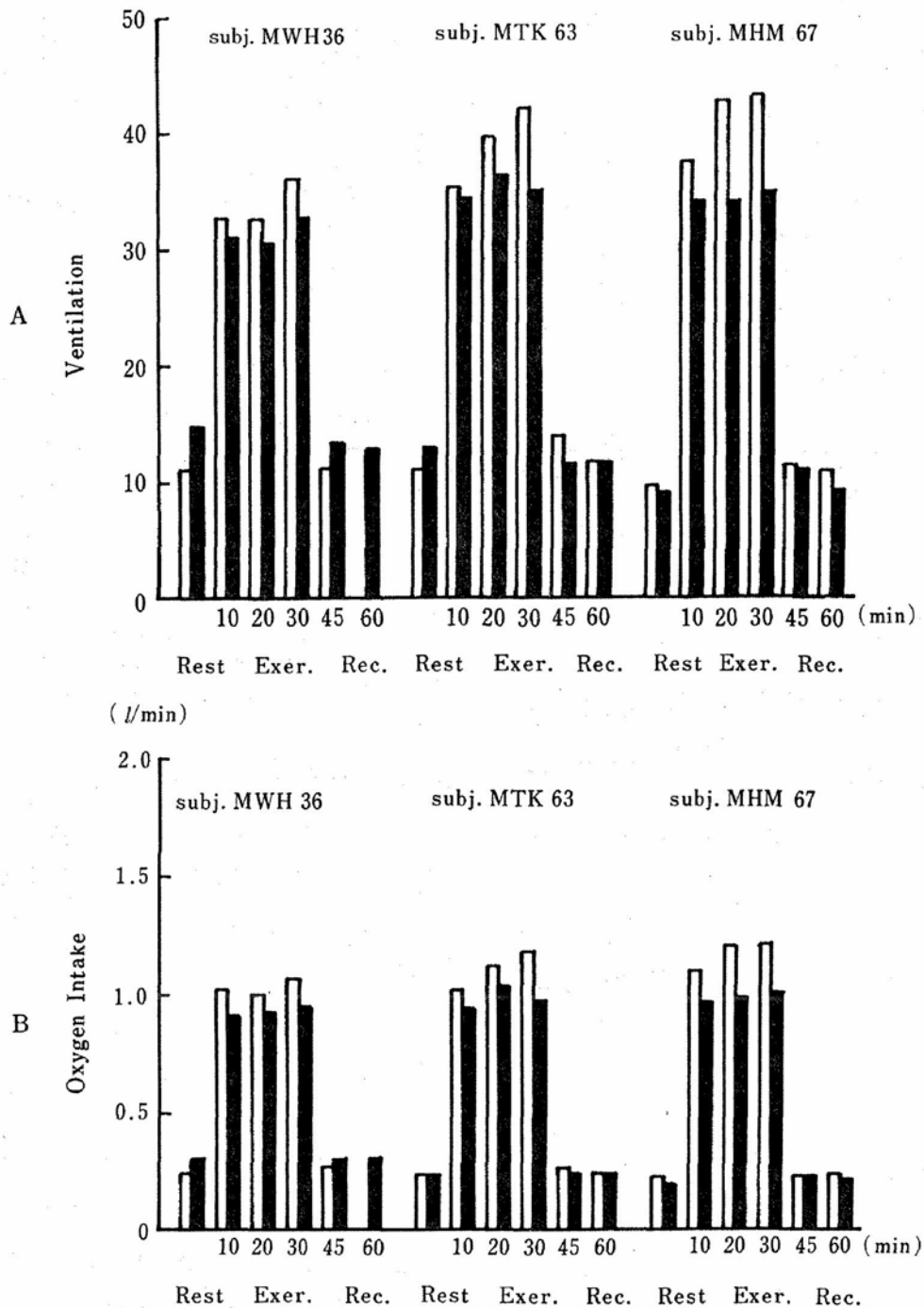


図 4 Changes of ventilation (upper panel) and oxygen intake (lower panel) in the different room temperature.

room temperature: □ 32°C, ■ 22°C

の場合と比較すると、換気量では、MWH 36 が 10.1%大きかったのに対し、MTK 63 では 20.4 %、MHM 67 では23.8%も大きな値を示した。

酸素摂取量においても、MWH 36 が 13.4%大

きかったのに対し、MTK 63 では22.2%、MHM 67では19.4%大きな結果となっている。

血液内容の変化については、表 2 に示した。

ヘマトクリット、乳酸濃度について、気温 32°C

表 2 Changes of blood contents during and after exercise (300kpm/min) in the different room temperature

	Rest	Exercise (min)			Recovery (min)		
		10	20	30	15	30	
<b>Red blood cell × 10<sup>4</sup></b>							
MWH 36	22°C	444	568	460	677	516	453
	32°C	424	402	426	467	413	405
MTK 63	22°C	503	483	519	505	445	454
	32°C	465	—	499	—	493	615
MHM 67	22°C	435	429	446	420	427	414
	32°C	568	502	—	576	574	467
<b>White blood cell</b>							
MWH 36	22°C	5300	6100	6900	5800	6200	6200
	32°C	4800	6500	6400	6300	5100	5000
MTK 63	22°C	6400	7300	7200	7600	6400	6600
	32°C	8600	10200	12600	10200	10000	11300
MHM 67	22°C	4500	5300	4900	5100	4500	4300
	32°C	4300	6100	5500	6900	7200	4900
<b>Hemoglobin (g/dl)</b>							
MWH 36	22°C	13.5	17.1	14.2	19.8	15.2	14.2
	32°C	13.2	13.2	13.5	13.8	13.4	13.6
MTK 63	22°C	14.6	15.0	15.0	15.3	14.7	14.8
	32°C	14.7	—	15.6	—	15.7	16.5
MHM 67	22°C	14.5	15.1	15.9	14.2	14.9	14.1
	32°C	19.2	16.1	—	15.3	15.8	15.3
<b>Hematocrit (%)</b>							
MWH 36	22°C	43.6	42.6	43.8	40.4	41.7	42.2
	32°C	39.8	39.6	40.7	40.8	40.5	39.6
MTK 63	22°C	44.9	46.2	45.7	46.4	44.3	43.8
	32°C	45.6	47.0	49.0	54.2	46.0	45.9
MHM 67	22°C	42.4	43.4	43.1	43.1	43.5	43.2
	32°C	43.4	45.4	44.8	45.1	44.1	44.8
<b>Blood lactate (mmole/l)</b>							
MTK 63	22°C	0.95			0.95		0.95
	32°C	1.00			2.10		1.09
MHM 67	22°C	1.28			1.64		1.21
	32°C	1.17			2.62		1.54



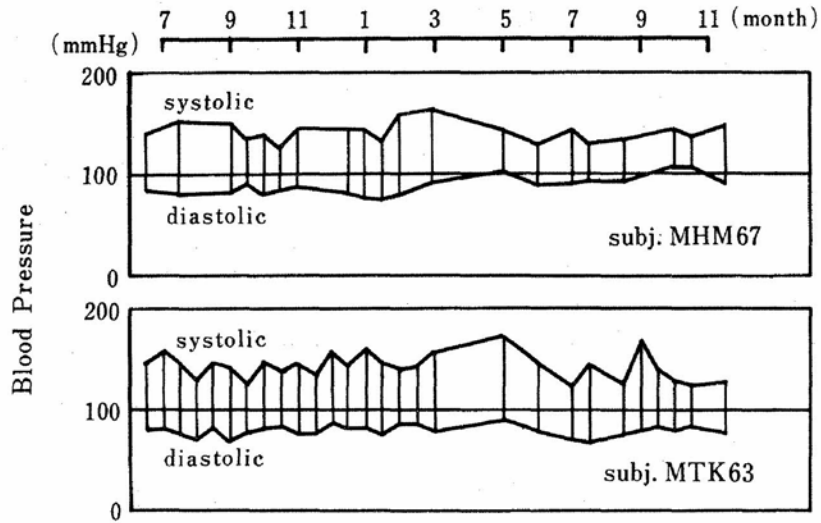


图5 Changes of blood pressure (resting) for 16 months.

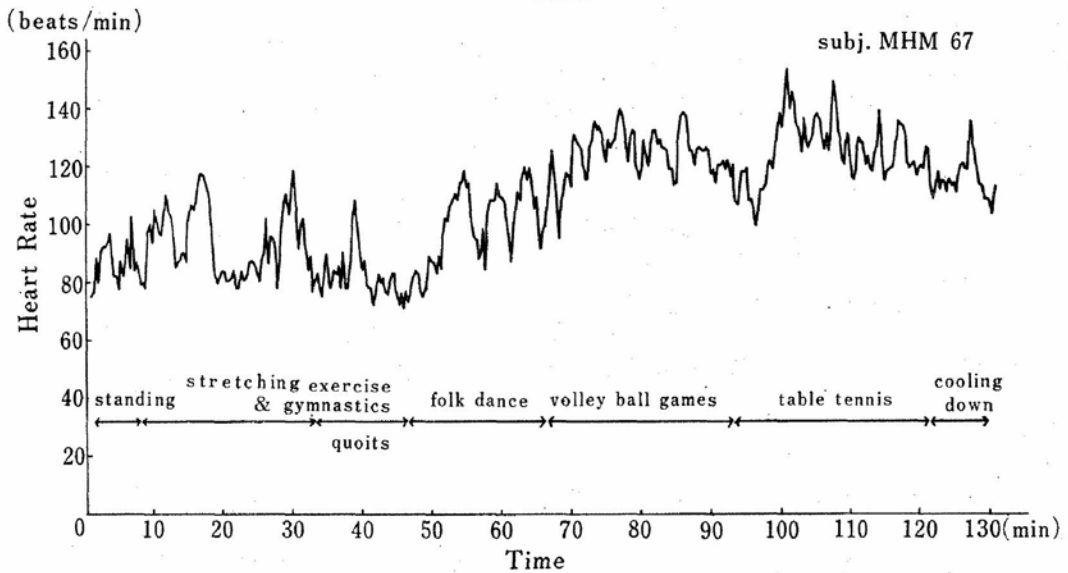
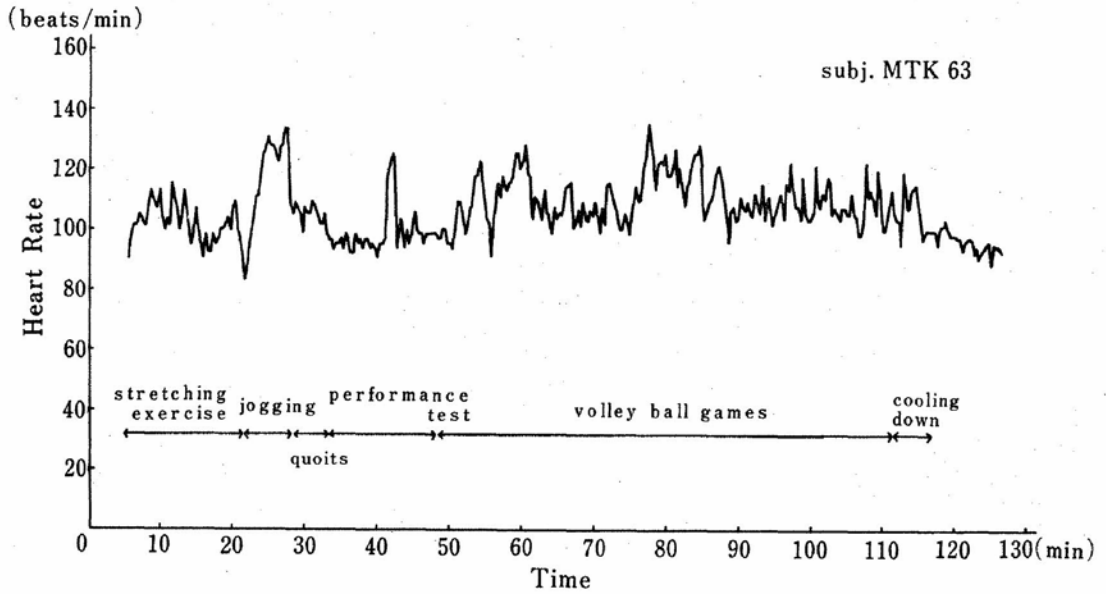


图6 Changes of heart rate during exercise in a exercise class for high aged persons.

の運動における変化が、気温 22°C の場合より大きいことが示されている。

## 考 察

本研究の被検者となった MTK 63, MHM 67 の 2 人は、2 週間に 1 回の頻度で行われている健康指導教室の参加者である。この 2 人の被検者の 1 年半にわたる血圧の変化を (図 5) に示してみた。

血圧の年間変動をみると、収縮期血圧、弛緩期血圧ともに夏期に低く、冬期に高い傾向がみられている。気温が高い環境では、末梢血管の弛緩がおり、皮膚血流量が増大することがこれまでに報告されており<sup>1,5)</sup>、安静時血圧は、比較的低くなることが理解される。運動前の血圧チェックを行うことが健康教室などで一般化される傾向にあるが、夏期においては安静時血圧が低いにもかかわらず、運動に伴う生体への負荷は顕著に大きくなるということを十分考慮すべきであろう。

図 6 は、MTK 63 と MHM 67 の 2 人が健康指導教室に参加して身体運動を行った時の、2 時間の心拍反応を心電図用テレメータ (三栄測器製) を用いて記録したものである。

MTK 63 では、バレーボールゲーム (大きく柔らかいゴム製の特殊ボールを利用) を 1 時間連続して行ったが、その時の心拍数は、100~130 拍/分の水準にあった。

MHM 67 では、バレーボールゲームで心拍数が 110~140 拍/分、卓球が 110~150 拍/分の水準にあった。

これらの運動は、気温 18°C のときに実施したものである。本研究における 30 分間の自転車ペダリング中の心拍数は、気温 22°C で、MTK 63 が 90~100 拍/分、MHM 67 が 100~110 拍/分と、その運動負荷は、健康指導教室における心拍水準より低いものであったが、気温 32°C のペダリングでは、MTK 63 が 145 拍/分、MHM 67 が 150 拍/

分と高い水準に達している。高齢者の最高心拍数の水準は、平均 160~165 拍/分<sup>2)</sup> であるから、MHM 67 では、気温 32°C のペダリングで最高心拍数のおよそ 92% の水準に達している。

今日、運動処方を考えるうえで、いろいろな運動を行った時の運動負荷を、心拍反応からとらえる研究手法が多く行われているが、高齢者を対象とした場合には、本研究結果が示すように、気温による影響が青壮年を対象とした場合より著しいことを十分考慮すべきであろう。

今後、高齢者が運動を行う機会はますます増大すると考えられるが、高温多湿環境での運動では、運動負荷が著しく増大することを留意すべきである。また、体育館には、空調設備が整えられるべきであると考えられる。

## 結 論

高齢者の運動処方や運動指導、スポーツ大会の開催を考える場合、高温多湿環境では、呼吸循環機能や体温調節機構など、生体への負荷が青壮年の場合より著しく大きくなるので、温度条件について十分考慮すべきである。また、高齢者が運動を行うような体育館では、空調設備を整えることが望ましい。

## 文 献

- 1) Buskirk, E.R. Temperature regulation with exercise. *Exercise and Sports Sciences Reviews* Vol. 5 (ed. Hutton, R.S.). *Journal Publishing Affiliates*. 45-88 (1977)
- 2) 小林寛道; 日本人のエアロビック・パワー, 杏林書院, p. 133 (1982)
- 3) Nadel, E.R. and S.M. Horvath. Comparison of tympanic membrane and deep body temperature in man. *Life Sci.* 9 : 869-875 (1970)
- 4) Nadel, E.R., J.W. Mitchell and J.A.J. Stolwijk. Differential thermal sensitivity in the human skin. *Pfluegers Arch.* 340 : 71-76 (1973)
- 5) Rowell, L.B. Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiological Reviews*, 51 (1) : 75-220 (1974)