

運動時の水分摂取および身体冷却が体温調節反応に及ぼす影響

藤島, 和孝
Kyushu University Institute of Health Science

大柿, 哲朗
Kyushu University Institute of Health Science

<https://doi.org/10.15017/643>

出版情報：健康科学. 18, pp.45-50, 1996-03-31. 九州大学健康科学センター
バージョン：
権利関係：

運動時の水分摂取および身体冷却が 体温調節反応に及ぼす影響

藤 島 和 孝 大 柿 哲 朗

Effects of Water Intake and Body Cooling During Moderate Exercise on
Thermoregulatory Responses

Kazutaka FUJISHIMA and Tetsuro OGAKI

Summary

The purpose of this study was to examine the effects of body cooling with water intake during moderate exercise on thermoregulatory responses. Eight healthy male subjects pedalled a cycle ergometer at the work rate of 55% $\dot{V}O_2$ max for 60 minutes, under the temperate condition : ambient temperature, 24°C and room humidity, 50%.

The subjects were cooled by means of cold packs (147cm²) for 5 minutes. During exercise, the cooling was performed every 15 minutes through the following procedures : 1) a 5-minute's cooling of forehead skin after the initial 16 minutes of exercise, 2) a 5-minute's cooling of lumbodorsal skin after 31 minutes of exercise, 3) a 5-minute's cooling both forehead and lumbodorsal skin after 46 minutes of exercise. For the recovery period, another 5-minute cooling was given to both forehead and lumbodorsal skin, starting from 6-minutes after the exercise was over. Each subject was given mineral water of 1.6 ml/kg (about 100 ml) at the start of each body cooling. Rectal temperature, ear canal temperature, skin temperature, heart rate (HR) and sweat rate were measured.

Water intake during exercise suggested the delay of the increase of body and skin temperatures. Body cooling during exercise showed the restraint of the increase of body temperature and heat storage. Body cooling during exercise is effective for the restraint of the increase of HR compared with that during water intake. Total weight loss during exercise was equivalent to 1.13% before exercise. Then, water intake and body cooling had no an effect. No noticeable relationship was observed between water intake, body cooling and sweat rate during exercise.

These results suggested that body cooling affects the thermoregulatory responses compared with water intake during exercise.

Key words : Water intake, Body cooling, Body temperature, Heart rate, Sweat rate.

(Journal of Health Science, Kyushu University, 18 : 45-50, 1996)

緒言

長時間運動時の体温および心拍数の過剰な上昇・増加を抑制する手段として、競技中での水分摂取や身体冷却が活用されている。運動時の水分摂取が人体に及ぼす影響については、体温上昇および心拍数増加の抑制¹³⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁹⁾²¹⁾や作業成績の効果の側面から報告²⁾³⁾⁶⁾¹²⁾²³⁾されている。また運動時の身体冷却に関しては、GisolfiとCopping¹³⁾は、70% $\dot{V}O_2$ max に相当する強度で、2時間のトレッドミル走行時に冷たいタオルで上体を冷却しても、直腸温の上昇を防止できないと報告している。最近、Robinsonら²³⁾は、常温環境下での1時間の運動時に1.5 lの水分摂取の結果、心拍数増加の抑制が認められたが、直腸温の抑制ならびに作業成績の向上は認められなかったと報告している。ところで、運動時の身体冷却と水分摂取を同時に施した場合の生理的影響に関する報告は、ほとんどみられない。

こうした背景から、著者ら¹⁰⁾は、中等度運動負荷時の身体冷却が深部体温や心拍数に及ぼす影響について、その効果をすでに報告した。本研究は、運動時の身体冷却と水分摂取の同時処置が体温調節反応に及ぼす影響を検討するために、身体冷却による先行実験の結果と比較し、水分摂取の効果について検索した。

方法

1. 対象

被験者は、年齢18~21歳の健康な男子大学生8名とした。被験者の身体的特性は、表1に示すとおりである。

Table 1. Physical characteristics of subjects

Age (yrs)	Ht (cm)	Wt (kg)	BSA (m ²)	$\dot{V}O_2$ max (ml/kg/min)	%Fat (%)
19.4 (1.0)	173.1 (6.1)	62.6 (8.1)	1.70 (0.1)	44.2 (4.9)	13.5 (4.4)

Values are means (\pm SD).

2. 運動強度

1) 相対的負荷強度

自転車エルゴメータを用いて、負荷漸増法により最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$ max) を測定した。 $\dot{V}O_2$ と負荷強度との関係から、各被験者の55% $\dot{V}O_2$ max に最も

近い負荷強度を求めて、運動強度とした。なお、運動強度の平均は、 $55.4 \pm 4.2\% \dot{V}O_2$ max であった。

2) 運動時間と環境条件

被験者は、室温 $24 \pm 0.5^\circ\text{C}$ および湿度 $50 \pm 3\%$ に調節された人工気象室内でショートパンツだけを着用し、約40分間の安静後、自転車エルゴメータを用いて、60分間の運動を行なった。なお、実験はすべて7月中旬から下旬に実施した。

3) 身体冷却および水分摂取の方法

運動中の身体冷却は、 5°C に冷却した cold pack (通称:アイスノン、表面積 147cm^2)を用いて、1) 運動開始16分後から同20分までの5分間は前額部、2) 運動開始31分後から同35分までの5分間は腰背部、3) 運動開始46分後から同50分までの5分間は前額部と腰背部を同時に冷却した。さらに、回復期では同じ方法を用いて、運動終了6分後から同10分までの5分間、前額部と腰背部を同時に冷却した。

一方、水分摂取は、上記の運動中(3回)および回復期(1回)の身体冷却時に、各被験者の体重1 kg 当たり1.6ml (1回につき $86 \sim 122\text{ml}$:平均 $100 \pm 12.8\text{ml}$ に相当)の 9°C に冷却したミネラルウォーターを1分間で飲用した。

3. 測定項目

1) 体温反応と体熱量

外耳道温 (Tear) は、外耳孔から約 $2.0 \sim 2.3\text{cm}$ 、直腸温 (Tre) は、肛門から直腸内 12cm の位置でそれぞれ測定した。

皮膚温は、胸・上腕・大腿・下腿の4部位で測定し、平均皮膚温 (\bar{T}_{sk}) は、4点法²²⁾による $\bar{T}_{sk} = 0.3$ (胸部温+上腕部温)+ 0.2 (大腿部温+下腿部温) から算出した。

平均体温 (\bar{T}_b) は、 $\bar{T}_b = 0.8T_{re} + 0.2\bar{T}_{sk}$ ¹⁴⁾から求めた。体熱量 (S) は、 $S = 0.83Wt(\text{kg}) \cdot (0.8\Delta T_{re} + 0.2\Delta \bar{T}_{sk})$ を用いて、単位は W/m^2 に換算した。

体温の測定は、多点式サーミスター (エラブ社製、DU3-S型) を使用し、1分ごとに記録した。

2) 発汗応答

発汗量は、体重減少量から呼吸性の体重減少および不感蒸泄を差引いて算出した。体重減少量は、ビームバランス (新光電子社製、DBS型、精度 $\pm 10\text{g}$) を用いて、運動負荷前後の体重差から求めた。呼吸性の体重減少のうち、呼吸気道からの水分損失量 (me) は、 $me = 0.019\dot{V}O_2(44 - Pa)^0$ の式を用いた [Pa は大気蒸気圧 (mmHg) を示す]。また、呼吸ガス交換による水分損

失量 (mr) は、 $mr = \dot{V}O_2 (R \cdot PCO_2 - PO_2)^{10)}$ を用いて算出した [R は呼吸商, PCO_2 は炭酸ガス密度 1.96g/l (STPD), PO_2 は酸素密度 1.43g/l (STPD) を示す]。皮膚からの不感蒸泄は 35g/h と仮定し⁷⁾, 体表面積 (/m²) 当りに換算した。

3) 心拍応答と呼吸機能

心拍数は、胸部双極誘導によって連続記録した心電図から 1 分ごとに求めた。酸素摂取量および呼吸商は、心肺機能測定装置 (Mijnhardt 社製, OX-4 型) を用いて、1 分ごとに連続して呼気ガスの分析を行なった。

なお、先行研究¹⁰⁾では、ほぼ同一の身体的特徴を示す被験者を対象とし、水分摂取の処置をせず、そのほかの方法は、本実験と同一の手順・手法で実施した。

結果と考察

1. 酸素摂取量

酸素摂取量は、運動開始直後から有意の増加を認め、その後も経時的にわずかな増加を示したが、負荷終了時までほぼ定常状態を呈した。運動終了時値は 1.51 ± 0.20 l/min であった。60 分間の運動中の平均運動強度は、 $55.4 \pm 4.2\% \dot{V}O_2 \text{ max}$ に相当した。

先行実験¹⁰⁾での心拍数および酸素摂取量の変動は、本実験と同様の傾向を示し、運動時および回復期での変動率には、本実験と先行実験との間に顕著な差は認められなかった。

2. 体温および心拍数

運動時ならびに回復期の外耳道温、直腸温、平均皮膚温、平均体温および心拍数の変動は、図 1 および表 2 に示した。

外耳道温は、約 8 分間の潜時を経て、運動開始約 16 分後から有意の上昇を認め、運動終了時値は $36.99 \pm 0.48^\circ\text{C}$ で、負荷前値 $36.51 \pm 0.44^\circ\text{C}$ に比べて 0.48°C 高かった。負荷終了後では、経時的に下降傾向を示したが、負荷終了 7 分後までは負荷前値より有意に高かった。その後も徐々に下降し、負荷終了 17 分以降は、ほぼ負荷前値に回復した。

先行実験¹⁰⁾での外耳道温の変動は、本実験と同様の潜時を経て、運動開始約 11 分後から有意の上昇を示した。負荷終了後では、経時的に下降傾向を示したが、負荷終了 9 分後までは負荷前値より有意に高かった。負荷終了 20 分以降は、ほぼ負荷前値に回復した。なお、運動時および回復期での外耳道温の変動率には、本実験

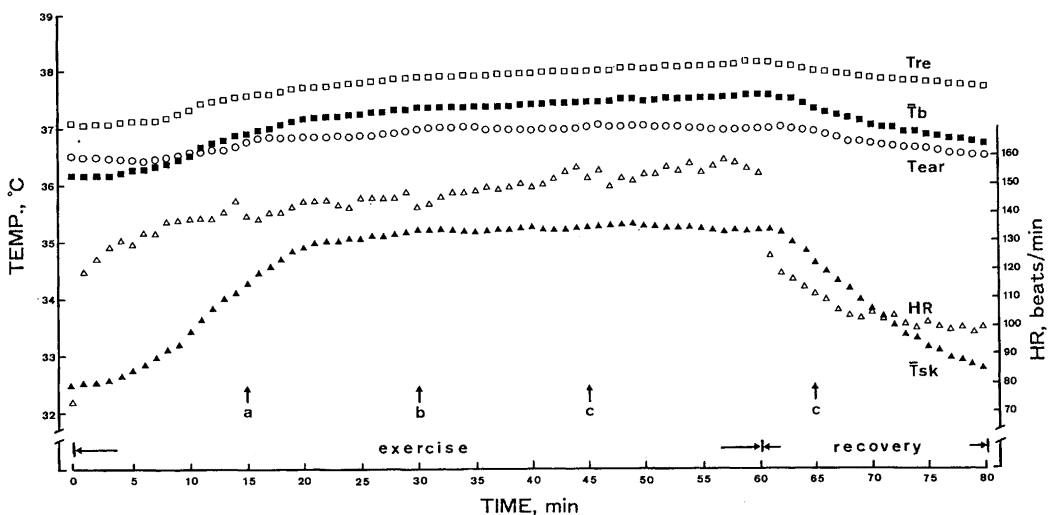


Fig. 1. Changes in body temperatures and heart rate (HR) by body cooling with water intake during and after exercise. a; forehead cooling & water intake, b; lumbodorsal cooling & water intake, c; forehead and lumbodorsal cooling & water intake, Tear; ear canal temp, Tre; rectal temp, \bar{T}_{sk} ; mean skin temp, \bar{T}_b ; mean body temp, HR; heart rate.

と先行実験との間に顕著な差は認められなかった。

直腸温は、約5分間の潜時を経て、運動開始約10分後から有意の上昇を認め、運動終了時値は $38.15 \pm 0.42^\circ\text{C}$ で、負荷前値 $37.09 \pm 0.22^\circ\text{C}$ に比べて 1.06°C 高かった。負荷終了後では、経時的に下降傾向を示したが、負荷終了20分後値 $37.70 \pm 0.46^\circ\text{C}$ は、負荷前値より 0.61°C 有意に高かった。

先行実験¹⁰⁾での直腸温の変動は、本実験と同様の潜時を経て、運動開始約8分後から有意の上昇を示した。負荷終了後では、経時的に下降傾向を示したが、負荷終了20分後までは負荷前値より有意に高かった。なお、運動時および回復期での直腸温の変動率には、本実験と先行実験との間に顕著な差は認められなかった。

Table 2. Changes in body temperatures and heart rate (HR) by body cooling with water intake during exercise

Phase	Period (min)	Tear (°C)	Tre (°C)	Tsk (°C)	Tb (°C)	HR (bpm)	
Rest	0	36.51 (0.44)	37.09 (0.22)	32.48 (0.45)	36.16 (0.17)	74 (9)	
Ex.	(1-5)	36.48 (0.45)	37.09 (0.23)	32.62 (0.43)	36.19 (0.18)	126 (12)	
	(6-10)	36.50 (0.52)	37.22 (0.26)	33.13 (0.50)	36.40 (0.25)	136 (14)	
	(11-15)	36.66 (0.55)	37.52 (0.43)	33.99 (0.53)	36.81 (0.44)	140 (15)	
	(16-20) a	36.84 (0.54)	37.66 (0.44)	34.71 (0.45)	37.08 (0.43)	141 (15)	
	(21-25)	36.87 (0.51)	37.78 (0.43)	35.05 (0.25)	37.23 (0.38)	144 (15)	
	(26-30)	36.93 (0.49)	37.87 (0.44)	35.16 (0.26)	37.33 (0.38)	145 (15)	
	(31-35) b	37.02 (0.46)	37.93 (0.43)	35.21 (0.39)	37.39 (0.43)	147 (16)	
	(36-40)	36.99 (0.44)	37.97 (0.45)	35.24 (0.29)	37.41 (0.40)	149 (14)	
	(41-45)	37.00 (0.44)	38.00 (0.43)	35.25 (0.27)	37.45 (0.37)	153 (17)	
	(46-50) c	37.05 (0.48)	38.05 (0.45)	35.31 (0.30)	37.50 (0.41)	153 (14)	
	(51-55)	37.02 (0.47)	38.08 (0.41)	35.25 (0.28)	37.52 (0.38)	156 (15)	
	(56-60)	36.97 (0.48)	38.13 (0.43)	35.20 (0.35)	37.55 (0.41)	157 (15)	
	Rec.	(1-5)	36.98 (0.47)	38.08 (0.42)	34.97 (0.30)	37.46 (0.38)	117 (14)
		(6-10) c	36.78 (0.48)	37.92 (0.45)	34.15 (0.30)	37.16 (0.41)	105 (12)
(11-15)		36.71 (0.46)	37.82 (0.43)	33.40 (0.50)	36.93 (0.38)	101 (13)	
(16-20)		36.53 (0.49)	37.74 (0.46)	32.90 (0.62)	36.78 (0.44)	99 (11)	

Values are means (\pm SD) for 5 minutes. EX.; exercise phase, Rec.; recovery phase, a; forehead cooling & water intake phase, b; lumbodorsal cooling & water intake phase, c; forehead and lumbodorsal cooling & water intake phase, Tear; ear canal temp, Tre; meatal temp, Tsk; mean skin temp, Tb; mean body temp, HR; heart rate.

これらの結果は、運動時の水分摂取が深部体温の上昇を遅延させることを示唆している。運動時の水分摂取が体温上昇の抑制に効果的であるという報告は多い¹³⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁹⁾²¹⁾。本実験では、その効果を明確にする結果は得られなかった。これは、一般的に推奨されている摂取量⁴⁾¹⁷⁾に比べて本実験での1回の水分摂取量が少なかったことに起因しているのかもしれない。しかし、本実験から得られた運動時の深部体温の上昇率は、先に報告した身体冷却および水分摂取処置をしなかった結果⁹⁾¹¹⁾と比較して低率を示した。これは、水分摂取の効果よりむしろ身体冷却による末梢血管収縮に伴う影響と思われる¹⁵⁾。平均皮膚温は、約5分間の潜時を経て、運動開始約7分後から有意の上昇を認め、運動終了時値は $35.20 \pm 0.35^\circ\text{C}$ で、負荷前値 $32.48 \pm 0.45^\circ\text{C}$ に比べて 2.72°C 高かった。負荷終了後では、経時的に下降傾向を示したが、負荷終了17分後までは負荷前値より有意に高かった。それ以降は、ほぼ負荷前値に回復した。

先行実験¹⁰⁾での平均皮膚温の変動は、本実験と同様の潜時を経て、運動開始約5分後から有意の上昇を示した。負荷終了後では、経時的に下降傾向を示したが、負荷終了19分後までは負荷前値より有意に高かった。なお、運動時および回復期での平均皮膚温の変動率には、本実験と先行実験との間に顕著な差は認められなかった。

これらの結果は、運動時の水分摂取が平均皮膚温の上昇を遅延させ、また負荷終了後でのその回復を早める可能性があることを示唆している。本実験での平均皮膚温の上昇率は、先に報告した身体冷却および水分摂取処置をしなかった結果⁹⁾¹¹⁾と比較して低率を示した。これらの結果も直腸温の場合と同様に、身体冷却による末梢血管収縮に伴う影響と思われる⁵⁾。

平均体温は、約5分間の潜時を経て、運動開始約9分後から有意の上昇を認め、運動終了時値は $37.58 \pm 0.41^\circ\text{C}$ で、負荷前値 $36.16 \pm 0.17^\circ\text{C}$ に比べて 1.42°C 高かった。負荷終了後では、経時的に下降傾向を示したが、負荷終了20分後値 $36.71 \pm 0.45^\circ\text{C}$ は、負荷前値より 0.55°C 有意に高かった。

先行実験¹⁰⁾での平均体温の変動は、本実験と同様の潜時を経て、運動開始約7分後から有意の上昇を示した。負荷終了後では、経時的に下降傾向を示したが、負荷終了20分後までは負荷前値より有意に高かった。なお、運動時および回復期での平均体温の変動率には、本実験と先行実験との間に著名な差は認められなかった。

これらの結果は、運動時の水分摂取が平均体温の上

昇を遅延させることを示唆している。本実験での平均体温の上昇率は、先に報告した身体冷却および水分摂取処置をしなかった結果⁹⁾¹¹⁾に比較して低率を示した。これは、平均体温が直腸温と平均皮膚温を反映していることから、身体冷却による末梢血管収縮に伴う影響と思われる⁹⁾。

心拍数は、運動開始直後から有意の増加を認め、その後も経時的に増加を示した。運動終了時値は 154 ± 14 拍/分、負荷前値 74 ± 8 拍/分に比べて80拍/分ほど高かった。負荷終了直後は、一過性に減少を示し、その後は経時的に減少傾向を示したが、負荷終了20分後値 99 ± 12 拍/分は、負荷前値より26拍/分ほど有意に高かった。この運動時の心拍数の増加率は、先に報告した身体冷却および水分摂取処置をしなかった結果⁹⁾に比較して低率を示した。これは、発汗による皮膚冷却に加えて、身体冷却による末梢血管収縮に伴う皮膚血流量の減少に起因するものと考えられる¹⁵⁾。

3. 発汗応答および体熱量

運動負荷終了時の発汗応答および体熱量は、表3に示した。

60分間の運動による体重減少量(TWL)は、 709.5 ± 165.2 g/h、また体表面積当たり 420.9 ± 107.6 g/m²・hであり、これは負荷前値に比べて1.13%の体重減少に相当

Table 3. Weight loss, sweat rate and heat storage during exercise for 60 minutes

TWL (g/h)	RWL (g/m ² ・h)	IP (g/m ² ・h)	SR (g/m ² ・h)	S (w/m ² ・h)
709.5 (165.2)	420.9 (107.6)	55.5 (6.1)	20.8 (1.5)	344.6 (102.7)
				50.0 (11.0)

Values are means (\pm SD). TWL; total weight loss, RWL; respiratory weight loss, IP; insensible perspiration, SR; sweat rate, S; heat storage.

し、先に報告した結果⁹⁾および丹羽と中山の報告²⁰⁾とほぼ同じ値であった。呼吸性の体重減少量(RWL)および皮膚からの不感蒸泄(IP)は、 55.5 ± 6.1 g/m²・hおよび 20.8 ± 1.5 g/m²・hであった。その結果、発汗量(率)(SR)は、 344.6 ± 102.7 g/m²・hであった。また、体熱量(S)は、 50.0 ± 11.0 g/m²・hであり、負荷終了後では、経時的に下降傾向を示したが、負荷終了20分値は 14.5 ± 9.5 g/m²・hであった。

先行実験¹⁰⁾での発汗量(率)および体熱量の変動は、本実験と同様の傾向を示し、運動時での変動率には、

本実験と先行実験との間に顕著な差は認められなかった。

要 約

本研究は、運動時の身体冷却と水分摂取が体温調節反応に及ぼす影響を検討する目的で、健康な男子大学生8名を対象に、常温常湿環境下で自転車エルゴメータを用いて、 $55.4 \pm 4.2\%$ $\dot{V}O_2$ maxに相当する中等度の運動を60分間負荷した。運動時および回復期に身体冷却と水分摂取を同時処置し、深部体温、皮膚温、心拍数および発汗応答について測定した。その結果を要約すると次のとおりである。

1. 運動時の水分摂取は、身体冷却だけの場合に比較して、深部体温および皮膚温の上昇を約2分間遅延させる効果が示唆された。身体冷却は、体温上昇や体熱量を抑制する傾向が認められた。
2. 身体冷却は、水分摂取より心拍数増加の抑制が大きかった。
3. 体重減少量は、1.13%に相当し、水分摂取および身体冷却による影響は認められなかった。
4. 水分摂取および身体冷却と発汗量との間に顕著な差は認められなかった。

本研究から、水分摂取より身体冷却が運動時の体温調節反応に及ぼす影響が大きいことが示唆された。

文 献

- 1) Burton, A. C. and Bazett, H. C.: A study of the average temperature of the tissues of the exchanges of heat and vasomotor responses in man by means of a bath calorimeter. *Am. J. Appl. Physiol.*, 117: 36-54, 1936.
- 2) Buskirk, E. R., Iampietro, P. F. and David, E. B.: Work performance after dehydration: Effects of physical conditioning and heat acclimatization. *J. Appl. Physiol.*, 12: 189-194, 1958.
- 3) Cade, R., Spooner, G., Schlein, E., Pickering, M. and Dean, R.: Effect of fluid electrolyte and glucose replacement during exercise on performance, body temperature, rate of sweat and compositional change of extracellular fluid. *J. Sports Med.*, 12: 150-156, 1972.
- 4) Costill, D. L. and Saltin, B.: Factor limiting gastric emptying during rest and exercise. *J. Appl. Physiol.*, 37: 679-683, 1974.

- 5) Craig, A. B. Jr. and Dvorak, M. : Thermal regulation during water immersion. *J. Appl. Physiol.*, 21 : 1577-1585, 1966.
- 6) Cranig, F. M. and Cummings, E. G. : Dehydration and muscular work. *J. Appl. Physiol.*, 21 : 670-674, 1966.
- 7) Ekblom, B., Greenfeal, C. J., Greenfeal, J. E. and Hermansen, L. : Temperature regulation during exercise dehydration in man. *Acta Physiol. Scand.*, 79 : 475-483, 1970.
- 8) Fanger, P. O. : Thermal comfort. Danish Technical Press, Copenhagen. 1970.
- 9) 藤島和孝, 太田裕造, 小室史恵 : 運動負荷時の体温調節反応に関する研究. *デサントスポーツ科学*, 1 : 134-141, 1981.
- 10) 藤島和孝, 大柿哲朗, 小室史恵 : 運動時の身体冷却が生理的反応に及ぼす影響. *デサントスポーツ科学*, 7 : 231-239, 1986.
- 11) 藤島和孝, 大柿哲朗, 堀田昇, 金谷庄蔵, 清水富弘, 正野知基 : 水中および陸上環境下での長時間運動時の生理的諸反応に関する比較研究. *文部省科学研究報告書 (一般研究C)*, 5-13, 1995.
- 12) Fordtran, J. S. and Saltin, B. : Gastric emptying and intestinal absorption during prolonged severe exercise. *J. Appl. Physiol.*, 23 : 331-335, 1967.
- 13) Gisolfi, C. V. and Copping, J. R. : Thermal effects of prolonged treadmill exercise in the heat. *Med. Sci. Sports*, 6 : 108-113, 1974.
- 14) Hardy, J. D. and Dubois, E. F. : Basal metabolic, radiation, convection and evaporation at temperatures from 22° to 35°C. *J. Nutr.*, 15 : 477-482, 1938.
- 15) 堀田昇, 青木純一郎, 高岡郁夫, 村岡功 : トレッドミル持久走に及ぼす液体摂取の影響. *東京体育学研究*, 7 : 89-95, 1980.
- 16) Londeree, B. R., Updyke W. F. and Burt, J. J. : Water replacement schedules in heat stress. *Res. Quart.*, 40 : 725-732, 1969.
- 17) McArdle, W. D., Katch, F. I. and Katch, V. L. : *Exercise Physiology* (2nd ed.), 1986. p.453.
- 18) Mitchell, J. W., Nadel, E. R. and Stolwijk, J. A. J. : Respiratory weight losses during exercise. *J. Appl. Physiol.*, 32 : 474-476, 1972.
- 19) Moroff, S. V. and Bass, D. E. : Effects of overhydration on man's physical responses to work in the heat. *J. Appl. Physiol.*, 20 : 267-270, 1965.
- 20) 丹羽健市, 中山昭雄 : 高湿度環境における運動時の体温調節. *体力科学*, 27 : 11-18, 1978.
- 21) Pitts, G., Johnson, R. and Consolazio, F. : Work in the heat as effected by intake of water, salt and glucose. *Am. J. Physiol.*, 142 : 253-259, 1944.
- 22) Ramanathan, N. L. : A new weighting system for mean surface temperature of the human body. *J. Appl. Physiol.*, 19 : 531-533, 1964.
- 23) Robinson, T. A., Hawley, J. A., Palmer, G. S., Wilson, G. R., Gray, D. A., Noakes, T. D. and Dennis, S. C. : Water ingestion does not improve 1-h cycling performance in moderate ambient temperatures. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 71 : 153-160, 1995.