

昭和50年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. IX 酸素摂取水準の維持能力に関する研究

—第2報—

財団法人 日本体育協会

スポーツ科学委員会

昭和50年度日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. IX 酸素摂取水準の維持能力に関する研究

—第2報—

報告者

(財)日本体育協会スポーツ科学研究所

黒田 善雄 雨宮 輝也 塚越 克己
鈴木 洋児 伊藤 静夫 北嶋 久雄

I はじめに

われわれはこれまで日本の一流競技選手の最大酸素摂取量及び最大酸素負債量を測定してきた^{19) 2)}。それによると最大酸素摂取量はすぐれた有酸素的作業能力を必要とするマラソン4.343l/分(78.74ml/kg・min), スキー距離4.91l/分(73.74ml/kg・min), 陸上長距離4.271l/分(73.49ml/kg・min)といった種目が高い値を示していた。一方諸外国のトップアスリートの測定値をみても中距離選手ピーター, スネル5.502l/分(72.3ml/kg・min)¹⁷⁾, マラソンのクレイトン5.09l/分(69.7ml/kg・min)⁶⁾といったように持久性種目の選手が高い値を示していることから, 良い記録を出すためには最大酸素摂取量が大きいことがひとつの条件とされている¹³⁾。しかしながら走運動の酸素需要量はほぼ走速度の3.8乗に比例して増加するとの報告¹⁵⁾にもとづいて, 陸上長距離種目である5,000m走の平均スピードと最大酸素摂取量との関係を見ると, 同一の酸素摂取量を持つ選手間にスピードの差があること, またスピードが同じでも酸素摂取量に差があるという事実にそうぐうする^{18) 7)}。これはおそらく酸素を利用する効率に差があるものと考えられよう。もちろん酸素負債能力といった他の因子も関係していると思われるが, 最大酸素摂取量以下の一定の酸素摂取量を維持する生理的能力に着目し, 有酸素的作業成績と

の関連を分析しようとした。

出来るだけ一定の酸素摂取水準を維持するスポーツ種目を考えると, やはり陸上競技の長距離走であるといえよう。すでに3回にわたり我々は戸外のロードを使用して, 陸上競技, 中, 長距離走の呼吸循環機能の分析をしてきた¹⁾。それによると10km走(287.9m/分)7名の平均% $\dot{V}O_2\max$ は83.7, 20km(271.8m/分)は77.8% $\dot{V}O_2\max$ に相当した。しかしながらD.L Costillは2時間08分33秒の世界最高記録を持つクレイトン選手に世界最高記録の平均スピード328m/分で30分間のトレッドミル走行を課した際の酸素摂取水準は86% $\dot{V}O_2\max$ であったと報告している¹⁶⁾。トレッドミルの30分間走行と実際のレースでは多少条件がことなるので必ずしもこのように高い% $\dot{V}O_2\max$ での走行になると断定できないとしても, 今後のマラソンでは80% $\dot{V}O_2\max$ 前後になると思われる。したがって, このような観点から今回我々は80% $\dot{V}O_2\max$ を一応の目安に設定し大学長距離選手を被検者に維持能力の優劣をきたす生理的な機能についての分析を行った。

II 実験方法

1. 実験の実施期日

実験は1975年7月14日より7月23日にわたり実施された。戸外における東京の日中気温は30°C前後であったが, 実験室内のトレッドミルは温

表1 予備実験における最大酸素摂取量測定結果

Subj.	Age yr	Height cm	Weight kg	$\dot{V}E$ L/min	Max O ₂ uptake L/min	ml/kg. min	Max H, R (beats/min)	Max R, R (cycle/min)
O. F	18	158.2	49.86	148.4	3.735	75.49	202	80.0
T. K	18	158.4	49.26	138.0	3.789	77.07	202	76.5
K. S	19	167.4	52.50	145.4	4.176	79.74	200	74.0
K. T	19	169.1	58.10	159.9	4.101	70.75	198	65.0
H. O	20	175.5	66.70	186.3	4.679	70.28	189	84.0
S. S	21	163.8	53.08	156.6	4.091	77.27	187	67.0
T. S	18	155.8	48.42	107.6	3.343	69.22		
K. K	23	163.2	56.94	132.5	3.923	69.09		
N. M	18	160.4	53.58	132.9	3.654	68.36		
H. S	21	168.1	57.42	150.3	4.113	71.89		
H. K	20	165.5	60.80	114.1	3.911	64.60		

度、湿度調節室に設置されているので温度 20°C 湿度60%に保った。

2. 被検者

被検者は表1に示すごとく東京のいくつかの大学の陸上競技部に所属する長距離選手11名について、トレッドミル速度漸増法で最大酸素摂取量を求め、その中からできるだけ等しい最大酸素摂取量を持つ表2の6名を本実験の被検者とした。被検者の身長、体重などは表2に示すごとくである。

3. 最大酸素摂取量及び最大酸素負債量の測定方法

本実験での最大酸素摂取量の測定方法は傾斜5度(8.7%)のトレッドミル速度漸増法で、スタートより走行3分間は一定スピード以後2分ごとに20m/min づつ走行スピードを増してゆきオールアウトに至らしめる負荷のかけ方である。スタ

表2

Characteristics of subjects

Subj.	Age yr	Height cm	Weight kg	$\dot{V}O_2$ max.		Best record	
				ml/min.	ml/kg.min	O ₂ debt l	5000m min. sec.
O.F	18	158.2	50.3	3748	74.59	5.74	15 30 6
T.F	18	158.4	49.5	3702	74.81	5.33	15 19 0
K.S	19	167.4	53.0	4069	76.83	6.64	14 44 6
K.T	19	169.1	58.1	4101	70.75	7.18	15 20 0
H.O	20	175.5	64.9	4620	71.20	7.89	15 22 0
S.S	21	163.8	54.1	4128	76.31	8.75	15 33 0

ート時のスピードはすべて220m/minである。

最大酸素負債量の測定はすでに報告している方法にもとづいて行った²⁾。すなわちトレッドミルの傾斜を上り勾配5度にし、60~90秒でオールアウトに至るスピードで走行させ、オールアウト後30分間の椅座安静を保たせこの間の酸素摂取量を測定し、身長、体重から体表面積を求め計算値の安静値酸素摂取を算出し最大酸素負債量を求めた。採気はダグラスバック法、呼気ガス分析はシヨランダー微量ガス分析器で分析した。

4. 酸素摂取水準の作成方法

各被検者の最大酸素摂取量測定時の条件を参考にトレッドミルの傾斜を3度に保って、同一個人に3種のスピードを決定し、各10分間一定のスピードで走行させた。すなわち

被検者	220m/min.	230m/min.	240m/min
K. T	220	240	260
O. F	220	240	260
T. F	220	230	240
S. S	220	240	260
K. S	220	240	260

のスピードで走行開始4分30秒から5分30秒と9分から10分までの、各1分間呼気を採気した。図1は各種スピードで走行中の酸素摂取量を求め、先の最大酸素摂取から% $\dot{V}O_2$ maxを算出し個人ごとにプロットした図である。各被検の3点プロットから80% $\dot{V}O_2$ maxに相当するスピードを定め

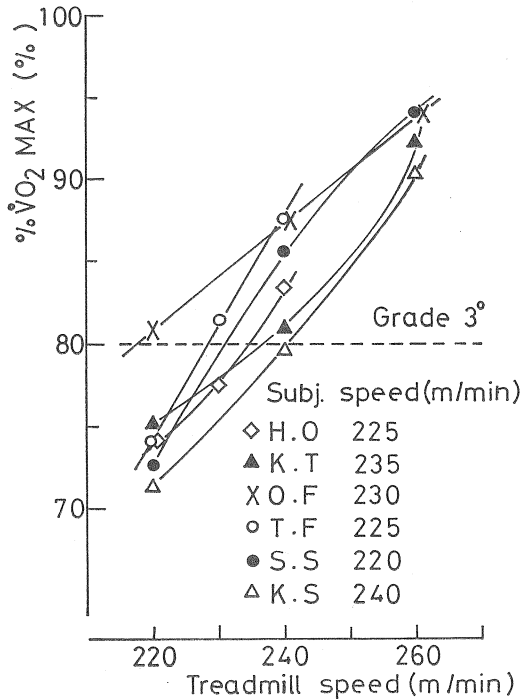


図1 運動強度の設定方法

exhaustion に至るまで走行させた。なお環境条件については最大酸素摂取量測定の際と同様温度 20°C, 湿度 60% の一定に保った。またトレッドミル室が温湿度調節のために外部とは隔離されているので、心理的負担を出来るだけ与えないようにトレッドミルの前面にテレビを備えつけて気分の転換をはかるようにした。

5. 測定項目とその方法

イ. 心拍数, 呼吸数 胸部双極誘導法により心電図を誘導しトレッドミル走行中連続記録することにより運動中の心拍数を求めた。呼吸数は採気用マスク内にサーミスターを装着し、温度変化による呼吸曲線を走行中連続記録することにより 12秒間の R-R 間隔を数え 1 分間に換算し求めた。

ロ. 換気量, 酸素摂取量 トレッドミル走行中の呼吸を走行開始より 5 分ごとに 1 分間グラスバックに採気し、乾式ガスメーターを通して換気量を測定し一部をショランダー微量ガス分析器にて分析し酸素摂取量を求めた。

ハ. 血中乳酸量 安静時ならびに exhaustion

後 8 分, 30 分に被検者の前腕肘静脈より約 5 ml 採血を行ない、ベーリンガー・マンハイム社製 LDH 酵素法で乳酸を測定した。

ニ. 血圧 安静時, exhaustion 直後及び 30 分後の 3 回 Riva-Rocci の Manchette 加圧法で上腕部で最大血圧と最小血圧を測定した。

ホ. 体重 走行前と走行後に体重計 (秤量 100kg, 最小目盛 20g) で体重を計測した。

ヘ. 5000m 走タイムライアル 400m トラックを使用して 5,000m 走のタイムトライアルを実施した。実施時間は日中の暑い時間帯をさげ午前 10 時頃と午後 5 時以降である。

ト. 体脂肪量 水中秤量法によって水中体重を記録し残気量を窒素稀釈法によって測定し、身体比重から体脂肪量を算出、体重から脂肪量を差引いて除脂肪体重を求めた¹⁶⁾。

III 実験結果

1. 持久走時間

表 3 に exhaustion に至った持久走時間及び exhaustion time の 2/3, 1/3 時間の走行を課した際の時間を示した。最も長く走行した被検者は S.S で 65 分 44 秒, 次いで H.O の 55 分 06 秒であり, 最も短いのは T.F で 27 分 08 秒である。

2. 酸素摂取量, 酸素摂取水準 (%VO₂max)

exhaustion に至った際の酸素摂取量の変動については図 2 に示すごとくである。出来るだけ同じような最大酸素摂取量を持つ被検者を 2 名ずつ並べてプロットした。したがって 3 つのグループに分けられているが, 比較した 2 名の酸素摂取量は同じような値を示している。すなわち運動開始

表 3 持久走時間

Subj.	Exhaustion running min. sec. %VO ₂ max	2/3 running of exhaustion min. sec. %VO ₂ max	1/3 running of exhaustion min. sec. %VO ₂ max
H.O	55 06 76.8%	36 00 76.9%	18 00 78.4%
K.T	35 22 81.3	24 00 81.1	12 00 83.9
O.F	46 22 78.8	30 00 76.6	15 00 78.8
T.F	27 08 79.8	20 00 81.4	10 00 79.1
S.S	65 44 76.4	44 00 76.2	22 00 75.2
K.S	30 58 80.8	20 00 83.9	10 00 85.0
Mean	78.98	79.35	80.07
S.D	1.86	2.93	3.37

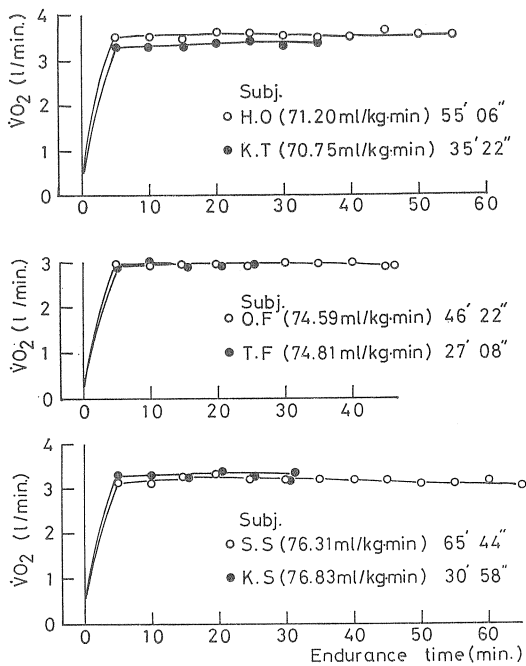


図2 運動中の酸素摂取量

から5分目までは立上りの急激な増加を示し以後定常状態を保っている。そこで5分以降の平均酸素摂取量を求めてみるとH.Oは3.547l/min, K.Tは3.333l/min, O.Fは2.954l/min, T.Fは2.953l/min S.Sは3.155l/min, K.Sは3.286l/minである。

図3は先きの酸素摂取量の図から $\% \dot{V}O_{2max}$ を求めグラフにしたものである。本実験における酸素摂取水準($\% \dot{V}O_{2max}$)は80 $\% \dot{V}O_{2max}$ を目標に各被検者ごとに走行スピードを決めて実施した。当初の目標に合致するような値に近いのはT.Fの平均 $79.8 \pm 1.35\% \dot{V}O_{2max}$ である。その他の被検者についてはH.O $76.8 \pm 1.18\% \dot{V}O_{2max}$ K.T $81.3 \pm 1.30\% \dot{V}O_{2max}$, O.F $78.8 \pm 0.96\% \dot{V}O_{2max}$, S.S $76.4 \pm 1.20\% \dot{V}O_{2max}$, K.S $80.8 \pm 1.72\% \dot{V}O_{2max}$ である。

3. exhaustion後の酸素負債量、及び

exhaustionの1/3, 1/3時間走後の酸素負債量

表4に最大酸素負債量とexhaustion後の酸素負債量とexhaustionに至った2/3時間, 1/3時間走行後の負債量を示し, O_2debt_{max} に対する $\%$ を算出した。最も高い最大酸素負債量を示したのは

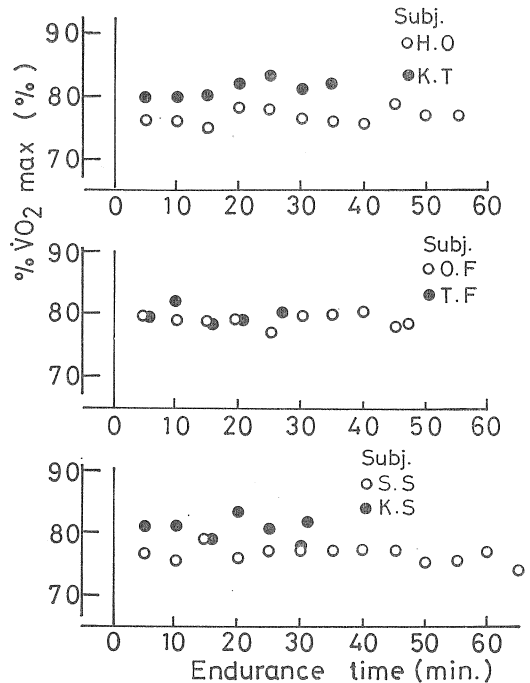


図3 運動中の $\% \dot{V}O_{2max}$

S.Sの8,752lであり、最小はT.Fの5,331lであった。exhaustionに至った際の走行時間と負債量の関係を見ると, $\% O_2debt_{max}$ の高いのはT.Fの71.5%で27分08秒の走行で最も短かった。 $\% O_2debt_{max}$ の一番低いのはK.Sで49.3%, 30分58秒の走行で6名中2番目に短い走行である。最大値に対し走行時間の最も長いS.S(65分44秒)は5.134lで58.7%であった。exhaustion timeの $2/3, 1/3$ 時間走行後の負債量についてはO.F, K.Sを除くと $2/3$ 時間走, $1/3$ 時間走と走行後における負債量は小さくなる傾向がみられる。

表4 走行後の酸素負債量

Subj.	Max O_2 debt (l)	Exhaustion running		2/3 running of exhaustion		1/3 running of exhaustion	
		O_2 debt	$\% O_2$ debt	O_2 debt (l)	$\% O_2$ debt (%)	O_2 debt (l)	$\% O_2$ debt (%)
H.O	7.893	4.711	59.7	3.395	43.0	3.280	41.0
K.T	7.175	4.839	67.4	3.958	55.2	4.471	62.3
O.F	5.737	3.153	55.0	3.189	55.6	3.307	57.6
T.F	5.331	3.813	71.5	3.333	62.5	2.445	45.9
S.S	8.752	5.134	58.7	4.735	54.1	4.827	55.2
K.S	6.639	3.275	49.3	3.602	54.3	3.317	50.0

表5 走行後の血中乳酸量

Subj.	Blood lactate (unit. mg/dl)							
	rest	Exhaustion running		2/3running of recov. exhaustion 30'		1/3running of recov. exhaustion 30'		
H. O	10.4	34.6	11.8	29.0	16.0	31.2	13.2	
K. T	13.2	53.5	26.2	41.6	16.3	37.0	11.3	
O. F	15.4	22.6	14.0	28.2	12.9	28.2	11.2	
T. F	10.3	30.1	12.3	28.5	15.4	28.5	10.6	
S. S	13.6	23.6	13.4	22.2	13.0	33.1	18.4	
K. S	13.4	71.5	10.8	49.3	20.0	52.0	15.6	

4. 運動後の血中乳酸量

一定の酸素摂取水準で走行後8分及び30分後の血中乳酸量は表5に示すごとくである。最も高いのはK.Sの71.5mg/dlで安静値の5.3倍に相当した。しかしながら走行後30分たつとどの被検者とも安静値にもどっている。exhaustion timeの2/3、1/3時間走行後の値はexhaustion 走行後の値より小さい値を示すものが多く安静値の約2~3倍程度の上昇であった。

5. 血圧の変動

安静値、走行直後及び30分後の最大血圧、最小血圧は表6に示した。

exhaustion 直後の最大、最小血圧とも安静値よりも上昇しているが、走行後30分たつと安静値のレベルにもどっている。最大血圧が最も高くなった被検者はK.Sで152 mmHgであった。exhaustion の2/3、1/3時間走直後の最大血圧はexhaustion 直後の値よりも多少高い傾向にある。

表7 5,000m走記録と総脂肪量

Subj.	Record	Best record	Increase	Weight	Total fat	Total fat	L. B. M
	min, sec	min, sec	sec				
H. O	16.10	15.22.0	48.0	63.86	12.03	7.68	56.18
K. T	17.02	15.20.0	102.0	57.84	13.58	7.86	49.99
O. F	15.53	15.30.6	22.4	48.95	8.52	4.17	44.78
T. F	15.56	15.19.0	37.0				
S. S	16.13	15.33.0	48.0	52.25	9.93	5.19	47.06
K. S	15.53	14.44.6	53.4				

*L. B. M ; Lean body mass

表6 血圧の変動

単位: mmHg

Subj.	exhaustion			exhaustion 2/3走行			exhaustion 1/3走		
	安静	走行直後	30分後	安静	走行直後	30分後	安静	走行直後	30分後
H. O	108	130	110	108	132	106	110	142	108
K. T	—	124	108	114	148	110	112	148	122
O. F	98	132	108	100	134	106	98	138	104
T. F	110	140	108	102	178	103	98	164	98
S. S	112	120	94	100	152	96	104	152	108
K. S	110	152	112	112	168	110	116	172	118

6. 5,000m 走記録, 体脂肪量

5,000 m 走の記録及び体脂肪量については表7に示したごとくである。

5,000 m 走についてはいずれも自己最高記録より劣り、被検者 K. T が102秒の遅れで最も悪かった。最もよい記録を出したのは O. F, K. S の15分53秒である。

表8 体重の減少量

Subj.	VO ₂ max (%)	減少量	
		(g)	(g/min)
H. O	76.8	1640	29.8
K. T	81.3	750	22.2
O. F	78.8	1060	22.9
T. F	79.8	780	28.8
S. S	76.4	1860	28.3
K. S	80.8	780	25.2

1. exhaustion 走行

表9 走行中の各種生理的变化結果

Subj.	$\dot{V}O_2$ max L/min	$\dot{V}O_2$ L/min	$\dot{V}O_2$ max %	$\dot{V}E$ L/min	H. R Beat/min	R. R cycle/ min	O_2 removal ml/L	R Q	O_2 Pulse/ ml	Tidal volume L/time
H. O	4.620	3.547 (54)	76.8 (1.18)	120.3 (5.15)	178.1 (5.57)	75.3 (6.00)	27.5 (0.92)	0.94 (0.01)	19.99 (0.62)	1.764 (85)
K. T	4.101	3.333 (54)	81.3 (1.30)	112.5 (7.46)	187.7 (6.54)	—	29.7 (1.73)	0.95 (0.02)	17.90 (0.54)	—
O. F	3.748	2.954 (35)	78.8 (0.96)	99.1 (3.42)	182.3 (3.54)	73.2 (5.31)	29.9 (1.11)	0.92 (0.04)	16.21 (0.47)	1.379 (81)
T. F	3.702	2.953 (51)	79.8 (1.35)	93.2 (2.76)	187.4 (2.66)	53.4 (5.68)	31.7 (0.72)	0.91 (0.01)	15.78 (0.37)	1.828 (93)
S. S	4.128	3.155 (49)	76.4 (1.20)	108.9 (4.99)	166.3 (2.88)	59.4 (3.86)	29.1 (1.34)	0.93 (0.02)	19.06 (0.58)	1.860 (125)
K. S	4.069	3.286 (70)	80.8 (1.72)	116.7 (4.61)	177.5 (3.03)	68.4 (5.14)	28.2 (1.07)	0.95 (0.01)	18.56 (0.64)	1.689

2. exhaustion の $\frac{2}{3}$ 時間走

Subj.	$\dot{V}O_2$ max L/min	$\dot{V}O_2$ L/min	$\dot{V}O_2$ max %	$\dot{V}E$ L/min	H. R Beat/min	R. R cycle/ min	O_2 removal ml/L	R Q	O_2 Pulse/ ml	Tidal volume L/time
H. O	4.620	3.621 (16)	78.4 (0.36)	124.9 (2.24)	162.1 (4.06)	68.4 (3.14)	29.4 (0.51)	0.95 (0.01)	22.43 (0.77)	1.887 (64)
K. T	4.101	3.442 (27)	83.9 (0.65)	109.0 (4.56)	177.5 (3.84)	53.9 (7.41)	31.6 (1.15)	0.94 (0.02)	19.47 (0.39)	2.024 (224)
O. F	3.748	2.954 (61)	78.8 (1.63)	96.0 (2.42)	178.3 (1.71)	66.3 (3.74)	30.8 (0.34)	0.92 0	16.57 (0.17)	1.472 (60)
T. F	3.702	2.927 (16)	79.1 (0.45)	89.8 (0.42)	178.2 (2.11)	49.7 (0.37)	32.6 (0.14)	0.91 0	16.43 (0.25)	1.795 (8)
S. S	4.128	3.104 (93)	75.2 (2.26)	102.6 (4.72)	164.0 (4.14)	56.8 (5.23)	30.3 (1.41)	0.94 (0.03)	18.94 (0.93)	1.835 (219)
K. S	4.069	3.459 (43)	85.0 (1.05)	115.9 (2.90)	175.7 (2.13)	57.9 (4.03)	29.8 (0.39)	0.98 (0.03)	19.57 (0.41)	2.039 (215)

3. exhaustion の $\frac{1}{3}$ 時間走

Subj.	$\dot{V}O_2$ max L/min	$\dot{V}O_2$ L/min	$\dot{V}O_2$ max %	$\dot{V}E$ L/min	H. R Beat/min	R. R cycle/ min	O_2 removal ml/L	R Q	O_2 Pulse/ ml	Tidal volume L/time
H. O	4.620	3.551 (43)	76.9 (0.94)	122.7 (1.51)	166.5 (3.07)	67.0 (4.56)	28.9 (0.26)	0.96 (0.01)	21.40 (0.59)	1.795 (101)
K. T	4.101	3.324 (71)	81.1 (1.75)	108.6 (3.29)	178.3 (4.23)	60.4 (1.33)	30.6 (0.51)	0.95 (0.02)	18.70 (0.54)	1.824 (82)
O. F	3.748	2.871 (49)	76.6 (1.32)	97.0 (2.51)	170.4 (1.88)	71.9 (6.73)	29.6 (0.98)	0.92 (0.01)	16.87 (0.41)	1.353 (91)
T. F	3.702	3.012 (44)	81.4 (1.20)	93.8 (0.58)	173.7 (2.11)	47.9 (0.96)	32.1 (0.55)	0.92 (0.01)	17.38 (0.28)	1.955 (12)
S. S	4.128	3.144 (67)	76.7 (1.62)	103.4 (2.93)	159.8 (3.10)	58.4 (3.19)	30.4 (0.98)	0.94 (0.02)	19.73 (0.54)	1.762 (96)
K. S	4.069	3.414 (36)	83.9 (0.87)	116.7 (3.43)	175.9 (3.53)	62.8 (4.13)	29.3 (0.88)	0.99 (0.03)	19.50 (0.58)	1.874 (105)

() 内は±1 標準偏差

体脂肪量の測定を実施したのは4名である。体脂肪量がもっとも多かったのは被検者 K. T で13.58%に相当、次いでH. Oの12.03%であった。最も少ないのはO. Fで8.25%、除脂肪体重は44.78 kgと4名中一番軽い体重であった。

7. 体重の変化

exhaustion後の体重について走行前と比較したのが表8である。絶対値で最も減少したのは65分44秒走行したS. Sで1.86kgである。しかし単位時間当りの減少量が最も大であったのは次に長く走行したH. Oの29.8g/minである。

表9はexhaustion及びexhaustionに至った走行時間の $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{3}$ 時間走行における酸素摂取量, 換気量, 心拍数, 呼吸数, 酸素摂取率, 呼吸商, 酸素脈, 一回換気量について個人ごとに平均値を求めて表にしたものである。

IV 考 察

有酸素的作業成績と最大酸素摂取量との間には高い相関関係があることはこれまで多くの研究者によって報告されてきたことである⁷⁾¹⁷⁾。今回も6名の被検者につき, 5,000m走タイムと最大酸素摂取量との間には図4にみられるように $r =$

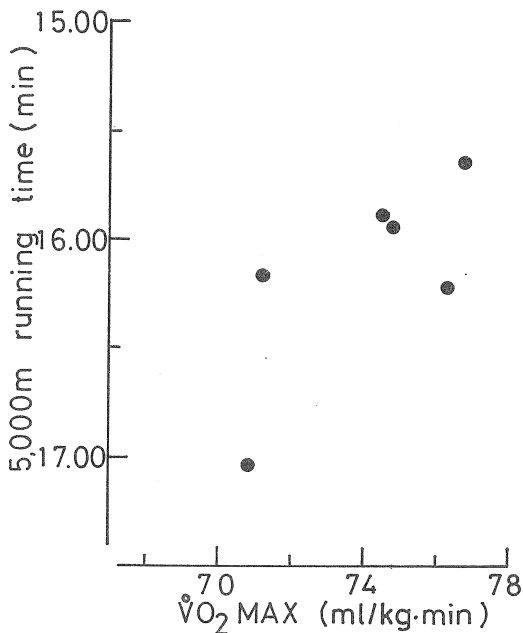


図4 5,000m走タイムと $\dot{V}O_2 \text{ max}$ の関係

0.735と5%水準で有意な相関関係がみられている。しかしながら同一最大酸素摂取量をもつ被検者間においてPerformanceに差が生ずることは, これまでにも認められたことであった。この原因として疾走効率の差, 酸素負債量の大小, 疾走時の酸素摂取水準の差などの要因が考えられよう。我々は第1報に続き, 酸素摂取水準の維持能力に着目し一定水準の維持に破綻を生じる生理的メカニズムについて分析しようとした³⁾。1975年の長距離走行中の実態調査報告から今回の実験条件として酸素摂取水準は80% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ を目安に設定したわけである。また最大酸素摂取量についても出来るだけ等しい被検者を選ぶように努めた。その結果被検者 H. O 71.20ml/kg·min, K. T 70.75ml/kg·min, O. F 74.59ml/kg·min, T. F 74.81ml/kg·min, S. S 76.31ml/kg·min, K. S 76.83ml/minと $\dot{V}O_2 \text{ max}$ のほぼひとしい2名づつ3グループ計6名を被検者として選択した。6はすべて70ml/kg·min以上で特にS. S, K. Sのように76ml/kg·min台は, 日本のトップアスリートの中でもすぐれた値である。

1. 最大酸素摂取量が同じ被検者のことなる酸素摂取水準の作業維持について

最大酸素摂取量が等しい被検者 H. O 71.20ml/kg·minとK. T 70.75ml/kg·minの両者の維持能力を比較したのが図5である。図6は被検者, S. S 76.31ml/kgとK. T 76.83ml/kgについて比較したものである。

被検者H. Oは76.8% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ で55分06秒走行しexhaustionに達したのに対しK. Tは81.3% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ で35分22秒であった。一方S. Sは76.4% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ で65分44秒走行したのに対しK. Sは80.8% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ で35分22秒走行しexhaustionになった。図5, 6において高い% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ にあった者が早くall-outになった結果を示しているが, H. OとK. Tの水準の差4.5%, またS. SとK. Sの水準の差4.4%が持久走時間19分44秒, 36分46秒の差に結びつくにはあまりにも持久走時間に差がありすぎる。もちろん一般的には最大酸素摂取量が同じで酸素摂取水準が低ければ持久走時間は長くなると考えられよう。そこで% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ は多少ことなった結果が得られたが, 図5で酸素摂取量

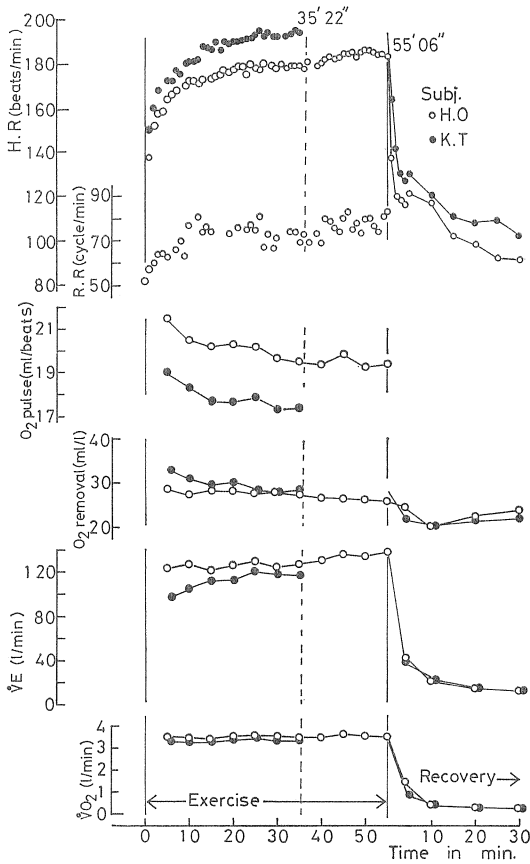


図5 最大酸素摂取量が同じ被検者のことなる酸素摂取水準の維持能力比較

以外の各種生理的データを見てみると、K.Tの心拍数の高いレベル、また酸素脈の走行開始から低くそのまま低下しているのが目につくといえよう。被検者K.Tの心拍数は運動開始からH.Oに比べ高く5分以降はほぼ一定の値を保っており平均心拍数は 187.7 ± 6.54 拍/分であった。これに対しH.Oは 178.1 ± 5.57 拍/分で平均10拍高い水準であり、一方図6のS.Sの 166.3 ± 2.88 拍/分、K.Sの 177.5 ± 3.03 拍/分はK.Sが10拍高い値を示している。酸素脈については特にH.OとK.Tは運動開始5分後の値21.5ml, 19.0mlからその差が縮まることなく両者が平行的に減少傾向を示している。またS.S, K.SについてもH.OとK.Tのような大きな差となって現われていないが、維持能力の短い、K.Sが低い値を示している。最大酸素摂取量出現時の酸素脈はH.O 23.8ml, K.T

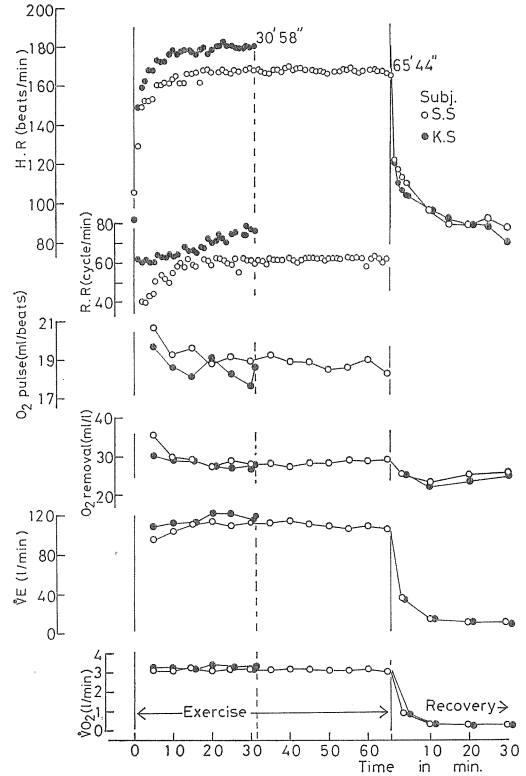


図6 最大酸素摂取量と同じ被検者のことなる酸素摂取水準の維持能力比較

20.7ml, S.Sは22.1ml, K.S 20.4mlと両者とも持久走時間の長い被検者が高い酸素脈を持つ傾向がみられた。心拍出量の測定を実施していないので断定的なことは述べられないとしても、酸素脈と一回拍出量は大体比例¹⁰⁾していると考えれば一定の酸素摂取水準を維持するにあたり、心臓に与える負担が軽く、余裕をもたせることが持久走時間を延長させる原因にも結びつくと考えられよう¹¹⁾¹²⁾。

被検者H.OとK.Tについては両者の呼吸数の変動を測定することができなかったが、S.SとK.Sについては図6にみられるように、K.Sは運動開始から増加しsteadyな状態を得ることなく、exhaustionにいたったのに対しS.Sは運動開始の急激な増加以降はほぼ60回/分の値を保っていた。K.Sの呼吸数の増加は換気量を一定に保つために呼吸数増加によって補っている傾向がみられ、それが早くexhaustionになった一因にも関係があるだろう。また両者の運動後の血中乳酸

量をみると2つのグループとも走行時間が長い方が低い血中乳酸量を示した。しかしながら走行後の両者の負荷量を比較してみると、H.OとK.Tでは走行時間の短いK.Tが4.839lでH.Oの4.711lよりは高い値であるが、S.S5.134lに対しK.Sは3.275lで走行時間の短い方が低い負荷量を示した。

2. 最大酸素摂取量が同じ被検者の同一酸素摂取水準の維持能力について

最大酸素摂取量が等しくしかも同一の酸素摂取水準の走行で維持能力に優劣を見る両者の比較をしたのが図7である。すでに結果の表2で示したごとく被検者O.F, T.Fともに体重, 身長ともにほぼ等しく, 最大酸素摂取量は3.748l/分(74.59ml/kg・min), 3.702l/分(74.81ml/kg・min)と同じような値を示した両者が同一の% $\dot{V}O_2$ maxすなわち被検者O.Fは78.8% $\dot{V}O_2$ maxで46分22秒でexhaustionに達したのに対しT.Fは79.8% $\dot{V}O_2$ maxで27分08秒でexhaustionに達したのである。図7によれば両者の酸素摂取量は同じレベルで定常状態を示し

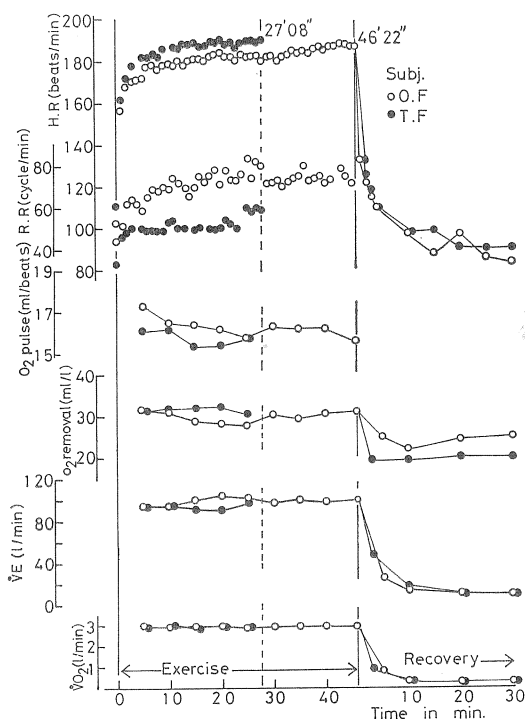


図7 最大酸素摂取量が同一被検者の同一酸素摂取水準の維持能力比較

ており, 換気量は多少T.Fが低いように見えるがほぼ同じであるのに対し, O_2 Removalは逆にO.Fがわずか高い水準を示している。心拍数は最大酸素摂取量が同じで異なる% $\dot{V}O_2$ maxで走行した例と同様に早くexhaustionになったT.Fが高いレベルにあり, 運動開始の立上りの急激な増加を除いた平均心拍数はO.F 182.3 \pm 3.54拍/分, T.F 187.4 \pm 2.66拍/分で5拍程度の差が見られ, 酸素摂取量が同じであることから酸素脈はO.Fが高い傾向がみられている。しかしながら両者の最大酸素摂取量出現時の酸素脈を比較してみると, O.F 18.7ml, T.F 18.8mlとまったく同一の値を示している。最大値が同一であるにもかかわらず最大下のある一定水準すなわち80% $\dot{V}O_2$ maxでの酸素脈がことなった。第1次研究報告によると同一の% $\dot{V}O_2$ maxで走行した際, 換気量に差を見, O_2 Removalが高い傾向にあって, 呼吸効率のよいことが, 持久走時間の延長に結びつくことが指適された。しかしながら, 今回の実験においては特に呼吸の効率といった点からは明らかな差を見ることが出来ない。したがってさらに呼吸効率については例数を増やして分析を重ねていかなければならない。

走行後の酸素負荷量について両者の比較してみるとO.Fの3.153lに対し, T.Fは3.813lで最大酸素負荷量に対しそれぞれ55.0%, 71.5%でT.Fの負荷量の割合が高い傾向にあった。

exhaustionに至った時間の $2/3$ 及び $1/3$ 時間走行を同一の% $\dot{V}O_2$ maxで走行させ, 走行中の% $\dot{V}O_2$ maxと運動後の負荷量を比較してみたが, 多少走行時間が短縮されるにしたがい% $\dot{V}O_2$ maxが高くなる傾向にあったが有意差は認められない。負荷量についても同様の傾向にある。

図8に% $\dot{V}O_2$ maxの異なるグループと% $\dot{V}O_2$ maxが等しいグループの走行の時間経過に伴うR.Qの変動を示した。Prolongedな運動では脂質がエネルギー源として利用されるといわれている。非鍛練者より鍛練者の方が, 走行中のR.Qが低く脂質の利用が高まることもこれまでの報告にみられている^{5) 4) 14)}。またこの図からもわかるように持久走時間の長いH.O, S.SのR.Qの変動は走行時間の延長に従いR.Qが低下し脂質利用の

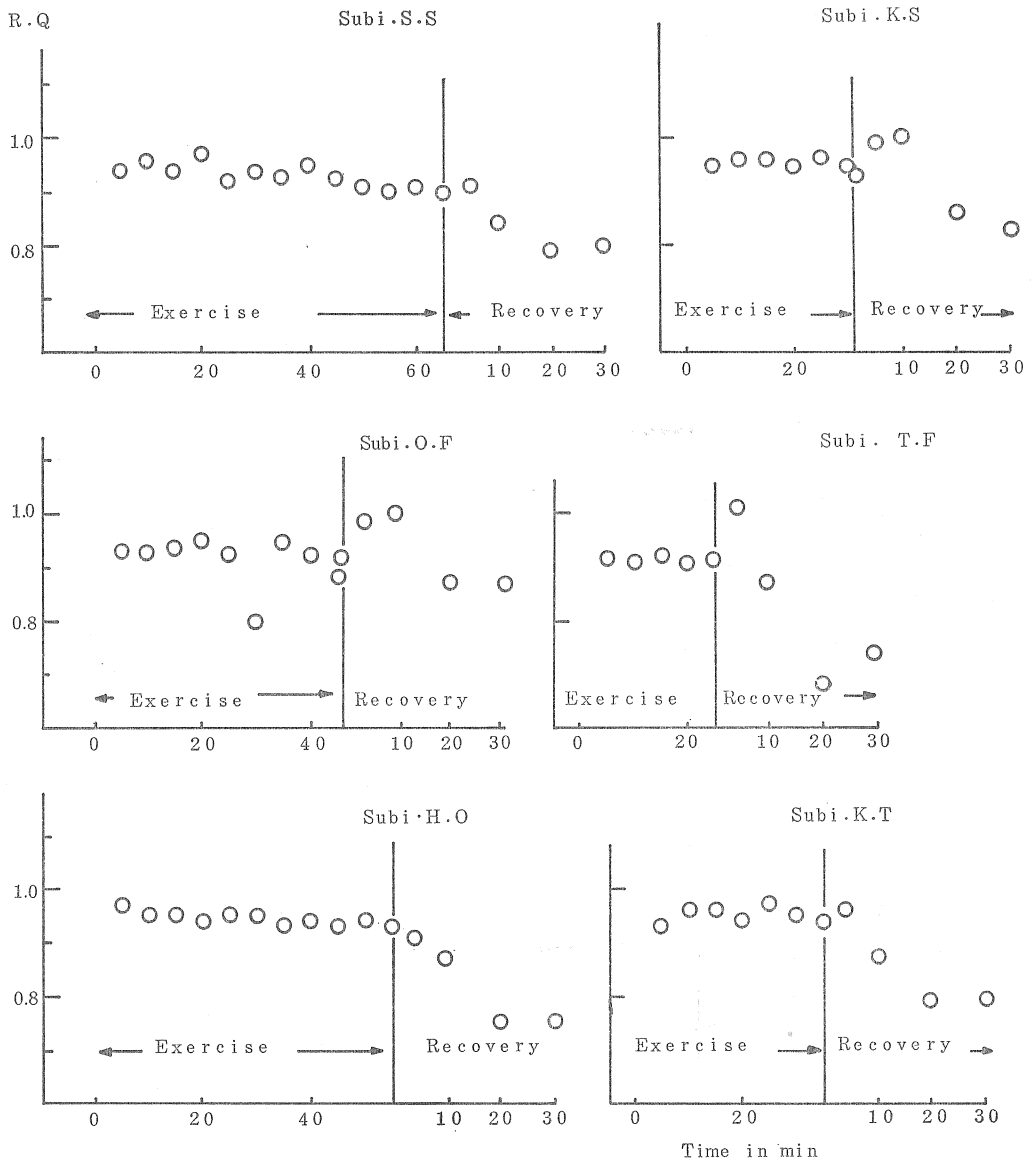


図8 走行中および走行後30分のR. Q.の変化

高まってくることが推察される。同一 $\% \dot{V}O_2 \max$ $\dot{V}O_2 \max$ の走行であったO.FとT.Fについての変動でははっきりしたR.Q.の差を見分けることはできないが、O.Fは運動開始時0.93で運動終了時0.92に対してT.Fは運動開始時0.92で運動終了時は0.91で両者とも0.01の減少にすぎなかった。

V 要 約

1. 大学陸上競技部長距離選手6名の被検者を対象にトレッドミルを使用し傾斜を3度の一定に保って $80\% \dot{V}O_2 \max$ の運動を目ざしてexhaustionまで走行させた。
2. 最大下の一定の $\% \dot{V}O_2 \max$ 走の持久走時間

を計測するとともに、走行中の心拍数、呼吸数、換気量、酸素摂取量と走行後30分間の酸素負債量、運動直後、30分後の血圧及び血中乳酸量を測定した。

3. 最大酸素摂取量が同じ被検者(71.20 ml/kg・minと70.75 ml/kg・min)が76.8% $\dot{V}O_2\max$ と81.3% $\dot{V}O_2\max$ 水準での持久走時間を比較すると前者は55分06秒、後者は35分22秒でexhaustionに達し、% $\dot{V}O_2\max$ の高い被検者の方が短い持久走時間であった。走行中の心拍数は% $\dot{V}O_2\max$ が高い被検者が187拍/分で5拍程高い水準にあり、酸素脈が低く運動後血中乳酸量の高値なる傾向にあった。

4. 最大酸素摂取量が同じ被検者(3.748 l/minと3.702 l/min, 74.81 ml/kg・min)がほぼ同一の% $\dot{V}O_2\max$ (78.8と79.8%)の水準で46分22秒、27分08秒で走行した。両者の走行中の酸素摂取量、換気量はほとんど同じ値を示したが、心拍数の水準が高く、酸素脈の低い傾向にある被検者が早くall-outになった。

参 考 文 献

1. 黒田善雄その他：陸上競技中、長距離走の呼吸循環機能に関する研究—第3報—日本体育協会スポーツ科学研究報告、昭和49年度
2. 黒田善雄その他：日本人一流競技選手の最大酸素摂取量並びに最大酸素負債量—第2報—日本体育協会スポーツ科学研究報告 昭和48年度
3. 黒田善雄その他：酸素摂取水準の維力能力に関する研究(第1報)日本体育協会スポーツ科学研究報告 昭和46年度
4. 石河利寛：持久性運動に関する研究—第1報—日本体育協会スポーツ科学研究報告 昭和48年度
5. Costill, D. L. : Metabolic responses during

- distance running, J. Appl. Physiol. 28(3) 251~255 1970
6. Costill, D. L, G. Branm, D. Eddy and K Sparks : Determinants of marathon running success. Int Zangew Physiol. 29, 249~254, 1971
7. 三浦望慶, 松井秀治, 星川保, 宮下充正, 小林寛道, 袖山紘; 走運動における身体資源(physical resources)と運動成果(physical performance)の関係について, 体育の科学 21 (2), 114~119, 1971
8. 松井秀治: 体育の実践と体育の科学, 体育の科学 24~28, 21 (1) 1971
9. 黒田善雄その他: 日本人一流競技選手の最大酸素摂取量—第1報—日本体育協会スポーツ科学研究報告, 1968
10. 猪飼道夫, 江橋慎四郎, 飯塚鉄雄, 高石昌弘, 体育科学事典, 143 第1法規KK 1970
11. Astrand, P, O and K. Rodahl : Textbook of work Physiology. Mcgraw-Hill Book Company, New York. 373~430, 1970.
12. 山地啓司: 3年間の全身持久性トレーニングが陸上中、長距離選手の呼吸、循環機能に及ぼす影響, 体育学研究 181~189 21 (4) 1976
13. Saltin, B and Åstr and, P. O : Maximal Oxygen uptake in Athletes. J. Appl. Physiol. 353~358 23 (3) 1967
14. Hermansen, L., E. Hultman and B. Saltin : Muscle glycogen during prolonged severe exercise. Acta physiol. scand. 71, 129~139, 1967
15. Sargent, R. M : The relation between Oxygen requirement and speed in running. Proc. Roy, Soc. 10~22 1926
16. 猪飼道夫, 藤平田英彦: 身体組成の研究(II) 体育の科学 17, 745~750, 1967
17. Carter, J. E. L et al : Structural and functional assesments on a champion runner, Peter Snell. Research Quarterly 38 (3) 355~365, 1967

