

最大酸素摂取量の季節変動について

Seasonal Variation of Maximum Oxygen Uptake

島岡 清^{*1} 宮村実晴^{*1} 松井秀治^{*1}

Kiyoshi SHIMAOKA^{*1}, Miharu MIYAMURA^{*1}, and Hideji MATSUI^{*1}

The seasonal variation of the maximum oxygen uptake was measured on 13 healthy male subjects during July 1976 to July 1977. Maximum oxygen uptake was determined on the maximal treadmill exercise, once in ambient and once in constant temperature (18°C) on every month.

Maximum oxygen uptake was higher during winter to spring and lower during summer to fall in both temperautre conditions.

Performance of the maximal treadmill exercise was higher during winter to spring and lower during summer to fall in both conditions. Maximum heart rate was higher in summer and lower in winter in ambient condition but was not different in constant condition. From these results it would appear that maximum oxygen uptake and performance of the maximal treadmill exercise might be affected by chronic adaptation to the season but maximum heart rate might be affected by room temperature.

日本人の基礎代謝が、冬高く、夏低くなるような季節変動を示すことは、多くの研究者によって報告されている。^{4,7,8,12,13)}

さらに睡眠中の代謝⁹⁾や、安静時の代謝⁴⁾についても、やはり基礎代謝と同様の季節変動が認められることが報告されている。

このような季節変動が、運動中の代謝に関してみられるかどうかは、興味深いことであるが、増田⁵⁾は、R.M.R.3以下の軽い運動の場合には、酸素需要量が、夏に低く、冬に高くなり、R.M.R.4以上の強度になると、このような変動は、みられなくなると報告している。また、長沢⁶⁾らは、R.M.R.10程度の運動では、酸素摂取量に季節変動はみられず、最大酸素摂取量についても、季節変動はみられなかったが、5分間走テストのPerformanceには、冬に高く、夏に低い傾向のみられたことを報告している。

しかしながら、運動中の酸素摂取量、特に、有酸素的作業能力の指標とされている、最大酸素摂取量に関して、季節変動が存在するかどうかについては、他に研究例がほとんどないこともあって、一定の結論は得られていない。そこで、本実験で

は、成人男子13名を被検者として、約1年間にわたり、毎月2回ずつ、1回は外気温下で、他の1回は定環境下(18°C)で、最大酸素摂取量を測定することにより、季節変動がみられるかどうかを明らかにしようとした。

方 法

1. 被 検 者

被検者は、18才から36才までの、健康な成人男子13名であり、実験開始時の、年令、体重、身長は、表1に示した。被検者の内6名は、大学生で

Table 1. Physical Data of Subjects

Subject	Age	Weight	Height
Y.H.	18	48.0	163.0
Y.Y.	19	54.0	172.0
K.M.	19	52.0	165.0
Y.I.	18	52.0	168.8
S.T.	18	60.5	166.0
T.B.	19	60.0	165.5
K.K.	27	69.0	175.5
K.S.	29	56.5	163.5
H.S.	32	70.0	167.0
N.F.	32	70.5	168.5
I.O.	33	57.5	167.0
M.M.	33	54.5	165.0
S.M.	36	56.0	172.0

*1 名古屋大学総合保健体育科学センター

*1 Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

あり、残りの7名は、大学の教職員である。いずれの被検者も、実験期間中は、特別なスポーツ活動や、身体トレーニングは行なわなかった。

2. 実験時期及び場所

実験は、1976年7月より、1977年7月までの13ヶ月間、毎月2回ずつ、名古屋大学総合保健体育科学センター内の実験室及び、人工気候室で行なった。測定時の室温の影響についても考察を加えるために、各月の中旬に、第1回目の測定を、外気温のもとで行ない、その1週間後に、第2回目の測定を、定環境（温度18°C、相対湿度60%）のもとで行なった。

3. 最大酸素摂取量の測定

外気温下及び定環境下の、いずれの場合にも、被検者は、その環境下で30分間安静にし、その後、傾斜5度のトレッドミル上にて、毎分100mの速度で、3分間のウォーミング・アップを行ない、3分間の休息の後、毎分120mないしは140mの速度から、毎分10mずつの速度漸増法にて、約5分から9分でExhaustionに至るような走運動を行なった。

運動中は、心拍数を連続記録し、呼気ガスは、ダグラス・バッグ法にて、1分ごとに採取した。呼気ガスの換気量は、品川製作所製湿式ガスマーターで測定し、呼気ガスの分析は、ショランダー微量ガス分析器を用いて行なった。

結果

実験期間中の名古屋市の月別平均気温を図1に示した。最高は8月の28°C、最低は1月の4°Cで、約24°Cの温度差であった。

外気温下での実験は、実験室の窓をあらかじめ開放しておいた後に行なったが、その時の室温は、最高が32.2°C、最低が8.6°Cで、温度差は23.6°Cであり、相対湿度は40%から92%の範囲内にあった。

外気温下及び、定環境下における各月ごとの、各被検者の、最大酸素摂取量、体重当り最大酸素摂取量、最高心拍数、Exhaustion timeを、表2及

び表3に示した。

最大酸素摂取量について、各被検者個人の年間平均値に対する各月ごとの変動率をそれぞれ算出し、その平均値をプロットしたものが図2である。外気温下では、8-10月に低く、11-1月に高く、4-5月に再び高くなり、6-7月に低くなっている。その変動の幅は約9%であった。定環境下

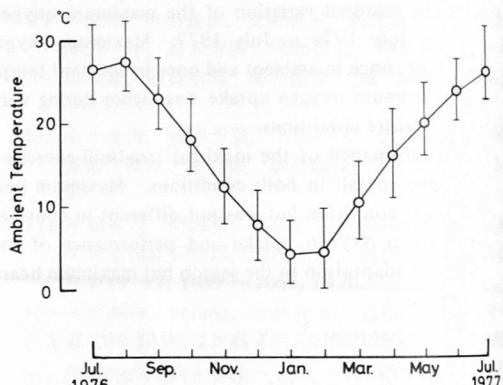


Figure 1. Monthly changes of mean ambient temperature in the Nagoya City during July 1976 to July 1977.

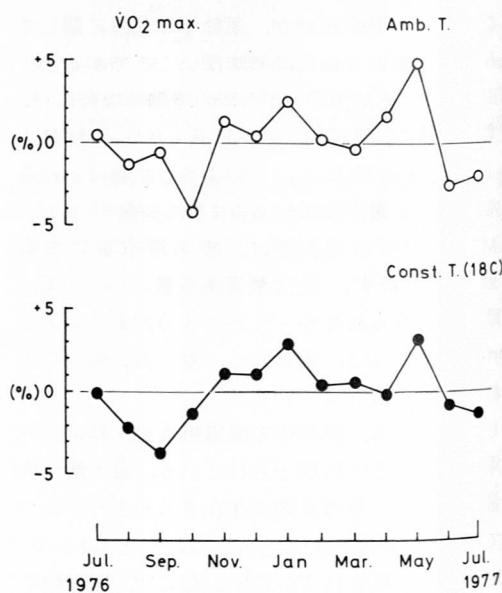


Figure 2. Mean monthly changes in the percentage change of maximum oxygen uptake from the annual mean of each subject.

Table 2. Individual Values of Maximum Oxygen Uptake ($\dot{V}O_2$ max : ℓ/min), Maximum Oxygen Uptake Per kilogram of Body Weight ($\dot{V}O_2$ max/wt : $m\ell/kg \cdot min$), Maximum Heart Rate (H. R. max : beats/min) and Exhaustion time as Determined at Ambient Temperature.

Subj.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Average \pm SD	
Y. H.	$\dot{V}O_2$ max	2.64	2.45	2.41	2.36	2.68	2.65	2.72	2.74	2.63	2.60	2.78	2.39	2.39	2.59 \pm 0.14
	$\dot{V}O_2$ max/wt	55.1	52.2	50.1	49.1	55.2	52.9	53.9	53.2	51.6	50.5	53.9	48.3	48.3	52.0 \pm 2.5
	H. R. max	193	201	197	198	199	198	198	199	199	196	201	201	198	198 \pm 3
	Exhaustion time	6'20"	6'34"	6'40"	7'06"	7'23"	6'55"	6'50"	8'05"	7'16"	6'37"	6'07"	5'50"	5'50"	6'40" \pm 44"
Y. Y.	$\dot{V}O_2$ max	3.19	3.10	3.07	3.02	3.12	3.07	3.19	3.05	3.04	3.25	3.21	2.92	3.17	3.10 \pm 0.09
	$\dot{V}O_2$ max/wt	59.0	57.9	56.8	57.0	56.8	56.9	59.0	55.9	56.8	60.7	59.4	54.1	58.6	57.5 \pm 1.7
	H. R. max	193	199	198	197	197	194	198	193	198	198	199	200	198	197 \pm 2
	Exhaustion time	7'14"	7'03"	7'10"	7'02"	8'00"	8'08"	7'36"	8'30"	7'03"	7'45"	7'27"	7'00"	7'07"	7'31" \pm 32"
K. M.	$\dot{V}O_2$ max	3.12	3.01	3.11	2.99	3.08	2.85	3.06	2.82	2.95	2.93	3.29	2.98	2.98	3.02 \pm 0.12
	$\dot{V}O_2$ max/wt	60.0	58.4	59.2	55.8	55.1	53.3	57.7	54.2	55.2	55.4	59.8	54.1	53.7	56.5 \pm 2.3
	H. R. max	196	194	199	196	198	192	194	193	194	193	196	191	189	195 \pm 2
	Exhaustion time	7'00"	7'00"	7'00"	7'00"	6'30"	6'36"	7'00"	7'00"	7'23"	7'00"	7'00"	6'32"	6'20"	6'52" \pm 17"
Y. I.	$\dot{V}O_2$ max	2.67	2.60	2.44	2.47	2.62	2.78	2.70	2.77	2.84	2.82	3.08	2.65	2.60	2.70 \pm 0.16
	$\dot{V}O_2$ max/wt	51.4	48.5	46.5	46.5	49.1	50.5	49.0	50.9	50.3	49.9	54.5	47.3	47.8	49.5 \pm 2.2
	H. R. max	191	187	191	193	191	191	187	186	191	191	193	192	190	190 \pm 2
	Exhaustion time	6'07"	5'58"	5'38"	5'23"	6'29"	6'07"	6'04"	7'02"	6'30"	6'32"	7'00"	6'31"	6'00"	6'15" \pm 28"
S. T.	$\dot{V}O_2$ max	2.96	2.78	2.72	2.79	2.98	3.07	2.99	2.93	2.60	3.02	3.14	2.73	2.72	2.89 \pm 0.16
	$\dot{V}O_2$ max/wt	48.9	46.0	45.4	45.7	48.0	50.3	48.6	48.9	43.0	49.9	51.8	46.3	46.5	47.7 \pm 2.4
	H. R. max	197	195	197	199	197	196	191	190	196	191	194	196	196	195 \pm 3
	Exhaustion time	6'09"	6'02"	6'00"	6'33"	7'00"	6'56"	7'00"	7'00"	7'00"	6'31"	7'00"	6'30"	7'00"	6'40" \pm 23"
T. B.	$\dot{V}O_2$ max	3.39	3.14	3.34	3.23	3.43	3.16	3.46	3.30	3.59	3.35	3.56	3.31	3.22	3.36 \pm 0.14
	$\dot{V}O_2$ max/wt	55.2	51.6	53.9	51.2	54.5	50.5	54.6	52.8	56.1	51.9	54.8	50.6	49.0	53.1 \pm 1.9
	H. R. max	200	193	200	204	205	196	192	194	198	196	194	199	192	198 \pm 4
	Exhaustion time	5'30"	5'00"	5'00"	5'00"	5'00"	5'13"	4'58"	5'00"	5'00"	5'00"	5'00"	5'00"	5'00"	5'03" \pm 9"
K. K.	$\dot{V}O_2$ max	3.84	4.14	4.10	3.98	4.17	4.18	4.00	4.17	3.88	4.13	4.09	4.08	3.87	4.06 \pm 0.11
	$\dot{V}O_2$ max/wt	55.7	60.0	59.4	57.7	59.5	59.3	57.6	58.8	55.1	57.8	56.7	56.7	54.8	57.9 \pm 1.5
	H. R. max	185	186	185	185	182	181	183	182	188	186	182	185	179	184 \pm 2
	Exhaustion time	8'00"	7'00"	7'00"	7'00"	6'59"	7'24"	7'20"	7'14"	7'00"	7'00"	6'19"	7'00"	6'00"	7'06" \pm 22"
K. S.	$\dot{V}O_2$ max	3.37	3.43	3.58	3.22	3.30	3.22	3.34	3.22	3.39	3.31	3.32	3.27	3.26	3.33 \pm 0.10
	$\dot{V}O_2$ max/wt	59.7	60.2	61.1	55.5	56.9	55.5	58.1	56.4	59.5	58.1	58.2	56.7	56.2	58.0 \pm 1.8
	H. R. max	193	189	188	186	189	182	181	188	190	187	192	185	187	188 \pm 3
	Exhaustion time	7'00"	7'15"	7'15"	7'00"	7'00"	7'02"	7'00"	7'00"	7'00"	7'00"	7'00"	7'00"	6'17"	6'59" \pm 13"
H. S.	$\dot{V}O_2$ max	3.37	3.32	3.34	3.37	3.37	3.39	3.48	3.39	3.22	3.38	3.33	3.20	3.36	3.35 \pm 0.07
	$\dot{V}O_2$ max/wt	48.1	46.7	46.7	46.9	46.3	46.8	47.9	46.4	44.7	46.6	45.4	44.3	46.6	46.4 \pm 1.1
	H. R. max	198	198	198	199	194	199	196	196	200	191	191	191	193	196 \pm 3
	Exhaustion time	5'00"	5'00"	5'30"	4'59"	5'00"	5'00"	5'00"	5'00"	5'40"	5'00"	4'34"	5'00"	4'42"	5'00" \pm 16"
N. F.	$\dot{V}O_2$ max	3.04	2.85	3.27	2.91	3.08	3.01	3.22	2.96	3.02	3.21	3.33	3.11	3.16	3.08 \pm 0.14
	$\dot{V}O_2$ max/wt	43.1	40.7	46.7	41.5	44.3	44.0	45.4	41.9	44.4	46.9	48.0	45.7	46.5	44.4 \pm 2.2
	H. R. max	183	189	188	187	184	182	188	186	185	188	191	188	189	187 \pm 3
	Exhaustion time	5'00"	6'00"	5'00"	6'00"	6'00"	6'00"	6'00"	6'00"	6'10"	6'00"	6'00"	6'07"	6'00"	5'52" \pm 22"
I. O.	$\dot{V}O_2$ max	3.09	3.12	3.13	2.95	3.10	3.17	3.07	3.18	3.19	3.02	3.11	3.98	3.04	3.09 \pm 0.07
	$\dot{V}O_2$ max/wt	53.8	53.3	53.1	50.0	53.0	53.3	51.3	53.0	53.2	51.2	52.2	49.2	51.0	52.2 \pm 1.4
	H. R. max	181	179	177	175	176	176	177	175	177	178	179	176	183	177 \pm 2
	Exhaustion time	6'00"	6'15"	6'00"	6'05"	6'28"	6'30"	6'39"	6'40"	6'42"	6'00"	6'31"	6'00"	6'00"	6'18" \pm 17"
K. M.	$\dot{V}O_2$ max	2.51	2.54	2.51	2.39	2.61	2.59	2.55	2.41	2.50	2.62	2.55	2.42	2.45	2.52 \pm 0.07
	$\dot{V}O_2$ max/wt	46.0	46.5	45.7	42.7	46.7	46.3	45.5	43.0	44.6	46.7	45.5	42.8	43.4	45.2 \pm 1.5
	H. R. max	203	201	196	192	195	191	193	190	191	193	193	192	194	194 \pm 4
	Exhaustion time	5'00"	5'03"	5'03"	5'00"	5'05"	5'05"	5'00"	4'36"	4'38"	5'10	5'31"	4'30"	4'30"	4'56" \pm 17"
S. M.	$\dot{V}O_2$ max	3.08	3.17	3.04	2.89	3.18	3.14	3.39	3.32	3.14	3.14	3.27	3.15	3.17	3.16 \pm 0.12
	$\dot{V}O_2$ max/wt	55.0	55.6	54.8	49.8	54.3	53.6	57.4	56.7	54.6	55.1	56.9	54.3	54.7	54.8 \pm 1.9
	H. R. max	190	194	197	187	187	191	187	185	189	194	186	183	187	189 \pm 4
	Exhaustion time	7'00"	7'34"	7'00"	7'00"	7'08"	8'00"	8'00"	8'00"	8'00"	8'00"	8'00"	8'00"	7'45"	7'42" \pm 25"
Average \pm SD	$\dot{V}O_2$ max	3.10	3.05	3.08	2.97	3.13	3.10	3.17	3.10	3.08	3.14	3.24	3.01	3.04	
	$\dot{V}O_2$ max/wt	\pm 0.35	\pm 0.43	\pm 0.46	\pm 0.42	\pm 0.39	\pm 0.38	\pm 0.37	\pm 0.41	\pm 0.38	\pm 0.38	\pm 0.35	\pm 0.42	\pm 0.38	
	H. R. max	53.2	52.1	52.3	50.0	52.3	51.8	52.8	51.7	51.5	52.4	53.6	49.9	50.5	
	Exhaustion time	\pm 6	\pm 6	\pm 7	\pm 8	\pm 8	\pm 7	\pm 6	\pm 7	\pm 6	\pm 5	\pm 6	\pm 6	\pm 6	

Table 3. Individual Values of Maximum Oxygen Uptake ($\dot{V}O_2$ max : ml/min), Maximum Oxygen Uptake Per kilogram of Body Weight ($\dot{V}O_2$ max/wt : $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$), Maximum Heart Rate (H. R. max : beats/min) and Exhaustion time as Determined at Constant Temperature (18°C).

Subj.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Average \pm SD
Y. H.	$\dot{V}O_2$ max	2.55	2.29	2.47	2.62	2.81	2.65	2.65	2.53	2.52	2.71	2.50	2.47	2.57 \pm 0.13
	$\dot{V}O_2$ max/wt	54.2	48.2	50.4	54.0	56.3	53.1	53.0	49.5	49.4	52.1	50.0	49.4	51.7 \pm 2.3
	H. R. max	199	197	200	201	198	203	201	196	203	197	201	199	200 \pm 2
	Exhaustion time	7'10"	7'23"	6'56"	7'13"	8'23"	7'10"	7'00"	7'00"	7'24"	7'13"	6'46"	5'33"	7'06" \pm 2
Y. Y.	$\dot{V}O_2$ max	3.13	2.91	3.17	3.12	3.18	3.18	3.31	3.24	3.29	/	3.30	3.13	3.13 \pm 0.11
	$\dot{V}O_2$ max/wt	58.4	55.4	58.7	57.8	59.9	58.8	61.9	59.4	60.9	/	61.0	57.4	57.4 \pm 1.8
	H. R. max	—	195	195	192	193	193	198	193	193	/	197	196	195 \pm 2
	Exhaustion time	7'30"	7'00"	7'39"	7'46"	7'30"	8'26"	8'30"	8'20"	8'00"	/	8'00"	8'00"	8'10" \pm 25"
K. M.	$\dot{V}O_2$ max	3.14	3.12	3.07	/	3.17	3.09	3.02	2.96	3.01	3.16	3.28	3.20	3.02 \pm 0.09
	$\dot{V}O_2$ max/wt	59.3	60.6	58.5	/	57.6	58.3	57.5	56.9	56.8	58.5	60.8	58.2	54.9 \pm 1.3
	H. R. max	—	192	191	/	199	193	195	189	194	187	190	191	192 \pm 3
	Exhaustion time	7'30"	8'00"	7'00"	/	7'00"	7'12"	7'30"	7'00"	7'00"	7'13"	7'06"	7'31"	7'18" \pm 18"
Y. I.	$\dot{V}O_2$ max	2.70	—	2.47	2.65	2.78	2.92	2.90	2.83	3.00	2.76	2.94	2.99	2.68 \pm 0.15
	$\dot{V}O_2$ max/wt	50.9	—	47.5	50.0	52.0	53.1	52.8	52.0	53.6	48.9	53.4	53.8	48.8 \pm 2.0
	H. R. max	189	182	189	190	192	188	191	189	195	191	190	189	188 \pm 3
	Exhaustion time	6'15"	6'20"	6'32"	6'30"	7'05"	7'04"	7'00"	7'18"	8'00"	7'20"	7'20"	7'00"	6'59" \pm 28"
S. T.	$\dot{V}O_2$ max	3.06	2.96	2.86	2.89	2.92	3.11	3.00	3.12	3.03	3.03	3.24	2.93	3.05 \pm 0.10
	$\dot{V}O_2$ max/wt	49.7	49.3	47.7	47.8	47.9	50.6	49.6	52.0	50.5	50.1	54.0	49.7	51.2 \pm 1.7
	H. R. max	190	187	196	196	194	195	191	195	190	193	198	197	192 \pm 3
	Exhaustion time	7'03" \pm 37"												
T. B.	$\dot{V}O_2$ max	3.40	3.19	3.26	3.40	3.33	3.51	3.45	3.36	3.31	3.45	3.45	3.39	3.36 \pm 0.09
	$\dot{V}O_2$ max/wt	56.6	51.0	52.6	54.3	54.6	55.7	54.8	54.1	52.1	53.5	53.5	52.1	52.6 \pm 1.5
	H. R. max	191	191	195	203	198	200	192	199	188	196	192	194	196 \pm 4
	Exhaustion time	6'00"	5'00"	5'00"	5'00"	6'00"	5'00"	5'08"	5'00"	5'00"	5'00"	5'03"	5'00"	5'10" \pm 21"
K. K.	$\dot{V}O_2$ max	4.25	4.00	4.07	4.05	4.15	4.07	4.24	3.94	4.20	4.02	4.22	4.01	4.04 \pm 0.10
	$\dot{V}O_2$ max/wt	61.6	59.3	60.3	58.8	60.6	58.1	61.0	55.9	59.5	56.2	59.4	56.6	58.2 \pm 1.8
	H. R. max	180	183	190	190	186	180	184	182	184	179	182	189	185 \pm 4
	Exhaustion time	8'00"	7'00"	8'00"	8'13"	8'00"	7'00"	8'00"	7'10"	8'00"	7'00"	7'00"	8'00"	7'39" \pm 29"
K. S.	$\dot{V}O_2$ max	3.40	3.37	3.32	3.48	3.55	3.44	3.38	3.42	3.45	3.37	3.39	3.36	3.24 \pm 0.06
	$\dot{V}O_2$ max/wt	60.2	58.6	57.7	61.0	61.8	59.2	59.2	61.1	60.0	57.6	59.5	57.8	54.9 \pm 1.3
	H. R. max	188	193	188	187	188	180	186	189	187	186	187	185	189 \pm 3
	Exhaustion time	7'00"	7'05"	7'18"	7'00"	7'00"	7'05"	7'00"	7'00"	7'23"	7'00"	7'00"	7'00"	6'32" \pm 11"
H. S.	$\dot{V}O_2$ max	3.52	3.40	3.29	3.42	3.37	3.33	3.60	3.43	3.48	3.35	3.58	3.27	3.39 \pm 0.10
	$\dot{V}O_2$ max/wt	50.3	48.0	46.9	47.5	46.5	46.6	50.8	47.0	48.3	46.2	49.1	45.5	47.7 \pm 1.6
	H. R. max	203	198	204	200	193	196	198	200	196	195	192	192	194 \pm 4
	Exhaustion time	6'00"	6'00"	6'00"	6'00"	5'12"	5'40"	6'00"	5'41"	5'29"	6'00"	5'40"	5'15"	5'00" \pm 21"
N. F.	$\dot{V}O_2$ max	3.12	3.29	3.20	3.04	3.25	3.07	3.34	3.30	2.95	3.27	3.15	3.18	3.18 \pm 0.11
	$\dot{V}O_2$ max/wt	44.6	46.7	45.0	44.0	47.1	45.2	47.4	47.8	43.7	47.4	46.0	46.4	45.9 \pm 1.3
	H. R. max	187	187	185	189	188	187	186	187	184	191	186	184	187 \pm 2
	Exhaustion time	6'00"	6'00"	6'00"	7'00"	7'00"	6'05"	6'00"	6'00"	7'00"	6'00"	6'30"	6'30"	6'19" \pm 25"
I. O.	$\dot{V}O_2$ max	3.12	3.06	3.21	3.17	3.16	3.13	3.34	3.20	3.17	3.17	3.24	3.07	3.14 \pm 0.07
	$\dot{V}O_2$ max/wt	53.9	52.7	54.8	54.1	54.0	53.0	55.6	54.2	53.3	53.7	54.51	51.6	52.0 \pm 3.8
	H. R. max	176	176	179	181	181	178	178	178	179	179	179	179	179 \pm 2
	Exhaustion time	6'35"	6'27"	7'00"	7'00"	6'40"	6'30"	7'00"	7'00"	7'00"	6'30"	7'00"	6'31"	6'43" \pm 18"
K. M.	$\dot{V}O_2$ max	2.59	2.45	2.47	2.66	2.83	2.64	2.69	2.54	2.62	2.67	2.53	2.52	2.54 \pm 0.10
	$\dot{V}O_2$ max/wt	47.4	44.6	44.9	47.5	50.9	47.1	48.0	45.0	46.8	46.9	45.1	45.0	46.6 \pm 1.7
	H. R. max	—	194	191	190	191	190	197	193	196	195	197	190	191 \pm 3
	Exhaustion time	4'55"	5'03"	5'08"	5'03"	5'06"	5'03"	5'36"	5'08"	6'00"	6'00"	5'31"	5'00"	5'16" \pm 22"
S. M.	$\dot{V}O_2$ max	3.20	3.26	3.11	3.29	3.32	3.28	3.47	3.34	3.43	3.17	3.50	3.31	3.37 \pm 0.11
	$\dot{V}O_2$ max/wt	57.2	58.1	56.1	57.2	57.2	56.5	59.4	57.6	59.1	55.1	60.8	58.1	57.7 \pm 1.5
	H. R. max	191	187	190	190	186	183	188	187	192	189	187	185	182 \pm 2
	Exhaustion time	7'43"	7'00"	8'25"	7'45"	8'00"	8'00"	9'00"	8'15"	8'50"	8'46"	8'00"	8'17"	8'00" \pm 31"
Average \pm SD	$\dot{V}O_2$ max	3.22	3.13	3.06	3.14	3.20	3.20	3.26	3.18	3.19	3.16	3.27	3.14	3.13
	$\dot{V}O_2$ max/wt	54.2	53.2	52.2	52.5	54.2	53.7	54.7	53.5	53.4	52.0	54.6	52.5	52.1
	H. R. max	188	190	192	192	189	191	191	190	190	190	190	190	190
	Exhaustion time	6'38"	6'33"	6'48"	6'44"	6'45"	6'59"	7'01"	6'53"	7'01"	6'50"	6'46"	6'51"	6'36"

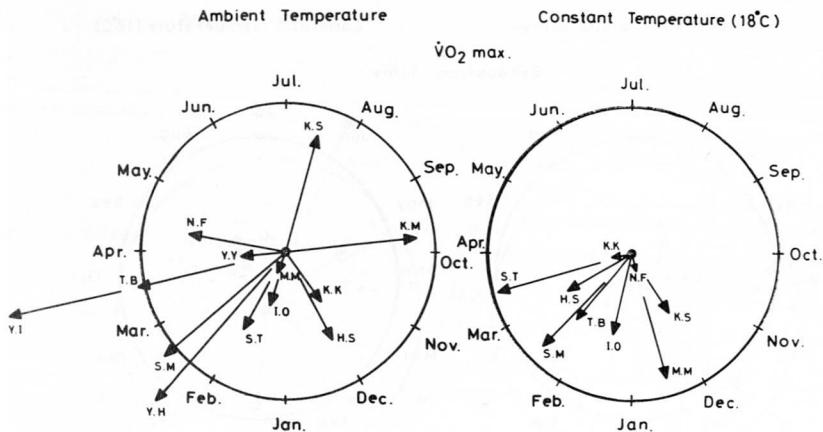


Figure 3. Maximum oxygen uptake of each subject as expressed by vector that was obtained at ambient (left) and constant (right) temperature.

では、外気温下とほぼ同様の経過を示すが、その変動は、よりはっきりとしており、8-10月に低く、11-3月に高く、5月に高いが、6-7月に再び低くなっている。その変動巾は約7%であった。いずれの環境下においても、夏から秋にかけては低く、冬から春にかけては高くなる傾向がみられたが、これらの変動は、分散分析の結果、いずれの場合も高度に有意($P < 0.001$)なものであった。次に、これらの変動を、各個人別にみるとために、1976年7月から1977年6月までの1年間について、それぞれの被検者の各月の最大酸素摂取量をベクトルで表わし、それを被検者ごとに合成したものが図3である。外気温下の場合には、K.S. K.M. N.F. を除く10名のベクトルは、12月から4月の範囲内にあり、ほとんどの被検者について、この期間内に高くなる傾向のあることを示している。定環境下では、欠損値があり、ベクトル合成のできなかった4名を除いた全員のベクトルは、やはり12月から4月の範囲内にあり、この期間に高くなる傾向のあることを示している。

図4は、実験時のトレッドミル走におけるExhaustion timeに関して、図2と同様に、被検者の変動率の平均値を、各月ごとにプロットしたものである。外気温下では、7-10月が低く、11-5月が高く、6-7月に再び低くなり、最大酸素

摂取量の場合と同様に、冬から春にかけて高く、夏から秋にかけて低くなる傾向を示した。変動の巾は約9%であった。そして、この変動は、分散分析の結果、高度に有意($P < 0.001$)なものであった。定環境下においても、外気温下ほどは

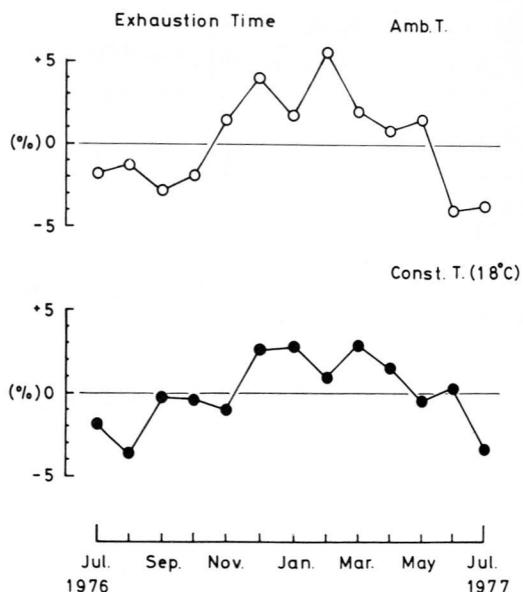


Figure 4. Mean monthly changes in the percentage change of exhaustion time from the annual mean of each subject.

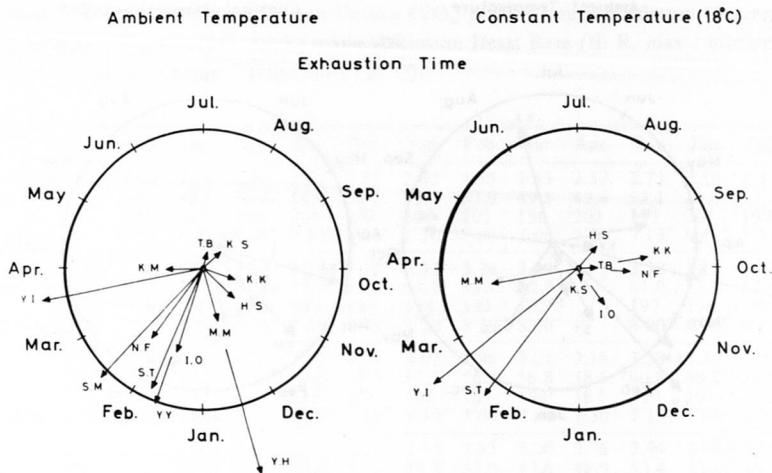


Figure 5. Exhaustion time of each subject as expressed by vector that was obtained at ambient (left) and constant (right) temperature.

きりとしてはいなかったが、ほぼ同様の傾向がみられ、その変動の巾は約7%であった。しかし、この変動は、統計的に有意なものではなかった。

図5は、図3と同様に、各被検者のExhaustion timeをベクトル合成したものであるが、T.B. K.S. K.K.を除いた10名のベクトルは、11月から4月

の範囲内にあり、この期間に高くなる傾向のあることを示している。定環境下においては、外気温下の場合ほどはっきりとした傾向はみられないが、ほとんどの被検者で、10月から4月の間に高くなる傾向のあることを示している。

図6は、実験時の最大心拍数について、図2、図4と同様に、その変動率をプロットしたものである。外気温下では、7-10月に高く、12-1月に低くなり、最大酸素摂取量や、Exhaustion timeの場合とは逆に、夏から秋にかけて高く、冬に低い傾向を示している。この変動の巾は、約2%とわずかではあるが、分散分析の結果有意($P<0.05$)なものであった。定環境下では、9-11月に高くなっているが、他に季節と関連するような一定の傾向はみられず、また、この変動も、統計的に有意なものではなかった。

図7は、図3、図5と同様に、各被検者の最大心拍数をベクトル合成したものであるが、外気温下では、Y.H. H.S. を除いた11名のベクトルは、5月後半から9月前半までの間にあり、この期間に高くなる傾向のあることを示している。これに對して、定環境下では、ベクトルの向きに、一定の傾向はみられず、各被検者ごとにまちまちであり、季節変動のみられないことを示している。

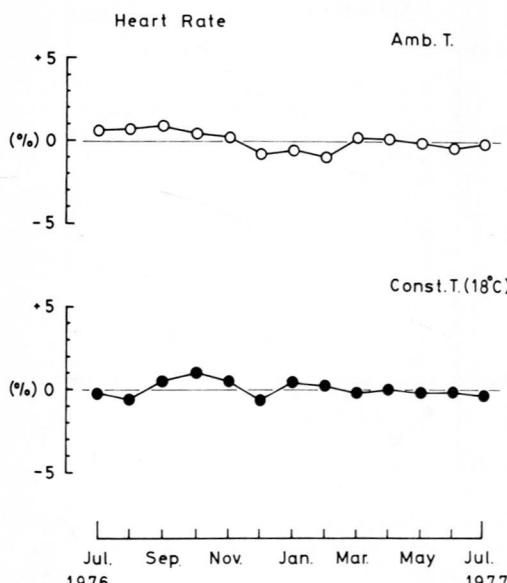


Figure 6. Mean monthly changes in the percentage change of maximum heart rate from the annual mean of each subject.

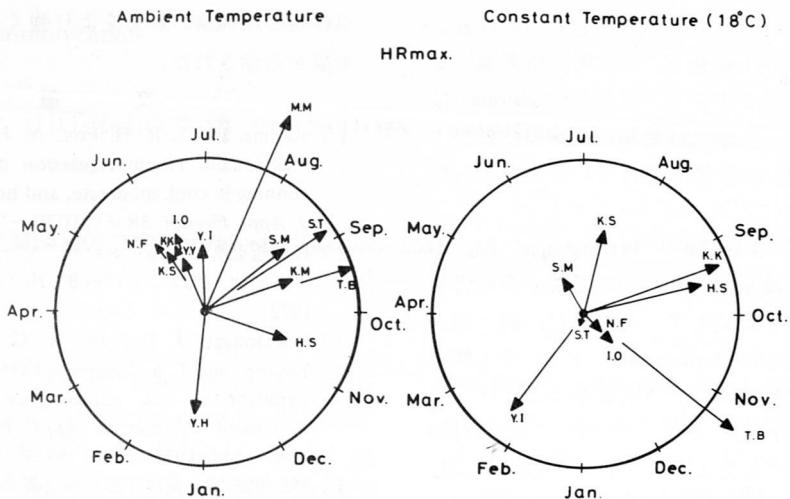


Figure 7. Maximum heart rate of each subject as expressed by vector that was obtained at ambient (left) and constant (right) temperature.

考 察

本実験では、最大酸素摂取量について、外気温下、定環境下とも、夏から秋にかけて低くなり、冬から春にかけて高くなるような季節変動がみられたが、ほぼ同時期に、同様の実験を行なった山岡ら¹¹⁾も、最大酸素摂取量が、8月に低くなり、秋から冬にかけて高くなる傾向のあったことを報告している。

筆者ら¹⁰⁾は、他の実験で、同一時期に、3種類の環境下、すなわち、5°C、18°C、35°Cの室温で、本実験と同様の測定方法により、最大酸素摂取量を測定した結果、この程度の温度差では、有意な差は生じないことを確認している。一方、本実験では、定環境下において、外気温下より、むしろはっきりとした季節変動がみられた。これらのことから、本実験でみられた、最大酸素摂取量の季節変動は、測定期の室温等によるものではなく、基礎代謝や、安静時代謝の変動と同様に、季節へのchronicな適応の結果生じたものであると考えられる。

本実験では、外気温下、定環境下、いずれの場合にも、5月に、最大酸素摂取量が高くなっている。このことは、被検者の内、特に学生に顕著であり、学生だけの変動率の平均値では、外気温下で+8.4%，定環境下で+5.0%という高い増

加を示している。

一方、他の教職員だけの平均値では、外気温下で+2.0%，定環境下では+1.8%の増加を示すにすぎない。長沢ら⁶⁾のデーターでも、4名の学生に関して、最大酸素摂取量の季節変動は、みられなかったものの、いずれの被検者も5月に、他の月より高い値を示している。蜂須賀²⁾は、南極において、基地建設等、作業量の激しい夏期に隊員の基礎代謝が上昇することを報告している。

本実験では、日常の活動量や、生活の仕方が、1年間あまり変化のない教職員では、5月に目立った増加がみられないのに対し、学生で特に増加傾向のみられたことは、新学期の始まったことなどによる、日常生活の仕方や、活動量の変化等に一因があるのかもしれない。しかし、詳細は不明である。

Exhaustion time に関しても、外気温下では、夏から秋にかけて低く、冬から春にかけて高くなるような季節変動がみられ、定環境下でも、有意ではないが、同様の変動がみられた。一方、前述した、3種類の環境下における実験¹⁰⁾では、Exhaustion timeは、5°C~35°Cの範囲内では、温度の影響は受けなかった。したがって、これらの季節変動は、最大酸素摂取量の場合と同じように、測定期の室温に影響されたものではなく、季節へのchronic

な適応の結果生じたものであると考えられる。さらに、これらの変動が、最大酸素摂取量の変動と良く似ていることから、季節への chronic な適応の結果おこった最大運動時の代謝の変動が、Performance にも影響を与えていていると考えられる。

長沢ら⁶⁾も、5分間走の Performance が、冬に増加し、夏に減少する傾向のあることを報告している。このことに対して、長沢らは、同一個人においては、持久的 Performance には、最大酸素摂取量より環境温度が、大きな影響をおよぼしているように思われる、と述べている。しかしながら、今まで述べてきたように、我々の実験からは、むしろ逆に、これらの Performance の変動には、測定時の環境温度はあまり関係なく、季節への適応の結果おこった代謝の変動が、より大きな影響を与えていることが考えられる。

但し、これらのこととは、環境温度が Performance に影響を与えないような、短時間で Exhaustion に至る運動についてのみ言えることである。

長時間の激しい運動では、環境温度が Performance の制限因子となることが Adams¹⁾ MacDougall³⁾ らによって報告され、またマラソンレースの記録と、レース時の気温とに密接な関係がみられることなどからも明らかである。したがって、長時間の激しい運動の場合にも、運動時の代謝に、環境への chronic な適応による季節変動がみられるかどうかは、現在のところ不明である。

最大心拍数については、外気温下で、わずかではあるが、夏に高く、冬に低い、有意な変動がみられ、定環境下では一定の傾向はみられなかった。また、前述した3種類の環境下での実験¹⁰⁾では、5°C, 18°C, 35°Cの環境温で、最大心拍数には、有意な差がみられ、温度が高いほど多かった。これらの結果から、外気温下でみられた最大心拍数の変動は、季節への chronic な適応の結果おきたものではなく、測定時の室温に影響を受けたものであると考えられる。

基礎状態での心拍数は、冬に高く、夏に低い季節変動を示すことは、長沢⁶⁾、万木¹²⁾らによつて報告されているが、最大運動時には、心拍数は、

実験時の環境温の影響をより強く受けることが本実験から示された。

文 献

- 1) Adams, W. C., R. H. Fox, A. J. Fry, and I. C. MacDonald. Thermoregulation during marathon running in cool, moderate, and hot environments. *J. Appl. Physiol.* 38 (6): 1030 ~ 1037, 1975.
- 2) 蜂須賀弘久. 南極における“ヒトの適応能”に関する研究. 医学のあゆみ 8 (10): 673 ~ 681, 1972.
- 3) MacDougall, J. Duncan., W. G. Reddan, C. R. Layton, and J. A. Dempsey. Effects of metabolic hyperthermia on performance during heavy prolonged exercise. *J. Appl. Physiol.* 36 (5): 538 ~ 544, 1974.
- 4) 増田剛志郎. 基礎代謝の年間変動の成因に関する研究. 第1報 基礎代謝並びに安静時代謝量の年間変動の実態について. 体質医研報 17: 168 ~ 172, 1967.
- 5) 増田剛志郎. 基礎代謝の年間変動の成因に関する研究. 第2報 運動負荷時のエネルギー代謝の季節変動について. 体質医研報 17: 173 ~ 179, 1967.
- 6) 長沢弘、渡辺義行. 基礎代謝、運動代謝、最大O₂摂取量の季節変動. 岐阜大学教育学部研究報告(自然科学) 5 (3): 261 ~ 276, 1974.
- 7) Osiba, S. The seasonal variation of basal metabolism and activity of thyroid gland in man. *Jap. J. Physiol.* 7: 355 ~ 365, 1957.
- 8) 佐々木隆. 基礎代謝及び椅子時代謝の季節的変動並びにこれと気温因子との関連について. 体質医報 4 (4): 439 ~ 452, 1954.
- 9) 鈴木慎次郎、長嶺晋吉、北川三郎、大島寿美子、山川喜久江. 睡眠時のエネルギー代謝. (第6報) 季節的変動について. 栄養学雑誌 10 (1): 2 ~ 4, 1952.
- 10) 島岡清、宮村実晴、松井秀治、早水サヨ子. 異なる環境温における最大運動時の酸素摂取量及び血液性状について. 日本体育学会第29回大会号 P. 274, 1978.
- 11) 山岡誠一、平川和文. 最大酸素摂取量の季節による変動について. 第32回日本体力医学会大会予稿集 P. 238, 1977.
- 12) 万木良平、飯塚道彦、秋山明子、池上晴夫、榎原千恵子. 航空自衛隊員の基礎代謝の季節的変動と摂取栄養との関係. 医実報告 8 (4): 142 ~ 149, 1968.
- 13) Yoshimura, M., K. Yukiyoshi, T. Yoshikawa, and H. Takeda. Climatic adaptation of basal metabolism. *Fed. Proc.* 25 (4): 1169 ~ 1174, 1966.