

平成2年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No.XII スポーツ選手のATに関する研究

財団法人 日本体育協会
スポーツ科学委員会

平成2年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. XII スポーツ選手のATに関する研究—第6報—

—各種スポーツ選手のトレーニングにともなう 最大酸素摂取量並びにLTの変化について—

報告者 (財)日本体育協会スポーツ科学研究所

伊藤 静夫 黒田 善雄 塚越 克己

雨宮 輝也 金子 敬二 原 孝子

目 的

近年, 持久的競技選手のあいだでも, 従来の $\dot{V}O_2$ max に加え, AT を定期的に測定し活用しようとする試みが増えてきている。しかし, 測定された AT を評価する際, $\dot{V}O_2$ max に比べれば比較対象資料が不足していることも否めない。とりわけ, 一流スポーツ選手がトレーニングを継続する中で AT がどのように変化するか, といった実態を表わす測定資料は極めて少ない。しかし, このような情報は, トレーニングと AT の関係を明らかにする上で, あるいは AT の測定値を評価・活用する上からも, 貴重な参考資料になるものと思われる。

我々の研究所では1987年より, スポーツ選手の全身持久力の体力測定項目として, 従来の $\dot{V}O_2$ max に加え乳酸性作業閾値 (Lactate Threshold, 以下 LT) を採用している。そこで本研究では, これまでの我々の研究所の測定結果から, スポーツ選手がトレーニングを継続して行く中で, $\dot{V}O_2$ max 並びに LT が実際にどの様に変化しているものなのか, その実態について検討する。

方 法

1) 被験者

1987~1990年の間に我々の研究所で測定を受けた選手の中から, 3カ月以上の間隔をおき2回以

表1 測定対象, 測定期間(日), 測定回数の競技種目別内訳

種 目	n	平均測定期間		平均測定回数	
		X	SD	X	SD
[女子]					
中・長距離	5	554 ±	132.22	2.20 ±	0.44
競歩	3	707 ±	355.40	3.00 ±	0.82
カヌー	2	125 ±	0.00	2.00 ±	0.00
バスケット	13	451 ±	98.87	3.15 ±	0.36
スキー距離	2	251 ±	121.00	2.50 ±	0.50
スピードスケート	6	522 ±	463.77	4.67 ±	2.21
[男子]					
中・長距離	8	189 ±	84.00	2.00 ±	0.00
競歩	11	596 ±	336.80	2.91 ±	1.08
近代5種	9	622 ±	320.92	2.56 ±	0.50
カヌー	2	125 ±	0.00	2.00 ±	0.00
スキー距離	22	501 ±	310.51	3.55 ±	2.10
スピードスケート	2	506 ±	228.50	2.00 ±	0.00
ハーフマラソン	28	562 ±	307.79	3.21 ±	1.11
合 計	113	508 ±	314.16	3.05 ±	1.41

上 $\dot{V}O_2\max$ 並びに LT の測定を受けたもので、しかも専門的な競技トレーニングを継続しており比較的競技レベルの高いものを抽出し、集計対象とした (表 1)。

2) 運動負荷方法

運動負荷には、スピード・スケートで自転車エルゴメータ運動を採用しているが、その他はすべてトレッドミル運動を用いている。ただし、競歩ではトレッドミル競歩で測定した。

トレッドミル、自転車エルゴメータともに、多段階 (5~7) の速度漸増法で被験者をオールアウトまで追込み、 $\dot{V}O_2\max$ と LT を一回の運動負荷テストで測定している。各段階の運動時間は 3 分間である。トレッドミルの場合、傾斜を 0 度にし 30~40m/min ずつ負荷を漸増して、少なくとも 5 段階まで実施し、最後に最大負荷として、最終段階の速度でトレッドミルの傾斜を 1 分毎に 1 度ずつ増加させ、オールアウトまで追い込んだ。ただし競歩では、傾斜 0 度の 3 分間負荷の状態オールアウトに至らせている。スピードスケートの自転車エルゴメータでは、回転速度を 80 回転/分とし、運動時間は同じく 3 分間で漸増負荷している。

第 1 段階の負荷強度は、被験者の能力あるいは前回の測定結果を参考に決めるが、各被験者には概ね同一の測定方法を用いた。各負荷段階の間には耳朶から採血するため、1 分間の立位安静をとる。ただし、自転車エルゴメータでは安静をとらず、運動を継続したまま採血した。

3) 測定項目

各負荷段階の後半 1 分間について、ダグラスバックで呼吸を採気し、オーバル社製ガス流量計 (GASOVAL, MODEL GAL55) で換気量を計測し、呼気中の O_2 、 CO_2 分圧をウエストロン社製呼吸分析用質量分析計 (WSMR1400) で計測し、酸素摂取量を求めた。血中乳酸は、各負荷段階の運動終了直後に耳朶から 20 μ l 採血し、島津製作所製生化学分析装置 CL760 で分析した。

4) LT の判定

LT の判定基準については種々の方法が報告されているが、本研究所では一貫して血中乳酸濃度 2 mmol/l 及び 4 mmol/l を判定基準に採用してきた。LT 判定の詳細は前報を参照されたい⁶⁾。

結 果

1) 測定対象

本研究の集計対象として、我々の研究所で 3 カ月以上にわたって 2 回以上測定を受け、比較的競技レベルの高いスポーツ選手を選んだ。その結果、表 1 に示す通り、女子 6 種目 31 人、男子 7 種目 82 人、合計 113 人が集計対象となった。彼らが初めて測定を受けた日から最終の測定期日までの間隔は、最も長いもので 1391 日 (3.8 年)、最も短いもので 99 日 (3.3 カ月) であり、被験者一人当たり平均 508 \pm 314 日 (1.4 年) であった。各被験者はこの間に 2 回以上の測定を受けているが、測定回数で最も頻度の多かったものは 2 回の測定を受けたもので、その頻度は全被験者の 44% に相当する 50 人である。また最も多い測定回数は、10 回 (1 人) であった。

2) $\dot{V}O_2\max$ と LT の測定結果

以上の測定値から、 $\dot{V}O_2\max$ と LT の種目別の平均値を算出したのが表 2 である。ただし、測定回数が被験者によって異なるため、各被験者の平均値を一資料として集計した。

$\dot{V}O_2\max$ では、男子 82 人の平均値が 66.1 \pm 4.72 ml/kg/min、女子 31 人の平均値が 53.9 \pm 5.01 ml/kg/min であった。また種目別にみると、比較的高い $\dot{V}O_2\max$ の種目が選ばれている。男子では、カヌー (1 人) を除くと、全て 60 ml/kg/min を上回り、女子でも同じくカヌーを除けば 50 ml/kg/min を上回る。

運動負荷で示す LT 値 (走行スピード; V-LT) では、自転車エルゴメータで測定したスケートを除外すると、男子 80 人の平均値が V-LT 2 mmol で 250 \pm 40 m/min、V-LT 4 mmol/l で 300 \pm 45 m/min、女子 25 人の平均値が V-LT 2 mmol で 200 \pm 47 m/min、V-LT 4 mmol/l で 240 \pm 45 m/min であった。

$\dot{V}O_2$ で示した LT 値では、男子 82 人の平均値が $\dot{V}O_2$ -LT 2 mmol で 49.2 \pm 5.7 ml/kg/min、V-LT 4

mmol/l で 57.8 ± 5.2 ml/kg/min, 女子31人の平均値が V-LT2mmol で 40.0 ± 6.3 ml/kg/min, V-LT4mmol/l で 47.6 ± 5.5 ml/kg/min であった。

3) $\dot{V}O_2$ max と LT の変化量

次に, $\dot{V}O_2$ max と LT の変化量に着目する。はじめに, 各被験者の測定期間中の変動幅 (範囲; 最高値-最低値, 以下 R: $\dot{V}O_2$ max あるいは R:LT) を求め, その種目別平均値を集計した (表3)。

R: $\dot{V}O_2$ max の全被験者の平均は, 4.2 ± 3.1 ml/kg/min (n=113) であった。また, 各被験者の $\dot{V}O_2$ max の平均値に対する R: $\dot{V}O_2$ max の比率を求めると, 全被験者の平均は $6.6 \pm 4.9\%$ になった。本被験者の $\dot{V}O_2$ max は, トレーニング継続中におよそ

3%の幅で変動していることになる。

運動負荷で示す LT 値では, 運動負荷様式の異なるスケートを除くと, 被験者105人の平均値が R:V-LT2mmol/l で 24.7 ± 17.7 m/min, R:V-LT4mmol/l で 17.5 ± 12.3 m/min となった。 $\dot{V}O_2$ max 同様, 各被験者の平均値に対する比率を求めると, 前者が $11.8 \pm 9.4\%$, 後者が $7.2 \pm 6.2\%$ であった。 $\dot{V}O_2$ -LT 値では, 全被験者113人の平均値が, R: $\dot{V}O_2$ -LT2mmol/l で 5.7 ± 3.9 ml/kg/min, R: $\dot{V}O_2$ -LT4mmol/l で 4.7 ± 3.6 ml/kg/min であり, 各被験者の平均値に対する比率は前者が $12.6 \pm 9.0\%$, 後者が $8.7 \pm 7.0\%$ であった。

以上, $\dot{V}O_2$ max 並びに LT の変動幅を比較すると, $\dot{V}O_2$ max より LT の方が大きく, また LT の

表2 $\dot{V}O_2$ max 及び LT の競技種目別平均値 ± 標準偏差 (各被験者の平均値を競技種目毎に集計)

種目	n	$\dot{V}O_2$ max (ml/kg/min)	LT2mM (m/min)	LT4mM (m/min)	LT2mM (ml/kg/min)	LT4mM (ml/kg/min)
[女子]						
中・長距離	5	61.28 ± 3.01	275.78 ± 9.29	307.52 ± 10.42	49.71 ± 3.81	56.41 ± 4.61
競歩	3	54.46 ± 0.84	179.09 ± 9.25	197.19 ± 6.21	42.24 ± 2.15	48.02 ± 1.04
カヌー	2	44.05 ± 0.40	173.82 ± 7.66	211.12 ± 0.13	33.09 ± 0.01	39.86 ± 1.58
バスケット	13	52.07 ± 3.43	202.86 ± 28.39	248.07 ± 17.26	38.97 ± 4.54	46.95 ± 3.18
スキー距離	2	57.04 ± 1.10	230.01 ± 11.12	263.55 ± 3.57	44.10 ± 1.82	50.69 ± 0.53
スピードスケート	6	54.79 ± 4.01	142.91 ± 17.99	187.09 ± 19.57	34.03 ± 1.29	43.38 ± 2.60
女子合計	31	53.93 ± 5.10	214.44 ± 39.81 *	252.13 ± 36.22 *	40.00 ± 6.28	47.60 ± 5.52
[男子]						
中・長距離	8	69.84 ± 5.54	296.42 ± 28.43	331.68 ± 21.66	56.25 ± 7.40	63.37 ± 6.73
競歩	11	60.86 ± 2.67	187.56 ± 12.97	209.25 ± 15.28	45.35 ± 3.35	52.64 ± 3.76
近代5種	9	63.84 ± 4.73	261.13 ± 15.51	299.53 ± 14.32	49.50 ± 2.73	56.85 ± 3.60
カヌー	2	55.05 ± 1.75	157.52 ± 2.82	217.31 ± 8.69	33.93 ± 0.47	45.78 ± 0.22
スキー距離	22	67.79 ± 3.11	256.69 ± 19.56	304.03 ± 15.84	49.82 ± 3.75	59.38 ± 3.02
スピードスケート	2	61.53 ± 2.67	180.39 ± 17.80	231.87 ± 1.89	37.01 ± 2.87	46.54 ± 0.22
バイアスロン	28	67.62 ± 2.60	260.52 ± 21.63	303.61 ± 16.07	50.00 ± 3.76	58.84 ± 2.99
男子合計	82	62.14 ± 4.72	250.59 ± 37.84 +	290.99 ± 40.02 +	49.19 ± 5.70	57.77 ± 5.25

備考 * スケートを除く女子の合計 (n=25)
+ スケートを除く男子の合計 (n=80)

表3 各被験者の測定期間中の変動幅 (最高値-最低値) の競技種目別平均値 ± 標準偏差

種目	n	R: $\dot{V}O_2$ max (ml/kg/min)	R:LT2mM (m/min)	R:LT4mM (m/min)	R:LT2mM (ml/kg/min)	R:LT4mM (ml/kg/min)
[女子]						
中・長距離	5	4.41 ± 3.55	16.54 ± 8.34	17.96 ± 6.44	6.26 ± 3.28	7.38 ± 4.40
競歩	3	8.87 ± 4.17	23.46 ± 16.25	20.10 ± 14.31	10.47 ± 7.82	9.45 ± 6.03
カヌー	2	0.60 ± 0.50	11.22 ± 1.10	14.55 ± 7.96	0.76 ± 0.31	1.44 ± 1.21
バスケット	13	3.90 ± 2.18	32.70 ± 18.01	21.56 ± 10.67	5.86 ± 2.92	4.00 ± 1.92
スキー距離	2	0.91 ± 0.01	26.27 ± 15.55	22.75 ± 10.08	2.85 ± 0.01	4.61 ± 1.58
スピードスケート	6	4.78 ± 3.96	36.30 ± 20.55	31.22 ± 21.65	5.20 ± 3.39	4.39 ± 3.98
[男子]						
中・長距離	8	3.15 ± 1.20	15.28 ± 10.85	11.67 ± 6.18	2.87 ± 1.95	1.62 ± 1.25
競歩	11	3.19 ± 2.70	21.37 ± 14.90	18.60 ± 15.91	5.80 ± 4.03	5.61 ± 3.85
近代5種	9	3.27 ± 1.94	19.30 ± 6.62	13.63 ± 5.98	4.68 ± 2.71	3.89 ± 2.30
カヌー	2	1.60 ± 1.60	6.89 ± 5.87	3.60 ± 0.65	3.49 ± 2.23	1.23 ± 0.04
スキー距離	22	4.80 ± 3.31	28.10 ± 20.03	17.29 ± 13.26	6.38 ± 4.17	5.12 ± 3.50
スピードスケート	2	1.35 ± 0.35	38.36 ± 5.32	29.50 ± 13.29	8.32 ± 3.50	6.85 ± 4.97
バイアスロン	28	4.45 ± 3.27	24.90 ± 19.96	17.43 ± 13.49	5.56 ± 3.81	4.37 ± 3.44
合計	113	4.16 ± 3.06	25.84 ± 17.93	18.74 ± 13.54	5.70 ± 3.87	4.69 ± 3.59

表4 $\dot{V}O_2\max$ 及び LT の変化量の競技種目別平均値±標準偏差
(各被験者の2回目以降の測定値とその前回測定値との差を集計)

種目	n	$\Delta\dot{V}O_2\max$ (ml/kg/min)	$\Delta LT2mM$ (m/min)	$\Delta LT4mM$ (m/min)	$\Delta LT2mM$ (ml/kg/min)	$\Delta LT4mM$ (ml/kg/min)
[女子]						
中・長距離	6	-2.09 ± 4.57	-0.41 ± 17.41	-2.74 ± 17.27	-1.71 ± 5.98	-2.95 ± 6.94
競歩	6	2.63 ± 8.41	8.36 ± 20.47	7.16 ± 19.30	4.05 ± 9.56	3.64 ± 8.71
カヌー	2	-0.50 ± 0.60	11.22 ± 1.10	14.55 ± 7.96	-0.31 ± 0.76	1.21 ± 1.44
バスケット	30	0.73 ± 2.84	6.73 ± 25.58	3.81 ± 17.66	1.50 ± 4.00	0.68 ± 3.15
スキー距離	3	0.61 ± 0.36	17.51 ± 17.19	15.17 ± 12.67	1.90 ± 0.80	3.07 ± 2.29
スピードスケート	22	-0.54 ± 3.18	6.97 ± 23.91	2.19 ± 21.12	0.68 ± 4.05	-0.25 ± 3.33
[男子]						
中・長距離	8	-0.38 ± 3.35	10.59 ± 15.47	5.18 ± 12.14	1.55 ± 3.11	0.28 ± 2.02
競歩	21	0.06 ± 2.61	8.30 ± 16.28	8.21 ± 14.32	2.08 ± 4.73	1.95 ± 4.46
近代5種	14	0.52 ± 3.13	6.77 ± 14.16	1.65 ± 11.21	2.00 ± 3.45	1.01 ± 3.60
カヌー	2	-1.60 ± 1.60	-6.89 ± 5.87	3.60 ± 0.65	-3.49 ± 2.23	-1.23 ± 0.04
スキー距離	56	0.65 ± 4.41	4.60 ± 21.31	1.71 ± 17.15	0.80 ± 5.13	0.48 ± 4.80
スピードスケート	2	-1.35 ± 0.35	-5.32 ± 38.36	-13.29 ± 29.50	-3.50 ± 8.32	-5.00 ± 6.85
アイスホッケー	62	0.79 ± 3.65	3.87 ± 20.78	-0.14 ± 15.72	0.85 ± 4.45	0.38 ± 3.84
合計	234	0.42 ± 3.83	5.57 ± 21.17	2.43 ± 16.97	1.05 ± 4.81	0.54 ± 4.39

中では4mmol/lより2mmol/lのLTの方が変動幅が大きかった。 $\dot{V}O_2-LT2mmol/l$ では、およそ±6%の範囲で変動していることになる。

次に、測定ごとの $\dot{V}O_2\max$ の変化量(以下、 $\Delta\dot{V}O_2\max$)とLTの変化量(以下、 ΔLT)について検討した。すなわち、各被験者の2回目以降の測定値とその前の測定値との差を変化量として集計し、 $\dot{V}O_2\max$ とLTの関係をみた。なお、被験者によって測定回数が異なり、3回以上測定を継続したものについても、3回以降の測定値を集計対象に含めた。その結果、延べ234対(測定間隔は平均250±180日)の測定例が得られた(表4)。 $\Delta\dot{V}O_2\max$ および $\Delta\dot{V}O_2-LT4mmol/l$ では顕著な変化はみられなかった。一方、 $\Delta\dot{V}O_2-LT2mmol/l$ では1.05ml/kg/min、3.1%の有意な増加が認められた(対応のあるT-検定)。

また、 $\Delta\dot{V}O_2\max$ と ΔLT との相関関係を見ると(図1)、両者の間には有意な相関関係が認められたが、 $\Delta V-LT$ より $\Delta\dot{V}O_2-LT$ で、また2mmol/lより4mmol/lの ΔLT で、より高い相関関係がみられた。例えば、 $\Delta\dot{V}O_2-LT4mmol/l$ の場合では $\Delta\dot{V}O_2\max$ との相関係数は $r=0.670$ ($P<.01$)であるが、 $\Delta V-LT2mmol/l$ になると相関係数は $r=0.294$ ($P<.01$)と低くなった。なお、 $\dot{V}O_2\max$ 、LTの絶対値および各被験者の変動幅に関して、 $\dot{V}O_2\max$ とLTの相関関係をみても、同様の傾向が観察された。

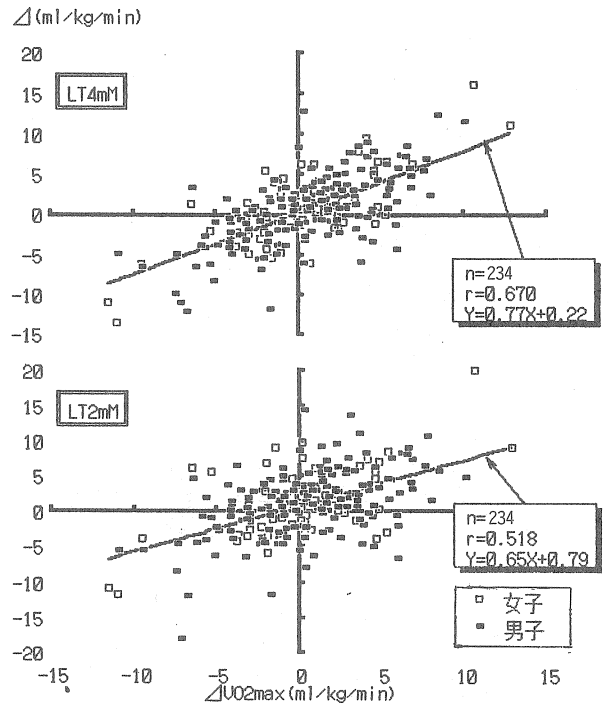


図1 $\dot{V}O_2\max$ の変化量と LT の変化量の関係

4) 冬季競技の特徴

冬季競技種目では、測定時期によって測定値の変化に一定の特徴が観察された。

図2は、某スキー・クラブに所属する3人のスキー距離選手について、 $\dot{V}O_2\max$ と $\dot{V}O_2-LT$ の測定ごとの変遷を図示したものである。このクラブでは、夏トレーニングの効果を評価する目的から

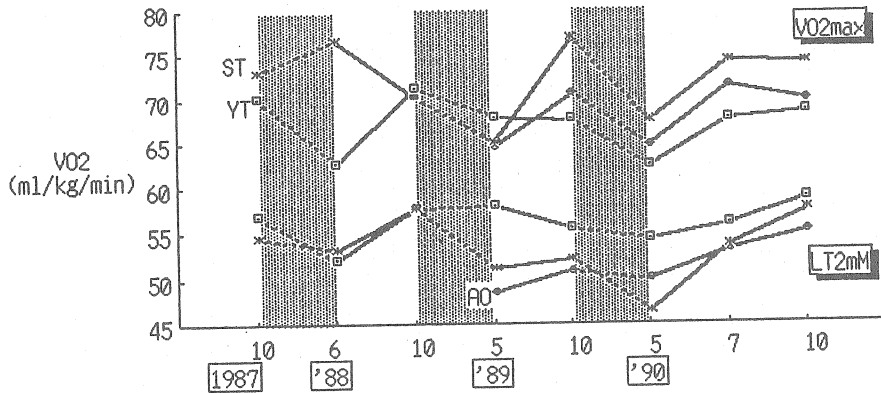


図2 スキー距離選手の $\dot{V}O_2\max$ と LT のシーズンによる変動

夏トレーニングの前後で、定期的に測定を継続している。図2から、シーズン終了後の春季測定では、 $\dot{V}O_2\max$ と LT の測定値が低下し、夏トレーニングを積んだのちの秋季測定では、再び増加している例の多いことがわかる。

一般に冬季競技では、シーズン制が明確に区分されるところから、年間のトレーニング周期も類似しており、夏トレーニングを評価するという目的のために、春季と秋季のほぼ同時期体力測定の実施している種目が多い。

図4は、同じ年に春季と秋季の両方で測定を受けた被験者について、種目別に集計し、春季、秋季両測定値を比較したものである（対応のあるT-検定）。

3競技種目は、三者三様の変化を示している。まず距離スキーでは、 $\dot{V}O_2\max$, LTともに夏トレーニングによって有意に増加している。これと対照的に、スピード・スケートでは $\dot{V}O_2\max$, LT のいずれにも顕著な変化がみられない。バイアロンはこの中間的变化を示し、 $\dot{V}O_2\max$ が有意に増加したが、LT では顕著な差がない。すなわち、持久的競技ほど、あるいは $\dot{V}O_2\max$ と LT の高い種目ほど、夏トレーニングの効果が明瞭にみられた。

考 察

1) 競技トレーニングにともなう $\dot{V}O_2\max$ と LT の変化

$\dot{V}O_2\max$ 並びに LT に対するトレーニング効果を比較した実験は、主に日常競技的なトレーニン

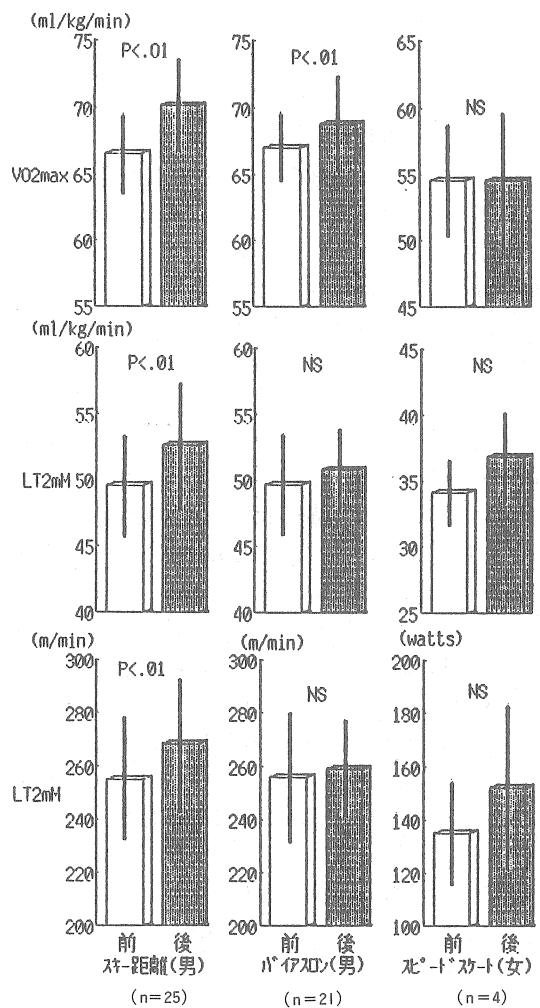


図3 スキー距離(男子)、バイアロン(男子)、スケート(女子)選手の夏トレーニング前後の $\dot{V}O_2\max$ と LT の平均値 \pm SD の比較

グを実施していない非鍛錬者を対象に行われているものが多い。Hurleyら(1984)は、8人の非鍛錬者が12週間トレーニングを続けたとき、 $\dot{V}O_2\max$ は26%増加し、 $\dot{V}O_2$ -LT2.5mmol/lは39%増加した、と報告している。GaesserとPoole(1986)は、非鍛錬者6人を対象に70~80% $\dot{V}O_2\max$ で30分間、週6日の頻度で3週間トレーニングしたところ、 $\dot{V}O_2\max$ は11.1%増加したのに対して、LTは29.3%の増加であった。Casaburiら(1987)も、10人の若い非鍛錬者を対象に、1日45分間、週5日の頻度で8週間トレーニングを行わせ、 $\dot{V}O_2\max$ が15%増加したのに対して、AT(ml/kg/min)は38%の増加であった、と報告している。Denisら(1988)が9人の医学生を対象に、70~80% $\dot{V}O_2\max$ 強度で1日30分間、週4日の頻度で20週間トレーニングを継続させたとき、 $\dot{V}O_2\max$ の18.0%増加に対し、AeTが32%、AnTが24%増加した。Davisら(1979)らは、日常非活動的な中高年男性9人を対象にトレーニング実験を行っているが、1日45分間、週4.1の頻度で9週間続けたところ、 $\dot{V}O_2\max$ (l/min)は25%増加したのに対し、AT(l/min)は44%増加したという。

非鍛錬者を対象とするこれまでの報告結果をまとめると、 $\dot{V}O_2\max$ とLTへのトレーニング効果は前者が10~25%、後者が30~40%増加することが見込まれる。ここで特に注目されるのは、 $\dot{V}O_2\max$ よりLTへのトレーニング効果がより大きいということである。

一方、競技者を対象にした実験結果は比較的少ないが、Tanakaら(1986)は長距離ランナーについて、競技成績の変化が、 $\dot{V}O_2\max$ の変化よりLTの変化により密接に関連することを報告し、Sjodinら(1982)も長距離ランナーの $\dot{V}O_2\max$ が変わらないときも、OBLA(4mmol/l乳酸閾値)が向上していることを観察している。両研究の対象は、いわば平均的水準の競技選手が対象であったが、ここでもやはり $\dot{V}O_2\max$ よりATの方がトレーニング効果をより鮮明に反映している傾向がうかがわれる。

一流競技選手のトレーニング継続中の $\dot{V}O_2\max$ とATを追跡測定した報告例は少ないが、Martinら(1986)は、アメリカのオリンピック代表であ

る長距離ランナーを対象に、追跡測定した結果を報告している。オリンピックへ向けての2年間におけるトレーニング期間中、 $\dot{V}O_2\max$ では有意な変化はみられず、増加したものの6例(平均4.6%)、低下したものの4例(平均4.4%)であった。これに対しAT(% $\dot{V}O_2\max$)では、5.6%の有意な増加を示した。このとき、競技成績も向上したという。本研究結果から、一流競技選手においても、トレーニング効果は $\dot{V}O_2\max$ よりATに現れやすいことを示唆している。ただし、残念ながら、本報告例ではAT表示が% $\dot{V}O_2\max$ に限られ、走スピードあるいは $\dot{V}O_2$ に関する値は記載されていない。

以上、従来の報告例から、ATへのトレーニング効果は $\dot{V}O_2\max$ 以上に大きいと考えられるが、本研究結果もこれを支持するものであった。すなわち234対の測定例が得られたうち、 $\dot{V}O_2\max$ および $\dot{V}O_2$ -LT4mmol/lは顕著な変化を示さなかったのに対し、 $\dot{V}O_2$ -LT2mmol/lは有意に増加していた。

また、測定期間中の各被験者の測定値の変動幅でも、 $\dot{V}O_2\max$ ($\pm 3\%$)、 $\dot{V}O_2$ -LT4mmol/l($\pm 4\%$)より、 $\dot{V}O_2$ -LT2mmol/l($\pm 6\%$)の方が大きくなっていった。LTの変動で、LT-2mmol/lの方がLT-4mmol/lより変化率が大きかったことについて、Denisら(1988)も同様の傾向を観察している。彼らの結果では、AnT(血中乳酸4mmol/l)よりAeT(安静水準から血中乳酸が1mmol/l上昇した点)でよりトレーニング効果が大きかった。

さらに本研究結果では、 $\dot{V}O_2\max$ とLTとの相関関係で、絶対値、トレーニングにともなう変化量、各選手の変動幅と、いずれについても有意な相関関係にあったが、とくにLT-4mmol/lよりLT-2mmol/lで $\dot{V}O_2\max$ との相関係数がより低くなっていることは興味深い。

$\dot{V}O_2\max$ とATはともに有酸素性作業能の有力な指標であり、我々のこれまでの研究結果からも両者は密接に関連していることが明らかにされた⁶⁾。他方、両者は異なる生理学的背景を反映しているとも言われ、本研究結果及び従来の研究結果から判断すると、鍛錬者であれ非鍛錬者であれ、ATが $\dot{V}O_2\max$ 以上にトレーニング効果を鋭敏に反映し得る可能性も示唆されるところである。そして、おなじAT(LT)でも乳酸水準の低い閾値(本研

究では LT-2mmol/l) の方に、よりその傾向が強いと推察される。

このように、LT、ことに乳酸水準の低い閾値が $\dot{V}O_2\max$ と異なる生理的機能を反映している可能性があるところから、持久的スポーツ選手がトレーニング効果を評価する目的で体力測定を活用しようとする場合、両者を併用することがより効果的であると考えられる。また、先の Gaesser と Poole の実験では、LT と VT のトレーニング効果を比較しているが、トレーニングで LT が有意に増加したのに対し、VT に増加がみられなかった。同様の結果は、Thomas ら (1985) の実験にもみられる。これらの結果から判断する限り、スポーツ選手がトレーニング効果の評価に AT を活用するという場合、LT がより推奨されることになる。

2) トレーニング効果を判定する尺度としての $\dot{V}O_2\max$ と AT

冬季種目の選手は体力測定に関して比較的関心が高いようである。冬季競技種目ではシーズン制が明確に区分されており、それにともないトレーニング内容も顕著に変化する。そのため、シーズンの変わり目で体力の状況を把握したり、トレーニング効果を適宜評価しておく必要があるからだろう。

本研究においても、冬季種目の選手のなかに、測定値に一定傾向の変動周期がみられ、注目された。すなわち、冬季種目では冬の試合シーズンが終了すると、多くの選手は1カ月前後の休養期間をおくが、この時期に有酸素性作業能は著しく減少している例が認められた。その後、夏季トレーニングを経て、再び冬の試合シーズンに望むが、この夏季トレーニングによって $\dot{V}O_2\max$ 並びに LT 値が再び増加していたのである。

またこの傾向には、種目による違いも観察された。距離スキー、バイアスロン、スケートの3種目で比較したところ、距離スキーで特に顕著にみられ、夏季トレーニングで $\dot{V}O_2\max$ を5.4%、 $\dot{V}O_2$ -LT2mmol/l を6.0%増加させていた。

Astrand と Rondahl (1970) も、同じく距離スキー選手について類似した傾向を観察している。オリンピック・メダリストである一流スキー距離

選手について、一定の亜最大運動を課したときの心拍数を数年間にわたり継続測定した結果、やはり夏季トレーニングを進める過程で、心拍数が漸次低下して、全身持久性の向上して行く傾向が観察されている。

一方、本研究で対象となったスケート選手も2~4年間にわたり測定継続しているが、スキー距離選手と同様、シーズン終了後に休養期間をおいた後、夏季トレーニングを実施している。しかし $\dot{V}O_2\max$ 、LT 値ともに平均値としては夏季トレーニングによる顕著な増加が観察されていない。この違いは、個々の選手の体調などが複雑に関与し、一義的には判断できないであろうが、夏季トレーニングそのものの質的、あるいは量的な違いを反映していることも、十分考えられよう。

スケート選手では有酸素的作業能だけでなく、無酸素的作業能、スピード、パワーといった総合的な体力が要求され、したがってそのトレーニングにも多様な内容が盛り込まれることになるだろう。従って、トレーニング効果のでかたも個人によって異なり、平均値としては相殺され、顕著な差にならなかったとも考えられよう。

一方、距離スキーでは、夏季トレーニングは全身持久力を向上させることが主目的になっており、その効果がそのまま平均値の増加に表れたと思われる。加えて、春季のトレーニング休止ならびに夏季のトレーニング再開という、いわばトレーニング刺激の大幅な格差の影響が、高い有酸素性作業能を有しているだけに、平均値に如実に出たとも考えられる。

本研究では、トレーニング内容に関する資料がない。トレーニング内容と $\dot{V}O_2\max$ 並びに AT の変化との関係を詳細に分析して行くことが、今後の研究課題である。このことが明らかにされてはじめて、 $\dot{V}O_2\max$ や AT といった体力測定の結果がトレーニング効果の判定や、トレーニング処方に結び付いてくるものと考えられる。

ま と め

1. 男子7種目82人、女子6種目31人、合計113人の比較的競技レベルの高いスポーツ選手を対象に、トレーニングにともなう $\dot{V}O_2\max$ 並びに LT

の変化について検討した。

2. 延べ231×2回の測定例において(測定間隔は平均250±180日)、 $\dot{V}O_2$ max および $\dot{V}O_2$ -LT4 mmol/l はトレーニング期間中顕著な変化をみせなかったが、 $\dot{V}O_2$ -LT2mmol/l は有意に増加した(1.05±4.81ml/kg/min, 3.11%, $P < 0.01$)。また、各被験者の測定値の変動幅でも、 $\dot{V}O_2$ max (±3%) $\dot{V}O_2$ -LT4mmol/l (±4%) より $\dot{V}O_2$ -LT2mmol/l (±6%) が大きかった。
3. $\dot{V}O_2$ max と LT の変化量は密接に関連し、 $\dot{V}O_2$ -LT, V-LT のいずれにも有意な相関関係が認められた。また、V-LT より $\dot{V}O_2$ -LT で、2mmol/l より4mmol/l の LT でより高い相関係数が得られた。V-LT2mmol/l と $\dot{V}O_2$ -LT4mmol/l では、前者が $r = 0.294$ に対し、後者は $r = 0.67$ であった。
4. 以上の結果から、LT は $\dot{V}O_2$ max 以上にトレーニング効果を鮮明に反映し得る可能性が示唆された。また $\dot{V}O_2$ max と LT, 特に乳酸水準の低い閾値とは異なる生理的機能を反映することが考えられ、両者を併用して活用することがより効果的と考えられた。
5. 冬季競技では、測定時期によって測定値に一定の変化傾向が観察された。試合シーズン終了後の春に測定値が低下、夏季トレーニング後の秋に再び増加する傾向を示した。また、この傾向は距離スキーで特に顕著にみられた。こうした種目による違いは、夏季トレーニングの質的、量的違いを反映しているものと推察された。トレーニング内容と $\dot{V}O_2$ max 並びに AT の変化との関係を詳細に分析して行くことが今後の研究課題である。

文 献

- 1) Astrrand PO and K Rodahl (1977) : Textbook of work physiology. McGraw Hill. New York
- 2) Casaburi R et al (1987) : Effect of endurance training on possible determinants of $\dot{V}O_2$ during heavy exercise. J Appl Physiol 62(1) : p199-207
- 3) Davis JA et al (1979) : Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. J Appl Physiol 46(6) : p1039-1046
- 4) Gaesser GA & DC Poole (1986) : Lactate and ventilatory thresholds : disparity in time course of adaptation to training. J Appl Physiol 61(3) : p999-1004
- 5) Hurley BF et al (1984) : Effect of training on blood lactate levels during submaximal exercise. J Appl Physiol 56 (5) : p1260-1264
- 6) 伊藤静夫ほか(1989) : スポーツ選手の AT に関する研究—第5報 各種スポーツ選手の LT について—。平成元年度日体協スポーツ医・科学研報告
- 7) Martin DE et al (1986) : Physiological changes in elite male distance runners training. Physician and Sport Med 14 (1) Jan 86 : p152-167
- 8) Sjodin B et al (1982) : Changes in the onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. Eur J Appl Physiol 49 : p45-57
- 9) Thomas SG et al (1985) : Exercise training and "ventilation threshold" in elderly. J Appl Physiol 59 (5) : p1472-1476

平成2年度 財団法人日本体育協会
スポーツ科学専門委員会

委員長 長沼 健 (東海大学)
委員 浅見 俊雄 (東京大学)
" 大山 喬史 (東京医科歯科大学)
" 小野 秀夫 (道議会議員)
" 加賀 秀夫 (お茶の水女子大学)
" 嘉戸 脩 (東京学芸大学)
" 川原 貴 (東京大学)
" 北田 韶彦 (日本体育大学)
" 武安 義光 (科学技術庁)
" 原 整郎 (イビテン)
" 本宿 尚 (藤田総合病院)
" 馬飼野正治 (日本体育会)
" 村田 光範 (東京女子医科大学)

平成2年度 財団法人日本オリンピック委員会
選手強化本部スポーツ科学委員会

委員長 黒田 善雄 (順天堂大学)
委員 青木純一郎 (順天堂大学)
" 浅見 俊雄 (東京大学)
" 石井 喜八 (日本体育大学)
" 猪俣 公宏 (上越教育大学)
" 加賀谷淳子 (日本女子体育大学)
" 勝田 茂 (筑波大学)
" 金子 公宥 (大阪体育大学)
" 川原 貴 (東京大学)
" 小林 修平 (国立健康・栄養研究所)
" 高沢 晴夫 (横浜市立港湾病院)
" 武藤 芳照 (東京大学)
" 渡部 和彦 (広島大学)

財団法人 日本体育協会 スポーツ科学研究所

塚越 克己 金子 敬二
雨宮 輝也 加藤 守
伊藤 静夫 原 孝子

平成2年度 財団法人 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集

編集代表者 長沼 健 黒田 善雄
発行者 戸村 敏雄
平成3年3月31日 発行

発行所 財団法人 日本体育協会
東京都渋谷区神南1-1-1

T E L (03) 3481-2240

