

ラグビー競技者の高所順応トレーニングの作業能に及ぼす影響

浅野 勝己・岡本 三郎*・正岡 俊文**
水野 康**・熊崎 泰仁***

Effects of simulated high altitude training on work capacity in rugby players

Katsumi ASANO, Saburo OKAMOTO*, Toshihumi MASAOKA**,
Kou MIZUNO **, Yasuhito KUMAZAKI***

The purpose of this study is to elucidate the effects of training at 1,500m simulated altitude on aerobic work capacity in rugby players.

Differences between the effects of training at sea level and at 1,500m simulated altitude on work capacity were investigated in 11 male rugby players aged 18-21 years who trained for 8 weeks, 3 sessions per week, each session consisting of cycling for 30 min ($75\% \dot{V}O_2\max$) continuously. Six subjects, the altitude training group (Experimental group, EG), trained in a hypobaric simulator (634 Torr; 1,500m above sea level), and the other five at sea level (Control group, CG). Before and after training work capacity including $\dot{V}O_2\max$, OBLA- $\dot{V}O_2$, -heart rate (HR), -Work load (WL), exhaustion time and total work were tested at sea level by an incremental cycle ergometry until exhaustion. Venous blood sample were taken during maximal ergometry and before and after 30 min cycling training at every 5 sessions.

Results were summarized as follows:

- 1) $\dot{V}O_2\max$ in sea level after training showed no significant increase in both groups and also there was no difference in $\dot{V}O_2\max$ between EG and CG.
- 2) Blood lactate concentration at a given submaximal work load was significantly more reduced after training in EG than CG. Therefore, OBLA-HR and OBLA-WL in EG exhibited a significant increase of 5.8% and 17.2%, while CG showed an almost the same value in OBLA-HR and a significant increase of 10.2% in OBLA-WL after training.

OBLA- $\dot{V}O_2$ in EG after training showed a tendency of 6.2% increase, while the value in CG was almost the same.

- 3) EG showed a significant increase of 18.4% in exhaustion time and 39.5% in total work after training, while CG showed a tendency of increase of 14.6% and 24.4%, respectively.

From these results, it might be concluded that work capacity at sea level was at least as much improved by 1,500m altitude as by sea level training and these improvement in OBLA and work capacity by altitude training was accompanied by decreased glycolytic capacity.

Key Words : High altitude training, OBLA, $\dot{V}O_2\max$, Total work, Exhaustion time

* 筑波大学付属聾啞学校

** 筑波大学大学院体育科学研究科

*** 筑波大学研究生

I. はじめに

高所トレーニングの平地での競技力向上への貢献の可能性については、とくに選手やコーチの関心事であり、強化合宿を標高1,000~1,500mの菅平高原や美ヶ原高原などで行う例が多い。

しかし、従来の高所トレーニングの効果に関する研究は、2,000~3,000m以上の高所におけるトレーニングの高所および平地での作業能に及ぼす検討が多く、2,000m以下における研究は極めて少ない⁹⁾¹⁴⁾。したがって1,500m程度の高所における持久性トレーニングの生理的影響については、十分に解明されていないのが実状である。

そこで本研究は、ラグビー競技者について低圧シミュレーターを用い、1,500m相当高度の低圧低酸素環境において、1回、30分間のサイクリングを週3回、8週間にわたり継続する高所順応トレーニングを行い、その作業能に及ぼす影響を検討するものである。

II. 研究方法

1) 被検者

筑波大学ラグビー部に所属している18-21才の男子ラグビー競技者11人を被検者とした。その身体特性および常圧下の最大作業能について表1お

よび表2に示した。

被検者を低圧環境下(1,500m相当高度, 634 Torr)でトレーニングを行う実験群と、常圧下(sea level, 760 Torr)でトレーニングを行う対照群に分け、両群のトレーニング前後について比較した。なおトレーニング前の両群の形態および最大作業能は、共にほぼ同等の水準にあった。

2) 測定項目および方法

両群のトレーニング前後に、次の項目について常圧下で測定した。

(1) 最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\max$): モナーク社製自転車エルゴメーター(60rpm)を用い、負荷漸増法による最大作業を行わせた。すなわち60wattより開始し、2分毎に15wattずつ漸増し、心拍数170拍/分以上よりダグラスバッグ法による連続採気を行いexhaustionに至らしめた。呼気ガス(FeO_2 , $FeCO_2$)の分析には、標準ガスにより校正した質量分析計(Perkin-Elmer社製MGA-1100)を用いて行い、換気量は乾式ガスメーターにより測定した。

(2) 血中乳酸濃度(HLa)および血液性状: HLaの測定は、安静時、作業中(2分毎)、最大作業終了直後および回復3分目に指尖より毛細管に採血し、Lactate analyzer(YSI社製, Model 23L)

Table 1 Physical characteristics in subjects

Subjects (male)	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BSA (m ²)	Skinfolds Triceps(mm)	thickness Subscap(mm)	%Fat (%)
Experimental Group							
K.Se	19	167.0	60.2	1.63	10.2	10.0	13.8
T.F	20	169.4	62.7	1.68	6.5	9.5	11.8
K.N	20	182.2	79.6	1.96	10.6	10.7	14.2
K.O	20	176.3	69.4	1.80	7.5	10.5	12.7
M.M	20	169.5	69.0	1.75	12.0	11.5	15.3
K.Si	21	168.0	63.8	1.68	8.0	7.5	11.0
(mean)	20	173.1	67.5	1.75	9.1	9.9	13.2
(SD)	0.6	5.4	6.4	0.11	1.9	1.3	1.3
Control Group							
T.T	18	172.5	63.4	1.71	9.0	10.0	13.2
K.T	19	178.4	63.5	1.74	5.0	8.5	10.7
K.Y	20	171.3	76.5	1.84	10.5	18.5	17.0
S.K	20	183.7	84.2	2.02	9.0	11.5	13.9
M.O	20	178.8	72.2	1.85	8.5	9.0	12.5
(mean)	19	176.9	72.1	1.83	8.4	11.5	13.6
(SD)	0.8	4.5	8.1	0.11	1.8	3.6	2.4

Table 2 Work capacity at sea level in subjects

Subjects (male)	$\dot{V}O_2$ max (l/min)	$\dot{V}O_2$ max (ml/kg/min)	HRmax (bpm)	$\dot{V}O_2$ (l/min)	% $\dot{V}O_2$ max(%)	OBLA HR(bpm)	LAmx(mmol/l)
Experimental Group							
K.Se	3.35	55.7	195	2.12	63	150	9.7
T.F	3.63	57.8	188	2.82	78	160	9.6
K.N	3.86	48.5	187	3.26	84	168	7.1
K.O	4.38	63.1	188	3.80	87	170	10.3
M.M	4.01	58.2	185	3.42	85	170	7.3
K.Si	3.57	56.0	187	2.96	83	166	8.0
(mean)	3.80	56.6	188.3	3.06	80.0	164.0	8.7
(SD)	0.33	4.3	3.2	0.53	8.1	7.1	1.3
Control Group							
T.T	3.46	54.5	195	3.02	87	180	7.2
K.T	3.41	53.7	201	2.76	81	175	9.5
K.Y	3.89	50.9	191	3.40	87	175	7.6
S.K	4.89	57.7	187	3.56	73	150	10.3
M.O	3.78	52.3	193	3.14	83	174	9.5
(mean)	3.88	53.8	193.4	3.18	82.2	170.8	8.8
(SD)	0.54	2.3	4.6	0.28	5.2	10.6	1.2

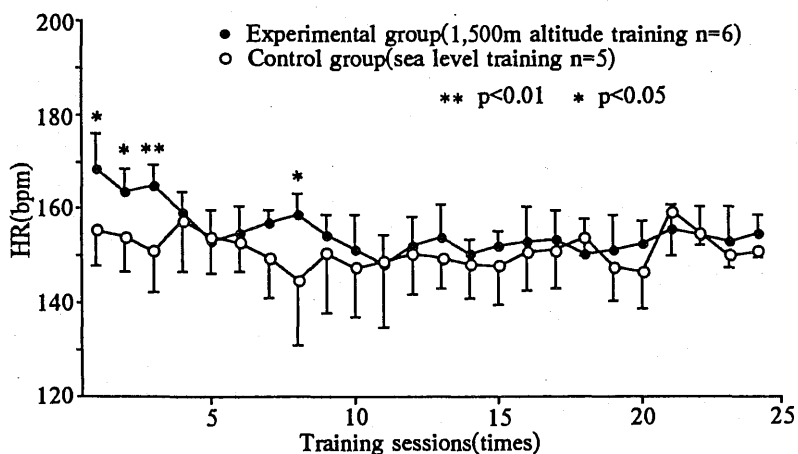


Fig. 1 Changes in mean heart rate with S.D, during 30 min cycling at altitude and sea level training.

により行った。また赤血球数 (RBC), 白血球数 (WBC), 血色素 (Hb) および血球容積比 (Ht) の測定のために, 安静時および作業終了3分後に前腕正中皮静脈より2ml採血し, 自働血球分析計 (東亜医用電子シスメックス社製E-300) を用いて分析した。またトレーニング期間中の5セッション毎に計6回にわたり, 両群とも常圧および1,500m相当高度での安静時およびサイクリング

終了3分目に採血し分析を行った。

(3) 高所順応トレーニング: 筑波大学体育科学系環境制御装置 (61m³容量, 島津製作所製, 環境温20°C, 相対湿度60%) を用い, 1,500m相当高度 (634Torr) および常圧下 (760Torr) において各群のトレーニングを行った。すなわち1988年10月初旬より12月初旬までの8週間にわたり, 1回, 30分間のサイクリングを週3回継続した。トレー

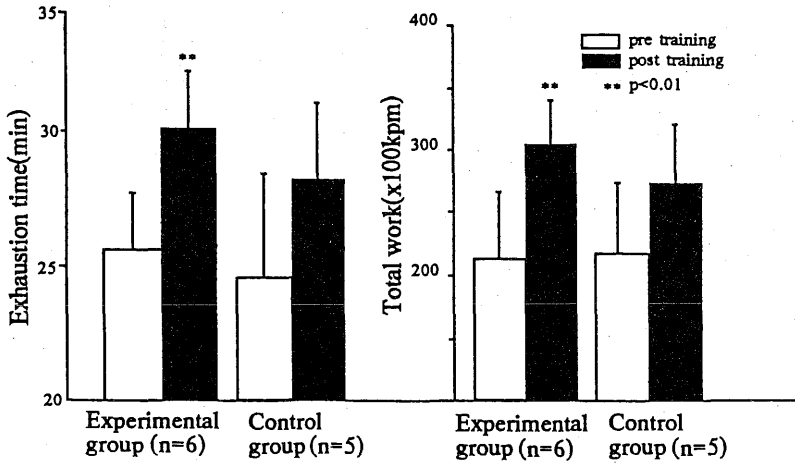


Fig. 2 Changes in exhaustion time and total work at sea level before and after training.

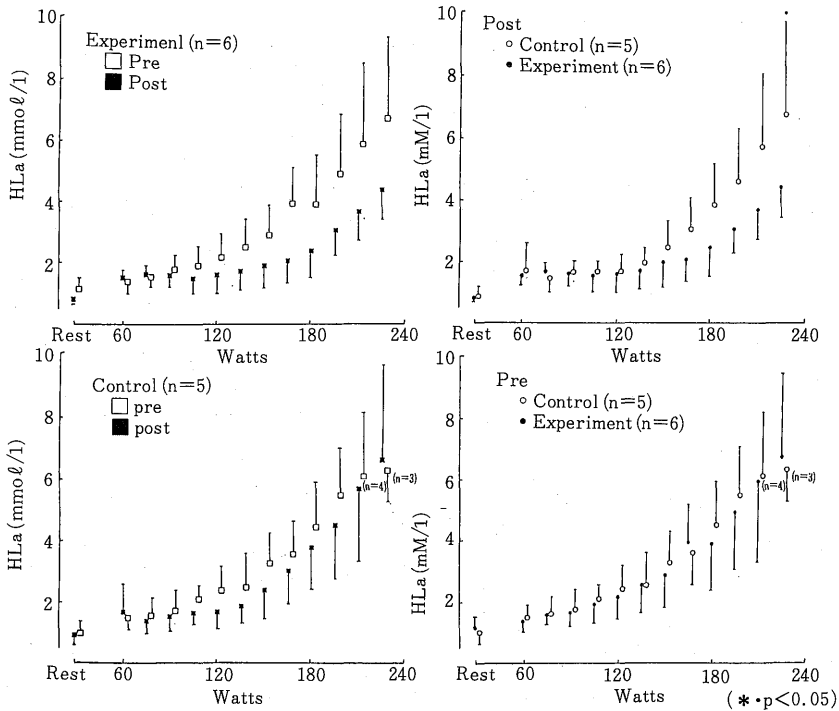


Fig. 3 Changes in HLa during submaximal and maximal work at sea level before and after training

Table 3 Changes in oxygen uptake and HLa during maximal work at sea level before and after training

Subjects	$\dot{V}O_2\text{max}$ (l/min)		$\dot{V}O_2\text{max}$ (ml/kg/min)		HLa max (mmol/l)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Experimental.G (n=6)						
K.Se	3.35	3.48	55.7	57.9	9.7	8.7
T.F	3.63	3.74	57.8	58.4	9.6	10.2
K.N	3.86	4.38	48.5	54.0	7.1	8.7
K.O	4.38	3.92	63.1	57.0	10.3	7.2
M.M	4.01	4.06	58.2	55.2	7.3	6.3
K.Si	3.57	4.05	56.0	62.2	8.0	8.7
(mean)	3.80	3.94	56.6	57.5	8.67	8.25
(SD)	0.33	0.28	4.34	2.61	1.25	1.23
Control.G (n=5)						
T.T	3.46	3.74	54.5	56.6	7.2	9.0
K.T	3.41	3.60	53.7	56.7	9.5	10.9
K.Y	3.89	3.91	50.9	50.1	7.6	7.3
S.K	4.89	4.79	57.7	56.2	10.3	8.8
M.O	3.78	4.32	52.3	56.4	9.5	10.2
(mean)	3.88	4.07	53.8	55.2	8.82	9.24
(SD)	0.54	0.43	2.3	2.6	1.20	1.24

ニング強度は、モナーク社製エルゴメーター (60rpm) による $75 \pm 7\% \dot{V}O_2\text{max}$ ($83 \pm 5\% \text{HRmax}$, 159 ± 10 拍/分) であった (Fig. 1)。

なお実験群での減圧および復圧速度は、 $10 \sim 20 \text{Torr/min}$ であり、 $1,500\text{m}$ 相当高度における滞留時間は平均約 1 時間であった。

III. 結 果

1) トレーニング中の心拍数変化:

図 1 は両群の 24 回にわたる各トレーニング中の 30 分間サイクリング時の平均心拍数の変動を、比較して示したものである。最初の 5 回目までは両群とも $160 \sim 170$ 拍/分の比較的高い心拍を示し、実験群で約 10 拍高い傾向にある。しかし 5 回目以後では両群とも約 155 拍/分の水準を維持し、両群のトレーニング強度はほぼ同等であったと考えられる。

2) $\dot{V}O_2\text{max}$: 本トレーニング前後の各群の $\dot{V}O_2\text{max}$ は、実験群で平均 3.80l/min すなわち 56.6ml/kg/min より 3.94l/min すなわち 57.5ml/kg/min で 3.7% および 1.6% の増加傾向を示した。また対照群では平均 3.88l/min すなわち

Table 4 Changes in OBLA— $\dot{V}O_2$, OBLA—HR, and OBLA—WL during maximal work at sea level before and after training

Subjects	OBLA— $\dot{V}O_2$ (l/min)		OBLA—HR (beats/min)		OBLA—WL (watt)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Experimental.G (n=6)						
K.Se	2.12	2.90	150	180	135	197
T.F	2.82	2.98	160	170	171	197
K.N	3.26	3.72	168	172	191	231
K.O	3.80	3.31	170	177	225	242
M.M	3.42	3.25	170	165	203	215
K.Si	2.96	3.31	166	177	195	231
(mean)	3.06	3.25	164.0	173.5*	186.7	218.8**
(SD)	0.53	0.27	7.1	5.1	28.1	17.3
Control.G (n=5)						
T.T	3.02	3.29	180	178	149	176
K.T	2.76	2.76	175	175	147	168
K.Y	3.40	3.33	175	179	215	231
S.K	3.56	3.50	150	153	198	229
M.O	3.14	3.17	174	168	180	176
(mean)	3.18	3.21	170.8	170.6	177.8	196.0*
(SD)	0.28	0.25	10.6	9.6	26.7	27.9

(* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

53.8ml/kg/min より 4.07l/min すなわち 55.2ml/kg/min で 4.9% および 2.6% の増加傾向にあり、両群ともトレーニング前後の有意差は認められなかった (表 3)。

3) 最大作業時間および総作業量:

本トレーニング前後の両群の最大作業時間と総作業量について、比較して示したのが図 2 である。最大作業時間では実験群で平均 25.5 分から 30.2 分へ 18.4% の有意 ($P < 0.01$) な増加を示したが、対照群では平均 24.6 分から 28.2 分へ 14.6% の増加傾向で有意な増加ではなかった。また総作業量では実験群で平均 $215.6 \times 10^2 \text{kpm}$ から $300.7 \times 10^2 \text{kpm}$ へ 39.5% の有意 ($P < 0.01$) な増加を示したが、対照群では、平均 $216.5 \times 10^2 \text{kpm}$ から $269.3 \times 10^2 \text{kpm}$ へ 24.4% の増加傾向で有意な増加ではなかった。

4) 血中乳酸濃度 (HLa) と無氣的作業閾値 (OBLA):

本トレーニング前後の最大作業の負荷漸増時に、2 分毎の HLa 変化を両群について比較したもの、

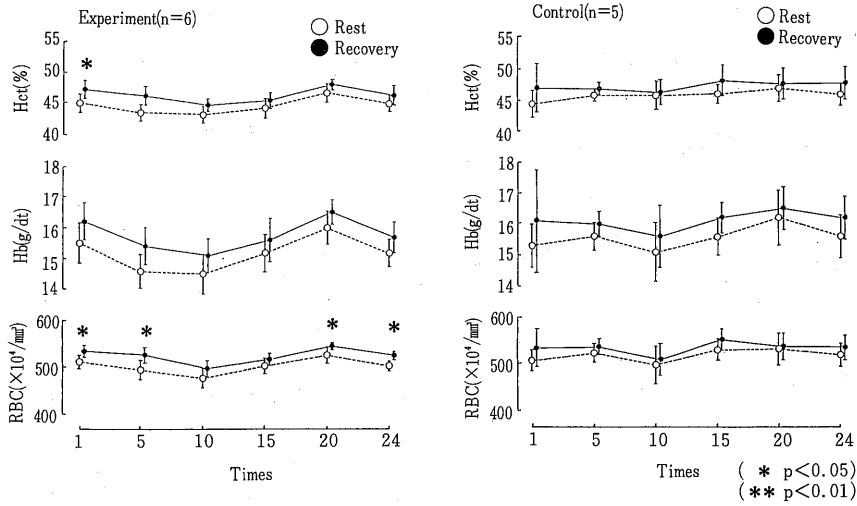


Fig. 4 Changes in RBC, Hb, and Hct during the term of training.

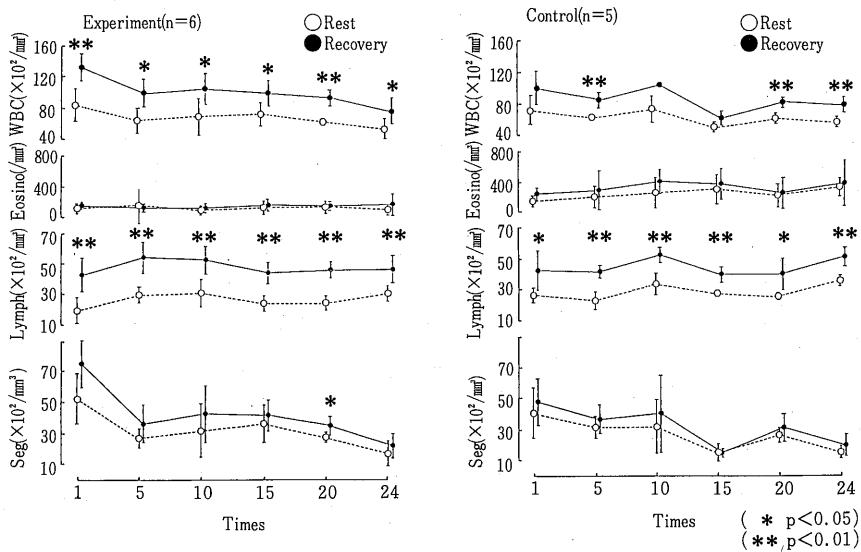


Fig. 5 Changes in WBC, Eosino, Lymph, and Seg during the term of training.

およびトレーニング前後について比較したのが図3である。すなわちトレーニング後の実験群では約120wattから対照群に対しHLAが減少傾向を示し、225watt時に約34%の減少傾向にあった。

一方、対照群ではトレーニング後に100~190wattでやや減少傾向を示すが、トレーニング前値とほぼ同等であった。つぎにOBLA (onset of blood lactate accumulation, 4mmol/l)における

Work load(WL), OBLA-WLをみると、実験群では平均186.7wattから218.8wattへ17.2%の有意増(P<0.01)を示したのに対し、対照群では平均177.8wattから196.0wattへ10.2%の有意増(P<0.05)で、実験群の増加率が対照群を7%上回っている。つぎにトレーニング前後について両群を比較すると、トレーニング前では両群とも負荷漸増に伴うHLA上昇はほぼ同等である。一方、

トレーニング後では実験群は135wattから対照群に比較し、負荷漸増に伴いHLaの低減傾向を示し、225wattでは対照群に対し約2 mmol/l低く、約35%の有意な減少 ($P < 0.05$) を示している。

つぎにHLaの4mmol/lを示す時点での $\dot{V}O_2$ およびHRを、OBLA- $\dot{V}O_2$ およびOBLA-HRとして検討する。すなわち各群のOBLA- $\dot{V}O_2$ とOBLA-HRについて、トレーニング前後の個人値および平均値を示したのが、表4である。

まずOBLA- $\dot{V}O_2$ は、実験群で平均3.06l/minから3.25l/minへ6.2%の増加傾向を示したが、対照群では平均3.18l/minから3.21l/minとほぼ同等の値であった。つぎにOBLA-HRでは、実験群では平均164.0拍/分から173.5拍/分へ5.8%の有意増 ($P < 0.05$) を示したのに対し、対照群ではトレーニング前後とも平均171拍/分であり、変化は認められなかった。

5) トレーニング期間中の血液性状：

8週間のトレーニング期間中の6回にわたり、安静時および30分間のサイクリング後回復3分目の血液性状について、両群を比較したのが図4と図5である。まずRBCとHbは、両群とも安静とサイクリング後において10回目(約3週間目)まで減少し、その後漸増傾向を示した。とくに実験群では、10回目までの減少率は対照群よりも大きい傾向にあり、その後20日目(約6週目)にかけて実験群の増加率が対照群を上回る傾向を示している。しかしその増加量は約 $30 \times 10^4 / \text{mm}^3$ および約0.5g/dlで、最高値は両群ともほぼ同等であった。一方、Htは実験群ではRBCとHbの傾向と同様に、10回目まで減少し20回目にかけて増加する傾向にある。しかし対照群では、安静時およびサイクリング後共にトレーニング期間中ほぼ同等の値を示している。

WBCについては両群とも各回の安静時およびサイクリング後の値は、トレーニングの進行に伴い減少傾向を示したが、とくにサイクリング後では実験群が対照群より著しく減少した。すなわち実験群の1回目、サイクリング後の平均 $131.2 \times 10^2 / \text{mm}^3$ から24回目の $73.4 \times 10^2 / \text{mm}^3$ へ約60%と有意に減少したが、対照群では平均 $101.1 \times 10^2 / \text{mm}^3$ から $79.2 \times 10^2 / \text{mm}^3$ へと約22%の減少傾向にとどまった。

つぎにWBCを好酸球数(Eosino)と好中球の

分節核球数(Seg)の内容から検討したい。まずEosinoは実験群で各回とも安静時とサイクリング後に $120 \sim 130 / \text{mm}^3$ でほぼ一定値を示すが、対照群ではトレーニングと共に漸増し、実験群の約2倍に達している。つぎにSegでは両群とも安静時およびサイクリング後で漸減を示し、24回目には1回目の値の約65%に低下した。一方、リンパ球数(Lymph)は、両群ともトレーニングにより漸増傾向を示した。すなわち実験群の安静値は平均 $19.5 \times 10^2 / \text{mm}^3$ から $30.0 \times 10^2 / \text{mm}^3$ へ、対照群で平均 $25.4 \times 10^2 / \text{mm}^3$ から $35.3 \times 10^2 / \text{mm}^3$ へ、それぞれ約54%および39%の有意な増加を示した。またサイクリング後の値についても、両群とも約6%および17%の増加傾向にあった。またトレーニング期間中のサイクリング後の値は、実験群の方が対照群より高値を示した。

IV. 考 察

本研究において、トレーニング高度を比較的低い1,500m相当高度に設定した理由は、 $\dot{V}O_{2\max}$ の低減開始高度の約1,200m¹⁷⁾よりやや高く、高山病症状の出現がほとんどなく、合宿トレーニングに多く利用される高度だからである。つぎにラグビー競技者を対象としたのは、ラグビー競技が、ダッシュ、スクラム、モールおよびラックなどの無氣的作業能の発揮を中心に80分間継続されるものであり、一方競技中の平均心拍数は160拍/分以上を示し、 $\dot{V}O_{2\max}$ の60~80%の有氣的作業能を同時に要求される競技特性¹³⁾¹⁹⁾を有している点にある。すなわち当競技者の競技力向上の為には、 $\dot{V}O_{2\max}$ の60~80%に相当する無氣的作業閾値(OBLA- $\dot{V}O_2$)の改善が必須であると考えられる。そこでこの無氣的作業閾値の向上の為に、本トレーニングが貢献し得る可能性を検討しようとしたものである。

トレーニング強度は、当競技者のOBLA- $\dot{V}O_2$ maxである80~82% (OBLA-HR: 164~171拍/分)よりもやや低い約75% $\dot{V}O_{2\max}$ (158.6拍/分)の水準で行った。この作業強度で30分間のサイクリングを、週3回の頻度で、常圧下および1,500m相当高度で行ったが、従来より指摘されているトレーニング刺激³⁾としては、必要条件に達しているものと考えられる。

つぎにトレーニング期間については、日本における高所トレーニング研究の成果¹⁾²⁾⁹⁾¹⁰⁾および

Dill¹¹⁾の指摘のとおり、2,000~2,500mでの高所トレーニングに必要な期間は少なくとも2~3週間とする報告¹²⁾¹⁶⁾に従った。すなわち本研究では、週3回で8週間継続することとし、1,500m相当高度におけるトレーニング群(実験群)と、常圧下のトレーニング群(対照群)についてトレーニング効果を比較検討した。

まず本研究ではトレーニング後の常圧下での両群の $\dot{V}O_2\max$ は、3.2~4.9%の増加傾向にあり、両群間に有意差は認められなかった。トレーニング期間中のHbは、両群とも10回目(約2週間目)まで減少傾向を示し、その後漸増しているが、ピーク値はトレーニング前値より約0.5g/dlの増加にとどまっている。この程度の増加では、 $\dot{V}O_2\max$ の有意な改善には至らなかったものと考えられる。

浅野ら⁷⁾の4,000m相当高度で、1回に30分間の走行トレーニング(70~80% $\dot{V}O_2\max$)を、週3回で約10週間継続した中・長距離走者の高所トレーニングにおいても、常圧下のOBLA- $\dot{V}O_2$ の増加は認められたが、常圧下の $\dot{V}O_2\max$ には変化は認められなかった。またRBCおよびHbについても明らかな変化はなかったが、10,000m走行記録では約5%の有意な改善を認めている。

本研究の最大作業時間は、実験群で18.4%の有意な増加を示したが、対照群は14.6%の増加傾向にとどまり、実験群での作業能の明らかな改善が認められた。さらに総作業量でも実験群は、対照群の24.4%に対し、39.5%の有意増を示している。これらの結果は、1,500m相当高度(大気圧:634Torr, 肺泡気酸素分圧:82Torr)すなわち平地の約20%の低圧低酸素環境下において、8週間にわたる計24回の30分間のサイクリングを行った高所順応トレーニングが、常圧下における同一強度トレーニング群に比べ、作業能の改善をもたらしたことを示唆している。

Potts¹⁵⁾は、1,646mの高地に居住しトレーニングを実施している長距離走者が、平地で自己記録の更新をみたことを報じている。また日本での最初の高地トレーニング研究⁹⁾(1961年8月、霧ヶ峰(1,600m)での1ヶ月間の高地トレーニング)では、中長距離選手とマラソン選手の計18人中13人が下山後にトレーニング前の記録を更新し、そのうち12人が自己新記録を樹立するという成果を得ている。またTerradosら¹⁸⁾は一流競輪選手を用いて2,300m相当高度で1回60~90分間のサイク

リング(65~70% $\dot{V}O_2\max$)を週3~4日で3~4週間継続し、常圧下トレーニング群と比較している。その結果、常圧下の最大作業能は高所トレーニング群で12%の有意増を示したのに対し、対照群は7%と有意な増加ではなかったとしている。この場合、彼ら¹⁸⁾は、トレーニング前後で一定作業強度での血中乳酸濃度を測定し、トレーニング後に実験群は対照群に比べ、血中乳酸濃度低減の著しいことを明らかにしている。さらにその原因として外側広筋内PFKおよびLDHが、トレーニング後に対照群では低減が認められないのに対し、実験群では、各18%および25%の有意な減少を示したことから、高所トレーニングによる筋内の解糖系抑制の可能性を指摘している。

本研究のOBLA- $\dot{V}O_2$ は、トレーニング後に対照群ではトレーニング前値とほぼ同値であるのに対し、実験群では6.2%の増加傾向を示している。またOBLA-HRにおいても、対照群がトレーニング前値とほぼ同値であるのに対し、実験群では5.8%の有意な増加を示している。さらにOBLA-WLも対照群の10.2%の増加に対し、実験群では17.2%の顕著な増加を示している。これらのOBLAにおける各生理的指標が、ともに実験群において対照群よりも有意に高値を示したことは、筋内のPFKおよびLDHの解糖系律速酵素の低減¹⁹⁾による解糖系抑制およびミトコンドリアの増殖によるTCA回路の促進²⁾が、高所トレーニングによってもたらされたものと考えられる。

これらの結果は、中長距離選手および高所登山者を対象にした高所順応トレーニングに関する浅野ら⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾の研究成果と一致するものである。

つぎに血液性状では、まずRBCおよびHbは、10日目の約3週間までは両群の安静時およびサイクリング後とも漸減傾向にあり、とくに実験群のHbにその傾向が著しかった。またHtも実験群では低減傾向が見られ、血漿量の増加傾向が示唆される。一方、対照群ではこの傾向は明らかではなかった。したがって、この期間には実験群でのRBCおよびHbのストレス因子によると思われる脾臓などでの破壊の高進が、対照群よりも著しいことが示唆される。しかし10日目以後では次第に増加の傾向を示し、とくに実験群で著しい。これらは、1,500m相当高度での PaO_2 の約20%の低減がエリスロポエチンを産生し、骨髄細胞の分化を促進したものと考えられる。

一方、WBCについては、実験群ではサイクリング後の値が対照群に比べ最初のトレーニング時で高値を示し、トレーニングと共に漸減してストレス反応の減弱化が示唆された。これは両群とも分節核球 (Seg)のトレーニングに伴う減少に起因していると思われる。一方、安静時のリンパ球は、実験群で漸増して8週間目で54%の有意な増加を示し、対照群の39%の増加を大きく上回っている。またサイクリング後のリンパ球の増加度も、実験群が比較的大きい傾向にある。これらの現象から、1,500m相当高度における低酸素刺激とトレーニング刺激の相乗作用が、リンパ球の免疫機能(NK細胞活性増加など)の高進を誘起しているものとも考えられるが、これらの機序については今後の検討課題である。

V. 要 約

18-21才の男子ラグビー競技者11人を被検者とし、1,500m相当高度(634 Torr, $P_{A}O_2$: 82 Torr)の低圧環境制御室内で高所順応トレーニングを行う群(実験群)6人と、常圧下でトレーニングを行う群(対照群)5人に分けた。この各群に1回に30分間のサイクリング(60rpm, 75% $\dot{V}O_2$ max, 平均心拍数159拍/分)を週3回の頻度で8週間にわたり継続させ、各トレーニング効果を比較検討した。

1) $\dot{V}O_2$ max は、トレーニング後に常圧下で両群とも増加傾向(4~5%)を示したが、両群間に差は認められなかった。

2) OBLA- $\dot{V}O_2$ では、実験群はトレーニング後に6.2%の増加傾向を示し、トレーニング前後でほぼ同値の対照群との差が認められた。またOBLA-HRは実験群で5.8%の有意な増加を示し、トレーニング前後で同値の対照群との明らかな差がみられた。さらにOBLA-WLでは、対照群の10.2%の増加に対し、実験群は17.2%の顕著な増加を示した。

3) 最大作業時間および総作業量は、実験群はトレーニング後に18.4%および39.5%の各有意な増加を示したが、対照群は各14.6%および24.4%の増加傾向にとどまった。

4) トレーニング期間中の血液性状では、安静時とサイクリング後のRBCおよびHbは、両群とも開始後約3週間は漸減し、その後漸増傾向にあり実験群でその傾向が大きかった。またWBC

は安静時とサイクリング後とも両群でトレーニングの進行に伴い漸減し、ストレス反応の減弱化が示唆された。一方、リンパ球はトレーニングの進行に伴い漸増傾向を示し、とくに実験群では安静時で著増し免疫機能の高進が示唆された。

これらの結果から1,500m相当高度における高所順応トレーニングは、常圧下のトレーニングに比べ低酸素とトレーニングの両刺激の相乗効果として、解糖系代謝の抑制を誘起して、無氣的作業閾値の有意な増加をもたらしたのと考えられる。

本研究の要旨は、日本体育学会第40回大会(1989年)において発表したものであり、本研究は昭和63年度文部省科学研究費(課題番号63580084)により行った。

文 献

- 1) 朝比奈一男(1963): 低圧トレーニングに関する実験報告, Olympia, 2(4): 28-41.
- 2) 朝比奈一男(1972): 低酸素耐性と運動能力, 日本生理誌, 34(7): 405-417.
- 3) 浅野勝己訳, 朝比奈一男監訳(1976): 「オーストラランド運動生理学」, 大修館: 214.
- 4) 浅野勝己, 松坂 晃, 平木場浩二, 鮮干 撰(1983): キャリオルン峰冬季初登頂国土地理院隊員への高所順応トレーニングの呼吸循環系機能に及ぼす影響, 登山医学, 3(1): 147-162.
- 5) 浅野勝己, 松坂 晃, 菊地和夫, 千葉智則, 高橋裕美(1985): 高所登山者(インドヒマラヤC.B.31峰-6096m-登頂隊員)への低圧順応トレーニングの作業能に及ぼす影響, 登山医学, 5(1): 27-36.
- 6) 浅野勝己(1985): 高所トレーニングの応用と効果, J.J. Sports Sci.; 4(11): 834-836.
- 7) 浅野勝己, 鮮干 撰, 松坂 晃, 平木場浩二, 永井 純, 河岡稔和(1986): 中・長距離走者の高所順応トレーニングの作業能に及ぼす影響に関する研究, 筑波大学体育科学系紀要, 9: 195-202.
- 8) Astrand P.O. and Astrand I. (1958): Heart rate during muscular work in man exposed to prolonged hypoxia. J. Appl Physiol, 13(1): 75-80.
- 9) 猪飼道夫, 朝比奈一男(1962): 高地トレーニング効果の検討, Olympia, 10 Feb.
- 10) 猪飼道夫(1972): 高地トレーニング, 医学のあゆみ, 64(10): 551-556.
- 11) Dill, D.B. (1968): Physiological adjustments to

- altitude changes. *J.A.M.A.*, 205 : 747—753.
- 12) Jackson C.G.R. and Sharkey, B.J. (1988) : Altitude, training and human performance. *Sports Medicine*, 6 : 279—284.
- 13) 菊地康太郎, 浅野勝己, 斉藤慎一, 菊地和夫 (1977) : 呼吸循環系機能からみたラグビー選手の体力に関する研究, 日本体育学会第28回大会号, 1224.
- 14) 日本体育協会スポーツ科学委員会(1967) : 高峰高原高所トレーニング研究報告書
- 15) Potts, F (1967) : Running at high altitudes. In: *The Int. Symp. on the Effects of Altitude on Physical Performance*; Goddard, R.F. (ed), *The Athletic Institute* 73—74.
- 16) Smith, M.H and Sharkey, B.J (1984) : Altitude training: Who benefits? *The Physician and Sportsmedicine*, 12(4) : 48—62.
- 17) Squires, R.W and Buskirk, E.R (1982) : Aerobic capacity during acute exposure to simulated altitude, 914 to 2286 meters. *Med, Sci. Sports Exercise*, 14(1) : 36—40.
- 18) Terrados, N, Melichna, J, Sylvén, C, Jansson, E and Kaijser, L (1988) : Effects of training at simulated altitude on performance and muscle metabolic capacity in competitive road cyclists. *Eur J. Appl Physiol*, 57 : 203—209.
- 19) 辻野 昭 (1977) : ラグビー競技における体力・トレーニング処方の設定, 昭和52年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No.II, 147—160.