

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

浅野 勝己・鮮干 攝*・松坂 晃
平木場 浩二**・永井 純・河岡 稔和***

THE INFLUENCES OF SIMULATED HIGH ALTITUDE TRAINING ON WORK CAPACITY AND PERFORMANCE IN MIDDLE & LONG DISTANCE RUNNERS

Katsumi ASANO, Sunoo SUB*, Akira MATSUZAKA
Kohji HIRAKOBA**, Jun NAGAI, and Toshikazu KAWAOKA***

The purpose of this study is to elucidate the influence of simulated high altitude training on aerobic-anaerobic work capacity and performance in the experimental and control groups of ten middle and long distance male runners, aged 19-23 years old.

For high altitude training, a submaximal treadmill running at the load of 70-80% $\dot{V}O_{2 \max}$ for 30 min. was performed for 10 weeks with 2-3 times per week at hypobaric chamber in 4,000m simulated altitude.

Results were summarized as follows:

- 1) $\dot{V}O_{2 \max}$ in sea level after training showed no increase in both groups, but $\dot{V}O_{2 \max}$ in 4,000m increased by 5-6% in both groups.
- 2) AT(OBLA- $\dot{V}O_2$, % $\dot{V}O_{2 \max}$) in sea level and 4,000m after training increased by 4-7% in experimental groups, while there was no increase in control group.
- 3) 2-3 DPG at rest after training increased by 2-7% in experimental group only.
- 4) 10km best running time after training significantly increased by 5% in experimental group, while there was no increase in control group.

From these results, it might be suggested that this simulated high altitude training could improve work capacity and running performance in athletes.

I はじめに

「高所トレーニング」について、猪飼¹⁾は高所でのスポーツ能力を向上するために、体力を高める過程であり、低圧環境に対する適応能を改善することであると指摘している。

日本での最初の高所トレーニング研究は、1961年8月の霧ヶ峰(1,600m)での陸上選手25人につ

いての1ヶ月間にわたるトレーニング研究¹⁾²⁾であるが、本格的には1963年1月に日本体育協会スポーツ科学研究委員会が実施したものであり、低圧環境制御装置による4,000m相当高度における1日2時間の運動を2週間にわたり、成人男子6人を対象に行った研究³⁾であった。さらに同年の夏には、乗鞍岳(約2,700m)に於て6人の長距離走者を2週間にわたりトレーニングする研究⁴⁾を行っている。当時は低圧環境下トレーニングによる平地での競技力向上を目指していたわけである

* 韓国慶熙大学体育学部

** 鹿児島経済大学社会学部

*** 兵庫県立加古川高校

が、1968年のメキシコ五輪の決定以後は、高地での競技力向上の為の研究がいくつか進められて来た。すなわち、1965年9月～10月にわたり、メキシコ・シティ (2,240m) に選手を派遣し、3週間滞在中の呼吸循環系に及ぼす影響の検討を実施し¹⁵⁾、また1966年には乗鞍岳で3週間滞在してのトレーニング研究¹⁶⁾を行い、さらに1967年には、高峰高原 (1,900m) での2週間の合宿トレーニングの呼吸循環系に及ぼす影響の研究¹⁷⁾を行って来た。また近年、日本水泳連盟は、1984年ロスアンゼルス五輪を目指して、1982年以来5回にわたりメキシコ・シティでの高所トレーニングを実施して来た¹⁸⁾¹⁹⁾。しかしながら1968年のメキシコ五輪を契機とする我国の高所トレーニング研究は、系統的かつ継続的な体制で行われて来なかったのが実状である。これには海外遠征への経済的負担および低圧環境制御装置の利用の困難性などが起因している。

そこで本研究は、低圧環境制御装置を用いて4,000m相当高度の低圧・低酸素環境にシミュレートし、当環境下での30分間走を週3回で約10週間継続する高所トレーニングを行い、その呼吸循環系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

筑波大学陸上競技部に所属している19歳～23歳の男子中長距離選手10人を被検者とした。その身

体的特性および常圧下における最大酸素摂取能を表1に示した。

被検者を実験群と対照群に分け、トレーニング前後について比較した。被検者の運動歴は平均5～10年である。

2) 負荷方法

常圧および低圧下の測定は、筑波大学体育科学系環境制御装置 (61m³容量、島津製作所製) を用いて行い、常圧下 (sea level, 760mmHg)、低圧下 (4,000m相当高度, 462mmHg) の測定は、それぞれ1日1回を原則として同一被検者には少なくとも2日置きに行なった。低圧の減圧速度および復圧速度は10～20mmHg/minとした。なお、低圧室内を強制換気しCO₂濃度の上昇を防止するとともに、環境温を25°C、相対湿度60%に保持するよう環境制御を行なった。

各高度 (常圧下, 4,000m相当高度) に到達後ほぼ30分間の安静状態を保ちその後測定を開始した。

運動様式はトレッドミル (西川鉄工所社製NT-12B) を用いて傾斜は5° (8.6%)、speedは常圧下, 4,000mそれぞれ120m/minと100m/minから開始して5分間継続後、5分目から負荷を2分毎に20m/minずつ漸増し疲労困憊 (exhaustion) に至らしめた (図1)。

3) 測定方法

(1) 最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \text{ max}$): ダグラスバッグ法により同一負荷の最後の1分間ずつ採気し、心拍数が170 beats/minになると同時に、1分毎に

TABLE 1. PHYSICAL CHARACTERISTICS AND AEROBIC WORK CAPACITY IN SUBJECTS.

SUBJECTS (MALE)	AGE (YRS)	HEIGHT (CM)	WEIGHT (KG)	BSA (M ²)	SKINFOLDS THICKNESS			B.D. ₂ (G/CM ³)	LBM (KG)	% FAT (%)	$\dot{V}O_2 \text{ MAX (SEA LEVEL)}$ (L·MIN ⁻¹ ML·KG ⁻¹ ·MIN ⁻¹)		
					TRICEPS (MM)	SUBSCAP. (MM)	ABDO. (MM)						
EXPERIMENTS	O. H.	19	165.5	55.5	1.56	5.5	7.0	8.0	1.077	49.8	10.2	4.38	79.0
	M. K.	19	175.0	68.8	1.79	11.0	7.5	9.5	1.070	59.9	13.0	4.84	70.3
	A. K.	19	167.7	58.2	1.61	5.0	6.5	5.5	1.078	52.6	9.7	4.24	72.9
	M. S.	19	173.5	56.6	1.63	7.0	6.5	6.5	1.076	50.5	10.7	4.26	75.3
	K. T.	22	172.5	60.7	1.67	6.5	6.5	4.0	1.076	54.4	10.4	4.83	79.6
	X sd	19.6 1.2	170.8 3.6	60.0 4.8	1.65 0.08	7.0 2.1	6.8 0.4	6.7 1.9	1.075 0.003	53.4 3.6	10.8 1.1	4.51 0.27	75.4 3.5
CONTROLS	K. A.	19	170.3	53.4	1.57	8.0	7.5	6.5	1.073	47.2	11.6	3.77	70.7
	T. Y.	20	167.5	55.2	1.57	5.0	7.0	5.5	1.077	49.7	10.0	3.70	67.0
	A. O.	22	171.4	65.1	1.72	5.0	7.4	5.9	1.077	58.5	10.2	5.41	83.1
	T. T.	23	167.7	52.9	1.54	6.5	7.0	6.9	1.076	47.2	10.7	4.06	76.8
	M. Y.	23	166.8	57.3	1.59	6.0	7.0	7.0	1.076	51.3	10.4	4.69	82.0
	X sd	21.4 1.6	168.7 1.8	56.8 4.6	1.60 0.06	6.1 1.1	7.2 0.2	6.2 0.5	1.076 0.002	50.8 4.2	10.6 0.6	4.33 0.64	75.9 6.3

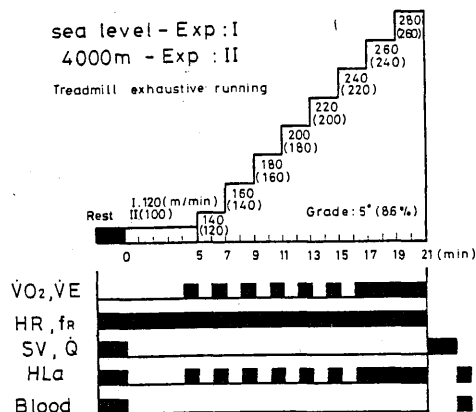


Fig.1 Protocol of the experiment.

exhaustionまで連続的に採気した。

呼気ガス (F_EO₂, F_ECO₂) の分析には標準ガスで較正した質量分析器(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) 採血: 血中乳酸濃度 (HLa) および2,3-diphosphoglycerate (以下2,3-DPGと略す), 赤血球 (RBC), 白血球 (WBC), 血色素 (Hb)および血球容積比 (Hct) の測定のために, 18G×19mmの翼状針を前腕部表在静脈に挿入し, 三方活栓を介して安静時とexhaustion 3分後 (それぞれ4 mlずつ採血), また, 採気と共に連続的に採血した(2 ml)。

血中乳酸濃度 (HLa, mM·l⁻¹) の測定は, 採血後直ちに溶血したサンプルをRoche社製Lactate Analyzer LA-640により分析した。またHctは毛細管法によって, Hbはジアンメトヘモグロビン法によりHbメーター, Model-NK-32 (日本臨牀器械社製)で測定した。また, RBC, WBCの分析は自動血球計算器により測定した。

2,3-DPGの測定はヘパリン処理した遠心管に静脈血0.5mlを採り, 直ちに8%, 0.49Nの氷冷トリクロル酢酸1.5mlを加えて除蛋白し, 3,000rpmで約25分間冷却遠沈した後, 上澄液を-20°Cに冷凍させた。分析の際, 上澄液をとり出し0.25mlの2.5M炭酸カリ液と混合して中和し, 再び遠沈し上澄の一部0.1mlを2,3-DPG UVテスト (Boehringer, Mannheim社製) 試薬でOlympus初速度光度計 (Olympus opticalco) を用いて波長340 mm, 光路長1 cm, 測定温度20~25°Cの条件下で

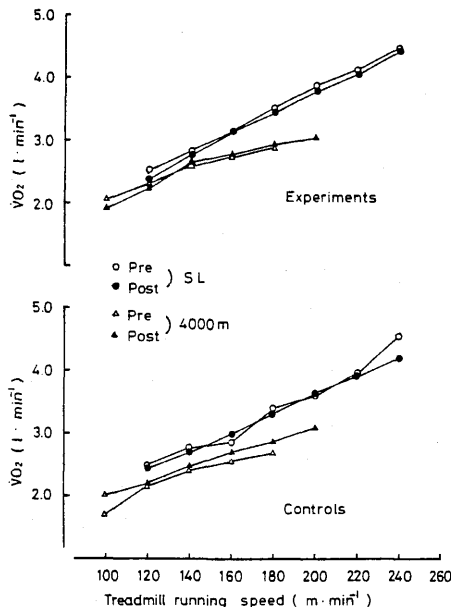


Fig.2 Comparison of changes in treadmill running speed and oxygen uptake at sea level and 4,000m simulated altitude between pre and post training in experimental and control group subjects.

行った。

(3) 高所順応トレーニング: 低圧シミュレーターによる4,000m相当高度におけるトレーニングは, 1983年8月16日~10月22日にわたる約10週間であり, 頻度は週3回で原則的に陸上部朝練習の代わりに午前7:00~9:00に行なった。

トレーニング強度は70~80%VO_{2max}相当(平均124m/min)で30分間の走行であった。

トレッドミルの傾斜は5°(8.6%)でトレーニング前後のtestと同一であり, 4,000mでの滞在時間は平均1~2時間であった。

一方, 対照群のトレーニングは実験群と同様朝練習時間を利用して, トラック走またはロード走を毎日5~6km行った。

III 結 果

1) O₂摂取量 (VO₂):

トレーニング前後のトレッドミル走行速度に対するVO₂の変化を, 常圧下と4,000m高度について実験群と対照群を比較したのが図2である。常圧下におけるトレーニング後のVO₂は, 両群とも最

大下および最大運動時においてほぼ同値を示している。すなわち $\dot{V}O_2 \text{ max}$ では、実験群のトレーニング前後とも約4.5 l/min (75ml/kg/min), 対照群の約4.3 l/min (76ml/kg/min) をそれぞれ示し変化は認められなかった。

一方、4,000mにおけるトレーニング後の $\dot{V}O_2$ は、両群とも最大下運動時の値には明らかな変化はないが、 $\dot{V}O_2 \text{ max}$ では両群とも増加傾向を示している。すなわち実験群のトレーニング前の約2.9 l/min (48ml/kg/min) に対し、トレーニング後に約3.0 l/min (50ml/kg/min) と4.9%の増加傾向を示している。また対照群のトレーニング前の約2.8 l/min (48ml/kg/min) に対し、トレーニング後に約2.9 l/min (52ml/kg/min) と5.8%の増加傾向にあった。また常圧下に対する4,000mでの $\dot{V}O_2 \text{ max}$ の低減率は、実験群ではトレーニング前の36.1%がトレーニング後に32.6%となり、3.5%の改善を示したが、対照群でもそれぞれ36.3%から32.0%と4.3%の改善であり、両群間に有意差は認められなかった。

2) 換気当量 ($\dot{V}E/\dot{V}O_2$):

トレーニング前後のトレッドミル走行時 $\dot{V}O_2$ に対する $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ の応答を、常圧下と4,000mについて実験群と対照群を比較したのが図3である。常圧下におけるトレーニング後の変化は、両群とも一定の傾向を示さないが、4,000mにおける応答では両群ともトレーニング後に、右方shiftの傾向が認められる。しかしこのshift率に両群間の差は認められなかった。

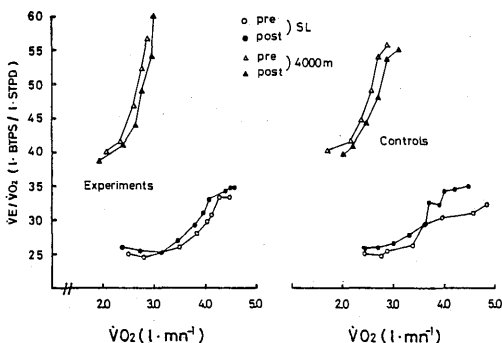


Fig.3 Comparison of changes in ventilatory equivalent to oxygen uptake during submaximal and maximal work at sea level and 4,000m simulated altitude between pre and post training in experimental and control group subjects.

3) 血中乳酸濃度 (HLa) と無氣的作業閾値 (OBLA):

トレーニング前後の $\dot{V}O_2$ に対する前腕静脈血中HLaの変化を、常圧下と4,000mについて両群を比較したのが図4である。常圧下におけるトレーニング後の値は、両群ともほぼ同値を示し、また両群間に明らかな差は認められない。一方、4,000mにおいて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じ変化を示すが、実験群ではトレーニング前に対して明らかに右方へshiftする傾向が認められた。とくに $\dot{V}O_2$ の2.0~2.5 l/minの最大下運動中HLaでは、トレーニング前で3~4 mM/lであったものが、トレーニング後に2~3 mM/lと約30%の低減を示している。

HLaの4 mM/lを示す時点での $\dot{V}O_2$ を、OBLA (onset of blood lactate accumulation)- $\dot{V}O_2$ として検討する。常圧下における両群の値には差は認められない。すなわち実験群のトレーニング前の4.1 l/min (69ml/kg/min) に対し、トレーニング後の4.2 l/min (70ml/kg/min) であり、対照群の各4.0 l/min (69ml/kg/min) に対し、3.7 l/min (66ml/kg/min) を示している。一方、4,000mにおいては対照群でトレーニング前の2.3 l/min (40ml/kg/min) に比し、トレーニング後にほぼ同値の2.3 l/min (37ml/kg/min) を示しているのに対し、実験群では各2.5 l/min (42ml/kg/min) から、2.6 l/min (44ml/kg/min) と3.6%および6.7%の増加傾向を示している。

4) 血中2,3-DPG:

トレーニング前後の常圧下と4,000mでの安静時および最大運動後の、平均2,3-DPG濃度と

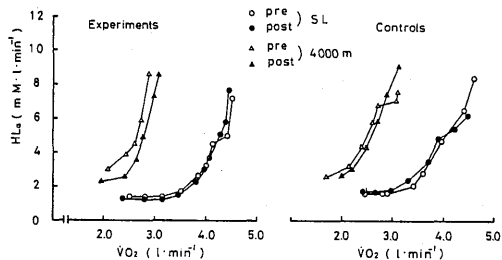


Fig.4 Comparison of changes in blood lactate concentration to oxygen uptake during submaximal and maximal work at sea level and 4,000m simulated altitude between pre and post training in experimental and control group subjects.

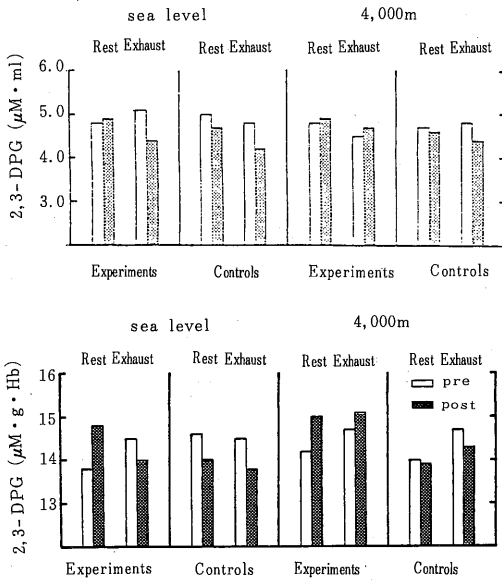


Fig.5 Comparison of changes in erythrocytic 2,3-DPG levels during rest and maximal work at sea level and 4,000m simulated altitude between pre and post training in experimental and control group subjects.

2,3-DPG量の変化を両群について比較したのが図5である。まず2,3-DPG濃度では、常圧下の両群の安静時と最大運動後を比較すると、両群間に明らかなトレーニングによる変化は認められない。同様に4,000mにおいても両群とも明らかな差を示していない。つぎに2,3-DPG量を見ると、常圧

下の安静時値において実験群がトレーニング後に増大傾向(7.2%)を示し、また4,000mの安静時値においてもトレーニング後に増大傾向(5.1%)が認められている。さらに4,000mの最大運動後の実験群値は、トレーニング後に増大する傾向(2.8%)にあり、4,000mでの対照群がトレーニング後に増大傾向を示さなかったことと対比的である。

5) 血液性状：

トレーニング前後の常圧下と4,000mにおける安静時および最大運動後の、平均赤血球数(RBC)、白血球数(WBC)、血色素量(Hb)さらに血球容積比(Hct)の各変化を両群について比較したのが図6である。

まずRBCの実験群の常圧下安静時および最大運動後の値は、トレーニング後に増加傾向(4~5%)を示したが、対照群においても各3%の増加傾向にあり両群間に明らかな差は認められない。一方、4,000mにおける実験群の安静時および最大運動後の値は、常圧下におけるよりも変化量が少く、トレーニングによる影響は明らかでない。また対照群との間にも差は認められない。

同様の傾向は、WBC、HbおよびHctについても指摘され、常圧下と4,000mにおける安静時および最大運動後の値のトレーニングによる影響について、両群間に明らかな差は認められなかった。とくにHbに関して実験群と対照群の間に有意差はなく、トレーニング後の増加も認められなかった。

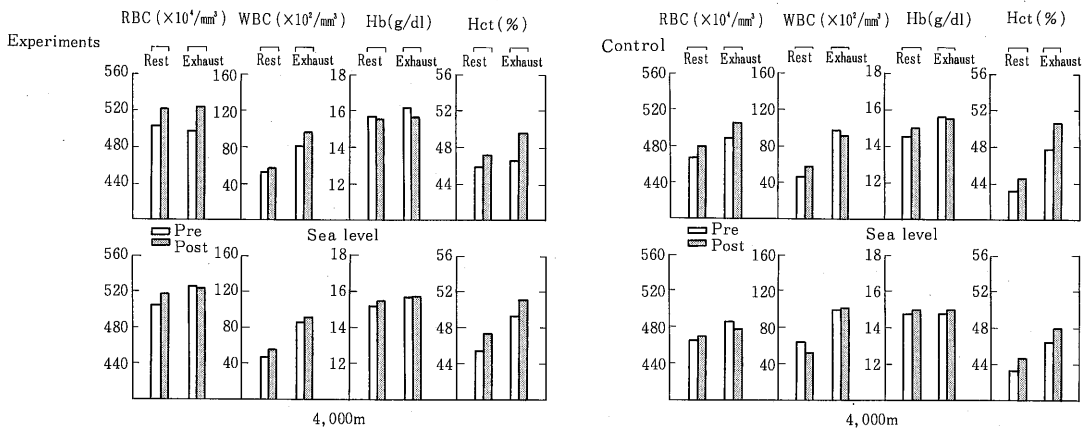


Fig.6 Comparison of changes in the blood constituents at rest and maximal work in sea level and 4,000m simulated altitude between pre and post training in experimental and control groups subjects.

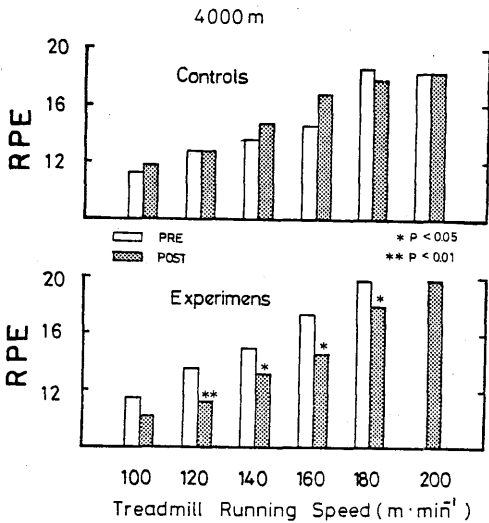


Fig. 7 Comparison of changes in rate of perceived exertion (RPE) to treadmill running speed at 4,000m simulated altitude between pre and post training in all subjects.

6) 主観的運動強度 (RPE) :

4,000mにおけるトレッドミル走行速度に対するRPEを、トレーニング前後について両群の比較をしたのが図7である。

実験群のRPEは、トレーニング後の120m/min走行時(P<0.01)、140、160、180m/minの各走行時(P<0.05)でそれぞれ有意の低減を示した。一方、対照群では、トレーニング前後ともほぼ同等の値を示しており、RPEについては両群間に明らかな差が認められた。

7) 10,000m走行記録に及ぼす影響 :

約10週間にわたる4,000m相当高度における高所順応トレーニングの、10,000m陸上走行の最高記録に及ぼす影響について、トレーニング前後で示し、対照群の記録と比較したのが図8である。

実験群のトレーニング前の記録は、4人の平均で33分52秒(298m/min)であったが、トレーニング後には32分05秒(312m/min)を示し、約5%の向上(P<0.05)が認められた。一方、対照群ではトレーニング前の平均31分37秒(319m/min)に対し、トレーニング後に31分20秒(321m/min)を示しほぼ同等の値であった。

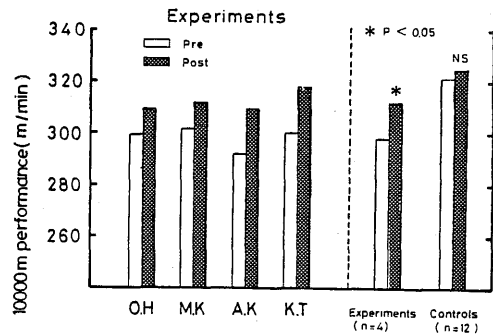


Fig. 8 Comparison of changes in 10,000m running best performance (m/min.) between pre and post training in experimental and control group subjects.

IV 考 察

本研究においてトレーニング高度を、比較的高い4,000m相当高度に設定した理由の一つは、当教室で従来より行って来ている低圧耐性能評価の為の基準高度を4,000mとして設定しており、先行研究成果³⁾⁴⁾⁵⁾との比較を行いたいからである。第二の点は、本被検者が平均75ml/kg/minという比較的高い $\dot{V}O_{2\max}$ を示す競技選手である為に、そのトレーニング効果を期すためには、生理的負担度を増す必要があると考えたからである。

一方、トレーニング期間については、日本におけるいくつかの高所トレーニング研究¹³⁾¹⁴⁾¹⁶⁾¹⁷⁾の成果およびDill⁹⁾の指摘のとおり、高所トレーニングに必要な期間は少なくとも2~3週間とする報告に従った。すなわち本研究では週2~3回で約10週間継続することにした。

本実験では70~80% $\dot{V}O_{2\max}$ 強度の30分間のトレッドミル走行運動を、約10週間(週2~3回、平均23回)にわたり4,000m相当高度において高所順応トレーニングを行い、同期間同等の走行トレーニングを実施した対照群と比較した。被検者は19~23才の男子中長距離選手であり、トレーニング前の $\dot{V}O_{2\max}$ は75~76ml/kg/minを示していた。

本トレーニングの結果、常圧下および4,000mでの $\dot{V}O_{2\max}$ において、実験群と対照群の間に有意差は認められず、両者ほぼ同等の変化を示した。すなわち常圧下では両群とも最大下と最大運動時の $\dot{V}O_{2\max}$ は、トレーニング後もほぼ同値を示し、4,000mでは両群とも $\dot{V}O_{2\max}$ の約5~6%

の増加傾向を示している。まず常圧下での $\dot{V}O_2 \text{ max}$ に増加の認められなかった点については、トレーニング前の $\dot{V}O_2 \text{ max}$ が75~76ml/kg/minと比較的高値の選手であった為と考えられる。実験群が対照群に比して常圧下および4,000mでの $\dot{V}O_2 \text{ max}$ に有意差を示さなかった点については、高所トレーニングの頻度および期間、さらに強度に不十分な面があったとも考えられる。

1963年1月に体協スポーツ科学委員会が行った低圧環境制御装置による高所トレーニング研究¹³⁾によると、成人男子6人に2週間にわたり毎日1時間の自転車運動(RMR 3~4)を4,000m相当高度で継続し、 $\dot{V}O_2 \text{ max}$ の14.8%増大と最大 O_2 負債の19.4%増大、さらに赤血球およびヘモグロビンの2週目からの増加が認められたとしている。しかしこのトレーニング後の競技能力への改善は明らかでなかったという。本研究では週2~3回で約10週間の計平均23回の低圧暴露および訓練を実施したわけであり、1963年の体協の研究の如く連日負荷でなかったにせよ、期間および運動強度の点においても大きく上回るものであった。それにもかかわらず $\dot{V}O_2 \text{ max}$ および赤血球、ヘモグロビン等の性状に明らかな変化が認められなかったのは、被検者の有気的作業能のトレーニング前水準が極めて高かったことに起因しているのかも知れない。

一方、低圧耐性能評価のための一指標として無気的作業閾値(anaerobic threshold, OBLA)が有用であることを筆者ら³⁾は指摘して来たが、この指標を本研究に適用すると、実験群に明らかな変化を認めることができた。すなわち4,000mにおいて対照群のOBLA- $\dot{V}O_2$ は、トレーニング前後ともほぼ同値であるのに対して実験群は、絶対値で3.6%、体重当り値で6.7%の増加傾向を示している。

この事実は、実験群のトレーニングによる筋内解糖過程の抑制あるいは乳酸処理能の高進を示唆するものである。従来、低酸素環境は組織内NADHの増加、NADの減少¹¹⁾により、両者の比 $[NADH]/[NAD]^+$ は上昇⁷⁾し、さらに運動負荷の増大に伴い筋内NADは有意に減少⁹⁾することが明らかにされている。したがって低酸素下運動時のHLAの増加は、ミトコンドリア内のNADの低酸素と運動負荷の両者の相乗的効果による減少に起因していると考えられる³⁾。この観点からする

と、本実験群は高所トレーニングにより、ミトコンドリア内のNADの減少およびNADHの増加を抑制し、 $[NADH]/[NAD]^+$ 比の低減に関与しているものと思われる。

つぎに2,3-DPGは、赤血球内の解糖中間体有気燐酸化合物の一種であり、Hbの O_2 親和性の重要な調節因子である。この増大は O_2 解離曲線を右方へshiftさせ、組織での O_2 放出を容易にすることが明らかにされている⁶⁾。本実験群のトレーニング後に、安静時の常圧下および4,000mで、2,3-DPG量の増加傾向(5~7%)が認められたことは、本トレーニングの特異的効果とも考えられる。

すなわち本トレーニング後の10,000m走行時最高記録が、5%の有意な改善を示した生理的背景としては、図9に要約したように実験群の無気的作業閾値および血中2,3-DPGの各約7%の増加傾向が貢献しているものと思われる。さらに心理的背景としては、実験群の同一走行速度での運動時RPEの、トレーニング後の有意な低減(図7)の現象から、心理的限界の閾値上昇が指摘できるかも知れない。

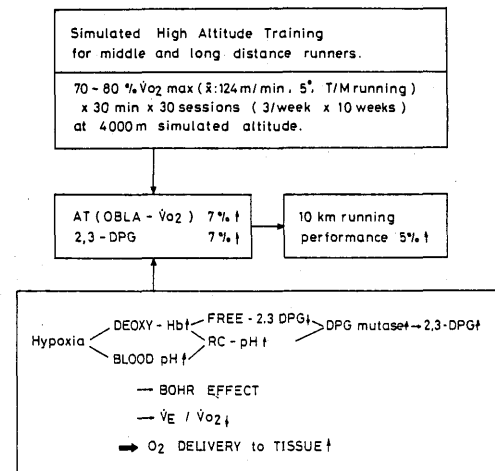


Fig.9

V 要 約

19~23才の男子中長距離走者10人を被検者とし、このうち5人を実験群、他の5人を対照群とした。実験群は低圧環境制御装置による4,000m相当高度での、70~80% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ で30分間のトレッドミ

ル走行を週2～3回、約10週間（平均23回）継続する高所順応トレーニングを実施し、有気的作業能、血液性状および競技能力に及ぼす影響を、対照群と比較検討した。

1) $\dot{V}O_{2\max}$ は、トレーニング後に低下下で両群とも増加傾向（5～6%）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低下下で絶対値、3.6%、体重当り値、6.7%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。

3) 血液性状では、RBC、WBC、HbおよびHctは両群とも有意な変化は示さなかったが、2,3-DPG量は実験群の常圧下および低下下安静時で増加傾向（5～7%）を示し、対照群との差が認められた。

4) 低下下走行時RPEは、実験群のトレーニング後に有意な低減を示した。

5) 10,000m走行記録は、トレーニング後実験群において、約5%の有意な改善が認められたが、対照群では明らかな変化を示さなかった。

本研究の要旨は、日本体育学会第35回大会において発表したものであり、本研究は昭和58年度筑波大学学内プロジェクト一般研究費により行った。

文 献

- 朝比奈一男(1963)：低下トレーニングに関する実験報告, *Olympia* 2(4)：28-41.
- 朝比奈一男(1972)：低酸素耐性と運動能力, *日本生理誌* 34：405-417.
- 浅野勝己(1982)：高所Hypoxiaにおける運動時呼吸循環系応答特性の研究, *運動処方研究*, 283-321.
- 浅野勝己(1983)：低下環境下における運動負荷時血行動態, *最新医学* 38：74-77.
- 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.
- Brewer, G. J (1974): 2,3-DPG and erythrocyte oxygen affinity. *Ann. Rev. Med* 25: 29-38.
- Cohen, R. D and Simpson, R. (1975) : Lactate metabolism, *Anesthesiology* 43(6) : 661-673.
- Dill, D. B (1968): Physiological adjustments to altitude changes, *J. A. M. A.* 205: 747-753.
- Graham, T. S, Sjøgaard, G. Løllgen, H and Saltin, B. (1978): NAD in muscle of man at rest and during exercise, *Pflügers. Arch* 376: 35-39.
- 猪飼道夫(1968)：高地トレーニング, *医学のあゆみ* 64(10)：551-556.
- Jöbsis F. F. and Stainshy, W. N (1968) : Oxidation of NADH during contractions of circulatory mammalian skeletal muscle, *Respir. Physiol*, 4: 292-300.
- 日本体育協会スポーツ科学研究委員会(1962)：高所トレーニング効果の検討.
- 日本体育協会スポーツ科学研究委員会(1963)：低下トレーニングに関する報告.
- 日本体育協会スポーツ科学研究委員会(1963)：高地トレーニングと脱馴化防止に関する研究報告.
- 日本体育協会メキシコ対策研究会(1966)：メキシコ対策研究報告書.
- 日本体育協会スポーツ科学研究委員会(1966)：乗鞍高所トレーニング研究報告書.
- 日本体育協会スポーツ科学研究委員会(1967)：高峰高原高所トレーニング研究報告書.
- 日本体育協会スポーツ科学研究委員会(1983)：水泳選手の高所トレーニングNo II 競技種目別競技力向上に関する研究, 第6報, 283-292.
- 日本体育協会スポーツ科学研究委員会(1984)：水泳選手の高所トレーニング(第2報) No II 競技種目別競技力向上に関する研究, 第7報, 129-135.