

1964

低酸素気トレーニングの研究報告

財団法人 日本体育協会
東京オリンピック選手強化対策本部
スポーツ科学研究委員会

低酸素気トレーニングの研究報告

スポーツ科学研究委員会
低酸素気トレーニング研究班

朝比奈一男, 阿久津邦男, 青木純一郎,
猪飼 道夫, 池上 晴夫, 小川 新吉,
勝田 茂, 喜多 弘, 杉本 良一,
高瀬 巖, 塚越 克己, 中西 光雄,
中川 功哉, 春山 国広, 馬場先恵美子
三宅 章介, 横堀 栄

(アイウエオ順)

緒 言

実験結果と考察

- I 体重, 疲労, 脈拍……………(5頁)
 - 1. 体重の変化
 - 2. 自覚的疲労症状
 - 3. フリッカー値
 - 4. 安静時の脈拍数
- II 呼吸機能……………(6頁)
 - 1. 最大酸素摂取量
 - 2. 最大酸素負債量
- III 血 液……………(8頁)
- IV 一般体力, 持久力……………(9頁)
 - 1. 一般体力への効果
 - 2. 全身持久力への効果
- 結 論……………(15頁)

緒 言

スポーツでの一般持久性を左右する因子は言うまでもなく、呼吸循環血液のいわゆる酸素運搬系の諸機能である。そこで持久性スポーツ種目のトレーニングにとって、低圧室とか、高地とかの低酸素環境がよい刺激条件となり、このような環境へ馴化することが、ある程度そのまま一般持久性の訓練となるのではなからうかという考え方に立って、体協選強本部スポ研の事業の一つとして一連の実験が行なわれた。勿論このような仮説による実験が従来も少ないとは言えないが、この試みのように系統立った計画に基づいたものはないであろう。

1961年8月霧ヶ峰(1,600m, 3週間)で陸上選手(中・長距離)トレーニングの検査にはじまり、1963年1~2月立川航空医学実験隊の低圧室での実験(高度4,000m, 毎日2時間, 2週間, 自転車エルゴメーター1時間)が可成り大きな規模で行なわれ、さらに1963年7~8月乗鞍(鶴ヶ池2,700m, 2週間, 毎日走トレーニング)での実験それに引きつづく平地での脱馴化防止の実験(低圧室, 低酸素吸入による)が進められた。

これによって低圧ないし低酸素条件への呼吸循環血液系の馴化および脱馴化過程、さらに筋力その他諸機能の変化などがほぼ明らかにされたのである。すなわち呼吸機能では最大酸素摂取量, 最大酸素債, 最大換気量などいずれも増大し、血液では赤血球数, 血色素が増加して造血の亢進を示し、また循環系機能を中心とする一般持久力検査, すなわちトレッドミルでの持続走時間, ハーバード・ステップテストの点数もともに増加し、また運動負荷時の最大心拍数の低下など、確実に一般持久性の増強を示したのである。

これらの効果は、上記の条件においては低圧室でのトレーニングによるよりも、高地でのトレーニングによる方が著しく現われ、また脱馴化も後者の方が遅れて起ることも明らかにされた。さらに重要な収穫の一つは、脱馴化過程において、適当な低圧室または低酸素刺激を与えると、一見脱

馴化したと見られるものが、比較的容易に再馴化の状態に戻ることである。たとえば赤血球や血色素にそのことが見られるが、いわばなお潜在性馴化の状態にあって、比較的軽い刺激にも応じることが出来るのであろう。

実際の競技成績については、高地トレーニング後に可成り著しい進歩が見られ、第1回試走で19名中10名がトレーニング前の記録を更新し、第2回試走では18名中13名がトレーニング前より良い記録を出し、うち12名が従来の自己記録を更新している。

このように、低圧、高地のトレーニングがスポーツでの一般持久性の増強に役立つことは確かめられたわけであるが、低圧室の使用にしても、高地に出かけてのトレーニングにしても、交通、宿舎、食事などの他に季節その他時間的な制約が強く、必ずしも希望通りのトレーニングを行なう事が出来るわけではない。そこで、これに代る手軽な方法で、同じような効果を期待出来るものが求められることになる。まず考えられることは当然低酸素気の呼吸とか、マスク装着による呼吸抵抗負荷などである。

今回の実験はこのような目的で平地での低酸素気呼吸の一般持久性トレーニング効果をしらべたものであって、従来行ってきた一連のトレーニング実験の一環をなすものである。

実験方法と実験の分担

低酸素気トレーニングは主として順天堂大学体育学部グラウンド及び検見川グラウンドでなされ、実験は日本体育協会スポーツ科学研究室及び順天堂大学体育学部運動生理学研究室において行なわれた。

低酸素吸入はトレーニングの現場(屋外グラウンド)において実施されたが、雨天の際は実験室内で行なわれた。

実験の期日とスケジュールは第1表に示す通りである。

第1表 低酸素気トレーニング実験のスケジュール

実験条件	実験前 総合 テスト	低 O ₂ 吸入トレーニングの実施														実験後 総合 テスト
		O ₂	O ₂	O ₂	O ₂	O ₂ (H)	O ₂ (血)	O ₂ (H)	(呼)	O ₂ (呼)	O ₂ (血)	(H)	O ₂	O ₂		
実験 期日	2月/ 28・29日	3月/ 3日	4日	7日	9日	11日	14日	17日	18日	19日	21日	23日	26日	27日	30・31日	

但し O₂……………低酸素吸入
 (呼)……………呼吸機能測定
 (H)……………ハーバード・ステップテスト
 (血)……………血液検査

研究班の構成と測定項目の分担は、低圧トレーニング及び高地トレーニング研究の場合とはほぼ同様のものであるが、トレーニングが順天堂大学体育学部において行なわれたため、選手の疲労及び栄養調査管理などの仕事を順天堂大学の研究室員に依頼するなど、研究班の構成と仕事の分担に多少の変動がみられた。

1. 低酸素吸入トレーニング期間中の被検者身体状況の管理。(分担……順天堂大：喜多，青木三宅)
2. 呼吸機能の測定。(分担……慈大：杉本，阿久津，教育大スポーツ研：小川，勝田，春山，順天堂大：青木，三宅)
3. 血液の測定(分担……東邦大：朝比奈，中川馬場先)
4. 体力測定及び持久力の測定(分担……東大：猪飼，体協スポーツ研：中西，塚越，航空医学実験隊：横堀，池上，高瀬)
5. 被検者：順天堂大学体育学部駅伝選手の中から、記録の面で能力の揃った8名の選手を選び、うち4名を実験群(低酸素吸入を行なう)とし、他の4名を対照群(低酸素吸入を行わない)とした。被検者の氏名及び一般体力測定結果は第5表に示す通りである。

低酸素吸入の実際：低酸素吸入トレーニングの頻度は、毎週3日、1日2時間の予定であったが、被検者の都合その他で、実際には第1表(低酸素吸入トレーニング実験のスケジュール)に示されるように、ほぼ週2日の割合となった。13~15%

の酸素を含む空気をつめたダグラスバッグと採気マスクの吸入口とを蛇管で接続し、まず30分間安静座位(時には臥位)で低酸素空気を吸入させる。その後、空になったバッグと低酸素空気の入ったバッグとを適宜に交換しながら、ジョグを1時間行ない、続いて座位を30分間とする。すなわち合計2時間、連続的に低酸素を吸入させるわけである。

低酸素吸入トレーニングの初日及び第2日目は、低酸素吸入にならすために、1時間殆んど座位で吸入させ、若干歩行及び柔軟体操を行なわせるにとどめ、急激な低酸素負荷による被検者の恐怖、不安、障害を避けるようつとめた。実際に低酸素を吸入させた日程及びその時の酸素濃度(労研式大型ガス分析器で分析)時間は次に示す通りである。

3月3日	14.10%×1時間
4日	14.10%×2時間
7日	13.90% > ×2時間 13.80% >
9日	13.90% > ×2時間 13.80% >
11日	13.75%×2時間
14日	13.70%×2時間
17日	13.70%×2時間
19日	13.00%×2時間
21日	13.00%×1時間
26日	13.20% > ×2時間 13.10% >
27日	13.10%×1時間

実験結果と考察

I 体重, 疲労, 脈拍

1. 体重の変化

実験実施期間中毎朝8時に測定した各被験者の体重を実験群とコントロール群に分け、その平均値の変化過程を表わしたものが第1図である。これによると両群とも大体同じ傾向を示し、中間期を境にして前半は減少、後半は増加して最終日はほぼ初期の状態にもどっている。これはよく合宿時にみられる傾向で、新しい環境に入ったためしばらくその環境に適応出来ず、中間期頃からやっと適応状態に入ったためと考えられる。いずれにして低酸素吸入が体重の変動と関係がない事は明らかである。

2. 自覚的疲労症状

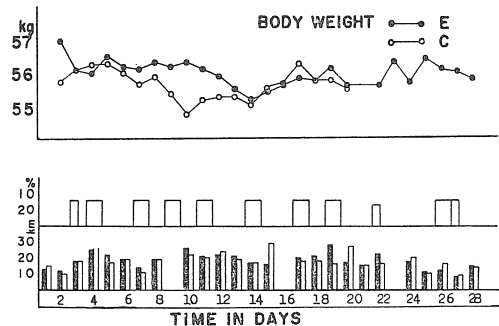
日本産業衛生協会で定めた自覚的疲労症状調査表を用いて毎日8:00, 20:00の2回調査を行なった。結果を第2図に示す。これによるとコントロール群よりも実験群の方が訴えの頻度が著明に多く明らかに実験群の方が疲労していたと思われるのであるが、低酸素吸入前からすでに実験群の方が多くの疲労を訴えている。その値を基準にして両群を比較すると、実験群の方が特に多くの疲労を訴えたとは思われない。以上の点より低酸素吸入による疲労蓄積傾向はないものと考えられる。

3. フリッカー値

セクター式フリッカー計を用いて低酸素吸入日の8:00, 19:00に測定した。実験群とコントロール群の平均値から第3図を得た。これによると両群の間に顕著な差がなく、殆んど同じ傾向を示している。フリッカー値を示標としてみた限りでは両群とも全く疲労の蓄積が認められない。したがって低酸素吸入による疲労蓄積傾向は全く考えられない。

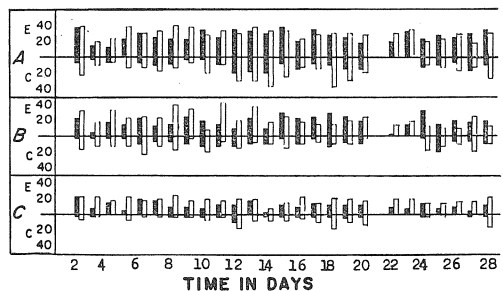
4. 安静時の脈拍数

毎朝起床直前に安静臥位時の脈拍数を測定した。各被験者の測定値を実験群とコントロール群に分け、その平均値の変化過程を表わしたものが第4図である。これによるとコントロール群の方は変動が大きく一定の傾向を示さないが、実験群の方は多少の変動をしながらも、少しずつ減少を示している。しかしながらこの点だけで低酸素吸入が安静時の脈拍数を減少させると結論付けることは出来ない。低酸素吸入は安静臥位時の脈拍数に影響しないと考えられる。

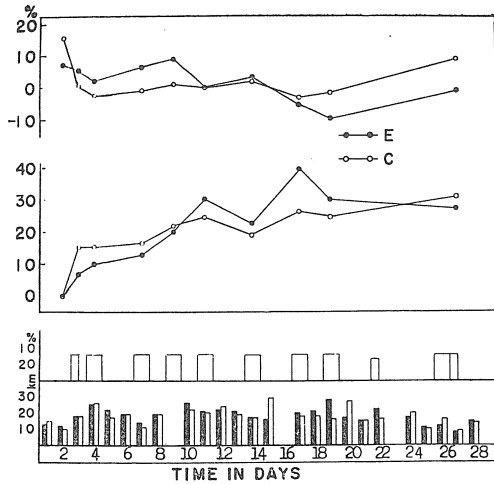


第1図 体重の変化 (下図の上段は縦軸が吸入した酸素濃度(%), 横の太さは吸入時間で細い方が1時間、太い方が2時間。下段は1日の走行距離。

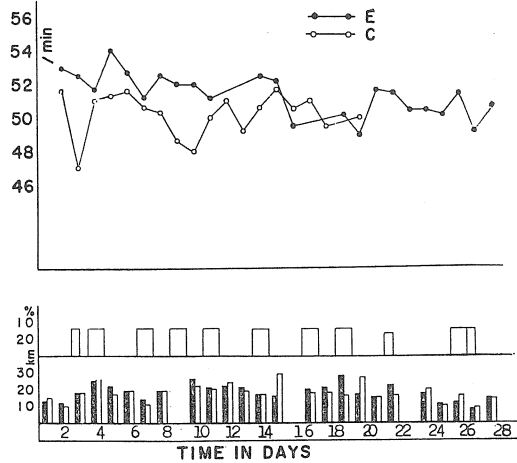
E ■■■...実験群、C □□□...コントロール群)



第2図 自覚的疲労症状 (A...身体的症状、B...精神的症状、C...神経感覚的症状、□□□...8:00の値、■■■...20:00の値、E...実験群、C...コントロール群)



第3図 フリッカー値の変化(上図の上の曲線は8:00の値に対する19:00の値の増減率の平均、下の曲線は実験第1日の値を基準とした第2日以降の8:00の値の増減率の平均。E…実験群、C…コントロール群。下図は第1図と同じ)



第4図 安静時の脈拍数(E…実験群、C…コントロール群。下図は第1図と同じ)

なおトレーニング期間中の食餌は3月21日まで一日平均3,865cal, 蛋白質119g, 脂肪115gで

あり, 3月22日以降は2,674cal, 83g, 68gであった(但し主食のみ)。

II 呼 吸 機 能

呼吸機能検査は, 低酸素吸入トレーニング前後及び中間の3回に亘って行なった。測定項目は最大酸素摂取量及び最大酸素負債量である。測定方法は低圧トレーニング, 高地トレーニング等の場合と全く同様であるので詳細は前報を参照されたい。

1. 最大酸素摂取量

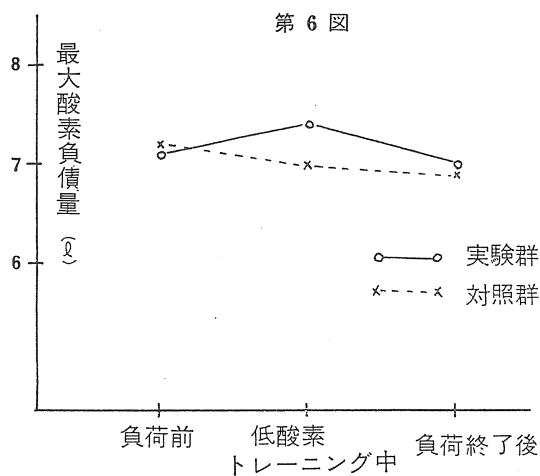
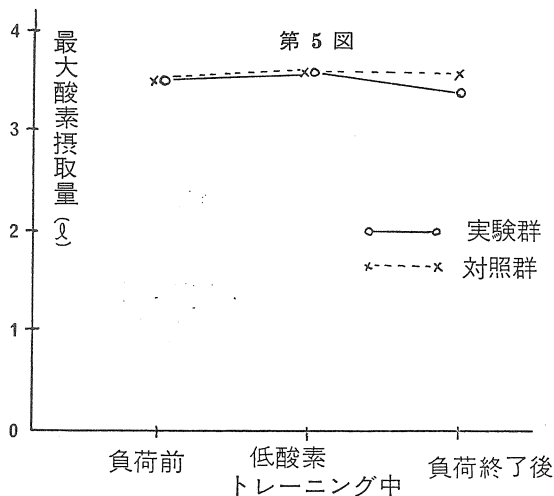
低酸素トレーニングにおける最大酸素摂取量の各個人別の成績一覧は第2表に示す通りである。これによると実験群, 対照群とも殆んど変化せずその平均値においても実験群は負荷前3.5ℓ, 負荷後3.4ℓ, 対照群は負荷前3.5ℓ, 負荷後3.6ℓと, 両群とも殆んど意味ある変化を示さなかった。第5図はこの両群の最大酸素摂取量における平均値の変化を図示したものである。

2. 最大酸素負債量

第3表は低酸素トレーニング前後における最大

酸素負債量についての成績を一括表示したものである。この測定は, 緩走から全力疾走へ650~700mの距離を走らせ, ほぼ all-out に近い状態に追いこんだ直後から45分間に亘り椅座位で呼気を探気測定したものである。

これによると, 実験群の平均は低酸素吸入トレーニング2週間後において7.1ℓから7.4ℓと僅かに増加の傾向(+4.2%)を示しているが, 終了後においては7.0ℓ(-1.4%)と負荷前よりも減少している。また, 対照群にあっては7.2ℓ, 7.0ℓ, 6.9ℓとこれも僅かずつ減少の傾向にあったが, 何れの群においてもその増減率は5%以内であり, これより低酸素吸入トレーニングによる効果を見出すことはできない。第6図は両群の最大酸素負債量における平均値の変化を図示したものである。



第2表 最大酸素摂取量

被検者	項目 期間	最大酸素摂取量 (ℓ)			換気量 (ℓ/Min)			疾走距離 (m/Min)			採気まで300m疾走時間 (sec)		
		前	中	後	前	中	後	前	中	後	前	中	後
実験群	松波	3.4	3.6	3.4	103.5	102.0	101.3	366	377	372	57.2	56.6	56.8
	大塚	3.9	4.0	3.7	105.3	105.1	90.7	379	361	366	60.2	64.5	60.8
	佐藤	3.3	3.1	3.2	101.1	89.0	100.1	375	351	358	60.0	63.0	60.0
	細川※	3.4	—	—	106.1	—	—	380	—	—	57.0	—	—
	平均	3.5	3.6	3.4	103.6	98.7	97.4	373	363	365	59.1	61.3	59.2
対照群	草萱	3.3	3.2	3.6	103.0	107.1	120.4	388	378	362	60.9	62.0	54.3
	則末	3.5	3.7	3.7	85.5	88.8	88.0	393	377	376	62.2	57.5	59.9
	鳥居	3.6	3.8	3.5	95.7	109.3	94.4	372	342	369	53.7	54.8	53.6
	吉田	3.4	3.8	3.7	101.4	111.9	107.0	350	373	385	60.0	55.6	54.5
	平均	3.5	3.6	3.6	96.4	104.3	102.5	376	368	373	59.2	57.5	55.6

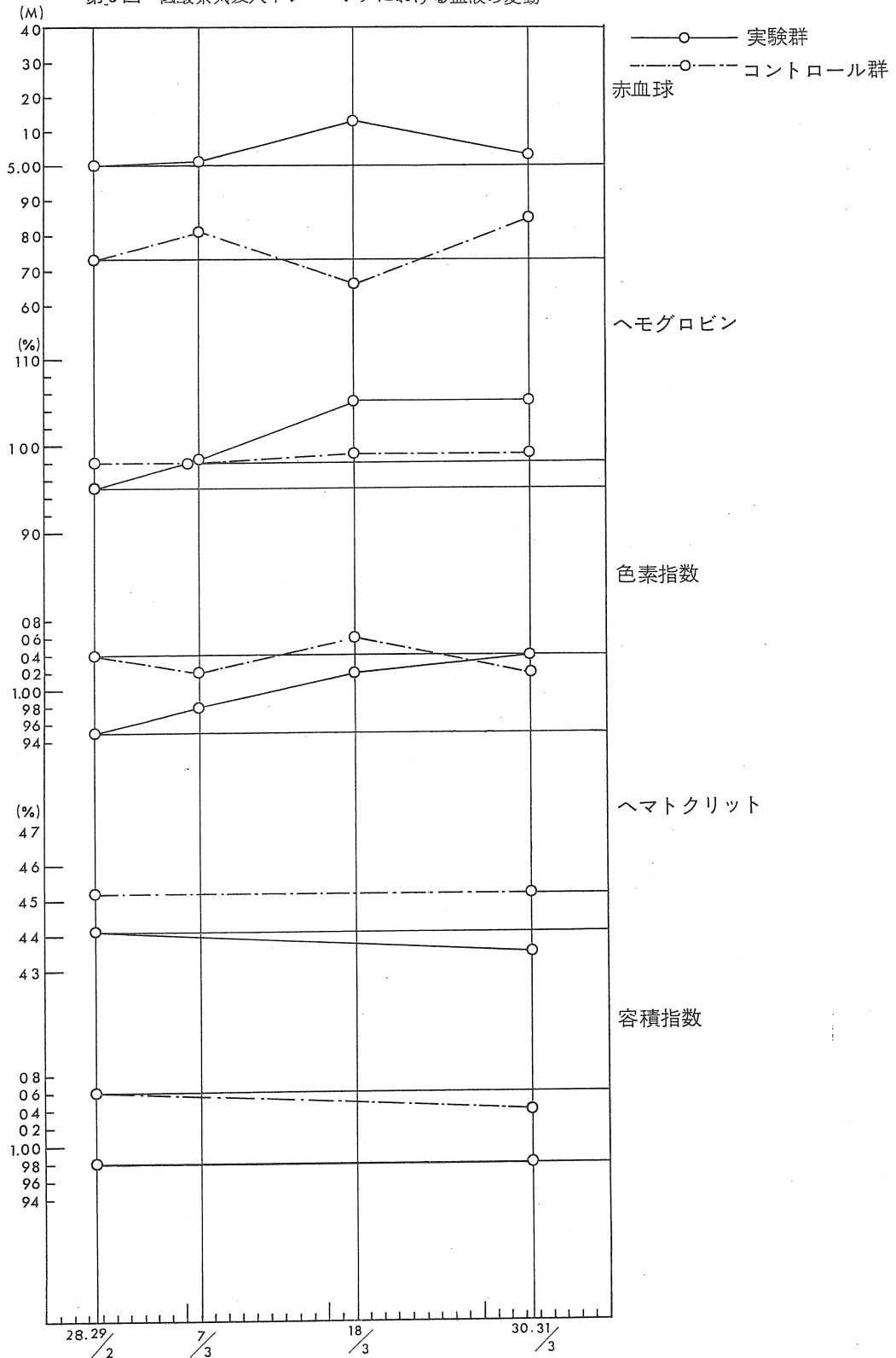
※ 細川選手は故障のため平均値より除外
 上記、期間における“前”は低酸素トレーニング前2月28, 29日 “中”は低酸素トレーニング中3月17, 18日 “後”は低酸素トレーニング終了後3月30, 31日を示す。

第3表 最大酸素負債量

被検者	項目 期間	最大酸素負債量 (ℓ)			疾走距離 (m)			疾走時間		
		前	中	後	前	中	後	前	中	後
実験群	松波	7.8	8.1	7.1	666	677	672	1'57"2	1'56"6	1'56"8
	大塚	6.3	7.9	6.6	679	661	666	2'00"2	2'04"5	2'00"8
	佐藤	7.1	6.2	7.3	675	651	658	2'00"0	2'03"0	2'00"0
	細川※	8.0	—	—	680	—	—	1'57"2	—	—
	平均	7.1	7.4	7.0	673	663	665	1'59"1	2'01"4	1'59"2
対照群	草萱	7.8	7.3	7.1	688	678	662	2'00"9	2'02"0	1'54"3
	則末	7.6	7.6	7.5	693	677	676	2'02"2	1'57"5	1'59"9
	鳥居	6.8	7.2	6.4	672	642	669	1'53"7	1'54"8	1'53"6
	吉田	6.5	5.7	6.6	650	673	685	2'00"0	1'55"6	1'54"5
	平均	7.2	7.0	6.9	676	668	673	1'59"2	1'57"5	1'55"6

※ 細川選手は故障により平均値より除外, 上記、期間における“前”“中”“後”は最大酸素摂取量(第1表)に同じ。

第5図 低酸素気吸入トレーニングにおける血液の変動



Ⅲ 血 液

本実験では既述した条件の回数と継続時間で低酸素吸入トレーニングを行ない、それが造血機能を亢進する作用を示すか否かに焦点がおかれた。

結果を第4表に示し、その平均値にもとづく推移を第7図に示す。

血液測定はトレーニング期間の前後及び中間(7日, 18日)の計4回おこなわれた。

赤血球数は実験群においては対照値の5.00M(Mは100万)から18日経過して5.13Mとなり僅かに0.13増加して亢進のきざしがあったが30日経過後では5.03Mとなり対照値に戻った。

対照群においてはほぼ一カ月間僅かに上昇下降の変動が見られたが終回の赤血球数4.85Mは初回の4.78Mに比し殆んど変化がない。

一般的に持久性トレーニングに際し赤血球数に多少の動揺があるのは明らかであるから、実験群での微増加は勿論低酸素吸入による造血作用の促進とは認め難い。

血色素量は対照群で初回98.0, 終回99.0となりほぼ一定である。実験群は図に明らかなように僅かながら漸増の傾向が見られる。初回95.3から終回105.0と約10%(ザーリー)の増加がある。色素指数は対照群でほぼ一定であるが実験群は初回

0.95から終回1.04とやや増加している。

ヘマトクリット値は対照群初回, 終回が45.2となり全て同じ値を示したが実験群は初回44.1終回43.5と僅かに減少している。

容積指数は対照群が初回1.07, 終回1.01と僅かに減少しているが実験群においては初回, 終回とも0.98同一の値を示した。

赤血球平均直径は, 対照群が初回, 終回とも7.5μであるが, 実験群は初回7.5μ, 終回7.4μとやや縮小している。これは実験群のヘマトクリット値の減少と平行している。

一般的に生体の低酸素環境に対する馴化は数日以内にはじまるとされているが, 本実験のように極めて僅かの時間と回数の低酸素吸入の刺激による造血作用亢進は認めることが出来ない。

ヘモグロビン量においては増加傾向がないとはいいい切れないが, 今までの一連の低酸素環境下のトレーニングの際認められたように赤血球数とパラレルな関係ではないので, これだけからは造血機能の亢進とは認め難い。

血色素量やヘマトクリット値の増加は酸素運搬能力を向上する因子であるが血色素量は実験群において増加し, 他方ヘマトクリット値は対照群に

第4表 第三次低O₂実験血液測定値

月 日	28,29/ 2			7/ 3		18/ 3		30,31/ 3	
	赤血球 RC(M)	ヘモグロビ ンザーリー Hb (%)	ヘマト クリット Ht (%)	赤血球 RC	ヘモグロ ン Hb	赤血球 RC	ヘモグロ ン Hb	赤血球 RC	ヘモグロ ン Hb
1. 細川	4.98	107	46.1	5.31	115	5.76	117	5.05	120
2. 佐藤	4.90	101	43.7	4.62	99	4.66	103	4.76	100
3. 大塚	5.18	88	45.1	5.31	94	5.14	99	5.23	96
4. 松波	4.95	85	41.4	4.81	85	4.97	100	5.08	102
平 均	5.00	95.3	44.1	5.01	98.3	5.13	105	5.03	105
5. 吉田	5.29	108	50.0	5.53	104	5.01	112	5.31	109
6. 則末	4.42	93	46.0	—	—	4.54	90	4.90	97
7. 鳥居	4.86	104	42.1	4.78	95	4.59	99	4.83	97
8. 草萱	4.33	87	42.8	4.11	95	4.51	94	4.34	91
平 均	4.73	98.0	45.2	4.81	98.0	4.66	99.0	4.85	99

において一定で実験群において減少していることも低酸素吸入の効果を否定する根拠となろう。即ち得られた変化は測定誤差か、または他の原因による変動と考える余地が残るわけである。

結論としてこの実験条件での低酸素気トレーニングによっては血液面から見てその効果を期待することは出来ないと言うべきである。

IV 一般体力、持久力

1. 一般体力への効果

持久力関係を除く一般体力測定の結果は第5表のとおりである。

体重について……実験群ではトレーニング後、トレーニング前に比して全員、わずかずつ減少している（平均1.7kg減）。これに対し対照群では、増加2名、減少1名、変化なし1名となっている（平均0.9kg増）。実験群における値の減少は、日々のハードトレーニングに低酸素吸入トレーニングが追加されたため、彼等にとってオーバーワークになったためではなかろうかと考えられる。

身長・座高・胸囲・下腿囲について……トレーニング前後の値の間に殆んど変化がみられない。

皮脂厚について……実験群においては、被検者細川を除いて他は減少2名、変化なし1名となっている。（細川は脚の傷害により1週間以上トレーニングを中止したため、皮脂厚は2.5mmも増加している。）これに対し対照群においては、増加3名、変化なし1名となっており平均0.6mm増加している。従って、細川を除けば体重とほぼ等しい

傾向を示したことになる。

背筋力・握力・垂直跳について……筋力及びパワーを示すこれらの値は、低圧及び高地トレーニングの時と同様その変化に一定の傾向はみられていない。

サイドステップについて……実験群、対照群共に平均値においてわずかずつ増しているが、殆んど問題にならない程度である。

体前屈・肺活量について……特に一定した傾向は示されていない。

結局今回の低酸素吸入トレーニングで、実験群と対照群との間で差を生じたと思われる項目は、体重くらいのものでその他の項目では殆んど変化を示さなかったことになる。その体重変化も、低酸素吸入トレーニングのためとは断定し難い程度のものであり、むしろ栄養、疲労、オーバートレーニングといったトレーニング管理上の問題から来ているとも推定される。

2. 全身持久力への効果

ハーバードステップテストについて……第8図

1964年2月28日～3月31日

ヘマトクリット Ht	色素指数 C I				容積指数 V I		赤血球平均直径 (μ)		
	28,29/ 2	7/ 3	18/ 3	30,31/ 3	28,29/ 2	30,31/ 3	28,29/ 2	18/ 3	30,31/ 3
47.7	1.07	1.08	1.02	1.19	1.03	1.05	7.5	7.3	7.3
42.1	1.03	1.07	1.11	1.05	0.99	0.98	7.4	7.4	7.4
43.9	0.85	0.89	0.96	0.92	0.97	0.93	7.5	7.4	7.2
40.4	0.86	0.88	1.01	1.00	0.93	0.97	7.5	7.6	7.7
43.5	0.95	0.98	1.02	1.04	0.98	0.98	7.5	7.4	7.4
46.5	1.02	0.94	1.12	1.03	1.05	0.97	7.6	7.5	7.4
43.7	1.05	0.99	0.99	0.99	1.16	0.99	7.5	7.6	7.5
44.4	1.07	0.99	1.08	1.00	0.96	1.02	7.6	7.5	7.6
41.6	1.00	1.16	1.04	1.05	1.10	1.07	7.4	7.4	7.4
45.2	1.04	1.02	1.06	1.02	1.07	1.01	7.5	7.5	7.5

第5表 一般体力測定結果一覧表

		実 験 群					対 照 群					
		松 波	細 川	大 塚	佐 藤	平 均	則 末	草 萱	吉 田	鳥 居	平 均	
体 重 (kg)	前	54.0	61.5	55.5	55.7	56.7	62.5	56.7	56.5	50.5	56.6	
	後	53.0	60.7	54.3	54.0	55.0	62.5	57.5	54.8	55.0	57.5	
身 長 (cm)	前	164.8	167.0	164.3	163.2	164.8	171.2	168.4	169.5	163.3	168.1	
	後	164.0	166.9	163.9	163.0	164.4	171.1	168.7	169.1	163.2	168.0	
座 高 (cm)	前	86.2	91.0	88.0	90.1	88.8	91.5	91.5	91.5	90.9	91.9	
	後	86.2	90.1	86.3	90.0	88.1	90.9	91.0	92.1	89.7	90.9	
胸 囲 (cm)	前	90.0	90.0	85.0	86.0	87.8	88.0	85.0	86.0	86.5	86.4	
	後	88.5	91.0	85.0	86.0	87.6	88.0	85.0	86.0	87.0	86.5	
下 腿 囲 (cm)	右	前	33.5	34.5	36.2	35.0	34.8	36.0	34.3	34.3	34.5	34.8
		後	33.3	34.0	36.5	35.4	34.8	35.5	34.0	33.8	35.0	34.6
	左	前	33.8	34.2	35.0	35.0	34.5	35.5	33.5	34.2	34.5	34.4
		後	33.5	34.0	35.5	35.0	34.5	35.5	33.5	33.8	35.0	34.5
皮 脂 厚 (mm)	前	5.0	4.0	5.0	4.0	4.5	3.5	5.0	5.0	4.1	4.4	
	後	4.5	6.5	4.5	4.0	4.9	4.5	5.5	5.0	5.0	5.0	
背 筋 力 (kg)	前	118.0	125.0	130.0	135.0	127.0	159.0	110.0	126.0	115.0	127.5	
	後	115.0	132.0	113.0	123.0	120.8	142.0	96.0	125.6	105.0	117.0	
握 力 (kg)	右	前	45.0	52.0	41.5	46.5	46.1	53.5	40.0	45.5	40.0	44.8
		後	47.0	55.0	47.0	47.0	49.0	51.5	37.0	48.0	45.0	45.4
	左	前	42.5	55.0	43.5	38.0	44.0	50.0	32.5	47.5	38.0	43.3
		後	42.5	54.0	46.0	41.0	45.9	47.0	33.0	45.0		41.7
垂 直 跳 (cm)	前	38.0	50.0	39.0	46.0	43.3	46.0	47.0	50.0	37.0	45.0	
	後	44.0	48.0	44.0	48.0	46.0	52.5	46.0	53.0	44.0	48.9	
サイドステップ (回)	前	38.0	35.0	37.0	41.0	37.8	39.0	37.0	34.0	34.0	36.0	
	後	39.0	36.0	37.0	40.0	38.3	40.0	37.0	35.0	37.0	37.3	
体 前 屈 (cm)	前	11.3	22.0	15.0	22.5	17.7	14.0	13.5	14.5		14.0	
	後	12.0	19.1	15.0	18.2	16.1	14.0	13.0	14.0	16.5	13.7	
肺 活 量 (cc)	前	4950	4500	4700	4460	4653	4320	4620	4520	3900	4340	
	後	4650	4650	4600	4450	4588	4100	4550	4300	4000	4238	

に示されるように、実験群においてはトレーニング前に比してトレーニング後、平均得点は14点の減少となっている。これに対し対照群では逆に平均12点の増加となっている。このような両群の示した変化傾向の相違は、低酸素吸入トレーニングのためというより、むしろ他の因子（例えば栄養疲労、脚の傷害、オーバートレーニングなど）によるのではないかと推定される。統計的には被検者数も少なく、変化傾向に例外もみられるため、トレーニング前後の平均値の間に有意差を認めることは出来ない。

なお念のためにトレーニング前後における得点の差を各被検者について求め、その値での両群の

平均値を算出し、差の有意性を検討したところ、やはり5%の有意水準をみとすことは出来なかった。

トレッドミル負荷試験について……負荷試験の具体的方法は低圧及び高地トレーニング研究の際行なったものと全く同じである。各被検者の示した心拍数及び呼吸数変化は第9図～第16図に示されるとおりである。考察の便をはかる意味で、トレッドミル走行中の最高心拍数及び回復1分目の心拍数回復率を各被検者について求め作成したのが第6表である。

第6表

Tread-mill 走行中の最高心拍数

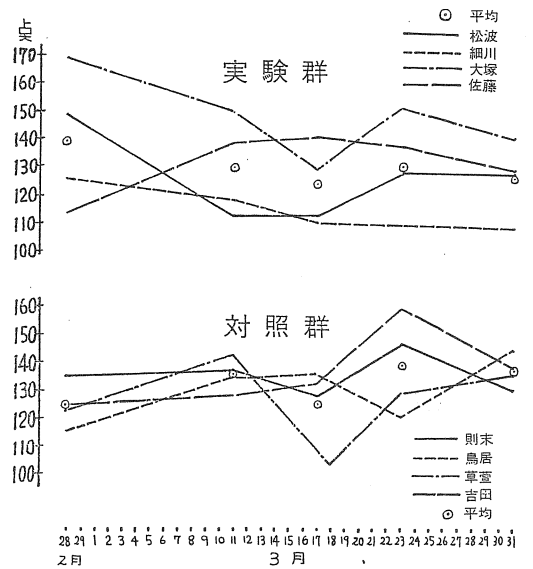
	(実験群)		(対照群)		
	前	後		前	後
松波	182	185	則末	183	180
細川	184	195	草萱	180	180
大塚	185	185	鳥居	190	185
佐藤	193	186	吉田	196	190
平均	186	188	平均	187	184

回復1分目の回復率

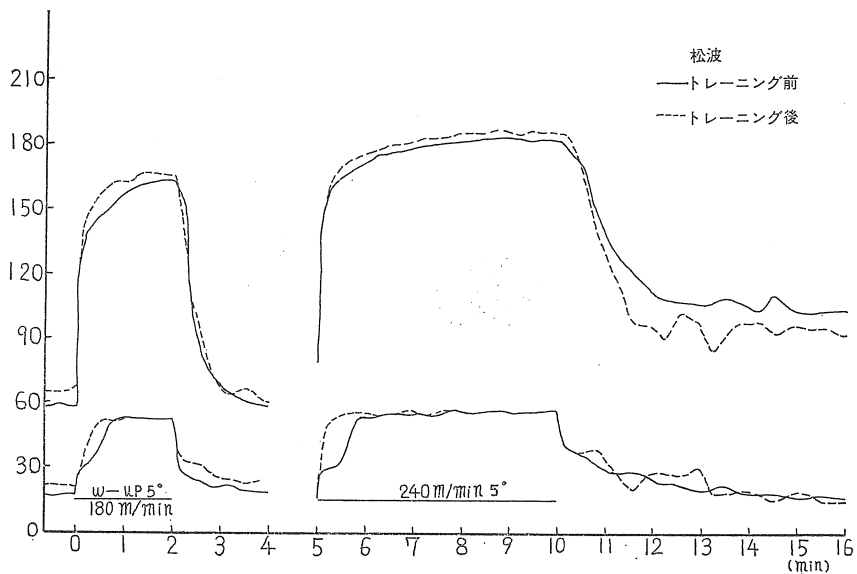
$$\left(\text{回復率} = \frac{\text{運動終了時心拍数} - \text{運動後心拍数}}{\text{運動終了時心拍数} - \text{安静時心拍数}} \times 100 \right)$$

	(実験群)		(対照群)	
	前	後	前	後
松波	36.9	49.2	則末	61.8
細川	48.8	53.0	草萱	37.5
大塚	76.0	76.0	鳥居	42.3
佐藤	39.6	65.1	吉田	35.1
平均	50.3	60.8	平均	44.2

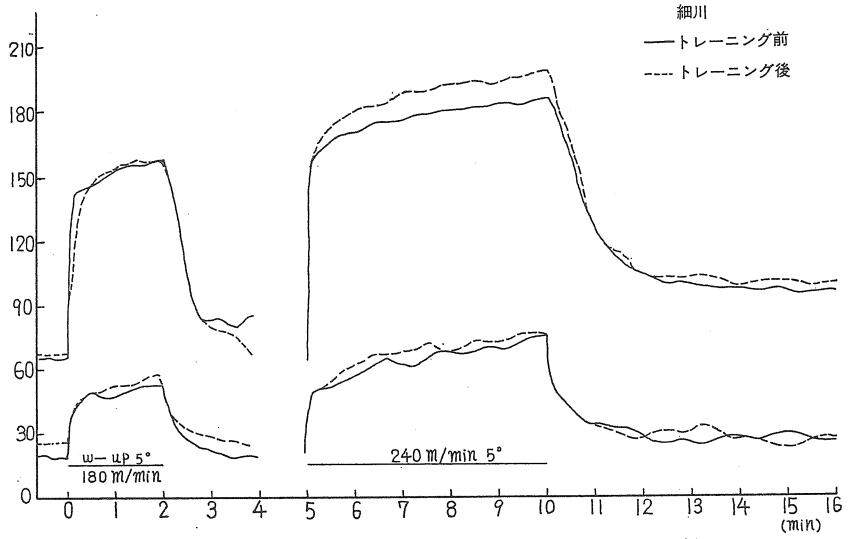
第8図 ハーバードステップテスト点の変化



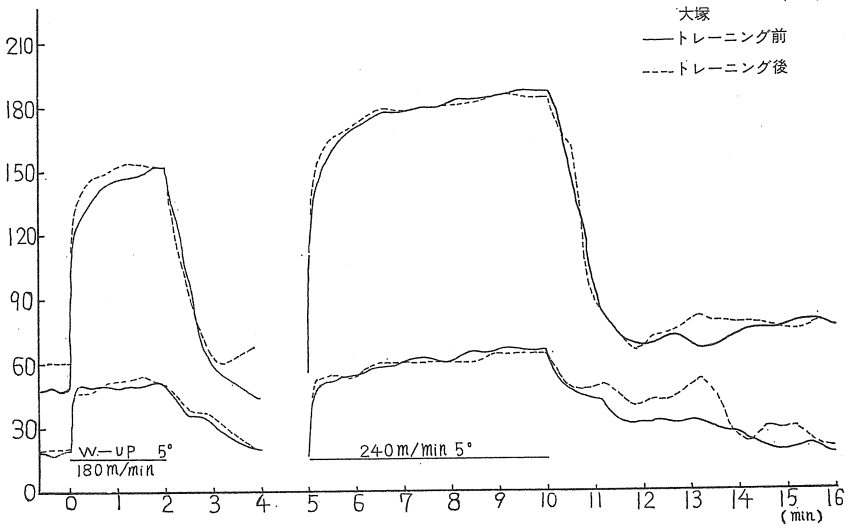
第9図



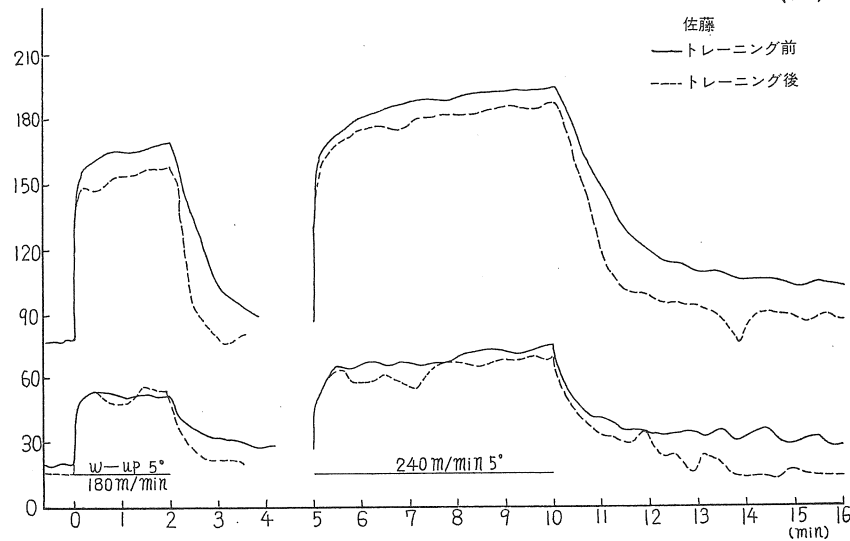
第10図



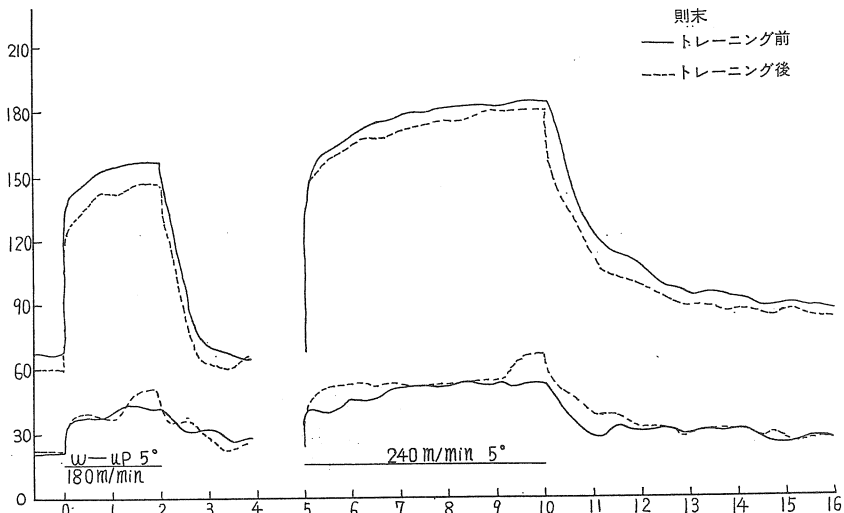
第11図



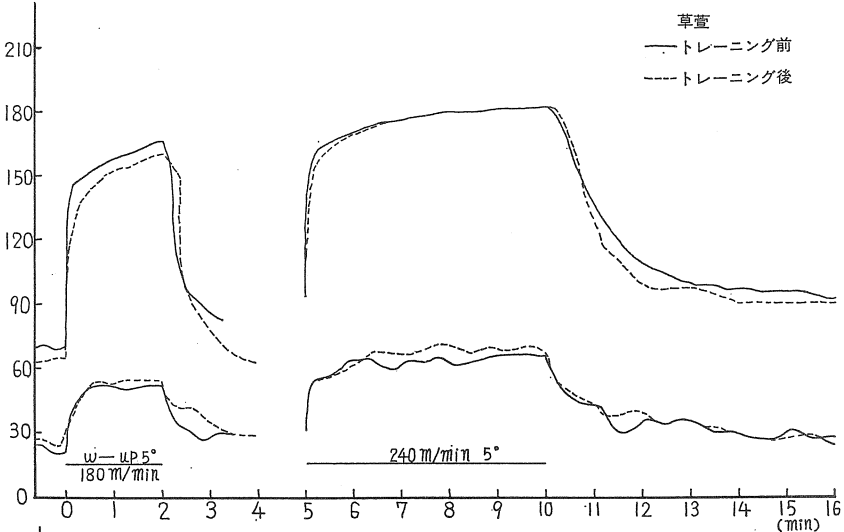
第12図



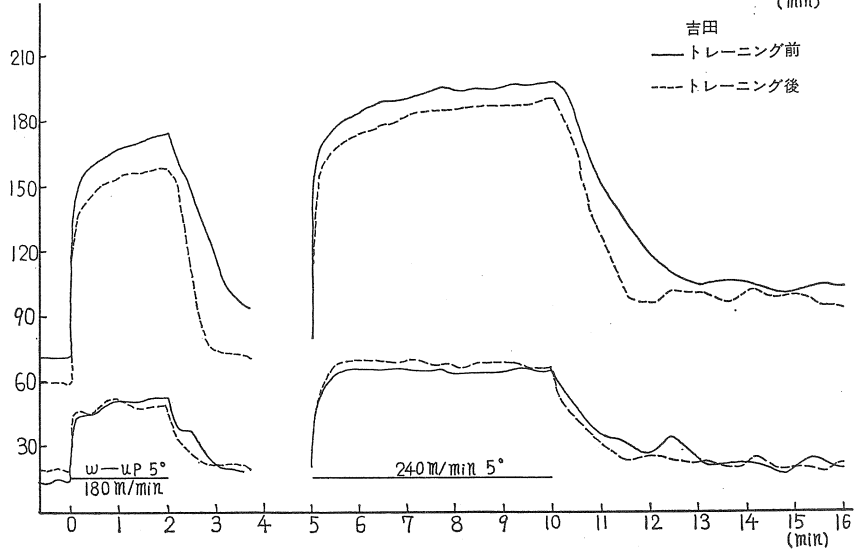
第13図

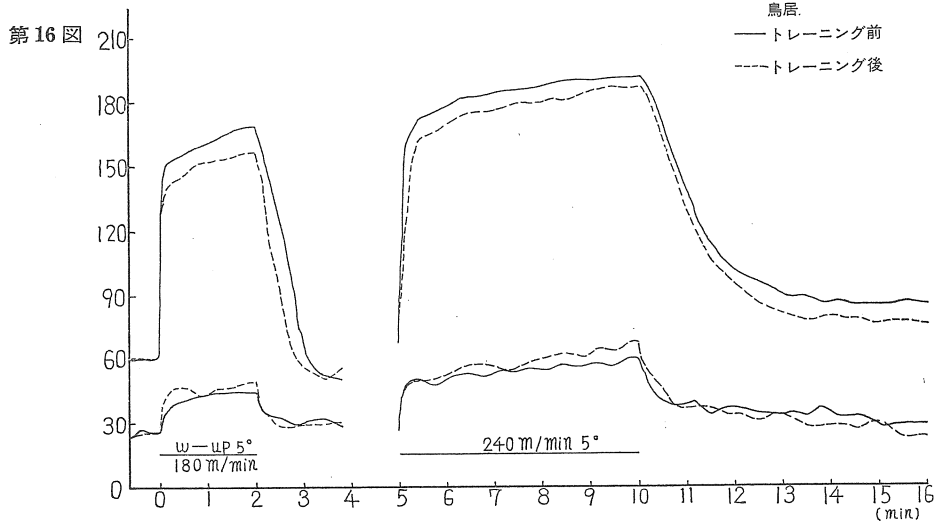


第14図



第15図





持久力増大に伴ない走行中の最高心拍数は当然低下してくることが考えられるが、実験群ではトレーニング後、平均値にして2拍の増大を示し、対照群では平均3拍の減少を示している。両群の示したこのような変化傾向の相違は、ハーバード得点のそれと全く類似したものであり、同様な原因に基づくものと考えられる。しかし実際にはこの差はわずかであり、統計的には有意な差と認めることは出来ない。

結 論

以上のように、平地での低酸素気吸入によって、低圧室や高地でのトレーニングによる馴化成立と同じ効果を期待して行なった低酸素気トレーニングの実験は成功しなかった。

フリッカー値や安静時脈拍数のような所見でも一般体力、一般持久性のテスト成績でも、何らの効果がなく、むしろ低酸素気吸入そのことが負荷となって疲労を蓄積させたかさえ見られるのである。

呼吸機能では、最大酸素摂取量、最大酸素負債ともに変化がなく、血液面でも赤血球、血色素と

トレッドミル走行終了後1分目の心拍数回復率は持久力増大に伴ない上昇すると考えられているが、今回の結果は表にみられる如く両群いずれも上昇傾向を示しており、大差を認めることは出来なかった。

結局全身持久力関係においては今回の低酸素吸入トレーニングの効果を殆んど認めることが出来なかったといえる。

もにこのトレーニングによる効果と見らよるものは見当たらない。

しかしこの方法が全く無効であるとは断言出来ないのもである。用いるガスの酸素濃度、吸入時間、回数など未だ検討する余地は広く残されているのである。

今までこの問題に関して行ない、報告した一連の実験で得られたことを、極くかいつまんで言えば、スポーツでの一般持久性を向上させるのに、高地トレーニングは極めて有効であると、低圧室トレーニングは効果の点でやや劣ること、平地での

脱馴化防止はある程度可能であること、さらに平地での低酸素気トレーニングは無効であることなどであろう。

これら一連の実験は計画において満たされぬ点もあったけれども、全体として一応の収穫を得て成功したものと思う。ことに高地トレーニングの

実際競技面への効果が確認されたことは、今後自信をもって実地適用が可能となった点で大きな成果であろう。勿論実験方法そのものに検討を要する点も少なくないであろうが。次回メキシコシティでのオリンピックにそなえるという意味でも、さらに一層強力な研究が望まれるのである。

