

短時間激運動後の回復期における 高濃度酸素ガス吸入の効果

—血中乳酸値及び運動能力の回復から—

*Effects of hyperoxic gas inhalation during recovery after exhaustive anaerobic exercise
on blood lactate and performance*

藤瀬 武彦* 橋本 麻里** 長崎 浩爾***

高橋 務**** 岩垣 丞恒***** 山村 雅一*****

Abstract

The purpose of this study was to determine whether hyperoxic gas inhalation following anaerobic exercise hastens recovery or enhances subsequent performance. Eight male and four female university students performed two bouts of bench press exercise to exhaustion at 70% of 1RM (performance test: PT-1 and 2). Interval of two exercises was separated by a 30 min recovery period during which the subjects breathed either room air (NOX) or hyperoxic gas (60% O₂ in nitrogen: HOX) for 20 min (1-21 min of recovery time). The entire procedure was repeated on each subject using the opposite gas on another day. The work load in PT was 41.3 ± 10.9 kg (70.2% of 1RM). The numbers of repetition of bench press in NOX and HOX conditions were 15.0 ± 4.7 and 14.5 ± 4.4 repetitions in PT-1, and 13.7 ± 4.1 and 13.0 ± 4.0 repetitions in PT-2 (NOX, -8.7%; HOX, -10.3%), there were no significant differences between both conditions, respectively. The changes of blood lactate concentration and its peak values (NOX, 4.00 ± 1.08 mM; HOX, 3.90 ± 0.88 mM) during recovery periods were not significantly different between NOX and HOX conditions. In conclusion, these data indicate that hyperoxic gas inhalation offers no advantages on recovery from exhaustive anaerobic exercise or on

*FUJISE, Takehiko [情報文化学部情報システム学科]

**HASHIMOTO, Mari [情報文化学部体育非常勤講師]

***NAGASAKI, Koji [新潟県健康づくりセンター]

****TAKAHASHI, Tsutomu [新潟薬科大学一般体育]

*****IWAGAKI, Suketsune [東海大学体育学部社会体育学科]

*****YAMAMURA, Masaichi [東海大学医学部分子生命科学 I]

subsequent exercise performance.

Key words: hyperoxia, bench press, blood lactate, recovery, performance.

I. 緒言

およそ1分以内に終了するような短時間の最大運動では時間の経過とともに筋出力が低下していき、同時に筋中では乳酸の産生が急速に進行する。筋持久力に及ぼす乳酸の影響としては、乳酸蓄積とそれに伴う H^+ の上昇が筋細胞内のアクチンフィラメントの活性化に必要な Ca^{2+} とトロポニンとの結合を妨げ、これにより連結橋 (cross bridge) の形成が抑制される^{15, 18)} というものである。しかし、このような運動中に高酸素を吸入させると筋出力低下の割合が小さくなることが報告されており^{4, 5)}、この一要因として筋収縮を阻害する H^+ の蓄積が筋へ供給される酸素により抑制されたものと考えられている。

一方、このような激運動終了後の回復過程における高酸素吸入の効果について、過去には血中乳酸の消長などに効果的であったとする報告がなされている^{13, 14, 19, 21)}。この効果については、運動後の過剰酸素消費量 (EPOC: excess post-exercise O_2 consumption)、いわゆる酸素負債量はその大部分が乳酸の酸化のために用いられ¹⁰⁾、激運動後に高酸素を吸入すると増加した酸素の需要 (酸素負債) をより速やかに満たすことができ、乳酸除去にも効果的であるという可能性も考えられている^{14, 19)}。しかし、近年では回復期の心拍数や血中乳酸値あるいはその後の運動テストにおける作業成績については、高酸素を吸入させても何ら効果のなかったとの報告が多い^{17, 20, 23)}。

競技スポーツにおいては、予選・準決勝・決勝、あるいはトーナメント形式の試合など1日のうちに短い休息をはさんで数回の競技を行わなければならないことがある。このような場合には、休息中にいかに速く疲労回復させるかということが重要になる。一般に激運動後の疲労回復に及ぼす処方に関する研究は数多く報告されており、例えば軽運動、ストレッチング、マッサージ、ホットパックなどの処方による作業能力や血中乳酸などの回復に着目している^{12, 25)}。一方、高酸素も疲労回復のための一処方として競技スポーツの現場で使用されることもあるが²⁴⁾、前述したようにその効果については必ずしも結論が得られているとはいえないであろう。

今日までに激運動後の疲労回復に及ぼす高酸素吸入の効果についての報告では、自転車エ

ルゴメーターペダリング^{13,19,21)}、あるいはトレッドミルランニング^{17,24)} など、いずれも全身を用いた運動方法によるものであり、身体の局所を用いた運動による報告はなされていない。そこで本実験では、短時間に疲労困憊に達するような激運動として比較的局所を用いるウエイトトレーニング運動を行わせて、運動終了後の回復期における高酸素吸入が血中乳酸値及びその後の運動能力に対して効果があるか否かについて検討した。

II. 方法

1. 被験者

被験者は、健康な男性8名及び女性4名の合計12名であり、いずれもウエイトトレーニング運動の経験者であった。彼らの身体的特徴は表1に示した。表中の体脂肪率は、上腕背部及び肩甲骨下部の皮下脂肪厚を測定することによって算出した³⁾。なお、実験に先立って、被験者に実験の目的、方法、及び安全性について十分に説明して、実験参加の同意を得た。

Table 1. Physical characteristics of the subjects.

	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Fat (%)	LBM (kg)
Male (n=8)					
A	23	167.7	63.1	10.7	56.3
B	23	171.4	66.3	13.5	57.3
C	24	168.1	63.2	14.1	54.3
D	21	182.2	68.2	10.9	60.8
E	19	171.0	80.9	19.6	65.0
F	19	166.5	63.8	9.8	57.5
G	22	178.2	73.0	19.1	59.1
H	22	183.8	69.1	15.8	58.2
Mean	21.6	173.6	68.5	14.2	58.6
SD	1.8	6.8	6.1	3.8	3.2
Female (n=4)					
I	26	163.3	63.6	26.4	46.8
J	19	169.9	68.2	22.2	53.1
K	19	155.8	54.2	25.0	40.7
L	21	154.1	56.0	29.9	39.3
Mean	21.3	160.8	60.5	25.9	44.9
SD	3.3	7.3	6.6	3.2	6.3
Total (n=12)					
Mean	21.5	169.3	65.8	18.1	54.0
SD	2.3	9.2	7.1	6.7	7.9

LBM, lean body mass.

2. 運動の種目及び条件

本実験における運動種目には、ウエイトトレーニングの三大基本種目の中からベンチプレスを選択した。ベンチプレスの運動条件は藤瀬らの方法⁶⁾にしたがって、グリップ幅は肩幅よりも拳1つか2つくらい広くするが、左右の人差し指間の距離が81cm以内とした。その動作はラックからはずしたバーベルを身体（胸部乳頭位）に触れるまで下ろし、身体の反動や胸上でのバウンドを利用せずに肘がロックするまで挙上するものとした。また、この動作中、臀部をベンチから浮かさないようにすることを条件としたが、上体の反り（いわゆるブリッジ）は認めるものとした。

3. 実験手順

1) 最大挙上重量の測定

各被験者の最大挙上重量（1RM: one repetition maximum）は、藤瀬ら方法⁶⁾にしたがって測定した。すなわち、測定には上坂製のオリンピックバーベルを用い、任意の重量と回数でウォーミングアップを兼ねた軽重量の挙上から徐々に増量していく方式で約5から7セット目に最大重量がくるようにして行った。このときの最低重量変更単位は0.5kgとした。1RMの判定は、バーベルの重量を漸増させて行く過程で挙上が不可能になったときの最大重量、あるいはバーベル挙上後に被験者本人が最大であると申告し、その試技を見たパワーリフティング競技の公認審判の資格を有する測定者が同様に判断した場合の重量を記録として認めた。

2) 最大運動テスト

まず最大運動テストの前に、安静時の生理的指標を測定するために30分間の仰臥安静を行わせた。ベンチプレスの最大運動テストは、70%1RMの重量で疲労困憊に達するまで運動を反復させるもので、30分間の回復期（仰臥安静）をはさみ2回（回復期前をテスト1、回復期後をテスト2とする）行わせた。

そして、この最大運動テストは各被験者とも1週間の間隔において、さらにもう1セット行わせた。つまり、12名の被験者のうち6名は1セット目のテスト時には回復期に空気を（以下空気条件とする）、2セット目のテスト時には高酸素を吸入した（以下高酸素条件とする）。他の6名の被験者はこの逆の順序で最大運動テストを行わせた。

4. 高酸素吸入方法

高酸素条件では、太陽東洋酸素社製の高酸素（60.0%O₂+40.0%N₂）を使用した。高酸素の吸入方法は、まず、高酸素をガス圧縮ポンプからビニールチューブを介して蒸留水入りのポリエチレン製タンクを通すことによって加湿し、200Lのダグラスバッグに貯めた。そして、この高酸素は蛇管を介して被験者に吸入させた。高酸素吸入はテスト1終了後の回復期、つまり運動終了（疲労困憊）後1分から21分までの20分間とした。空気条件では、高酸素を貯めたダグラスバッグの二方活栓を閉めて空気を呼吸させた。なお、被験者には空気と高酸素のどちらを吸入しているか知られないように配慮した。

5. 測定項目

1) 運動能力

最大運動テスト（テスト1及び2）では、ベンチプレス運動を3秒に1回のリズム（メトロノームに同調）で疲労困憊に達するまで行わせた。反復回数については、この運動テストを8ミリビデオで撮影し、このビデオ映像からバーベル挙上時にバーが胸部から肘がロックするまでの移動距離を1.0回として少数第1位まで確認することにより求めた。また、運動時間をストップウォッチで測定し、運動1回あたりの時間を算出した。

2) 心拍数

心拍数は30分間の仰臥安静後の5分間（1分毎）、テスト1運動時、回復期30分間（1分毎）、及びテスト2運動時にわたり、日本光電工業製ベッドサイドモニター（Life Scope 8, BSM-7103）を用いて双極胸部誘導法により心電図を記録することにより求めた。

3) 酸素摂取量及び二酸化炭素排出量

酸素摂取量（以下 $\dot{V}O_2$ とする）及び二酸化炭素排出量（以下 $\dot{V}CO_2$ とする）は、ダグラスバッグ法により測定した（ $\dot{V}O_2$ は高酸素条件では測定せず）。すなわち、安静時5分間、運動テスト1、回復期30分間（採気時間：5分×6回）、運動テスト2にわたり採気を行い、予め太陽東洋酸素社製の超高純度N₂（99.9999%）及び標準ガス（15.1%O₂+4.9%CO₂）あるいは高酸素用標準ガス（61.8%O₂+5.2%CO₂）によって較正したガス分析器（日本電気三栄社製Respina IH 26）を用いて、呼気ガスの酸素及び二酸化炭素濃度を測定した。そしてそれぞれ1分毎の $\dot{V}O_2$ 及び $\dot{V}CO_2$ を算出した。なお、高酸素条件における回復期の $\dot{V}O_2$ は、ダグラスバッグ法では値が過大評価される可能性が高いために²²⁾ 測定しなかった。測定時の実験室の室温は21.5～23.0℃であ

り、気圧は753~772mmHgの範囲内にあった。

4) 血中乳酸値

血中乳酸値は、安静時、テスト1運動終了後1分、4分、7分、20分、30分及びテスト2運動終了後4分にオートレットにより中指先を穿刺して専用のガラス製キャピラリーチューブ (YSI 1505 CAPILLARY DISPENSERS, 25 μ l) 用いて採血し、血中乳酸値をYSI社製血中乳酸測定器 (YSI 1500 SPORTS) によって分析した。

6. 統計処理

各測定値は平均及び標準偏差によって示した。また空気条件及び高酸素条件における各測定値の比較は一对の標本による平均のt検定により行った。なお統計的な有意性は危険率5%水準とした。

Ⅲ. 結果

1. 1RM及び70%1RM

表2には各被験者の1RM及び70%1RM (運動テストの重量) を示した。それぞれの値は1RMが58.8 \pm 15.1kgであり、70%1RMが41.3 \pm 10.9kg (70.2%1RM)であった。

Table 2. 1RM and 70% 1RM of the bench press in each subject.

	1RM (kg)	70%1RM (kg)
Male (n=8)		
A	67.5	47.5
B	62.5	45.0
C	65.0	45.0
D	67.5	47.5
E	80.0	57.5
F	75.0	52.5
G	55.0	38.5
H	67.5	47.5
Mean	67.5	47.6
SD	7.6	5.6
Female (n=4)		
I	55.0	37.5
J	42.5	30.0
K	31.0	22.0
L	37.5	25.0
Mean	41.5	28.6
SD	10.2	6.8
Total (n=12)		
Mean	58.8	41.3
SD	15.1	10.9

1RM, one repetition maximum;
ns, not significant.

2. 反復回数

表3には最大運動テストにおけるベンチプレスの反復回数を示した。テスト1の反復回数は空気条件が 15.0 ± 4.7 回に対して高酸素条件が 14.5 ± 4.4 回であり、またテスト2では同様に 13.7 ± 4.1 回に対して 13.0 ± 4.0 回であり、ともに両条件間に有意差は認められなかった。なお、テスト1に対するテスト2の反復回数の減少量は、空気条件が 1.3 ± 1.6 回 (8.7%)、高酸素条件が 1.5 ± 0.9 回 (10.3%) であり、両条件ともほぼ同等であった。

Table 3. Repetition of the bench press with normoxic and hyperoxic conditions.

	PT-1 (rep)		PT-2 (rep)	
	Nor	Hyp	Nor	Hyp
Male (n=8)				
A	11.0	14.3	11.2	13.5
B	17.1	17.5	14.9	16.5
C	12.0	11.9	10.1	11.1
D	13.4	11.4	12.9	10.9
E	16.7	15.3	15.2	12.9
F	13.3	13.1	13.9	12.0
G	11.4	11.2	9.5	8.4
H	15.5	14.3	14.4	12.1
Mean	13.8	13.6	12.8	12.2
SD	2.4	2.2	2.2	2.3
Female (n=4)				
I	20.2	19.0	19.4	17.1
J	14.4	15.4	14.5	14.5
K	13.2	10.2	11.2	9.0
L	22.2	20.3	17.2	17.5
Mean	17.5	16.2	15.6	14.5
SD	4.4	4.5	3.5	3.9
Total (n=12)				
Mean	15.0	14.5	13.7	13.0
SD	4.7	4.4	4.1	4.0
Significance	ns		ns	

PT-1, Performance Test-1; PT-2, Performance Test-2;
Nor, Normoxic condition; Hyp, Hyperoxic condition;
ns, not significant.

表4には最大運動テストにおけるベンチプレスの運動時間を示した。テスト1の運動時間は空気条件が 50.1 ± 11.9 秒 (3.34 ± 0.13 秒/回) に対して高酸素条件が 50.0 ± 8.9 秒 (3.48 ± 0.20 秒/回) であり、またテスト2では空気条件が 44.9 ± 10.2 秒 (3.27 ± 0.16 秒/回) に対して高酸素条件が 44.2 ± 8.7 秒 (3.45 ± 0.36 秒/回) であり、いずれも両条件間に有意差は認められなかった。

Table 4. The time from beginning of the bench press exercise to all-out (A). The time required of per one repetition (B).

(A)					(B)				
	PT-1 (sec)		PT-2 (sec)			PT-1 (sec/rep)		PT-2 (sec/rep)	
	Nor	Hyp	Nor	Hyp		Nor	Hyp	Nor	Hyp
male (n=8)					male (n=8)				
A	36.8	52.6	34.4	44.3	A	3.35	3.68	3.07	3.28
B	55.7	57.2	49.5	56.3	B	3.26	3.27	3.32	3.41
C	41.0	41.2	34.2	38.0	C	3.42	3.46	3.39	3.42
D	45.4	42.3	44.9	38.9	D	3.39	3.71	3.48	3.57
E	53.3	50.9	48.2	42.5	E	3.19	3.33	3.17	3.29
F	45.3	47.7	49.4	52.6	F	3.41	3.64	3.55	4.38
G	39.3	41.1	30.7	29.8	G	3.45	3.67	3.23	3.55
H	54.2	52.2	45.4	41.7	H	3.52	3.65	3.16	3.45
Mean	46.4	48.2	42.1	43.0	Mean	3.37	3.55	3.30	3.55
SD	7.3	6.1	7.7	8.4	SD	0.11	0.17	0.17	0.35
Female (n=4)					Female (n=4)				
I	69.3	60.7	65.2	54.0	I	3.43	3.19	3.36	3.16
J	46.5	49.6	44.5	43.6	J	3.23	3.22	3.07	3.01
K	40.3	36.9	35.0	33.3	K	3.05	3.62	3.13	3.70
L	74.4	67.4	57.3	54.8	L	3.35	3.32	3.33	3.13
Mean	57.6	53.7	50.5	46.4	Mean	3.27	3.34	3.22	3.25
SD	16.7	13.4	13.4	10.1	SD	0.16	0.19	0.15	0.31
Total (n=12)					Total (n=12)				
Mean	50.1	50.0	44.9	44.2	Mean	3.34	3.48	3.27	3.45
SD	11.9	8.9	10.2	8.7	SD	0.13	0.20	0.16	0.36
Significance	ns		ns		Significance	ns		ns	

PT-1, Performance Test-1; PT-2, Performance Test-2;

Nor, Normoxic condition; Hyp, Hyperoxic condition;

ns, not significant.

3. 心拍数

図1には空気条件及び高酸素条件における心拍数の変動を示した。運動中及び回復期の心拍数は、いずれの時点においても空気条件及び高酸素条件間に有意差は認められなかった。

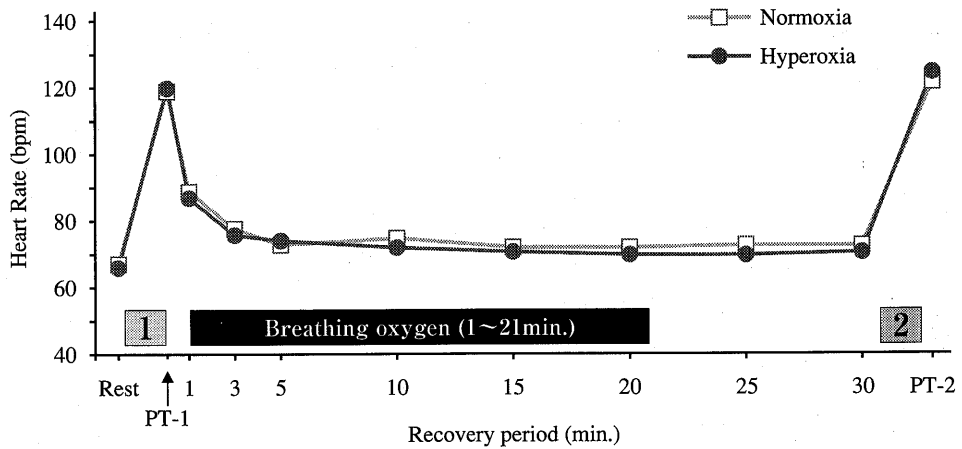


Fig 1. Changes in heart rate during rest, exercise, and recovery period with normoxia and hyperoxia.

4. $\dot{V}O_2$ 及び $\dot{V}CO_2$

図2には空気条件の $\dot{V}O_2$ の変動を、図3には空気条件及び高酸素条件における $\dot{V}CO_2$ の変動を示した。高酸素条件の $\dot{V}O_2$ は、ダグラスバッグ法では過大評価される²²⁾ ために測定しなかった。運動時及び回復期の $\dot{V}CO_2$ は、いずれの時点においても空気条件及び高酸素条件間に有意差は認められなかった。

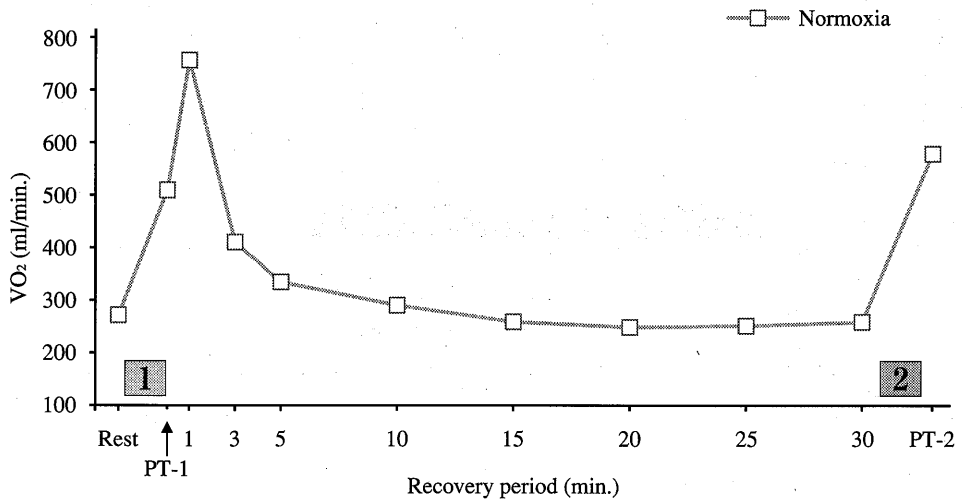


Fig 2. Change in $\dot{V}O_2$ during rest, exercise, and recovery period in normoxic condition.

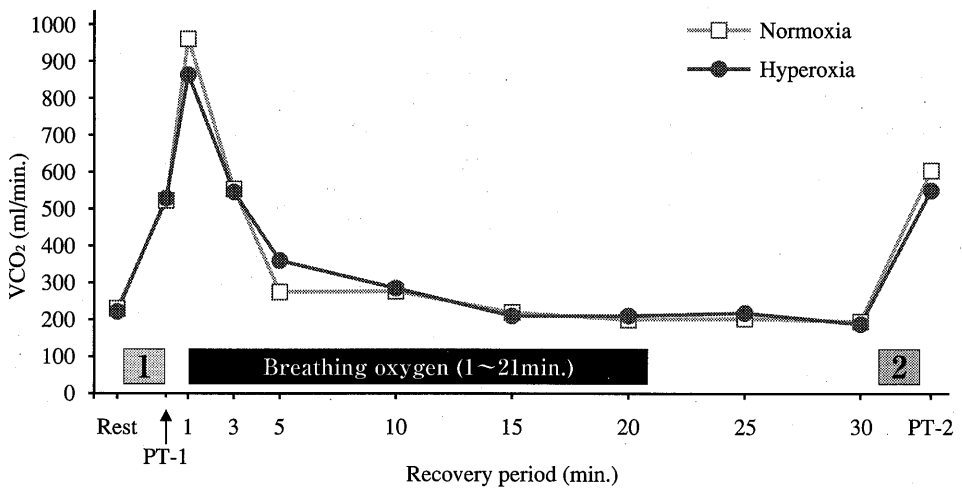


Fig 3. Changes in $\dot{V}CO_2$ during rest, exercise, and recovery period in normoxic and hyperoxic conditions.

5. 血中乳酸値

図4には空気条件及び高酸素条件の血中乳酸値の変動を示した。回復期の血中乳酸値は、いずれの時点においても空気条件及び高酸素条件間に有意差は認められなかった。また、表5は空気条件及び高酸素条件における最高血中乳酸値を示した。最高血中乳酸値は空気条件で $4.00 \pm 1.08 \text{mM}$ であったのに対して高酸素条件では $3.90 \pm 0.88 \text{mM}$ であり、両条件間に有意差は認められなかった。

Table 5. Peak value of blood lactate concentration.

	Nor (mM)	Hyp (mM)
Male (n=8)		
A	3.56	4.51
B	5.57	5.10
C	3.19	4.04
D	5.33	3.97
E	4.84	5.18
F	4.43	4.59
G	2.71	2.93
H	3.07	3.24
Mean	4.09	4.20
SD	1.10	0.81
Female (n=4)		
I	5.16	3.58
J	4.36	2.89
K	2.50	2.51
L	3.30	4.24
Mean	3.83	3.31
SD	1.17	0.76
Total (n=12)		
Mean	4.00	3.90
SD	1.08	0.88
Significance	ns	

Nor, Normoxic condition; Hyp, Hyperoxic condition; ns, not significant

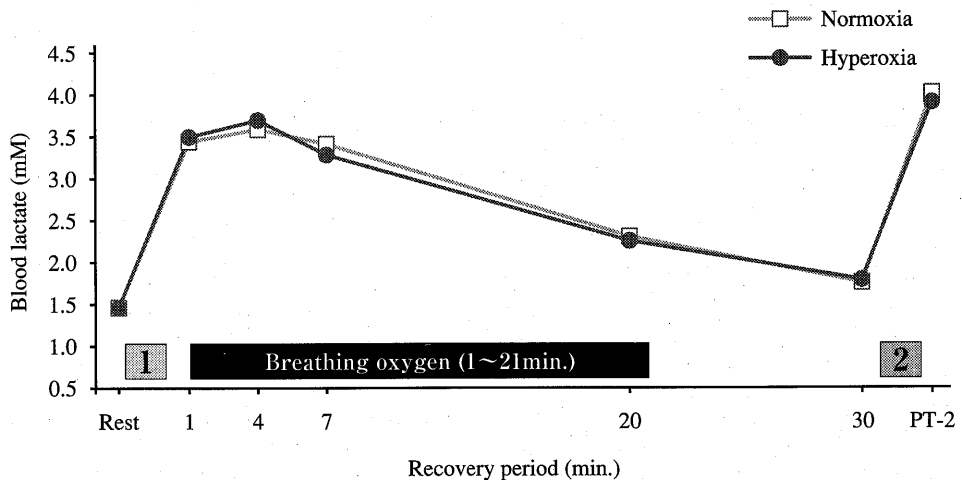


Fig 4. Changes in blood lactate during rest, exercise, and recovery period in normoxic and hyperoxic conditions.

IV. 考察

本実験における被験者の1RMは男性が 67.5 ± 7.6 kg、女性が 41.5 ± 10.2 kgであった。これらの筋力レベルは、一般青年男女を対象とした筋力評価表⁶⁾によれば男性被験者が5段階中4（やや優れている）であり、女性被験者が5（優れている）と評価された。このことは彼らが過去にウエイトトレーニング運動の経験があり、また現在トレーニングを継続している被験者が5名いたことによるものと思われる。

私たちは前報⁹⁾で70%1RMの重量で疲労困憊までのベンチプレス運動中に高酸素を吸入させると、その反復回数が有意に増加することを報告した。このときの空気条件での反復回数は 14.2 ± 4.5 回であり、最高血中乳酸値は 3.30 ± 0.75 mMであった。本実験では、テスト1での反復回数が空気条件で 15.0 ± 4.7 回、高酸素条件（運動中は空気呼吸）で 14.5 ± 4.4 回であり、また最高血中乳酸値は空気条件で 4.00 ± 1.08 mM、高酸素条件で 3.90 ± 0.88 mMであったことから、おそらく被験者は余力を残さずにベンチプレスを反復して疲労困憊に達したものと思われる。

今回の実験では、テスト1及び2におけるベンチプレスの反復回数が空気条件及び高酸素条件ともほぼ同等で高酸素吸入の効果は認められなかった。今日までに、 $\dot{V}O_{2max}$ の80~100%程度の比較的有酸素的要素の強い運動中の高酸素吸入が、血中乳酸値の低下や運動成績に有効であることという報告は数多くなされている^{1, 7, 8, 16, 23)}。Pletら¹⁶⁾はこの理由について高酸素吸入による換気量の減少と代謝性アシドーシスの低減などが関連していると指摘している。一方、1分程度で終了するような無酸素的要素の強い短時間最大運動でも、運動中に高酸素を吸入すると運動成績が向上するという報告がなされている^{4, 5)}。Eikenら⁵⁾は、この理由について高酸素吸入による体内酸素分圧 (PO_2) の上昇が運動中のクレアチン燐酸の再合成をより急速に引き起こし、これがより高いレベルの解糖 (glycolysis) を可能にしたと推測している。

しかし、激運動終了後の回復期における高酸素吸入の血中乳酸値やその後の運動能力に対する効果については、特に近年では否定的な報告が多い^{17, 20, 24)}。これらの報告では高酸素の吸入時間が2~6分と比較的短時間であるが、本実験では運動終了後の1分から21分まで20分間にわたり高酸素を吸入させたが、過去の報告と同様にその効果は得られなかった。運動中には高酸素吸入により体内の PO_2 が上昇し、乳酸の産生が抑制されたり、高エネルギー燐酸化合物量が相対的に維持されて筋持久力や筋出力が向上するとされている。しかし、激運動後の回復期、つまり筋運動が行われていない安静時には筋中の乳酸産生もおそらく安静レベルであ

り、この状況で高酸素吸入を行っても血中乳酸値が低下しなかったことは、乳酸の除去になんら影響を及ぼさないことを意味しているものと思われる。また同様に心拍数や及び $\dot{V}CO_2$ も運動中に高酸素を吸入すると空気呼吸時よりも低下する傾向にあるが²⁾、本実験結果で示したように回復期には高酸素吸入の影響が認められないことが示唆された。

一方、Hoganらの報告¹⁾では本運動(90% $\dot{V}O_{2max}$ 強度で疲労困憊まで)の4分前までに吸入した高酸素であっても持続時間を有意に向上させることができ、その要因は運動中の $\dot{V}O_2$ ではなく血中の乳酸や H^+ の蓄積状態によると推察されている。仮に本実験でも回復期終了(テスト2直前)まで高酸素を吸入させていたら、テスト2の運動成績が向上したのかもしれないが、この場合は高酸素吸入による回復促進効果とは異なるものである。今回の実験では、30分間の回復期における高酸素吸入はテスト1運動終了後の1分から21分までの20分間行い、次の運動までに約10分間は空気呼吸を行わせた。この方法により、回復期に吸入した高酸素は次の運動テストに対して直接的に影響を及ぼしておらず、回復処方としての高酸素吸入効果のなかったことが明確になったものと思われる。

V. 結語

本実験では、短時間激運動終了後の高酸素吸入が回復期の血中乳酸値及びその後の運動成績に及ぼす効果について検討した。被験者は男性8名及び女子4名の合計12名であった。ベンチプレスの最大運動テストは70%1RMの重量で疲労困憊に達するまで運動を反復させるものであり、30分間の回復期をはさみ2回行わせた。この一連のテストは日を替えて2回行わせた。つまり、12名の被験者のうち6名は1回目のテスト時には回復期に空気を、2回目のテスト時には運動終了1分から20分までの20分間に高酸素を吸入した。他の6名の被験者はこの逆の順序で最大運動テストを行った。

- 1) 被験者の1RMは 58.8 ± 15.1 kgで、70%1RMは 41.3 ± 10.9 kg (70.2%1RM)であった。
- 2) ベンチプレスの反復回数は、テスト1では空気条件が 15.0 ± 4.7 回、高酸素条件が 14.5 ± 4.4 回であり、またテスト2では空気条件が 13.7 ± 4.1 回、高酸素条件が 13.0 ± 4.0 回であり、ともに両条件間に有意差は認められなかった。
- 3) 心拍数及び二酸化炭素排出量は、運動中及び回復期のいずれの時点においても両条件間に有意差は認められなかった。

- 4) 血中乳酸値は回復期のいずれの時点においても両条件間に有意差は認められなかった。また最高血中乳酸値は、空気条件では $4.00 \pm 1.08 \text{mM}$ であったのに対して高酸素条件では $3.90 \pm 0.88 \text{mM}$ であり、両条件間に有意差は認められなかった。

以上の結果から、短時間激運動終了後の高酸素吸入は、回復期の血中乳酸値及びその後の運動成績に対してなんら効果のないことが示唆された。

VI. 文献

- 1) Adams, R. P. and Welch, H. G. (1980) Oxygen uptake, acid-base status, and performance with varied inspired oxygen. *J. Appl. Physiol.*, 49 : 863-868.
- 2) Adams, R. P., Cashman, P. A., and Young, J. C. (1986) Effect of hyperoxia on substrate utilization during intense submaximal exercise. *J. Appl. Physiol.*, 61 : 523-529.
- 3) Brozek, J., Grande, F., Anderson, J. T., and Keys, A (1963) Densitometric analysis of body composition : revision of some quantitative assumption. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 110: 113-140.
- 4) Eiken, O. and Tesch, P. A. (1984) Effects of hyperoxia and hypoxia on dynamic and sustained static performance of the human quadriceps muscle. *Acta Physiol. Scand.*, 122: 629-633.
- 5) Eiken, O., Hesser, C. M., Lind, F., Thorsson, A., and Tesch, P. A. (1987) Human skeletal muscle function and metabolism during intense exercise at O₂ and N₂ pressures. *J. Appl. Physiol.*, 63: 571-575.
- 6) 藤瀬武彦, 杉山文宏, 松永尚久, 長畑芳仁 (1995) 一般青年男女における筋力評価尺度としてのバーベル挙上能力評価の試み. *体育学研究*, 39: 403-416.
- 7) 藤瀬武彦, 杉山文宏, 加藤健志, 岩垣丞恒, 松本正彦, 山村雅一 (1997) 漸増負荷運動時の高酸素吸入が持久的運動鍛錬者の作業成績及び生理的変量に及ぼす効果. *トレーニング科学*, 9: 30-38.
- 8) 藤瀬武彦, 杉山文宏, 加藤健志, 岩垣丞恒, 山村雅一 (1998) 持久的運動鍛錬者の全身持久力に及ぼす高酸素トレーニングの効果. *トレーニング科学*, 10: 87-96.
- 9) 藤瀬武彦, 重原麻里, 長崎浩爾, 高橋努, 岩垣丞恒, 山村雅一 (2002) 無酸素的運動時の高濃度酸素ガス吸入が作業成績に及ぼす効果. *新潟国際情報大学情報文化学部紀要*, 5: 265-282.
- 10) Hatta, H., Atomi, Y., Shinohara, S., and Yamada, S. (1988) Oxidation of lactate in rats after short-

- term strenuous exercise. *Int. J. Sports Med.*, 9: 429-432.
- 11) Hogan, M. C. and Welch, H. G. (1984) Effect of varied lactate levels on bicycle ergometer performance. *J. Appl. Physiol.*, 57: 507-513.
 - 12) 稲沢見矢子, 西保岳, 近藤徳彦, 勝田茂, 池上晴夫 (1988) 乳酸消失から見たクーリング・ダウンに関する研究—間欠的回復運動の場合—. *体育学研究*, 33: 145-153.
 - 13) 石井良昌, 宮永 豊, 下條仁士, 浅野勝己 (1995) 高気圧酸素療法の最大運動後の乳酸濃度に及ぼす影響. *日高圧医誌*. 30: 109-114.
 - 14) 永田晟, 杉本英 (1987) ストレッチング運動と酸素吸入処方の全身疲労回復への効果. *新潟大学教育学部紀要*, 28(2): 63-76
 - 15) Nakamura, Y. and Schwartz, A. (1972) The influence of hydrogen ion concentration on calcium binding and release by skeletal muscle sarcoplasmic reticulum. *J. Gen. Physiol.*, 59: 22-32.
 - 16) Plet, L., Pedersen, P. K., Jensen, F. B., and Hansen, J. K. (1992) Increased working capacity with hyperoxia in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 65: 171-177.
 - 17) Robbins, M. K., Gleeson, K., and Zwillich, C. W. (1992) Effect of oxygen breathing following submaximal and maximal exercise on recovery and performance. *Med. Sci. Sports exerc*, 24: 720-725.
 - 18) Robertson, S. P. and Kerrick, W. G. L. (1979) The effects of pH on Ca^{2+} -activated force in frog skeletal muscle fibers. *Pflügers Arch.*, 380: 41-45.
 - 19) 芝山正次, 水野哲也, 古橋廣之進, 眞野喜洋 (1987) 高濃度酸素が生体に及ぼす影響に関する研究. *臨床スポーツ医学*, 5: 683-688.
 - 20) Titlow, L. W. (1982) The effects of oxygen administration during simulated athletic competition. *J. Sports Med.*, 22: 323-328.
 - 21) 坪井 實 (1987) 運動時における酸素の効用. *J. J. SPORTS SCI.*, 6: 797-802.
 - 22) Welch, H. G. and Pedersen, P. K. (1981) Measurement of metabolic rate in hyperoxia. *J. Appl. Physiol.*, 51 : 725-731.
 - 23) Welch, H. G. (1982) Hyperoxia and human performance : a brief review. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14: 253-262.
 - 24) Winter, F. D., Snell, P. G., Stray-Gundersen, J. (1990) Effects of 100% oxygen on performance of professional soccer players. *J. A. M. A.*, 262 : 227-229.

- 25) 山本正嘉, 山本利春 (1993) 激運動後のストレッチング、スポーツマッサージ、軽運動、ホットパックが疲労回復におよぼす効果—作業能力および血中乳酸の回復を指標にして—, 体力科学, 42: 82-92.