

LT と OBLA はスピードスケートの 競技力向上に貢献するか？

	東 邦 大 学	根 本 勇
(共同研究者)	同	土 谷 一 晃
	ヒューマン パフォーマンス ・ラボラトリー	岩 岡 研 典
	鹿屋体育大学	田 畑 泉
	日本体育大学	田 中 邦 雄
	群馬県体育協会	入 澤 孝 一

Do LT and OBLA Contribute to the Athletic Performance in Speed-Skating ?

by

Isamu Nemoto, Kazuaki Tsuchiya
Toho University School of Medicine

Kensuke Iwaoka

Human Performance Laboratory

Izumi Tabata

National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Kunio Tanaka

Nippon College of Physical Education

Kouichi Irisawa

Gunma Amature Sports Association

ABSTRACT

Athletic performance in speed-skating is supposed to be related to the force level which corresponds with the onset of anaerobiosis. Using gas exchange parameters during bicycle ergometry, we have elucidated the importance of the AerT and the AnT, in particular

AnT, for speed-skaters in endurance events (1988). No study has been performed concerning lactate threshold (LT) and onset of blood lactate accumulation (OBLA) during speed-skating on the ice. In order to investigate the feasibility of LT and OBLA during speed-skating and its relations to performance, 19 male collegiate speed-skaters volunteered for the study. LT and OBLA were determined during a series of 9 bouts of 1000 m skating with incremental modes of speeds ($m \cdot s^{-1}$) in an indoor 333 m oval. Maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$) was obtained during treadmill running. The velocity at which LT (V-LT) and OBLA (V-OBLA) occurred during skating were greater in all-rounders (AL ; $n=9$) than in sprinters (SP ; $n=10$, NS). AL's $\dot{V}O_{2max}$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) was significantly higher than SP's.

Of the parameters examined, only $\dot{V}O_{2max}$ was significantly related to skating performance. V-LT ($r=0.55$, $P<0.05$) and V-OBLA ($r=0.73$, $P<0.001$) were related to training volume prior to the test. It might be suggested that neither LT nor OBLA are directly related to athletic performance in speed-skating.

1. 緒 言

スピードスケートの惰力滑走時 (接氷期の約80%)¹²⁾には、股関節および膝関節の伸筋群にその最大筋出力 (MVC) の25-35%の等尺性筋収縮を強いることになる⁸⁾。このような筋力発揮は、筋への血流の一部あるいはすべてを阻止することになり⁷⁾、代謝は無酸素性機構への依存を余儀なくされ、筋には乳酸が蓄積し始まると考えられる。事実、同一相対強度 ($\% \dot{V}O_{2max}$) では、自転車駆動よりもスピードスケート滑走の方が高い血中乳酸濃度 (以下、LA 濃度) を示すことが報告されている⁸⁾。そして、スピードスケートの競技成績が、無酸素性機構の発現する時点の出力パワーと関係することも示唆されている¹⁴⁾。

このようなエネルギー代謝の変換点あるいは移行点を示すと考えられる代表的な指標として、LA 濃度の上昇開始時点である Lactate Thresh-

old (LT)¹⁶⁾ と LA 濃度の $4 \text{ mmol} \cdot l^{-1}$ 時点である Onset of Blood Lactate Accumulation (OBLA)³⁰⁾ といった最大下作業時の LA 濃度の動態をもとにした指標が考察され、パフォーマンスの予測^{28, 33, 35)}、トレーニング状態の評価^{1, 21)} および持久性トレーニングの強度指標として用いられている^{17, 31)}。

これまでの報告によれば、LT や OBLA の絶対値および相対値は、ともに持久的競技のスポーツ選手が筋力・パワー的種目の選手に比較して高い値を示す^{2, 13)}。また、同一種目においても、競技時間が長い選手ほど、および競技力レベルの高い一流選手ほど高い LT および OBLA 値を示すことが知られている^{9, 20, 30, 33, 35)}。Schmid et al.²⁹⁾によれば、自転車漸増負荷駆動で測定したスピードスケート選手の OBLA 値は、長距離選手が短距離選手よりも有意に高い値を示すものの、他のスポーツ種目の選手との比較では、スピードスケ-

ト選手のそれは中距離的スポーツ種目と同様の特徴を示すという。

しかしながら、測定時の運動様式としてスピードスケート滑走を用い、その運動中の LA 濃度の動態からスピードスケート選手の LT および OBLA とを求め競技成績との関連について検討した報告はみられない。

そこで、本研究では、スピードスケート滑走中の LA 濃度から LT と OBLA とを測定し、短距離選手 (Sprinter ; SP) と長距離選手 (All-rounder ; AL) とで比較するとともに、競技成績との相関関係からスピードスケートの競技力向上に及ぼす影響について検討することを目的とする。

2. 研究方法

2. 1 被検者

被検者は、NT 大学と TY 大学のスケート部に所属する 6 ~ 14 年間の競技歴を有する大学スピードスケート選手男子 19 名であった (年齢 20.3 ± 1.1 歳, 身長 171.5 ± 4.9 cm, 体重 66.4 ± 5.04 kg, 体脂肪率 $11.4 \pm 2.80\%$, 除脂肪体重 58.7 ± 4.01 kg; 平均 \pm 標準偏差)。なお、身体組成は、水中体重秤量法によって測定した¹⁹⁾。

被検者には、事前に本研究の目的と研究方法および LA 濃度の測定にともなう苦痛と危険性等について十分説明して研究に参加することの同意を得た。被検者のうち 10 名は、主に短距離種目 (500, 1000, 1500 m) を専門とする短距離選手 (SP 群) であり、残り 9 名が長距離種目 (3000 m 以上) を得意とする長距離選手 (AL 群) であった。また、氷上における滑走トレーニングは、測定の前約 1 ヶ月前から実施されていたが、そのトレーニング内容は、おのおののチームおよび選手ごとに別々の処方で行われていた。すべての被検者には、測定前の 2 ヶ月間のトレーニングを記録させ、そのうちの氷上滑走トレーニングの距離

数 (km) を積算して、以後の分析に用いた。

2. 2 LT と OBLA の測定

LT と OBLA は、333 m 公認トラックを有する屋内スケート場で測定した。具体的には、被検者 2 名を 1 組として、交互に同トラックを 3 周づつ滑走させた。滑走速度 ($V : m \cdot s^{-1}$) は、1 周 40 秒から開始し、1 回ごとに 2 秒づつ短縮してゆく方式でのスプリット・タイムを設定して、測定のための休息をはさんで疲労困憊に至るまで 8 ~ 9 回漸増した。各回の滑走速度としては、2 周目と 3 周目の平均滑走速度を採用した。なお、各回ごとの滑走の時間間隔は、1 分 30 秒から 2 分間であった。

採血は各滑走直後の休息中に指尖より医師が行わない、直ちに全血をシリンジペット (25 μ l) によって YSI 社製自動乳酸分析装置 (Model 23 L) に注入して LA 濃度を分析した。分析装置の較正は、濃度が既知の標準液 (5, 15 $mmol \cdot l^{-1}$) を用いてサンプル 4 ~ 6 本ごとに行なった。

心拍数 (HR ; bpm) は、キャノン社製スポーツテスター (PE-3000) を用いて 15 秒ごとに連続測定し、各滑走中における最高値を滑走中心拍数とした。また、主観的運動強度 (RPE) を各滑走直後に小野寺と宮下²⁰⁾のスケールに基づいて記録した。

LT と OBLA が発現する時点の滑走速度 ($V-LT$, $V-OBLA ; m \cdot s^{-1}$) は、 V^3-LA 関係式を Beaver et al.³⁾の報告にしたがって、 $\log V^3-\log LA$ 処理した後、変曲点を内視し直線回帰により決定した。変曲点が同定できない場合には、OBLA のみについて算出した。図 1 には、LT と OBLA の決定法について示した。最高滑走速度に対する割合 ($\%V-LT$, $\%V-OBLA ; \%$) は、それぞれ $V-LT$, $V-OBLA$ を以下で調査した 500 m 公式記録を平均滑走速度 ($m \cdot s^{-1}$) に換算したもので除して求めた。同様に、LT と OBLA 時点の HR ($HR-LT$, $HR-OBLA ; bpm$) および RPE

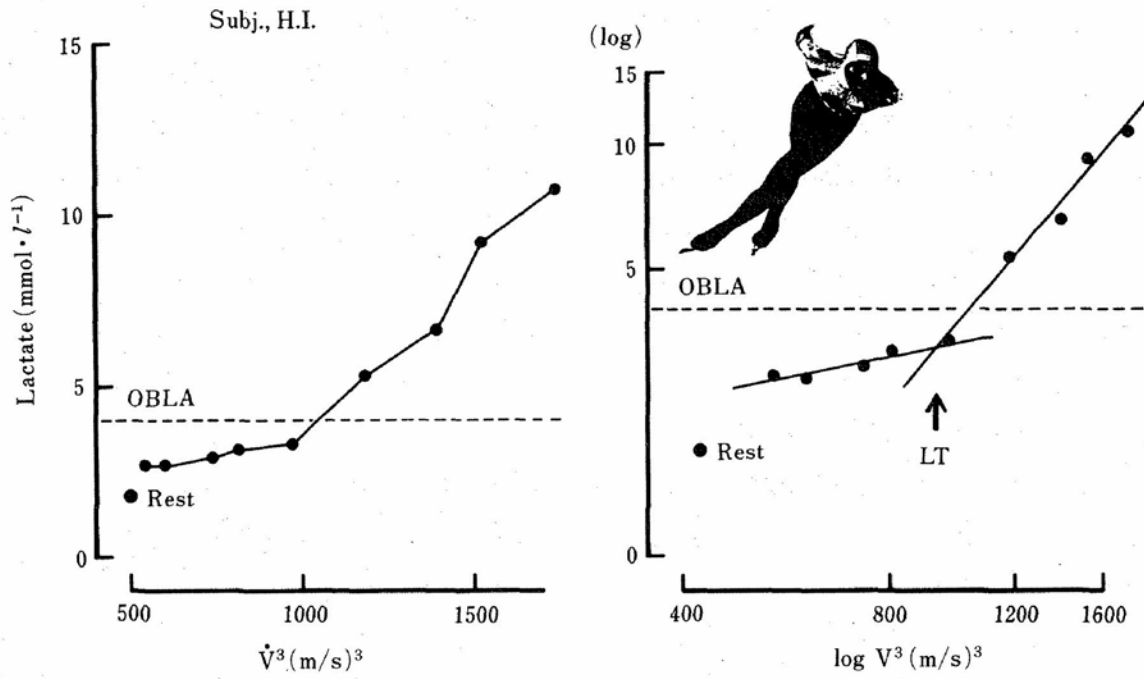


図1 LTとOBLAの決定法

(RPE-LT, RPE-OBLA) は、 V^3 -HR, V^3 -RPE 関係式におおの V -LT, V -OBLA を代入して決定した。さらに、HR-LT, HR-OBLA を速度漸増滑走時で得られた心拍数の最高値 (HR peak ; bpm) で除すことによってそれぞれ %V-LT (%), %V-OBLA (%) を算出した。

2.3 最大酸素摂取量の測定

最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$) は、トレッドミル走による速度漸増負荷法によって測定した。測定は、トレッドミルの傾斜角度を5度とし走行速度 $180 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ において3分間のウォーミングアップの後、初期速度 $180 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ から開始し、1分ごとに $20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ づつ速度を漸増し全ての被検者において8~10分間で疲労困憊となるような負荷を設定して行なった。呼気ガスを1分ごとにダグラス・バックによって採集し、換気量は乾式呼気ガスメーターで測定した。また、呼気ガス中の O_2 および CO_2 濃度は、ショランダー微量ガス分析器で求めた。

$\dot{V}O_{2max}$ の達成基準としては、1) 最高心拍数の水準 ($HR_{max} > 180 \text{ bpm}$), 2) レベリング・オフ

($< \pm 150 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$), 3) 最大運動時の呼吸商 (R) が1.0以上を指標とし、いずれか2指標を満足したものを $\dot{V}O_{2max}$ とした。

2.4 競技成績と統計処理

スピードスケートの競技成績は、1987~1988年度のシーズン中の公式競技会で記録されたものを対象に、各選手の各種目の最高成績を平均滑走速度 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) に換算して用いた。

統計処理として、各測定項目について、SP群 ($n=10$) とAL群 ($n=9$) ごとに平均値と標準偏差とを求め、両群間の平均値の有意性をt検定法を用いて検討した。さらには、競技成績に及ぼすLTおよびOBLAの影響を、重回帰分析を用いて検討した。なお、いずれの検定においても、5%水準でもって有意とした。

以上の測定は、1987年11月上旬に長野スケートセンターで実施された。測定気温(室温)は $-2^\circ\text{C} \sim +6^\circ\text{C}$ の範囲であり、水温は $-5^\circ\text{C} \sim -2^\circ\text{C}$ の範囲であった。

3. 結 果

表1には、被検者の身体特性と競技成績について、

SP群とAL群との比較で示した。SP群はAL群に比較して体重で有意に大きな値を示したが、体脂肪率および除脂肪体重(LBM)でも大き

表1 被検者の身体特性と競技成績

変 数	全被検者 (n=19) 平均±SD	短距離選手 (n=10) 平均±SD	長距離選手 (n=9) 平均±SD
年齢(歳)	20.3±1.1	20.6±1.3	19.9±0.8
身長(cm)	171.5±4.9	173.2±4.4	169.6±5.1
体重(kg)	66.4±5.04	68.6±4.81	63.9±4.25*
体脂肪率(%)	11.4±2.80	12.2±3.23	10.5±2.09
体脂肪量(kg)	7.6±2.24	8.4±2.60	6.7±1.46
除脂肪体重(kg)	58.7±4.01	60.2±3.75	57.1±3.83
トレーニング距離(km)	191±42.6	172±39.2	213±37.1*
競技成績(平均滑走速度, m·s ⁻¹)			
500m	12.39±0.36(19)	12.49±0.31(10)	12.28±0.40(9)
1000m	12.25±0.40(11)	12.16±0.41(8)	12.49±0.29(3)
1500m	11.80±0.36(17)	11.67±0.24(8)	11.91±0.42(9)
3000m	11.05±0.33(5)	—	11.05±0.33(5)
5000m	10.68±0.40(9)	—	10.68±0.40(9)
10000m	10.33±0.45(7)	—	10.33±0.45(7)

備考：*P<0.05；短距離選手と長距離選手とで有意差あり
()；人数

表2 $\dot{V}O_{2\max}$ およびLT, OBLA とそれに付随する変数

変 数	全被検者 (n=19) 平均±SD	短距離選手 (n=10) 平均±SD	長距離選手 (n=9) 平均±SD
$\dot{V}O_{2\max}$ (l·分 ⁻¹)	4.41±0.29	4.42±0.28	4.40±0.31
$\dot{V}O_{2\max} \cdot wt^{-1}$ (ml·kg ⁻¹ ·分 ⁻¹)	66.6±3.77	64.6±3.01	68.9±3.29**
$\dot{V}O_{2\max} \cdot LBM^{-1}$ (ml·kg ⁻¹ ·分 ⁻¹)	75.2±3.11	73.5±1.94	77.1±3.13**
H R _{max} (bpm)	192.2±5.73	193.6±7.07	190.7±3.53
H R _{peak} (bpm)	190.2±5.86	192.3±5.68	187.8±5.38
LA-LT (mmol·l ⁻¹)	2.74±0.68(15)	2.67±0.44(6)	2.79±0.83
V-LT (m·s ⁻¹)	9.37±0.57(15)	9.16±0.49(6)	9.50±0.61
%V-LT (%)	76.1±4.84(15)	74.2±4.57(6)	77.4±4.84
HR-LT (bpm)	167.8±7.14(15)	167.2±9.79(6)	168.2±5.38
%HR-LT (%)	88.5±3.30(15)	86.7±3.33(6)	89.6±2.88
RPE-LT	11.9±1.87(15)	11.7±1.21(6)	12.1±2.26
V-OBLA (m·s ⁻¹)	9.64±0.76(18)	9.37±0.78	10.00±0.59(8)
%V-OBLA (%)	77.7±7.08(18)	75.1±7.46	81.0±5.32(8)
HR-OBLA (bpm)	172.3±8.87(18)	171.2±11.33	173.8±4.68(8)
%HR-OBLA (%)	90.4±4.12(18)	89.0±4.60	92.1±2.79(8)
RPE-OBLA	13.2±1.69(18)	13.0±1.33	13.4±2.13(8)

備考：**P<0.01；短距離選手と長距離選手とで有意差あり。()；人数
略号は本文を参照のこと

な傾向にあった。スピードスケート競技成績は、SP 群が短距離種目で高い滑走速度を示す傾向にあったが、その差は統計的に有意なものではなかった。また、SP 群では 3000 m 以上の距離を滑走した者はいなかった。被検者の氷上トレーニング期間は 3 日～4 週間の範囲であって、総滑走距離でみたトレーニング量は AL 群が SP 群よりも有意に多かった。

表 2 には、 $\dot{V}O_{2max}$ および LT, OBLA とそれに付随する変数について両群間の比較で示した。 $\dot{V}O_{2max}$ では、体重 (wt) 当たりおよび LBM 当たりで表わした値において AL 群と SP 群との間に有意差が認められた。LT および OBLA についてみると、LT で SP 群の 4 名および OBLA で AL 群の 1 名については、決定することができなかった。LT および OBLA 時のいずれの変数においても AL 群が SP 群よりも高い値を示すものの、その差は統計的に有意なものではなかった。図 2 には、本研究の結果の要旨をまと

めて示した。また、LA 濃度の滑走速度の増加にともなう変化を SP 群と AL 群および Smith & Roberts³²⁾ の報告したカナダ・ナショナルチームとの比較で図 3 に示した。図に示されるように、 $9\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ を越える滑走速度では、AL 群が SP 群よりも低い LA 値を示す傾向にあった。

スピードスケートの競技成績との関係についてみると、 $\dot{V}O_{2max}$ ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) と 1500 m ($r=0.65$; $P<0.01$) および 5000 m ($r=0.70$; $P<0.05$) でのみ有意な相関関係が認められた (表 3)。また、V-LT ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) および V-OBLA ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) を加えて重回帰分析

してみても、いずれの場合でも重相関係数を有意に高めることはなかった。一方、V-LT ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) および V-OBLA ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) は、ともに測定時まで

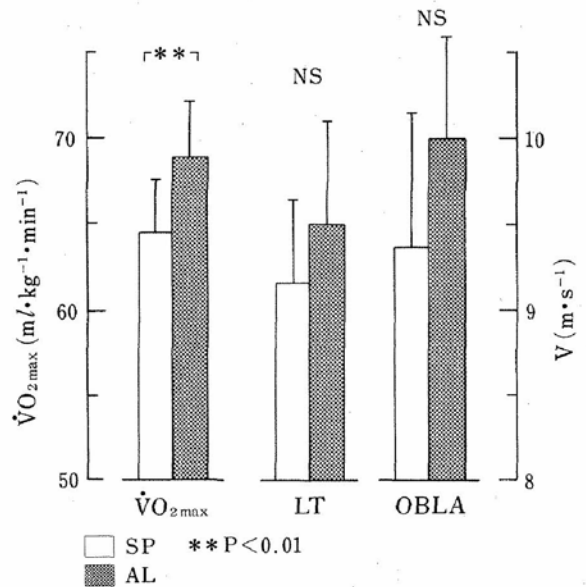


図 2 本研究の結果の要旨

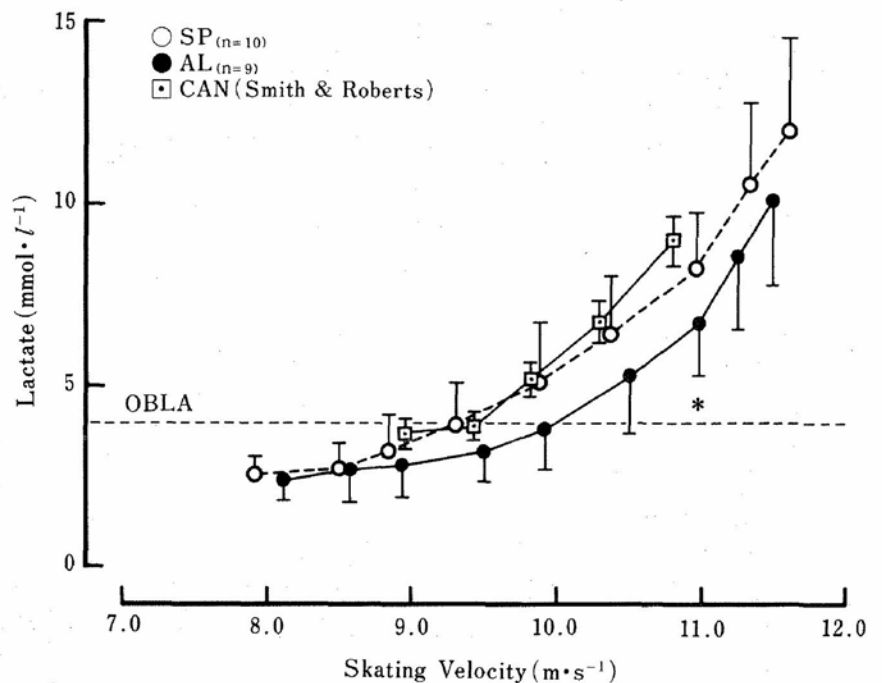


図 3 滑走速度の増加にともなう LA 濃度の動態の比較
設定した滑走速度における LA 濃度をそのまま両群間で比較した (*; $P<0.05$)。カナダのデータは 4 分間の定速滑走によって求めているためやや高い値を示す。

表3 $\dot{V}O_{2\max}$ と LT および OBLA と競技成績との相関マトリックス

1. $\dot{V}O_{2\max}$ ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	1			
2. V-LT ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	.34	2		
3. V-OBLA ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	.20	.68 ^b	3	
4. トレーニング距離 (km)	.36	.55 ^a	.73 ^c	4
5. 競技成績 500 m ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	.09	.12	-.44	.02
6. 1000 m ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	.55	.53	-.18	.10
7. 1500 m ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	.65 ^b	.40	.26	.66 ^b
8. 3000 m ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	.45	.33	.60	.79
9. 5000 m ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	.70 ^a	-.14	-.14	.28
10. 10000 m ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	.75	.37	.34	.48

a: $P < 0.05$
 b: $P < 0.01$
 c: $P < 0.001$

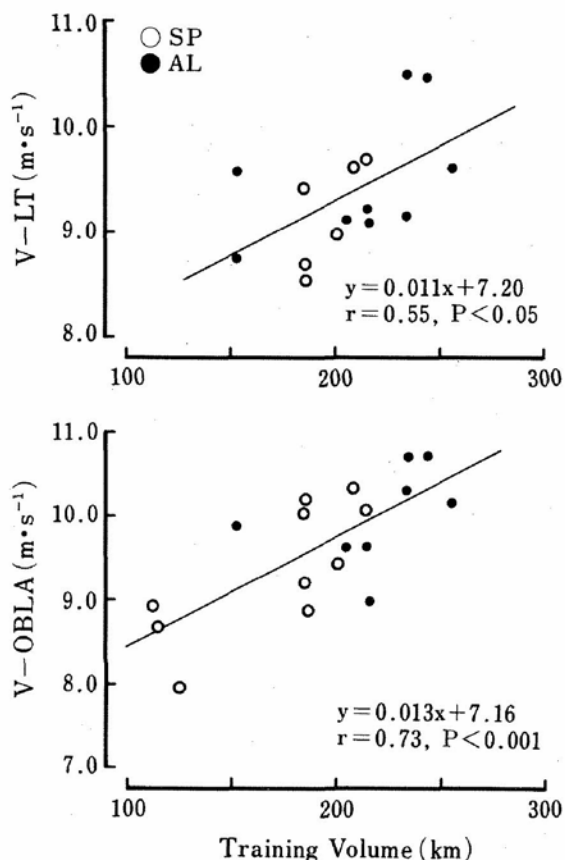


図4 LT および OBLA とトレーニング量との関係

のトレーニングにおける滑走距離 (km) と有意な相関関係が認められた (図4)。

4. 考 察

スピードスケート男子選手の $\dot{V}O_{2\max}$ は、4.14 $l \cdot \text{min}^{-1}$ ($56.1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)²²⁾ から 5.58 $l \cdot \text{min}^{-1}$ ($72.9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)²⁷⁾ の範囲であることが報告されている。根本ら²⁴⁾は、日本人大学一流スピードスケート選手を対象に自転車駆動によって $3.95 l \cdot \text{min}^{-1}$ ($58.4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) という値を報告している。本研究の $\dot{V}O_{2\max}$ は、この値よりも 11.6% 大きいトレッドミル走が自転車駆動よりも約 10% 高くなる³⁴⁾ことを考慮すれば、ほぼ同様の体力水準の被検者であったことがうかがわれる。

スピードスケート競技の総エネルギー需要量に対する無酸素性と有酸素性エネルギー獲得機構の寄与の割合は競技時間によって異なることが考えられ、長距離種目ではエネルギー獲得に占める有酸素性機構の比率が高まる²³⁾。このような代謝特異性を考慮すれば、体力要素として高い $\dot{V}O_{2\max}$ 値を有することは、競技成績を高める上で有利になると考えられる。

$\dot{V}O_{2\max}$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$) とスピードスケート競技成績との関係を見ると、長距離選手が短距離選手よりも大きな値を示し^{25, 29)}、さらには両者の間には 1500 m (滑走時出力パワー; W) で $r = 0.63$ ¹¹⁾ および 1000 m ~ 5000 m 間で $r = 0.47 \sim 0.74$ ²⁴⁾ の相関関係があることが報告されている。本研究でも、AL 群が SP 群に比較して有意に大きな値を示し、かつ $\dot{V}O_{2\max}$ ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) と 1500 m ($r = 0.65$) および 5000 m ($r = 0.70$) との間で有意な相関関係が認められた。一方、最近の Nemoto et al.²⁵⁾の報告では、 $\dot{V}O_{2\max}$ とスピードスケート競技成績との間にはいずれの種目でも有意な相関関係を認めることができなかった。この原因として、スピードスケートの惰力滑走中の静的筋収縮によって血流が阻止されるために、酸素運搬能を十分に活用できないことが指摘されている⁴⁾。

惰力滑走中の血流阻止は必然的にそこでの代謝の無酸素性機構への依存を余儀なくし、筋への乳酸の蓄積を導く。Ingen Schenau et al.¹⁴⁾は、スピードスケート競技成績が無酸素性機構の発現する時点の出力パワーと関係することを示唆した。そして、Nemoto et al.²⁵⁾は、自転車駆動で測定した Aerobic threshold (AerT ; ~LT) および Anaerobic threshold (AnT ; ~OBLA) が、ともに長距離選手が短距離選手に比較して大きな値を示すことを明らかにした。しかし、AerT および AnT と競技成績との間に有意な相関関係を認めることはできなかったが、その原因として AerT および AnT の特異性³⁰⁾と測定時期の問題を指摘している。

本研究では、LT と OBLA の特異性を考慮して、測定時の運動様式としてスピードスケート滑走を用いて求めたが、LT および OBLA 時のいずれの変数においても AL 群が SP 群よりも高い値を示すものの統計的に有意なものではなく、さらにはスピードスケート競技成績との関係でも、V-LT ($m \cdot s^{-1}$) および V-OBLA ($m \cdot s^{-1}$) のいずれでも有意な相関関係は認められなかった。

この原因として、スピードスケート競技における無酸素性機構の関与の重要性を考えねばならない^{8, 12, 18, 29)}。事実、スピードスケート競技直後の LA 濃度のピーク値は、13.3 ~ 17.3 $mmol \cdot l^{-1}$ ⁸⁾、13.35 ~ 15.59 $mmol \cdot l^{-1}$ ¹⁸⁾ および 15.7 ~ 17.7 $mmol \cdot l^{-1}$ ³²⁾ の範囲であることが報告されている。すなわち、スピードスケートの長距離種目であっても 10 $mmol \cdot l^{-1}$ を越す高い血中乳酸濃度のもとで競技が遂行されることを考慮すれば、最大下作業時の LA 濃度の動態をもとにした指標である LT や OBLA がスピードスケート競技成績に直接的な影響を及ぼすとは、考えにくいといえよう¹²⁾。また、LT および OBLA の生理学的機序に関して、最近の研究によって LT や OBLA が必ずしも筋代謝の変換点を示すものではないこと

が指摘されている⁵⁾。さらには、スピードスケート滑走中の LA 濃度の動態は不明であるうえ、滑走直後の LA 濃度の持つ生理学的意味も明確ではなく、これまで使用されてきた LT や OBLA の概念をそのままスピードスケートに応用するには疑問が残る。

さらには、LT と OBLA の測定時期が氷上トレーニングを開始して約 1 カ月後であって、試合期と約 2 カ月間離れていたことが指摘されよう。すなわち、本測定以降のトレーニングによって、被検者の V-LT ($m \cdot s^{-1}$) および V-OBLA ($m \cdot s^{-1}$) が影響を受けた可能性を否定することはできない。

このことは、V-LT ($m \cdot s^{-1}$) および V-OBLA ($m \cdot s^{-1}$) がトレーニング量 (滑走距離 ; km) と有意な相関関係が認められた (図 4) ことから、その可能性が裏づけられよう^{28, 30)}。本研究で求めたトレーニング量は持久性トレーニングそのものの指標ではないが、この時期のスピードスケートのトレーニングでは比較的長時間のスケータリングによる処方が多く、特に AL 群でその傾向が顕著であった。持久性トレーニングは、運動中の筋での乳酸の産生を抑制する¹⁰⁾一方、筋からの乳酸の除去を促進する⁹⁾ことによって、LT および OBLA が高進することが知られている。したがって、本測定以降のトレーニングによって、被検者の V-LT ($m \cdot s^{-1}$) および V-OBLA ($m \cdot s^{-1}$) が影響を受けた可能性は十分考えられ、試合期における同様の測定が今後の課題となろう。

次に、スピードスケート滑走における技術的要素の影響が考えられる¹⁵⁾が、最大下速度滑走時の LA 濃度に及ぼすスケータリングの技術レベルの相違の影響については現在のところ明らかではなく、仮説の域を出ない。しかしながら、図 3 に示された SP 群と AL 群との LA 濃度の差異には、前述の持久性トレーニングの影響に加えて、スケータリング技術の相違が少なからず影響してい

ることが考えられる。同様に今後の課題のひとつとなろう。

5. 要 約

本研究では、スピードスケート滑走中の LA 濃度から LT と OBLA とを測定し、短距離選手 (Sprinter ; SP) と長距離選手 (All-rounder ; AL) とで比較するとともに、競技成績との相関関係からスピードスケートの競技力向上に及ぼす影響について検討することを目的とした。大学スピードスケート選手男子 19 名を対象に、333 mトラックにおけるスピードスケート速度漸増滑走中の血中乳酸濃度から LT と OBLA とを測定した。最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$) は、トレッドミル走による速度漸増負荷法において求めた。その結果、以下のことが明らかにされた。

1) LT および OBLA 時の滑走速度 ($V-LT$; $m \cdot s^{-1}$, $V-OBLA$; $m \cdot s^{-1}$) は、AL 群が SP 群よりも高い値を示すものの、その差は統計的に有意なものではなかった。

2) $\dot{V}O_{2max}$ は、体重当たりおよび LBM 当たりで表わした値において AL 群と SP 群との間に有意差が認められた。

3) スピードスケートの競技成績との関係についてみると、 $\dot{V}O_{2max}$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) と 1500 m ($r=0.65$; $P<0.01$) および 5000 m ($r=0.70$; $P<0.05$) でのみ有意な相関関係が認められた。 $V-LT$ ($m \cdot s^{-1}$) および $V-OBLA$ ($m \cdot s^{-1}$) のいずれも重相関係数を有意に高めることはなかった。

4) $V-LT$ ($m \cdot s^{-1}$) および $V-OBLA$ ($m \cdot s^{-1}$) は、ともにトレーニング量 (滑走距離; km) と有意な相関関係が認められた。

以上の結果より、最大下速度滑走中の LA 濃度の動態をもとにした指標である LT や OBLA がスピードスケート競技成績に直接的な影響を及ぼすとは考えにくいことが示唆された。

謝 辞

本研究に被検者として参加いただいたスピードスケート選手各位に感謝する。さらに、会場を提供していただいた長野スケートセンター所長 黒崎紀雄氏、さらには製氷員の皆様に深謝します。資料整理にあたっては、日本体育大学スケート部市川英彦氏、高橋昭子嬢および東邦大学医療短期大学 原田妙子嬢、武田麻美嬢の協力を頂いたことを記して、感謝の意を表わします。

(備考)

共同研究者として、日本体育大学 田中邦男氏を加えた。

文 献

- 1) Atomi, Y., K. Iwaoka, H. Hatta, M. Miyashita, Y. Yamamoto ; Daily physical activity levels in preadolescent boys related to $\dot{V}O_{2max}$ and lactate threshold, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **55**, 156-161 (1986)
- 2) Barlow, K., A. Weltman, R. Schurrer and J. Henritze ; Prediction of maximal effort bicycle ergometer endurance performance, *Int. J. Sports Med.*, **6**, 190-196 (1985)
- 3) Beaver, W. L., K. Wasserman, B. J. Whipp ; Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation, *J. Appl. Physiol.*, **59**, 1936-1940 (1985)
- 4) Boer, R. W. de, G. J. C. Ettema, B. G. M. Faessen, H. Krekels, A. P. Hollander, G. de Groot, G. J. van Ingen Schenau ; Specific characteristics of speed skating ; implications for summer training, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **19**, 504-510 (1987)
- 5) Brooks, G. A. ; Anaerobic threshold ; review of the concept and directions for future research, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **17**, 22-31 (1985)
- 6) Donovan, C. M. and G. A. Brooks ; Endurance training affects lactate clearance, not lactate production, *Am. J. Physiol.*, **244**, E 83-E 92 (1983)
- 7) Edwards, R. H. T., D. K. Hill, M. McDonnell ; Myothermal and intramuscular pressure

- measurements during isometric contractions of the human quadriceps muscle, *J. Physiol.*, **224**, 58 P-59 P (1972)
- 8) Ekblom, B., L. Hermansen, B. Saltin; Hastighetsakning pa skidskor, *Idrottsfysiologi rapportt*, No. 5, (1967)
- 9) Farrell, P. A., J. H. Wilmore, E. F. Coyle, J. E. Billing, D. L. Costill; Plasma lactate accumulation and distance running, *Med. Sci. Sports*, **11**, 338-344 (1979)
- 10) Favier, R. J., S. H. Constable, M. Chen, J. O. Holloszy; Endurance exercise training reduces lactate production, *J. Appl. Physiol.*, **61**, 885-889 (1986)
- 11) Geijssel, J., G. Bomhoff, J. van Velzen, G. de Groot, G. J. van Ingen Schenau; Bicycle ergometry and speed skating performance, *Int. J. Sports Med.*, **5**, 241-245 (1984)
- 12) Groot, G. de, A. P. Hollander, A. J. Sargeant, G. J. van Ingen Schenau, R. W. de Boer; Applied physiology of speed skating, *J. Sports Sci.*, **7**, 249-259 (1987)
- 13) Hagberg, J. M.; Physiological implications of the lactate threshold, *Int. J. Sports Med.*, **5**, 106-109 (1984)
- 14) Ingen Schenau, G. J. van, G. de Groot, A. P. Hollander; Some technical, physiological and anthropometrical aspects of speed skating, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **50**, 343-354 (1983)
- 15) Ingen Schenau, G. J. van, R. W. de Boer, G. de Groot; On the technique of speed skating, *Int. J. Sport Biomechan.*, **3**, 419-431 (1987)
- 16) Ivy, J. L., R. T. Withers, P. J. Van Handel, D. H. Elger, D. L. Costill; Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold, *J. Appl. Physiol. : REEP*, **48**, 523-527 (1980)
- 17) Kindermann, W., G. Simon, J. Keul; The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **42**, 25-34 (1979)
- 18) Kindermann, W., J. Keul; Anaerobe Energiebereitstellung beim Eisschnellaufen, *Deutsche Z. Sportmed.*, **5**, 142-147 (1980)
- 19) 北川 薫; 肥満者の脂肪量と体力, 杏林書院, 東京, pp.24-32 (1984)
- 20) Kumagai, S., K. Tanaka, Y. Matsuura, A. Matsuzaka, K. Hirakoba, K. Asano; Relationships of the anaerobic threshold with the 5 km, 10 km and 10 mile races, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **49**, 13-23 (1982)
- 21) Mader, A., H. Liesen, H. Heck, H. Philippi, R. Rost, P. Schürch, W. Hollmann; Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor, *Sportarzt Sportmed.*, **27**, 80-88, 109-112 (1976)
- 22) Maksud, M. G., R. L. Wiley, L. H. Hamilton, B. Lockhart; Maximal $\dot{V}O_2$, ventilation, and heart rate of Olympic speed skating candidates, *J. Appl. Physiol.*, **29**, 186-190 (1970)
- 23) Morris, A. F.; A scientific explanation for Eric Heiden's unique Olympic performance, *J. Sports Med.*, **21**, 156-159 (1981)
- 24) 根本 勇, 吉岡伸彦, 下敷領光一, 宮下充正; 有酸素性作業能力とスピード・スケート競技成績との関係, *Jpn. J. Sports Sci.*, **4**, 781-786 (1985)
- 25) Nemoto, I., K. Iwaoka, K. Funato, N. Yoshioka, M. Miyashita; Aerobic threshold, anaerobic threshold, and maximal oxygen uptake of Japanese speed skaters, *Int. J. Sports Med.*, **9**, 433-437 (1988)
- 26) 小野寺孝一, 宮下充正; 全身持久性運動における主観的運動強度と客観的強度の対応性, —Rating of Percieved exertionの観点から—, 体育学研究, **21**, 191-203 (1976)
- 27) Rusko, H., M. Havu, E. Karvinen; Aerobic performance capacity in athletes, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **38**, 151-159 (1978)
- 28) Rusko, H., P. Rahkila, E. Karvinen; Anaerobic threshold, skeletal muscle enzymes and fiber composition in young female cross-country skiers, *Acta Physiol. Scand.*, **108**, 263-268 (1980)
- 29) Schmid, P. von, W. Kindermann, G. Huber and J. Keul; Ergospirometrie und sportartspezifische Leistungsfähigkeit von Eisschnellläufern, *Deutsche Z. Sportmed.*, **5**, 136-144 (1979)
- 30) Sjödin, B., I. Jacobs; Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance, *Int. J. Sports Med.*, **2**, 23-26 (1981)
- 31) Sjödin, B., I. Jacobs, J. Svedenhag; Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **49**, 45-57 (1982)
- 32) Smith, D. J., D. Roberts; Heart rate and blood lactate concentration during on-ice

- training in speed skating, *Can. J. Appl. Sports Sci.*, in press.
- 33) Tanaka, K. , Y. Matsuura ; Marathon performance, anaerobic threshold, and onset of blood lactate accumulation, *J. Appl. Physiol.*; REEP, **57**, 640-643 (1984)
- 34) Withers, R. T. , W. M. Scherman, J. M. Miller, D. L. Costill ; Specificity of the anaerobic threshold in endurance runners, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **47**, 93-104 (1981)
- 35) Yoshida, T. , M. Chida, M. Ichioka, Y. Suda ; Blood lactate parameters related aerobic capacity and endurance performance, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **56**, 7-11 (1987)