

血中乳酸濃度を基準としたスピードスケート トレーニングメニューの開発

鹿屋体育大学 田畑 泉
(共同研究者) 群馬県立嬭恋高校 入沢 孝一
東邦大学 根本 勇

Developping Training Menu for Speed-Skaters on the Base of Blood Lactate Concentration after each Training Activity

by

Izumi Tabata

*Department of Physiology and Biomechanics, National
Institute of Fitness and Sports in Kanoya*

Kouichi Irisawa

Tsumagoi Hightschool, Gumma Prefecture

Isamu Nemoto

Faculty of Medicine, Toho University

ABSTRACT

The purpose of this study was to refine the training menu for the speed-skaters by measuring blood lactate concentration (La) during and after the existing training activities. Arterialized whole blood samples were obtained from pre-warmed finger-tips of the 10 high school students, who are the members of the Gumma Speed-skate Union.

Blood lactate concentrations after the repetition trainings, which are designed for sprinters and consisted of 5 sets of 45-seconds maximal exercises with 5-minutes rest, were higher than those after the interval training, which are for long-distance skaters and consisted of 5 sets of 90-seconds exercise of less intensities with 1 minute intervals. Among the training exercises, the highest La was observed after the repetition training of maximal bicycling (17mM/l).

Even after the weight training and roller skating, La of 10mM/l were observed. Data obtained from this study may be useful for selecting best training exercise with the same purpose, and refining training for the speedskaters.

要 旨

本研究の目的は、現行のスピードスケートの陸上トレーニングの各運動中および後の血中乳酸値を測定し、それを尺度としたトレーニングメニューを開発することである。群馬県スケート連盟所属の高校生10名を被検者に数種のトレーニング中および後に、手掌全体を温浴に浸すことにより動脈血化した末梢血を指尖より採血し、乳酸濃度を測定した。

短距離選手のための5分間の休憩をはさんだ約45秒間の最大運動を5回繰り返すレペティショントレーニングの方が、長距離選手のための1分間のインターバルをはさんで90秒間のやや低い強度で運動するインターバルトレーニングよりも、血中乳酸濃度が高かった。またスピードスケートの陸上トレーニングをすれば、血中乳酸濃度はどれも10mM/l以上になることが明らかになった。

種目別では自転車を用いた最大運動(17mM/l)後の方がローラースケートなどのスケート模擬動作トレーニングやウエイトトレーニングの後よりも血中乳酸濃度が高くなることが明らかになった。

本研究の結果により、同じ目的の数種のトレーニングの選別が行われ、一日のトレーニングを効率化する資料が得られた。

緒 言

スピードスケートのトレーニング強度を決定する方法には心拍数を用いたり、酸素摂取量を測定したりする方法があるが、血中乳酸濃度をその尺度としてみたものはない。最近、血中乳酸濃度を

瞬時に測定することのできる測定器が開発され、乳酸濃度を指標にしたトレーニングメニューが水泳競技などでは開発されている⁵⁾。

本研究では実際のスピードスケートのトレーニング中の血中乳酸濃度を測定し、その変化特性を把握し、乳酸を指標としてトレーニング内容の精選を図ることを目的に行われた。

方 法

スピードスケートの陸上トレーニング後の血中乳酸濃度の測定は群馬県前橋市にある群馬県総合体育センターで行われた。被検者は群馬県スピードスケート連盟所属の15歳から18歳の選手10名であった。採血は各トレーニングセットの直前、直後および最後のセット終了5分に行われた。温浴に手掌全体を浸し、動脈血化した末梢血を指尖から採血した後、全血中の乳酸濃度は米国 Yellow Springs Institute 社製の乳酸分析器 YSI23A により、直ちに分析した。

各トレーニングの種類と方法

I. ウエイトトレーニング

1) マルチパウンデッジ法

マルチパウンデッジ法は短距離種目(スピードスケートでいうと500mと1000m)の能力育成のためのトレーニングであり、運動時間は1セット、30秒から40秒になるようにプログラムされている。今回の測定ではハーフスクワットによるトレーニング方法を採用した。まず持ち上げられる最大の重さ(MVC)の90%に相当する負荷を持ち上げられなくなる回数(MVN)まで持ちあげた。

つぎに補助者が重りの重さを70% MVC、さら

表1 各トレーニング中および後の血中乳酸値 (mM/l)

I ウェイトトレーニング
1) マルチパウンデッジ法

	被検者 1 (AR)	被検者 2 (HO)
1 セット直前	0.7	0.9
1 セット後	7.5	6.8
2 セット直前	7.0	7.2
2 セット後	8.9	9.9
3 セット直前	7.8	10.7
3 セット後	9.7	10.5
4 セット直前	8.1	11.0
4 セット後	8.9	12.9
5 セット終了 5分後	6.4	10.6

に50% MVC と下げた。各重さで MVC までスクワットを行わせた。5分間の休憩の後、次のセットは80% MVC, 60% MVC, 40% MVC の順序で重さを軽くし、全部で4セットを行わせた(表1)。

2) コンティニュアルスクワット

コンティニュアルスクワットの目的はマルチパウンデッジよりも軽い負荷でスピードスケートでいうと1500mから3000mの種目を想定したローパワーおよびミドルパワー発揮の持久能力の育成を目指したものである。

まず、30% MVC で60回、次に40% MVC で40回、さらに30% MVC で30回スクワットを行わせた。つぎに2分間のインターバルにおいて最

表2

2) コンティニュアルスクワット

	被検者 1 (MA)	被検者 2 (YU)
1 セット直前	1.0	0.7
1 セット後	9.8	6.2
2 セット直前	8.9	4.6
2 セット後	10.6	7.8
3 セット直前	9.3	6.4
3 セット後	10.3	8.4
3 セット終了 5分後	8.8	6.3

初のセットと同じことを3セット繰り返させた。

1セットは150秒で終了するように負荷を調節した(表2)。

II. パワーマックスのトレーニング

このトレーニングをコンビ製の自転車エルゴメータ、パワーマックスVを用いて行わせた。このトレーニングは低い負荷におけるスピードの養成を目的としている。

1) リペティショントレーニング

このトレーニングの目的はスケート競技の500m競争を念頭においたハイパワー能力の向上である。コンビ自転車におけるハイパワーテスト値から1.5kpを引いた負荷で全力ペダリング作業を45秒間行わせた。なお、各セット間のインターバルは5分とし、5セットを行わせた(表3)。

表3

II パワーマックスのトレーニング
1) リペティショントレーニング

	被検者 1 (HO)	被検者 2 (AR)
1 セット直前	1.7	1.4
1 セット後	10.5	7.9
2 セット直前	13.8	13.1
2 セット後	13.9	11.2
3 セット直前	16.6	13.9
3 セット後	16.0	13.5
4 セット直前	17.0	14.1
4 セット後	16.8	13.9
5 セット直前	16.9	13.9
5 セット後	16.6	13.3
5 セット終了 5分後	17.3	12.7
10分後	14.8	11.1
20分後	9.8	6.6
30分後	5.6	3.3
60分後	2.6	1.2

2) インターバルトレーニング

このトレーニングの目的は高乳酸下でのハイパワーの維持能力の養成である。コンビ自転車のミドルパワートレーニング負荷により90rpmの回

表4

2) インターバルトレーニング

	被検者 1 (MA)	被検者 2 (YU)
1 セット直前	0.9	1.1
1 セット後	9.0	5.7
2 セット後	12.8	10.1
3 セット後	15.5	10.2
4 セット後	15.9	12.9
5 セット後	15.5	13.1
5 セット終了 5分後	12.1	13.2
10分後	8.8	11.2
15分後	6.6	9.9

転数で90秒間の自転車作業を行わせた。なお、各セットの間には1分間のインターバルをはさみ5セット行わせた(表4)。

Ⅲ. 模擬動作トレーニング

模擬動作トレーニングは基本的にスケートと同様な運動様式でのトレーニングであり、重要な動きづくりのための練習となる。スケートの主動筋のミドルパワーからローパワー能力の養成を目的としている。

1) サイドステップのリペティション

今回はスプリント競技を模擬して行わせた。すなわち、45秒間にできるだけ多い回数を反復させ、5分間の休憩をはさみ、5セット行わせた(表5)。

2) スライドボード全力運動

被検者1では前半ペースを速く、被検者2はオープンペース、被検者3では後半ペースアップで終了時には疲労困憊になるように運動させた(表6)。

3) ローラースケートのインターバル

このトレーニングはスピードこそ半分であるが氷上の動作とほぼ同じ動作なのでテクニックの習得とスケータリングの主動筋のトレーニングになる。

表5

Ⅲ 模擬動作トレーニング

1) サイドステップのリペティション

	被検者 1 (AR)	被検者 2 (HO)
1 セット直前	1.1	1.6
1 セット後	5.7	5.7
2 セット直前	6.5	8.6
2 セット後	7.6	9.4
3 セット直前	6.1	9.9
3 セット後	8.5	11.1
4 セット直前	9.1	11.4
4 セット後	9.7	11.9
5 セット直前	9.6	—
5 セット後	10.2	—
5 セット終了 5分後	10.2	—
10分後	7.2	—
20分後	5.2	—

*: 被検者2の—は乳酸分析器の不調で測定できなかったことを示す

表6

2) スライドボードの5分間全力運動

	被検者 1 (KO)	被検者 2 (SI)	被検者 3 (SA)
セット直前	1.2	0.9	1.2
セット後	8.1	9.2	10.3
セット終了 5分後	8.8 (前半 アップ)	7.7 (オープン ペース)	11.7 (後半 アップ)

本研究では90秒間のローラースケートを1分間のインターバルをはさんで5セット行わせた(表7, 8)。

結 果

本研究で測定されたトレーニング種目中および後の血中乳酸濃度は表8に示されたようになった。単位はすべて mM/l である。

考 察

運動中に生産される乳酸量は運動強度と運動時間の関数である。運動強度は、その運動の遂行に

表7

3) ローラースケートのレペティション

	被検者 1 (HO)	被検者 2 (TS)
1 セット直前	1.7	1.6
1 セット後	5.9	5.7
2 セット直前	6.8	9.0
2 セット後	7.6	12.4
3 セット直前	9.3	11.5
3 セット後	10.6	12.7
4 セット直前	11.1	15.1
4 セット後	11.9	15.7
5 セット直前	12.5	15.2
5 セット後	13.2	15.4
5 セット終了 5分後	13.0	14.8
10分後	11.3	14.6
15分後	9.3	11.8

表8

インターバルトレーニング

	被検者 1 (MI)	被検者 2 (KI)
1 セット直前	1.5	1.2
1 セット後	9.3	7.4
2 セット後	10.7	10.9
3 セット後	14.2	12.8
4 セット後	16.1	14.7
5 セット後	14.6	16.3
5 セット終了 5分後	—	13.9
10分後	13.6	15.2
15分後	11.5	12.6

*: 被検者1の—は乳酸分析器の不調で測定できなかったことを示す

必要な単位時間当たりのエネルギー必要量 (パワー) に比例する。パワーは時間当たりの仕事量である。仕事量は力と距離の積である。筋長の変化しない等尺性運動は純粋物理学的には仕事量は0である。しかし等尺性の運動でも筋は収縮するので代謝活動を行い乳酸を生成する。

ヒトの筋運動による乳酸産生量は随意運動の場合、等尺性筋収縮はダイナミックな運動の場合に

は及ばない。ダイナミックな運動の場合はトレッドミル走のような運動で疲労困憊にいたる運動の場合には乳酸生成量は、15秒よりは30秒、1分と運動強度が低下し疲労困憊にいたる時間が長くなるにつれて多くなるが、2分以上では増加しない^{2,6)}。

ところで乳酸産生速度は逆に運動時間が短くなるにつれて速くなるがヒトの随意ダイナミック運動の場合には疲労困憊に至る時間が30秒以下で頭打ちになる (Tabata ら, 未発表資料)。ゆえに乳酸産生系のスピードアップのためには30秒以内で疲労困憊になる運動がもっとも効率的であり、乳酸濃度を一回の運動で高めようとする2分以上の運動がもっとも効率的である。

本研究で用いられたトレーニングは大きくレペティショントレーニングとインターバルトレーニングに分けることができる。レペティショントレーニングは高い強度で45秒間程度の短い運動であり、とくに短距離競技用である。前述の乳酸産生系の速度の能力の改善はレペティショントレーニングが適している。またインターバルトレーニングはレペティショントレーニングの強度に比較して低い強度で、約90秒の比較的長い時間、より低い乳酸値でのトレーニングでありスピードスケートの長距離選手用である。

陸上長距離あるいは中距離選手のインターバルトレーニングは乳酸の蓄積なしにより多くの酸素を消費することを目的とする⁷⁾のであるが、このようなインターバルトレーニングの場合は目的が異なる。

本研究で観察したインターバルトレーニングは、乳酸の蓄積がありながらも、インターバルをおくことにより高い運動強度をより長く持続する能力を高めるためのものである。

本研究におけるレペティショントレーニングではインターバルトレーニングに比べて乳酸濃度が上がることが明らかになった。インターバルトレ

ーニングは高乳酸下における高いパフォーマンスを達成することを目的としているが、その“高い”乳酸値とは実は爆発的なパワーを発揮するための短距離選手のためのレペティショントレーニングの乳酸値よりは低いため、このようにレペティショントレーニング後の乳酸値の方がインターバルトレーニング後の値よりも高かったものだと考えられる。

次に種目別に比べると自転車を用いたトレーニングにおいて乳酸値が最も高くなり、次に模擬動作トレーニングのローラースケート、ウエイトトレーニングの順であった。これは逆に発揮パワーがこの順序になることを示していると考えられる。

ハイパワーの、乳酸産生速度を高めるには自転車トレーニングが最適であることが明らかになった。しかしこれらのハイパワートレーニングの負荷はウエイトトレーニングに比べて軽いので筋量の増加はもたらさない。ゆえに本研究において観察された2種類のウエイトトレーニングは筋肉量の増加を図ると同時に、自転車トレーニングにくらべて低いパワーを養成するためのトレーニングと位置づけることができよう。さらに、筋量を増やす刺激はその筋の出した力が大きい程強いので、これらのダイナミックなウエイトトレーニングに加えて、等尺性筋収縮での最大筋力を数セット発揮することが必要であろう。

時間が制約されたトレーニングの場合、目的が同じなら、最も良いトレーニングメニューを回数少なく行う方がトレーニングはより効果的である。つまりトレーニング種目の精選が必要である。

本研究ではスケート競技の模擬動作トレーニングとしてサイドステップ、スライドボード、ローラースケートにおける血中乳酸値を測定したが最もスケート動作に近い、ローラースケートが血中乳酸も高く、運動強度も高いことが判ったので、

とくに模擬動作トレーニングで筋肥大を目指したり、マンネリ化を防ぐという目的以外は今後、スケート模擬動作トレーニングとしてはローラースケートのみで良いと考えられる。

限られた一日の練習時間内に数種のトレーニング種目を課す場合、一つのトレーニングが他のトレーニングの目的達成の妨げになることを避けなければならない。本研究の視点から言えば乳酸の多く蓄積される種目を同じ日に続けて課すことは2番目に行うトレーニング種目における総運動量を低下させ最大の効果をあげることができないし、その日の疲労は他の日の疲労よりも多くなり、次の日のトレーニングにも影響がでるであろう。

本研究の結果から言うと短距離選手のトレーニング種目であるレペティショントレーニングの血中乳酸濃度が高い値であり、その中でもパワーマックスを用いた自転車トレーニングにおける乳酸値がもっとも高かった。また運動後に血中乳酸値が17mM/lまで上昇したこのトレーニングの場合は安静時の値に戻るまで1時間かかることが示された。このようなトレーニングは一日2つ以上は無理なことが明らかである。

本研究によりスケート競技を想定した陸上トレーニングでは血中乳酸値は常に高いことが明らかになった。さらに氷上トレーニングにおいても乳酸値の低いことはない（根本ら、未発表資料）。本研究で観察された種目のうちでもっとも低い乳酸値を示した種目でも血中乳酸濃度が10mM/l程度に上昇した。このような場合、安静時の値である1mM/l程度まで低下させるには軽い運動を行わない場合約40分を要す。血中の乳酸値が上昇すると脂質の代謝を阻害することが知られている。このことはスピードスケートのトレーニングは体脂肪は減少しないということになる。根本ら³⁾が報告しているようにスピードスケート競技の成績は体重ではなくて除脂肪体重できまる。無

馱な体脂肪は逆に負担となる。とくに体脂肪が多い女子選手の場合、体脂肪を落とすにはスケートのトレーニングに加えて、乳酸の蓄積しない軽い負荷でのジョギングなどを行うことが必要であることが明らかになった。

ま と め

本研究ではスピードスケートの陸上トレーニング後の血中乳酸値を測定した。スピードスケートの能力を高めるためのトレーニングではすべて血中乳酸値は 10mM/l 近くからそれ以上に上昇する。そのなかでも自転車を用いたトレーニング時に乳酸値はもっとも高い値を示した。

文 献

- 1) Margaria, R., R.D. Oliva, P.E. Di Prampero, and P. Cerretelli; Energy utilization in intermittent exercise of supramaximal intensity. *J. Appl. Physiol.*, **26** : 752—756 (1969)
- 2) Medbo, J.I., A-C Mohn, I. Tabata, R. Bahr, and O.M. Sejersted; Anaerobic capacity determined by the maximal accumulated oxygen deficit. *J. Appl. Physiol.*, (in press)
- 3) 根本 勇ほか; スピードスケート, 昭和57年度日本体育協会スポーツ医科学研究報告, No. II 競技種目別競技力向上に関する研究, 第6報 (1983)
- 4) Sahlin, K. and J. Henriksson; Buffer capacity and lactate accumulation in skeletal muscle of trained and untrained men. *Acta Physiol. Scand.*, **122** : 331—339 (1984)
- 5) Skinner, J; The new, metal-plated assistant coach. *Swimming Technique.*, **23**(3) : 7—12 (1987)
- 6) 田畑 泉; 生体エネルギー供給機構のモデル, *Jap. J. Sports Sci.*, **5** : 457—46 (1986)