

陸上競技 400 m 走の記録向上を目的とした インターバルトレーニング内容の検討

—血中乳酸濃度を指標として—

大西崇仁*・水野増彦**・中川一紀***・江田茂行****・上田 大****
植木貴頼*****・黄 仁官*****・堀居 昭*****

(平成9年10月13日受付, 平成9年11月7日受理)

The Investigation of Interval Training Methods Aimed at Improving of 400 m Sprint Time

—Blood Lactate Concentration Treated as the Training Index—

Takayoshi OHNISHI, Masuhiko MIZUNO, Kazunori NAKAGAWA, Shigeyuki EDA,
Dai UEDA, Takayori UEKI, Inkwan HWANG and Akira HORII

The purpose of this study was to investigate the method of interval training aimed at improvement of 400 m sprint record by treating blood lactate concentration as one of the indexes.

The subjects were four male 400 m sprinters. By using a Lactate Analyzer (BIOSEN 503 OL), we measured the peak blood lactate value after their 400 m sprint and blood lactate concentration in three types of 200 m interval training.

The results were summarized as follows.

1) The records of the 400 m sprint (average: 48.38 ± 0.95 sec) and the peak blood lactate values (average: 21.83 ± 1.71 mmol/l) showed a high negative significant relationship ($p < 0.05$).

2) In the sprint times of three types of interval training, the first stage of Interval I was $88.4 \pm 1.0\%$, compared with the setting-up time of 80-90% based on each best record of 200 m sprint, the second stage was $87.0 \pm 2.4\%$ and the third stage was $87.2 \pm 1.0\%$, and the first stage of Interval II was $90.2 \pm 1.2\%$, compared with the setting-up time of 90-95%, the second stage was $91.5 \pm 0.9\%$ and the third stage was $90.9 \pm 1.5\%$. In addition, the first stage of Interval III was $98.4 \pm 0.9\%$ and the second stage was $98.7 \pm 1.3\%$.

3) Regarding the peak blood lactate values after each stage of three interval trainings, the first stage of Interval I was 13.65 ± 1.32 mmol/l, the second stage was 18.27 ± 2.35 mmol/l and the third stage was 22.10 ± 5.54 mmol/l. The first stage of Interval II was 14.59 ± 0.84 mmol/l, the second stage was 17.62 ± 0.98 mmol/l and the third stage was 19.41 ± 2.27 mmol/l. The first stage of Interval III was 11.54 ± 1.56 mmol/l and the second stage was 22.12 ± 2.42 mmol/l.

The results suggested that training with intensity aiming at over 20 mmol/l of blood lactate value is important for improving the ability of standing against high lactate accumulation in 400 m sprint and also suggested that it is necessary for Interval I and II to be set up over three stages in order to be able to stretch out high lactate accumulation.

Key words: 400 m sprint, Interval training, Blood lactate concentration

キーワード: 400 m 走, インターバルトレーニング, 血中乳酸濃度

* 日本体育大学体育測定評価, ** 運動方法(陸上)研究室, *** トレーニングセンター, **** 大学院スポーツ科学研究室, ***** 運動処方研究室

I. 緒 言

トレーニングを効果的に行っていくためには、そのトレーニングの内容が「トレーニングの基本的原則」に即したものであることが重要であり¹⁾、そのうちトレーニング効果に最も影響を及ぼすものが運動強度であるといわれている^{2,3,10)}。

陸上競技短距離走におけるエネルギーの供給過程は、ATP-CP系と乳酸系との占める割合が大きく、特に400 m走は短距離走の中で最も距離の長い種目であり、高いスピード持続能力が必要であることから、そのエネルギー供給過程は乳酸系に大きく依存している⁸⁾。よって、トレーニングにおいては、スピード維持能力の改善や乳酸の緩衝能力の向上を目的とする耐乳酸性トレーニングを行うことが重要である¹¹⁾。

また、耐乳酸性トレーニングでは、高いパフォーマンス維持によって筋中に蓄積させる乳酸の量が重要であり、これにはおもにインターバルトレーニングが用いられている^{4,9,15)}。

先行研究において、陸上競技短距離走での血中乳酸値と競技成績との関係を調べたものは、今まで数多く報告されているが^{6,7,12~14)}、血中乳酸値を指標とし、競技力の向上につながるインターバルトレーニングの強度につい

て検討した研究は数少ない。

そこで本研究では、インターバルトレーニングの強度の指標として血中乳酸濃度を用い、400 m走の記録向上につながるインターバルトレーニングの方法について検討することを目的とした。

II. 方 法

1. 被験者

本研究の被験者は、某体育大学陸上競技部に所属する400 mを専門とする男子短距離選手4名であった。これらの被験者は、同大学の4×400 mRのメンバーであり、97年度の日本選手権において同種目で3位入賞した選手たちである。

被験者の身体的特徴と96・97年度の400 m走最高記録はTable 1, Table 2に示すとおりである。

被験者は、年齢 20.5 ± 1.0 (yrs)、身長 175.8 ± 5.8 (cm)、体重 63.3 ± 5.2 (kg) である。また、96年度400 m走最高記録 48.88 ± 0.79 (sec)、97年度 47.45 ± 0.68 (sec) であり、昨年度より 1.43 ± 1.34 (sec)、 3.1 ± 2.9 (%) 記録の向上を示している。なお、すべての被験者は、同大学の400 m班として同一トレーニングを年間を通して行っている。

2. 400 m 走行後の血中乳酸濃度の測定

400 m 走行後の血中乳酸濃度の測定は、競技会または記録会において、400 m 走行後に指先より血液サンプルを $20 \mu\text{l}$ 採取し、ラクテートアナライザー (BIOSEN 503 OL) により血中乳酸濃度を求めた。なお、先行研究¹²⁾ やプレ実験の結果から採血はピーク血中乳酸値を得るために走行終了7分後に行った。

3. 200 m インターバル走における血中乳酸濃度の測定

200 m インターバル走における血中乳酸濃度の測定は、同大学の400 m班夏季トレーニング計画の中で①

Table 1. Physical characteristics of each subject

Subject	Age (yrs)	Body height (cm)	Body weight (kg)
A	20.8	167.2	58.0
B	21.4	177.0	60.5
C	20.7	179.7	65.0
D	19.0	179.1	69.8
Mean	20.5	175.8	63.3
S.D.	1.03	5.82	5.20

Table 2. Individual best record of 400 m in '96 and '97, and improving value and rate of 400 m best record from '96 to '97

Subject	'96 Best (sec)	'97 Best (sec)	'96-'97 (sec)	'96/'97 (%)
A	48.84	46.88	-1.96	104.2
B	48.72	47.26	-1.46	103.1
C	49.94*	47.21	-2.73	105.8
D	48.02	48.44*	0.42	99.1
Mean	48.88	47.45	-1.43	103.1
S.D.	0.79	0.68	1.34	2.9

* Since these values were recorded by hand time, 0.14 sec were added to these values.

資料1 短距離 400 m ブロック夏期トレーニング計画

月	6			7				8				9				10			
日	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	1	8	15	22	29	6	13	20
日程			強化練習			強化合宿			強化練習		調整合宿		全日本インカレ	関東個人選手権			日本選手権	日本選手権リレー	
コンディショニングを重視する週	○			○				○				○				○			
トレーニング期	一般的・専門的準備期						専門的準備期		プレ		試合期 I				試合期 II				
トレーニングスピード	85(80)-90%			85-92.5%				90-95%		95%-		100%-							
インターバルトレ	インターバル-I						インターバル-II				インターバル-III								

Table 3. Detailed contents of three methods of 200 m interval sprint training

	Menu	Recovery	Rest	Pace
Interval-I	3 set×4×200 m	200 mjog-120 sec	15 min	80-90%
Interval-II	3 set×3×200 m	200 mjog-120 sec	20 min	90-95%
Interval-III	200 m+200 m	100 mjog- 90 sec	—	97%+max

Table 4. Individual best record of 200 m sprint from '96 and each setting-up time based on the best record in Interval I, II, III

Subject	200 Best (sec)	Interval-I 80-90% (sec)	Interval-II 90-95% (sec)	Interval-III 97-98% (sec)
A	22.0	27.5-24.4	24.4-23.2	22.8
B	22.5	28.1-25.0	25.0-23.7	23.2
C	21.6	27.0-24.0	24.0-22.7	22.3
D	21.5	26.9-23.9	23.9-22.6	22.2

一般的・専門的準備期（以下インターバル-I）②専門的準備期（以下インターバル-II）および③試合期（以下インターバル-III）の条件下で行われた3種類の200 m インターバル走において行った。なお、頻度は週1回とし、トレーニング期間は5カ月間であった。

200 m インターバル走の内容は Table 3, 200 m 走のペースは Table 4 に示すとおりである。

インターバル-Iの急走期は200 m 走で、緩走期は200 m ジョックを120秒のリカバリーで4本行ない、15分間のレストを3セット行った。200 m 走のペースは昨年度からの最高記録に対する80~90%設定で行った。インターバル-IIは、200 m 走を緩走期はインターバル-Iと同リカバリーで3本行い、20分間のレストを3セット行った。200 m 走のペースは90~95%設定で行った。インターバル-IIIは、200 m 走を100 m ジョック 90秒のリカバリーで2本行い、1本目

の200 m 走は400 m 走のレース前半をイメージさせ97%設定で行い、2本目の200 m 走は後半をイメージさせ最大努力走で行った。

血中乳酸濃度の測定は、プレ実験の結果からピーク血中乳酸値を得るためにインターバル-I、インターバル-IIは1セット目の走行終了3分後と2,3セット目の走行終了7分後に採血し、レスト間の回復状態を見るために2,3セット目の走行直前に採血した。また、インターバル-IIIにおいては1本目の走行終了1分後と2本目走行終了7分後に採血を行った。採血は、指先より20 μ l採取し、ラクテートアナライザー（BIOSSEN 503OL）により血中乳酸濃度を求めた。

4. 検定

測定値のすべてを平均値±標準偏差で示した。400 m 走の記録とピーク血中乳酸値と相関関係の検定にはピアソン(Pearson)の相関係数を用い、危険率5%未満を

Table 5. Individual 400 m splint record in several races and peak blood lactate concentration after the races

Subject	400 m Record (sec)	Peak LA. (mmol/l)	Measurement date
A	49.14*	20.17	97. 4. 13
	48.04*	23.24	97. 5. 5
	47.40	23.93	97. 10. 4
B	49.34*	19.39	97. 4. 13
	48.44*	20.58	97. 5. 5
	47.26	23.32	97. 10. 4
C	48.84*	20.97	97. 5. 5
	47.21	23.69	97. 10. 4
D	49.74*	21.18	97. 5. 3
Mean	48.38	21.83	—
S.D.	0.95	1.71	—

* Since these values were recoded by hand time, 0.14 sec were added to these values.

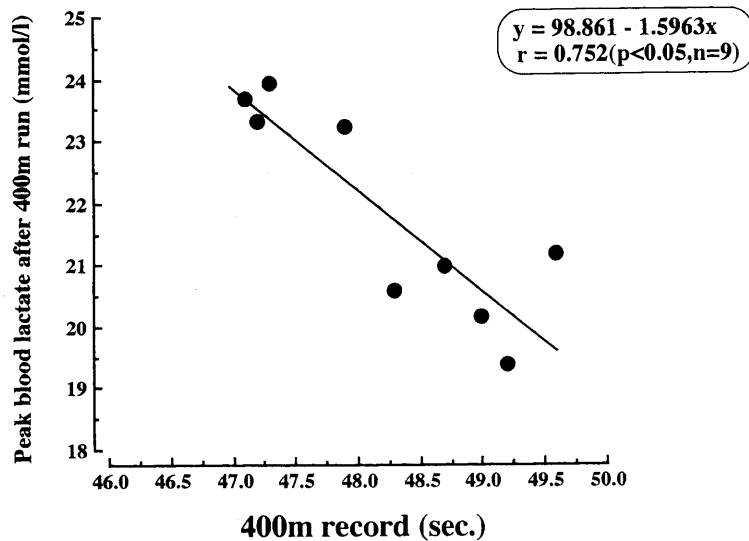


Fig. 1. Relationship between peak blood lactate concentration and running record of 400 m sprint.

もって有意水準とした。

III. 結 果

1. 400 m 走の記録とピーク血中乳酸値の相関関係

400 m 走の記録と 400 m 走行後のピーク血中乳酸値は Table 5 に示し、その関係については Fig. 1 に示した。

400 m 走の記録は 48.38 ± 0.95 sec であり、400 m 走行後のピーク血中乳酸値は 21.83 ± 1.71 mol/l であった。

400 m 走の記録と 400 m 走行後のピーク血中乳酸値との間には、記録の短縮とともにピーク血中乳酸値が高い値を示すという有意な負の相関関係 ($r = 0.752$, $N = 9$, $p < 0.05$) が認められた。

2. 200 m インターバル走

インターバル-I においては 80~90% のタイム設定であったのに対し、1 セット目が $88.4 \pm 1.4\%$ 、2 セット目が $87.0 \pm 2.4\%$ 、3 セット目が $87.2 \pm 1.0\%$ であった (Fig. 2)。

インターバル-II においては 90~95% のタイム設定

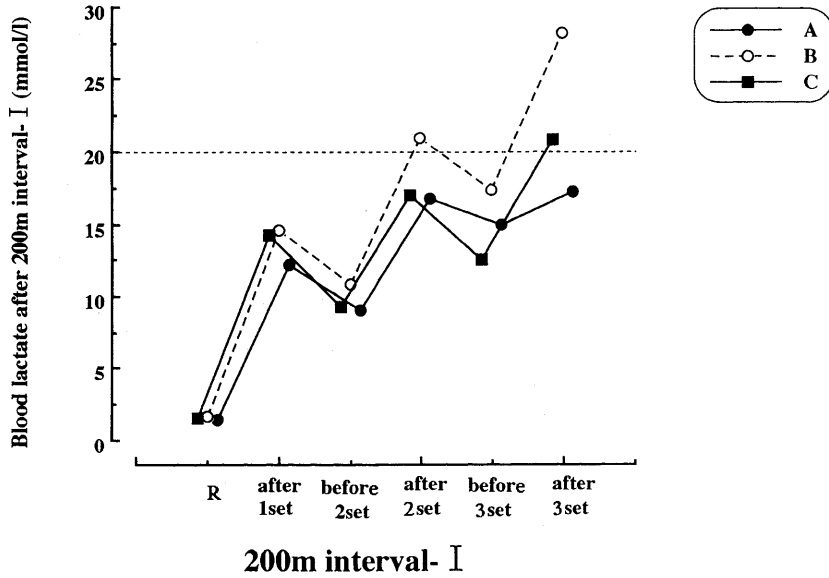


Fig. 2. Individual changing of blood lactate concentration in each stage of 200 m interval-I.

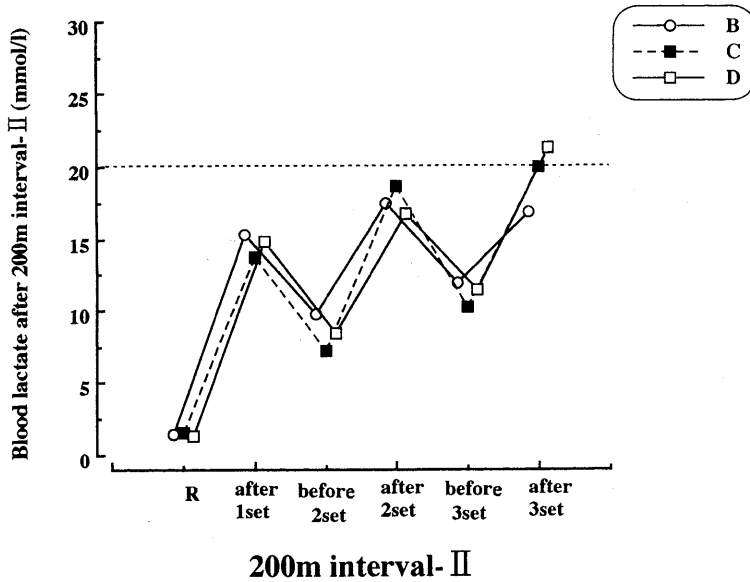


Fig. 3. Individual changing of blood lactate concentration in each stage of 200 m interval-II.

であったのに対し、1セット目が $90.2 \pm 1.2\%$ 、2セット目が $91.5 \pm 0.9\%$ 、3セット目が $90.9 \pm 1.5\%$ であった (Fig. 3)。

インターバル-IIIにおける200m走のタイム設定は、1本目が97%、2本目は最大努力走と設定したのに対し、1本目 $98.4 \pm 0.9\%$ 、2本目 $98.7 \pm 1.3\%$ であった (Fig. 4)。

3. 200 m インターバル走における血中乳酸濃度

インターバル-Iにおいては安静時が 1.60 ± 0.19 mmol/l、1セット目終了後が 13.65 ± 1.32 mmol/l、2セット目開始直前が 9.74 ± 0.97 mmol/l、終了後が 18.27 ± 2.35 mmol/l、3セット目開始直前が 14.92 ± 2.44 mmol/l、終了後が 22.10 ± 5.54 mmol/l であった (Fig. 5)。

インターバル-IIにおいては安静時が 1.49 ± 0.12

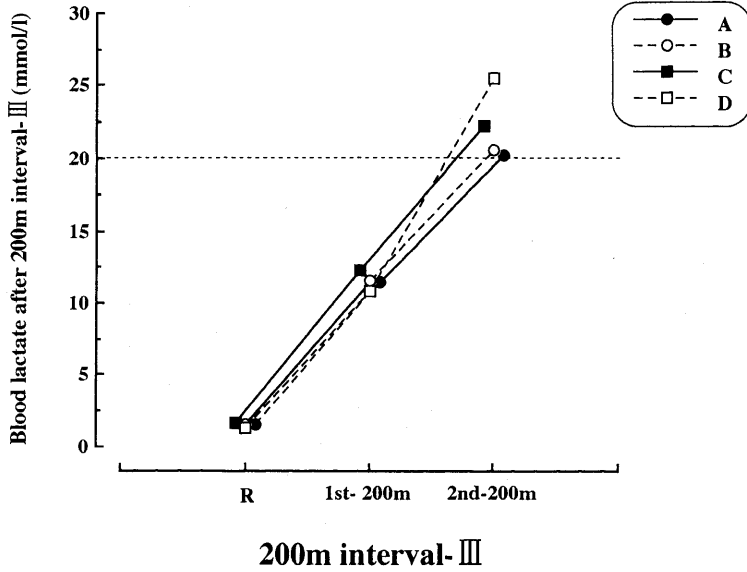


Fig. 4. Individual changing of blood lactate concentration in each stage of 200 m interval-III.

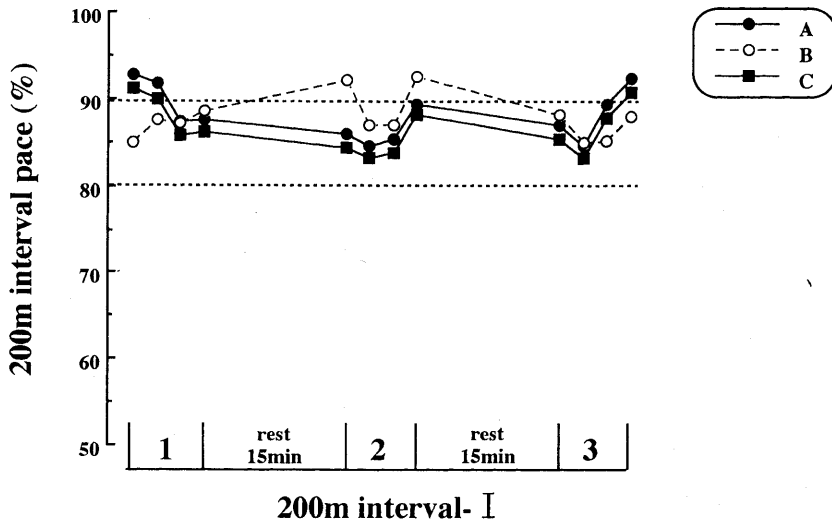


Fig. 5. Individual changing of relative running pace to each best record in three stages of 200 m interval-I.

mmol/l, 1セット目終了後が 14.59 ± 0.84 mmol/l, 2セット目開始直前が 8.45 ± 1.28 mmol/l, 終了後が 17.62 ± 0.98 mmol/l, 3セット目開始直前が 11.22 ± 0.84 mmol/l, 終了後が 19.41 ± 2.27 mmol/lであった (Fig. 6).

インターバル-IIIにおいては安静時が 1.51 ± 0.13 mmol/l, 1本目走行後が 11.54 ± 0.56 mmol/l, 2本目走行後が 22.12 ± 2.42 mmol/lであった (Fig. 7).

IV. 考 察

1. 400 m 走の記録とピーク血中乳酸値の相関関係

先行研究¹²⁾によると, 400 m 走行後のピーク血中乳酸値は 15 mmol/l 程度であり, 20 mmol/l を超えるような高い値を示すものはなかった。本研究において, 400 m 走の記録とピーク血中乳酸値との間に高い負の相関関係が見られ, このことは先行研究の結果と一致するものであった^{7,12)}。しかしながら本研究においては,

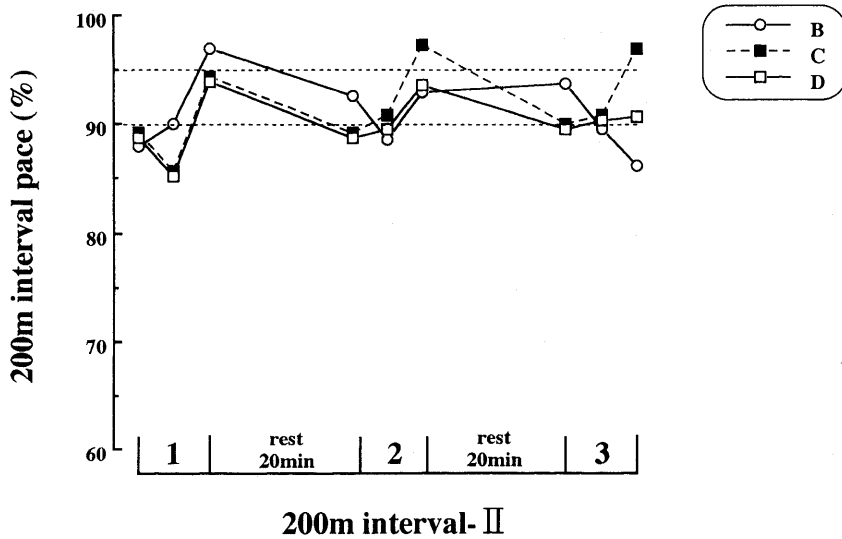


Fig. 6. Individual changing of relative running pace to each best record in three stages of 200 m interval-II.

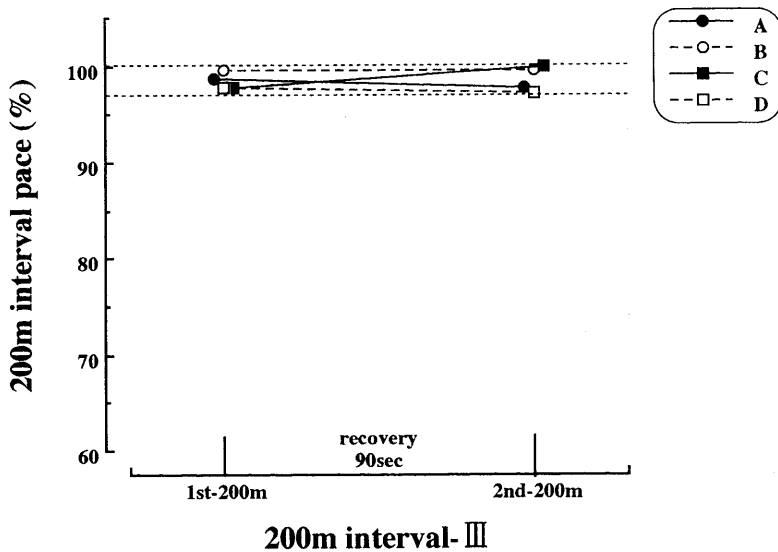


Fig. 7. Individual changing of relative running pace to each best record in three stages of 200 m interval-III.

ピーク血中乳酸濃度の平均値は 21.83 ± 1.7 mmol/l であり、最高 23.93 mmol/l に達するものもいた。このことは先行研究¹²⁾では 400 m 走の記録が 50 秒を切るものではなく、本研究においては 50 秒を切る高いパフォーマンスでの測定であり、このパフォーマンスの違いがピーク血中乳酸値の高さの違いに関係したものと考察される。

日本トップ男子競泳短距離選手や世界トップの女子ス

ピードスケート短距離選手においては、トレーニングによりピーク血中乳酸濃度が 25 mmol/l 程度まで出せるようになったという報告もある¹⁰⁾。今後、さらなる 400 m 走の記録の短縮を目指すには、25 mmol/l 程度の血中乳酸にも耐えることのできるような運動強度の高い耐乳酸性のトレーニングを開発する必要がある。

2. 200 m インターバル走

400 m 選手のインターバルトレーニングの疾走距離

は200 mから400 mの間で行われるのが一般的であるといわれている⁵⁾。

同大学の400 m班のインターバルトレーニングにおいては、200 m走を中心にスピード維持能力や緩衝能力の向上の改善を図る目的で、耐乳酸性トレーニングを行ってきた。

200 mインターバル走は、それぞれのトレーニング期の目的によりペース設定が行われ、(1) 一般的・専門的準備期Iにおいては、80~90% 設定によりランニングフォームづくりを行いながら耐乳酸性能力を高めてあげることが目的としている。また、(2) 専門的準備期IIにおいては、90~95% 設定で行うことにより高いスピード維持能力と耐乳酸性能力の向上、そして最終的には、(3) 試合期において、200 m+200 mのインターバル走を400 m走を想定した設定スピード(97%) 以上で行えることを目的としている。

本研究においては、インターバル-I、インターバル-IIは設定スピード内の $87.5 \pm 0.8\%$ と $90.9 \pm 0.7\%$ で疾走されており、最終的な200 m+200 mのインターバル走も $98.4 \pm 0.9\%$ と $98.7 \pm 1.3\%$ と設定スピードを上回るスピードで疾走された。このことは、それぞれのトレーニング期で行われた3種類の200 mインターバル走によって、耐乳酸性能力の向上と高いスピード維持能力が達成されたものと推察される。

3. 200 m インターバル走における血中乳酸濃度

本研究における200 mインターバル走行後のピーク血中乳酸濃度は、インターバル-Iでは最終3セット目で 22.10 ± 5.54 mmol/lに達し、インターバル-IIでは最終3セット目で 19.41 ± 2.27 mmol/lであった。また、インターバル-IIIの200 m+200 mにおいては、2本目で 22.12 ± 2.42 mmol/lに達し、3種類すべてのインターバルの最終段階で20 mmol/l程度の高い血中乳酸値を示した。

400 m走行後のピーク血中乳酸値が20~24 mmol/l程度であったことから、400 m走における耐乳酸性能力の向上を目指したトレーニングとしては、ピーク血中乳酸値20 mmol/l以上のトレーニング強度で行うことが重要であると考えられる。よって、インターバル-Iの1セット目 13.65 ± 1.32 mmol/l、2セット目 18.27 ± 2.35 mmol/l、インターバル-IIでの1セット目 14.59 ± 0.84 mmol/l、2セット目 17.62 ± 0.98 mmol/lという20 mmol/l以下のピーク血中乳酸値が示すように、インターバル-I, IIの1, 2セットでは400 m走のトレーニングとしては強度が低いと推察される。インターバル-I, インターバル-IIにおいて耐乳酸性能力の向上を目指す

ためには3セット以上行う必要があるものと示唆された。

また、今回20 mmol/l程度であったインターバルでのピーク血中乳酸値を25 mmol/l程度にまで上げるために、インターバルでの疾走距離や休息时间および耐乳酸性のトレーニングがパフォーマンス向上にどのように影響するのかは今後の研究課題である。

V. 要 約

本研究では、インターバルトレーニング強度の指標として血中乳酸濃度を用い、400 m走の記録向上につながるインターバルトレーニングの方法を検討することを目的とした。

男子陸上短距離400 m選手4名を対象に、400 m走行後のピーク血中乳酸値の測定と3種類の200 mインターバル走において血中乳酸濃度の測定を行った。血中乳酸濃度の測定には、ラクテートアナライザー(BIOSEN 503OL)を用いて行った。

結果は以下のとおりである。

1) 400 m走の記録(48.38 ± 0.95 sec)とピーク血中乳酸値(21.83 ± 1.71 mmol/l)との間には、高い負の相関関係が見られた($p < 0.05$)。

2) 3種類のインターバルの疾走タイムは、インターバル-Iでは80~90%のタイム設定に対し1セット目 $88.4 \pm 1.0\%$ 、2セット目 $87.0 \pm 2.4\%$ 、3セット目 $87.2 \pm 1.0\%$ であった。インターバル-IIでは90~95%設定に対し1セット目 $90.2 \pm 1.2\%$ 、2セット目 $91.5 \pm 0.9\%$ 、3セット目 $90.9 \pm 1.5\%$ であった。インターバル-IIIでは1本目 $98.4 \pm 0.9\%$ 、2本目 $98.7 \pm 1.3\%$ であった。

3) 200 mインターバル走行後のピーク乳酸値は、インターバル-Iでは1セット目 13.65 ± 1.32 mmol/l、2セット目 18.27 ± 2.35 mmol/l、3セット目 22.10 ± 5.54 mmol/lであった。インターバル-IIでは1セット目 14.59 ± 0.84 mmol/l、2セット目 17.62 ± 0.98 mmol/l、3セット目 19.41 ± 2.27 mmol/lであった。インターバル-IIIでは1本目 11.54 ± 1.56 mmol/l、2本目 22.12 ± 2.42 mmol/lであった。

本研究の結果から、400 m走における耐乳酸性能力の向上を目指したトレーニングとしては、ピーク血中乳酸値が20 mmol/l以上のトレーニング強度で行うことが重要であると考察される。そこでインターバル-I, IIにおいて耐乳酸性能力の向上を目指すためには3セット以上行う必要があることが示唆された。また、今後さらなる記録の向上を目指すために、ピーク血中乳酸値が

25 mmol/l 程度まで上がるようなインターバルでの疾走距離や休息時間を検討することが今後の課題である。

謝 辞

本実験を進めるに当たりご協力頂いた健康管理学研究室の井川正治教授と須藤祐美子臨床検査技師ならびに陸上競技研究室の菅原 勲助教授, 石井隆士講師, 松村茂樹助手に心から感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 浅見俊雄: スポーツトレーニング, 5-20, 朝倉書店, 1985.
- 2) Astrand, P.-O. and K. Rodahl: Textbook of work physiology, pp. 9-20, McGraw-Hill, New York, 1970.
- 3) Fox Edward, L.: Sports Physiology, pp. 11-22, Holt-Saunders, Tokyo, 1984.
- 4) 八田秀雄: Sportsmedicine Express 6, 乳酸, pp. 58-67, 有限会社ブックハウス・HD, 1997.
- 5) 堀居 昭: だれにもわかる運動処方入門, pp. 105-112, 共栄出版株式会社, 1984.
- 6) Jacobs, Ira: Blood lactate implications for training and sports performance, 10-25, Sports Medicine, 1986.
- 7) Lacour, J. R., E. Bouvat and J. C. Barthelemy: Post-competition blood lactate concentrations as in anaerobic energy expenditure during 400 m and 800 m races, 172-176, European Journal of Applied Physiology, 1990.
- 8) 前河洋一, 山本利春: 陸上競技の 400 m 走におけるペース配分について, 21-28, 国際武道大学紀要第 4 号, 1988.
- 9) 中谷敏昭, 伊藤 稔: 競泳選手のインターバル・トレーニング, 552-561, 体育の科学, vol. 46, 1996.
- 10) 根本 勇, 入澤孝一, David J. Smith: III. 血中乳酸濃度をモニタリングしてのスピードスケート滑走トレーニング処方, 402-408, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集, 1990.
- 11) 根本 勇: 乳酸緩衝能力のメカニズムとトレーニング, pp. 78-81, Training Journal, No. 201, 有限会社ブックハウス・HD, 1996.
- 12) Fujitsuka, N., T. Yamamoto, T. Ohkuwa, M. Saito and M. Miyamura: Peak Blood Lactate after Short Periods of Maximal Treadmill Running, 289-296, European Journal of Applied Physiology, 1982.
- 13) Ohkuwa, T., Y. Kato, K. Katsumata, T. Nakao and M. Miyamura: Blood lactate and glycerol after 400 m and 3,000 m runs in sprint and long distance runners, 213-218, European Journal of Applied Physiology, 1984.
- 14) O. Bompa: Tudor: Theory and methodology of Training, pp. 244-245, Hunt Publishing Company, Iowa, 1983.
- 15) 矢野雅知: 耐乳酸性のウェイト・トレーニング, 16-18, Training Journal, No. 155, 有限会社ブックハウス・HD, 1992.