

# 大学駅伝選手の1年間のトレーニングが パフォーマンスに及ぼす影響について

平塚 潤・櫛部 静二<sup>1)</sup>・堀居 昭<sup>2)</sup>

## 第1章 緒 言

近年、陸上長距離界では、その競技パフォーマンスを高めようとする試みから様々なトレーニング方法が用いられている。多くのコーチ・選手達は、科学的トレーニング等を導入し最大のパフォーマンスを発揮することを目標としている。中でも持久的代表種目の一つである陸上競技の長距離走があげられ、それらのトレーニング方法で特に注目されている方法としては、高所トレーニングが用いられている。この高所トレーニングによる生理学的有効性は、低圧・低酸素環境下に対する馴化や低酸素下での運動による相対的な運動強度の高まりが、組織での低酸素状態を促進させ、ヘモグロビン濃度の増加、最大酸素摂取量の増大から有酸素性運動パフォーマンスの改善に有効的であると報告されている<sup>7)</sup>。

これまでに、長距離走の競技力を決定する要因は数多くの研究者によって報告されており、中でも体重当たりの最大酸素摂取量の増大、酸素摂取量を高い水準で維持できること等<sup>9)</sup>が競技パフォーマンスを向上させる一つの要因であるとされている。尚、一流の長距離選手は、体重当たりの最大酸素摂取量が高く、この最大酸素摂取量と疾走能力との間において密接な関係があると報告されている<sup>7,13)</sup>。三浦ら<sup>14)</sup>によれば、大学の長距離選手や日本の一流選手を対象に、体重当たりの最大酸素摂取量と5,000 m 疾走能力を検討した結果、有意に高い正の相関関係がみられたとしている。また、山地ら<sup>25,26)</sup>は、陸上競技中・長距離選手及びマラソン選手を対象とし、体重当たりの最大酸素摂取量と1,500 m, 5,000 m, 10,000 m, マラソンにおける競技パフォーマンスに有意な相関関係が認められたことを報告している。従って、最大酸素摂取量の向上が長距離走の記録向上（疾走能力）につながると考えられることから、陸上競技における長距離ランナーの代表的なトレーニングでは、競技パフォーマンス能力を一つの指標とする最大酸素摂取量の向上を目的としたトレーニング方法がより高い競技能力につながるものと考えられている<sup>20)</sup>。

陸上競技の長距離走種目は、年間を通して多くの大会が行われるが主に秋期及び冬期を主要大会としている。その中でも「大学駅伝」は、マスメディアを通して大きく脚光を浴びており、特

1) 日本体育大学大学院, 2) 日本体育大学体育学部

に箱根駅伝は、日本全国の注目を浴びる大会であり、その箱根駅伝において各大学は最大のパフォーマンスを発揮するために年間を通してトレーニングを行っているといっても過言ではない。

箱根駅伝は、大正9年に行われた第1回大会から、現在では第80回という回数を重ねてきている。各大学ともに箱根駅伝出場を目標とし、年間を通してトレーニングを行っているが、そのトレーニングの年間計画や出場選手に関しての研究報告は数少ない。従って、長距離ランナーの競技パフォーマンスを向上させるためには、1年間の長期トレーニングの計画によるトレーニングが各選手の身体的能力及び競技能力にどのような変化を及ぼすかについて検討していく必要があると考えた。

そこで本研究では、某大学男子駅伝部に所属する長距離選手を対象に、箱根駅伝出場を目標として1年間のトレーニングによって呼吸循環機能や5,000 m、10,000 mの疾走能力にどのような変化を及ぼすかについて検討することを目的とした。

## 第2章 方 法

### 1. 対 象

被検者は某大学駅伝部に所属し、箱根駅伝出場を目指す男子学生5名であった。被検者の身体特徴及び競技歴は次の通りであった。実験開始時においては、年齢  $18.6 \pm 0.5$  歳、身長  $167.1 \pm 3.6$  cm、体重  $51.8 \pm 3.6$  kg、体脂肪量  $7.1 \pm 0.9\%$ 、競技歴  $7.0 \pm 0.0$  年であった。2003年度においては、年齢  $19.6 \pm 0.5$  歳、身長  $167.1 \pm 4.0$  cm、体重  $52.7 \pm 4.0$  kg、体脂肪量  $5.2 \pm 1.3\%$ 、競技歴  $8.0 \pm 0.0$  年であり、2002年度及び2003年度に関しての身体特性にはほぼ変化はみられなかった(表1)。

### 2. トレーニングプロトコール

トレーニングの内容は、1年間のトレーニング計画を試合期(4月上旬～7月下旬/10月上旬～12月下旬)、鍛錬期(1月上旬～4月下旬/7月上旬～9月下旬)とし図1で表した。2002年鍛錬期の20 km走は1 km(3分20秒)、1 kmのスピードトレーニングは(3分05秒)で行わ

表1 被検者の身体特徴

被検者数	2002年 (n=5)
年 齢 (歳)	$18.6 \pm 0.5$
競 技 歴 (年)	$7.0 \pm 0.0$
身 長 (cm)	$167.1 \pm 3.6$
体 重 (kg)	$51.8 \pm 3.6$
体脂肪率 (%)	$5.2 \pm 1.8$

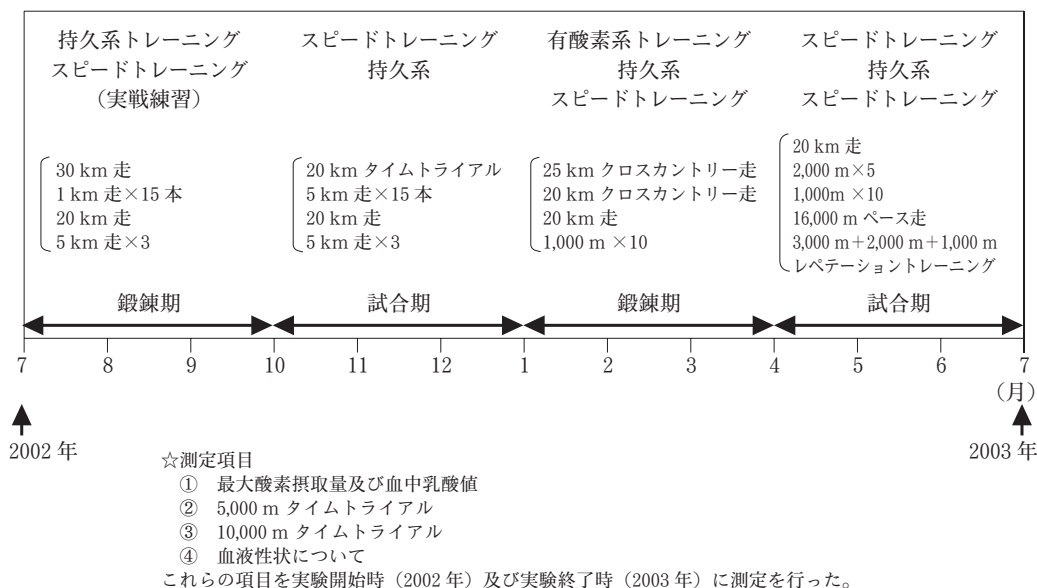


図1 実験期間中におけるプロトコール

せた。試合期では20 km 走は1 km (3分15秒)、1 km のスピードトレーニングは(3分00秒)で行わせた。

2003年鍛錬期の20 km 走は1 km (3分15秒)、1 km のスピードトレーニングは(3分00秒)で行わせた。試合期では、20 km 走は1 km (3分12秒)、1 km のスピードトレーニングは(2分58秒)で行わせた。

### 3. 測定項目と測定方法

各被検者においては、2002年度7月及び2003年度7月に最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_{2max}$ )、疾走能力の測定を行った。

#### (1) $\dot{V}O_{2max}$

$\dot{V}O_{2max}$  は、日本体育大学健志台トレーニングセンター内に設置されているトレッドミル(BIOMILL社製, BM 1000 シリーズ, Japan)を用いて、漸増式負荷法(図2)にて、測定を行った。被検者の呼気ガスを呼吸代謝装置Vo 2000 (Medical Graphics Corporation, USA)にて採取し、呼吸代謝分析ソフトであるm-Graph (エスアンドエムイー社製, Japan)を用いて分析した。

走スピードはステージ1が分速220 m/minで、ステージ毎に30 m/minずつ、速度を上昇させ、ステージ5の340 m/minまで上昇させた。ステージ5の後、走スピードを340 m/minに固定し、1分間走行するごとにトレッドミルを二度ずつ上昇させ、各被検者が最大努力で走行で

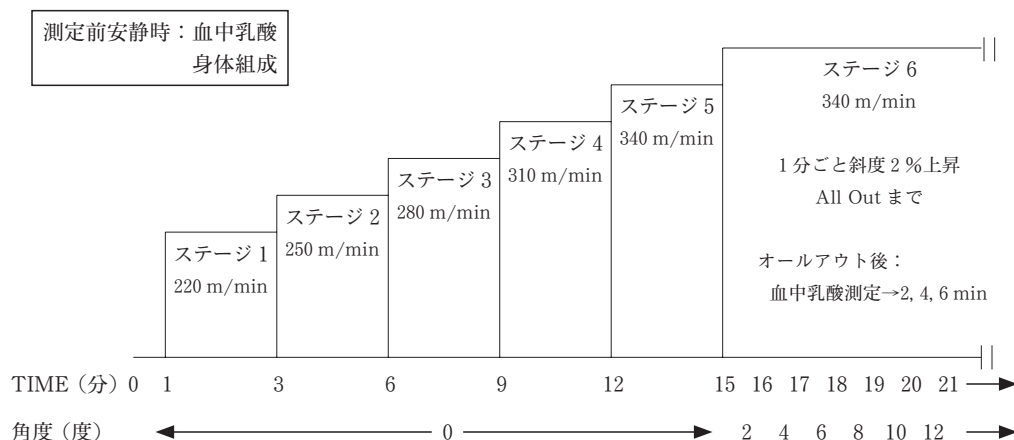


図2 最大酸素摂取量測定プロトコール

きなくなる状態（本研究では、オールアウトとする）になるまで、ランニング運動を行わせた。

## (2) 疾走能力

疾走能力は、大学主催の記録会における5,000 mと10,000 mの走記録とし、 $\dot{V}O_{2\max}$ の測定は別の日に行われた。

## (3) 血中乳酸値

血中乳酸値は、トレッドミルにて最大酸素摂取量の測定前の安静時、測定後のオールアウトの2, 4, 6分後の計4回、指先より20  $\mu$ lを採取し、得られたサンプルをラクトートアナライザー（BIOSREN 5040 L, EFK社製）を用いて測定した。

## 第3章 結 果

### 1. $\dot{V}O_{2\max}$

2002年時および2003年時に測定された各被検者の $\dot{V}O_{2\max}$ を表2に示した。すべての被検者において、2002年時と比較し2003年時で $\dot{V}O_{2\max}$ は増加した。

各被検者の $\dot{V}O_{2\max}$ について見ると、T. S.は、2002年時（71.9 ml/kg/min）と比較し2003年時（72.1 ml/kg/min）において0.2%増加が見られた。K. H.は、2002年時（68.6 ml/kg/min）と2003年時（80.3 ml/kg/min）を比較すると17.1%の増加が見られた。またK. T.は、2002年時（80.3 ml/kg/min）と2003年時（84.7 ml/kg/min）を比較すると5.4%の増加が見られた。S. Y.は2002年時（81.7 ml/kg/min）と2003年時（82.9 ml/kg/min）の比較において1.4%の増加が見られた。しかし、S. S.においては2002年時（75.0 ml/kg/min）と2003年時

表2 最大酸素摂取量の変化値

n = 5	2002年 (ml/kg/min)	2003年 (ml/kg/min)	変化率 (%)
T. S.	71.9	72.1	0.24
K. H.	68.6	80.3	17.06
S. S.	75.8	71.7	-5.36
K. T.	80.3	84.7	5.40
S. Y.	81.7	82.9	1.40
平均	75.7	78.3	3.52
標準偏差	5.54	6.07	8.38

表3 5,000 m の記録の変化

n = 5	2002年 (走記録)	2003年 (走記録)	記録差 (秒)	変化率 (%)
T. S.	15分13秒	14分58秒	-15	1.6
K. H.	15分14秒	15分00秒	-14	1.5
S. S.	15分25秒	15分01秒	-24	2.6
K. T.	14分58秒	14分20秒	-38	4.2
S. Y.	15分10秒	14分50秒	-20	4.4
平均値	15分14秒	14分47秒	27.6	2.9
S. D.	11秒	51秒	9.7	1.4

(71.7 ml/kg/min) の比較において-5.4%の減少を示した。

各被検者の2002年時(75.7 ml/kg/min)と2003年時(78.3 ml/kg/min)の比較では2003年時において3.5%の増加傾向を示した。

## 2. 疾走能力の変化

### a. 5,000 m

5,000 m の走記録の変化と記録の差及び変化率を表3に示した。走記録は、全ての被検者において2002年時と比較し2003年時で記録の短縮が認められた。

各被検者の5000mの走記録について見ると、T. S.は2002年時(15分13秒)、と2003年時(14分58秒)を比較すると15秒の記録の短縮が見られた。K. H.は、2002年時(15分14秒)と2003年時(15分00秒)の比較をすると14秒の記録の短縮が見られた。K. T.では2002年時(14分58秒)と2003年時(14分20秒)を比較すると38秒の記録短縮が見られた。またS. Y.は、2002年時(15分10秒)と2003年時(14分50秒)の比較において20秒の記録の短縮が見られ、S. S.は2002年時(15分25秒)と2003年時(15分01秒)の比較で24秒の記録の短縮が見られた。

表4 10,000 m の記録の変化

n = 5	2002年 (走記録)	2003年 (走記録)	記録差 (秒)	変化率 (%)
T. S.	31分48秒	31分03秒	-45	2.4
K. H.	31分55秒	31分02秒	-53	2.8
S. S.	31分50秒	31分00秒	-50	2.6
K. T.	30分20秒	29分05秒	-75	4.1
S. Y.	31分40秒	30分37秒	-63	3.4
平均値	31分31秒	30分33秒	-57.2	3.0
S. D.	40秒	51秒	11.9	26.9

各被検者の2002年時(15分14秒±11秒)と2003年時(14分47秒±17秒)における平均記録は27秒の記録の短縮が見られた。

### b. 10,000 m

10,000 m の走記録の変化と記録の差及び変化率を表4に示した。走記録は、全ての被検者において2002年時と比較し2003年時で記録の短縮が認められた。

各被検者の10,000 m の記録について見るとT. S.は2002年時(31分48秒)、2003年時(31分03秒)と2002年時に比べ、2003年時で45秒の記録の短縮が見られた。K. H.は、2002年時(31分55秒)と2003年時(31分02秒)の比較において53秒の記録の短縮が見られた。K. T.は2002年時(30分20秒)と2003年時(29分05秒)において15秒の記録の短縮が見られた。

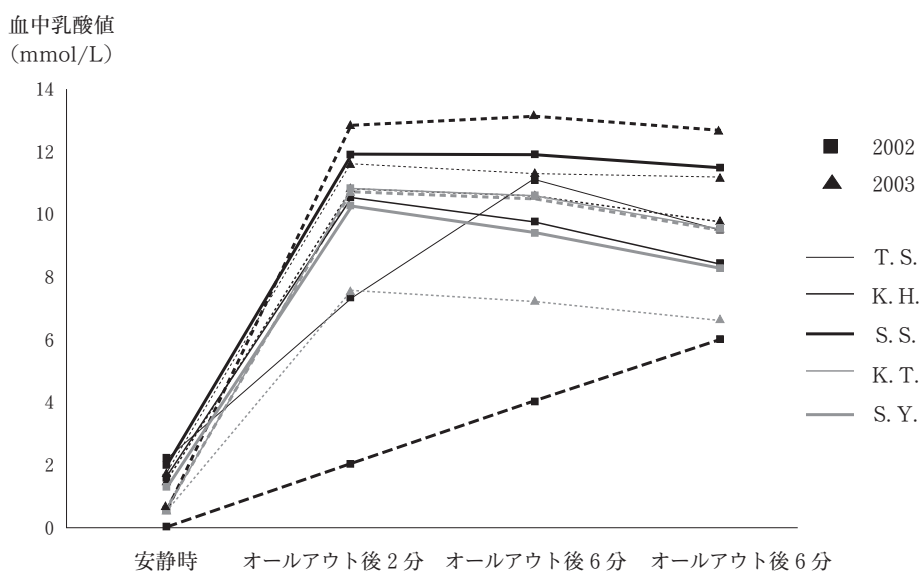


図3 トレーニングによる血中乳酸値の変化

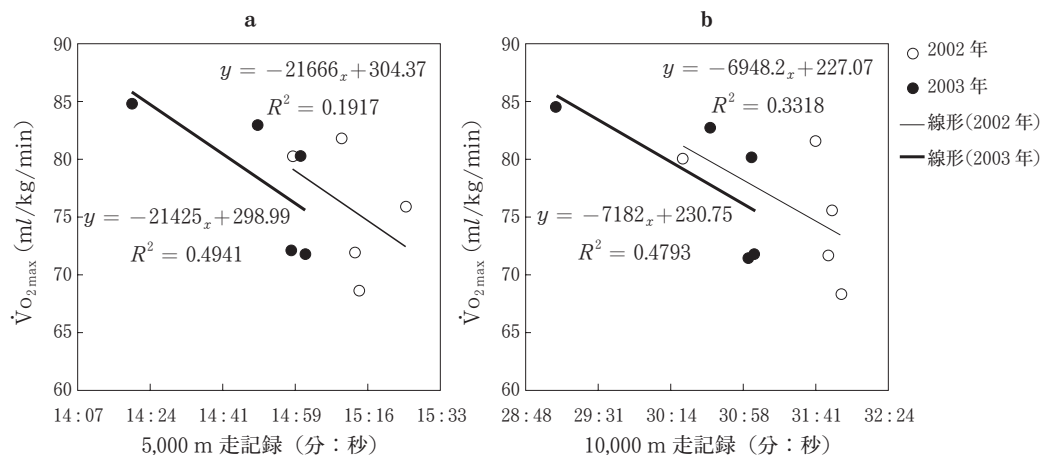


図4  $\dot{V}O_{2\max}$ と5,000 m(a)及び10,000 mの走記録(b)との相関

S. Y. は2002年時(31分40秒)と2003年時(30分37秒)において1分3秒の記録の短縮が見られた。S. S. は2002年時(31分50秒)と2003年時(31分00秒)において50秒の記録の短縮が見られた。

各被検者において平均記録の2002年時(31分31秒±40秒)と2003年時(30分33秒±51秒)を比較すると58秒の記録の短縮が見られた。

### 3. 血中乳酸値

最大酸素摂取量の測定前の安静時、測定後のオールアウトの2, 4, 6分後の計4回の結果を図3に示した。

2002年度と2003年度の結果に、有意な差は認められなかった。

## 第4章 考 察

本研究のねらいは、長距離ランナーの競技パフォーマンスを向上させるために長期トレーニング計画を立案し、各選手の身体的能力及び競技能力がどのように変化していくかを検討するところにある。特に、長期トレーニングによって呼吸循環機能や5,000 m, 10,000 mの疾走能力に大きな影響を及ぼすことが競技パフォーマンスの改善につながると考えた。今回、2002年度から2003年度にかけて $\dot{V}O_{2\max}$ と5,000 m, 10,000 mの疾走能力の測定を行った結果、競技パフォーマンスは前年度よりも改善されていたことが観察された。

$\dot{V}O_{2\max}$ の測定は、全身持久性の指標として、近年、多くの利用されている。特に、競技選手の $\dot{V}O_{2\max}$ を明らかにする試みは、その競技者の持久性能の現状を明らかにするだけでなく、

身体適性の特徴の指標としても考えられている。この  $\dot{V}O_{2\max}$  は、運動に参加する筋群が必要とする酸素量、すなわち活動筋の酸素消費系が最大限に働いて消費しうる酸素量と生体の酸素供給系が最大限に働いて運搬しうる酸素量とによって規定されている<sup>16,17)</sup>。Sharkey<sup>16)</sup> は、持久性能力を指して、酸素を供給し、使用する能力と述べ、また、二酸化炭素や乳酸の急激な蓄積に対処しうる能力としている。猪飼<sup>4,5)</sup> も全身持久性とは主として酸素を供給し、代謝物を排泄する作用を指し、呼吸循環機能がその重要な限界因子となると述べている。これまでに一流の長距離選手は、体重当りの  $\dot{V}O_{2\max}$  が高く、またその  $\dot{V}O_{2\max}$  と疾走能力との間に密接な関係が認められている。これらのことは、 $\dot{V}O_{2\max}$  を高めることによって、競技力が向上することを示唆している。また、長距離走の競技力が  $\dot{V}O_{2\max}$  と密接な関係を持つことも知られている。つまり、本研究で全被検者の疾走能力の向上は、1年間のトレーニングによる  $\dot{V}O_{2\max}$  の増加が大きな要因であることが示唆される。

血中乳酸値では、最大酸素摂取量を測定する際に、安静時・オールアウト後2分・4分・6分と4回採取した。血中乳酸値は、運動の疲労度の指標であり、長距離走の競技力が乳酸性作業閾値なども競技力と密接な関係があることから、測定を行った。

本研究の結果、2002年度から2003年度にかけて  $\dot{V}O_{2\max}$  は増加し、5,000 m、10,000 m の疾走能力は向上していることから先行研究とほぼ同様な結果が得られた。本研究では、被検者5名の内、2名はK. H. と K. T. の場合、5%以上の増加が見られ、特にK. H. は17%という高い伸び率を示した。

この2名は最大酸素摂取量が増えることは、競技能力を向上させるという先行研究の結果を支持するものである。

しかし、実験前と実験後において、最大酸素摂取量がほとんど変化しない者や、5%前後減少した者も見られた。このように1年間の日常的習慣になっている高強度なトレーニングによっても最大酸素摂取量の変化が見られなかったが、疾走能力における5,000 m 走では、3名とも15秒の記録の短縮がみられ、さらに10,000 m では、45秒以上の記録の短縮が見られた。Esbjornsson. M., et al.<sup>2)</sup> や Sundberg. C. J., et al.<sup>21)</sup> によると、トレーニング前の最大酸素摂取量が高い選手ほどトレーニング効果が少なくなることやトレーニングによってパフォーマンスが明らかに増加しているにも関わらず、最大酸素摂取量はほとんど増加していない場合があるなどの競技能力の向上と  $\dot{V}O_{2\max}$  の変動は必ずしも同様ではないとの研究報告等から、本研究では被検者3名において最大酸素摂取量の変化は見られなかったのに対し、競技記録においては、5,000 m、10,000 m ともに記録の短縮が見られたその一つの要因として考えられる。

以上のことから、本研究における  $\dot{V}O_{2\max}$  と競技記録の関連性について述べると、全被検者の競技歴が平均で7年以上であることや、実験開始時において、すでに高い  $\dot{V}O_{2\max}$  の値を示していたことなどから考え、5,000 m、10,000 m の記録の短縮は  $\dot{V}O_{2\max}$  と直接の関連性が高いとは



考えにくいものと推察される。

本研究では、5,000 m・10,000 m の記録が向上した、その一つの要因として考えられるのは、計画性のあるトレーニングを行ったことである。それは、本研究で対象としたチームは現在、駅伝チームを形成して3年目である。

部員たちは競技歴7年以上の部員がほとんどであり、それまでは定期的な計画に基づいた年間トレーニングは被検者を含め、部員たちは行うことはなかった。

記録の向上に影響を及ぼす考えられる生理学的要因に関して1年間の測定で大きな差がみられないことから、チームというものを形成させるためには、計画性、長期的スパン、長期的な視野でのトレーニング計画が必要である。

今後、駅伝に出場したことの無いチームや今後、大学駅伝や箱根駅伝などを目指しているような練習をしているチームなどでは、本実験のように計画性のあるトレーニングに加え、より計画性と個々のレベルを把握し、トレーニング計画を形成することが必要である。

## 第5章 総 括

本研究は、大学長距離駅伝種目を専門とする競技選手において1年間のトレーニングが競技力向上に及ぼす影響について検討したものである。

本研究における結果の概要は以下の通りである。

- ① 1年間のトレーニングによって $\dot{V}O_{2\max}$ は、5名の被検者のうち4名の被検者で増加傾向を示しました。しかし、1名のみ $\dot{V}O_{2\max}$ の変化は得られませんでした。
- ② 1年間のトレーニングで5,000 mの走記録は、すべての被検者で向上を示し、トレーニング効果は22.2秒の短縮を得られました。
- ③ 1年間のトレーニングで10,000 mの走記録は、すべての被検者で向上を示し、トレーニング効果は57.2秒の短縮を得られました。

以上の結果から、陸上競技長距離駅伝種目を専門とする大学生競技選手に対して、1年間のトレーニングがおよぼす影響は、各被検者の競技力の向上のみならず、チームレベルの競技力向上を示した。

### 参考文献

- 1) Alen M, Pakarinen A, Hakkinen K: Effects of prolonged training on serum thyrotropin and thyroid Hormones in elite strength athletes. *J. Sports Sci, Dec*, 11(6) pp.493-497, 1993.
- 2) Esbjornsson M, Jansson E, Sundberg CJ, Sylven C, Eiken O, Nygren A, Kaijser L.: Muscle fibre types and enzyme activities after training with local leg ischaemia in man. *Acta Physiol Scand* 48: 233-41, 1993
- 3) 堀居 昭, 山田 保: 改訂 運動処方入門, 共栄出版, pp.39-42, 2000

- 4) 猪飼道夫, 加賀谷熙彦, 進藤宋洋: 持久性の限界因子について, 円谷選手の測定記録を中心として, 体力科学 14(4) pp. 173-180, 1965
- 5) 猪飼道夫: 日本人の有酸素的作業能力に関する研究, 猪飼道夫論文選集「運動処方への道」杏林書院, 東京, pp. 317-325, 1973
- 6) 井本岳秋: 女子長距離ランナーの競技力と血液性状, 臨床スポーツ医学: Vol. 9. No. 2 (1992-2)
- 7) 石井好二郎: 女子中・長距離ランナーの最大酸素摂取量と競技記録
- 8) 石河利寛, 竹宮 隆編: 持久力の科学, 日本運動生理学会, 運動生理学シリーズ, 杏林書院, 東京, pp. 9, 97-100, 1997
- 9) 岩垣丞恒, 新居利広, 山村雅一, 佐藤大貴: 学生長距離選手の赤血球指標の縦断的变化, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 東海大学スポーツ医科学研究所, 第 11 卷, pp. 15-21, 1999
- 10) 加賀谷熙彦, 吉田博幸: マラソンランナーの最大酸素摂取量と AT. *J. J. Sports Sci.*, 8: 718-726, 1989
- 11) 北村潔和, 井口文雄, 藤井正治, 堀由美子, 山地延佳, 鳥海清司, 山地啓司: 長距離走のトレーニングに関する研究—最大酸素摂取量と競技力の観点から—, トレーニング科学 8: 75-78, 1996
- 12) 北村潔和, 吉澤茂弘: 長距離走における指導者の指導能力に関する研究—最大酸素摂取量と競技力の観点から—, 富山大学教育学部研究論集 3: 21-24, 2000
- 13) 古賀俊策: 酸素摂取動態, 宮村実晴(編): 新運動生理学(下巻), pp. 57-65, 真興交易, 東京, 2001
- 14) 松生香里: 男子長距離ランナーの 5,000 m 競技記録の差異を決定する生理学的要因, 陸上競技紀要, 第 15 卷, pp. 48-56, 2002. 3
- 15) 三浦望慶ほか: 長距離走のスキルに関する実験的研究, 日本バイオメカニクス, 学会編身体運動のスキル, 杏林書院, pp. 135-145, 1976
- 16) 元永恵子: 長距離走者における長期血液性化学検査の意義, 陸上競技研究, 第 37 号, 1999 No. 2
- 17) Sharkey, B. J: *Physiology of fitness*, Human Kinetics Pub., Champaign 1979.
- 18) 芝山秀太郎, 西嶋洋子, 江橋 博, 松沢真知子, 喜多尚武: 一流長距離選手の有酸素的作業能力, 体力研究, No. 47, pp. 59-72, 1980
- 19) 志手典之, 三本木温, 神林 勲, 杉山喜一: 長距離走 performance と有酸素的能力の関係について, 北海道体育学研究 26: 41-46, 1991
- 20) 獅子目賢一郎: 高校女子長距離選手の血液性状と競技力の関連について, 整形・災外 36: 1179-1185, 1993
- 21) 柴山秀太, 西嶋洋子, 江橋 博, 松沢真知子, 喜多尚武: 一流長距離選手の有酸素的作業能力, 体力研究 47: 56-72, 1980
- 22) Sundberg C. J., Kaijser L. Related: Effects of graded restriction of perfusion on circulation and metabolism in the working leg; quantification of a human ischaemia-model. *Acta Physiol Scand* 146: 1-9, 1992
- 23) 綱分憲明: 高校長距離ランナーにおける身体組成, 最大酸素摂取量, 最大酸素負荷量および競技成績とその性差, 陸上競技研究, 第 27 号, 1996 No. 4
- 24) 宇佐美彰朗: 筋ポンプの性能を高める走法と酸素・末梢循環体制—駅伝・マラソンランナー養成の現状と競技戦略—, 日本運動生理学雑誌 8: 50-51, 2001
- 25) 山地啓司: 末梢組織における酸素の動態と持久性運動, 日本運動生理学雑誌 5: 14-16, 1998
- 26) 山地啓司, 橋本一隆, 橋爪和夫, 井口文雄: 中・長距離ランナーの最高有酸素的ランニング速度 ( $\dot{V}O_{2\max}$ ) の意義と実際, 富山大学教育学部研究論集 3: 15-19, 2000
- 27) 山地啓司: 最大酸素摂取量から陸上中距離走, マラソンレースの競技記録を占うことが可能か, ランニング学研究 (1990) 1, pp. 7-14

# Influence of One-year Training on Athletic Performance and Cardiorespiratory Function in Collegiate Ekiden Runners

— The Process for Qualifying “Hakone Ekiden” —

Jun HIRATSUKA, Seiji KUSHIBE and Akira HORII

## Abstract

The purpose of this study was to investigate the influence of training for one year on improvement of performance in collegiate long-distance Ekiden runners.

The obtained results were summarized as follows:

1. Four in all subjects ( $n = 5$ ) indicated slight increase in maximum oxygen uptake ( $\dot{V}O_{2\max}$ ) by training for one year.
2. The record of 5,000 m and running trial was improved in all subjects.
3. As to 10,000 m running trial, all subjects also showed improvement by one-year training.

From the above results, it was suggested that well-planned training for one year would become the important factor which influences not only the improvement of performance in each subject but the improvement of competitive level in the Ekiden them, consequently leading to the qualification for the 80 th Hakone Ekiden competition.