

元マラソン選手の 再トレーニングに関する追跡的研究

財団法人 日本体育協会 金子 敬 二
(共同研究者) 同 塚 越 克 己
同 雨 宮 輝 也
同 伊 藤 静 夫
株式会社 東 急 電 鉄 築 地 美 孝

A Longitudinal Study on Effects of Re-training on Aerobic Power of a Former Elite Marathon Runner

by

Keiji Kaneko, Katsumi Tsukagoshi,
Teruya Amemiya, Shizuo Itoh
*Institute for Sports Science, Japan
Amateur Sports Association*
Yoshitaka Tsuiji
Tokyu Cooperation

ABSTRACT

The effects of running training on aerobic power of a former elite marathon runner were determined by exhausting treadmill work method from 1983, at age 46 yr. to 1985, 48 yr. Aerobic power of a former elite marathon runner was fairly greater than that of the average men at corresponding ages. Maximal oxygen uptake, O_2 -removal, all-out time, O_2 -pulse increased by running training, but maximal ventilation, maximal respiratory rates, tidal volume, maximal heart rates did not increase. This results showed that training effects in a former marathon runner were different from in the average men. We found no differences between the speed of appearance and disappearance of training effects in a former elite marathon runner and in the average men. Aerobic threshold increased 9.5%, ex-

pressed in percent of $\dot{V}O_2\max$ (88.0%→96.3% $\dot{V}O_2\max$). We concluded that the increment in maximal oxygen uptake derived from the improvement of O_2 -removal, which suggested the improvement of oxidation in muscle.

要 旨

かつて一流マラソン選手として活躍した46歳の男性1名を対象に、走トレーニングが呼吸・循環機能に及ぼす効果について、トレッドミル・オールアウト走による追跡測定を実施し、次の結果を得た。

(1) 同年代一般男性に比べ、かなりすぐれた呼吸・循環機能を示した。

(2) 走トレーニングにより、最大酸素摂取量、酸素摂取率、オールアウト時間、酸素脈が対応して増高したが、最大換気量、最高呼吸数、1回換気量、最高心拍数等の呼吸・循環系機能の増高はみられず、トレーニング効果の現われ方に一般中高年と違いが観察された。

(3) トレーニング効果の現われる速さ及び脱トレーニングによる効果の消失の速さに一般人との差はみられなかった。

(4) トレーニングによりATは88.0% $\dot{V}O_2\max$ から96.3% $\dot{V}O_2\max$ に増え、9.5%の伸び率を示した。

(5) 最大酸素摂取量増大の要因は、主に酸素摂取率の向上にあり、筋における酸化能力の向上などの関与が考えられた。

1. 緒 言

ヒトは、どのようにトレーニングを積み重ねても、加齢による体力の低下をくい止めることはできない。しかしながら、規則的なトレーニングは加齢による体力低下の速度を遅らせ、結果的に同年代のトレーニングをしない人より高い体力を有

することを可能にすると言われている^{1,2)}。

一方、青年期に一流選手として活躍し、激しいトレーニングを積んだ選手といえども、選手生活を引退し、トレーニングを中止すると体力は低下し、特に呼吸・循環機能を中心とする全身持久性が著しく低下することが報告されている³⁾。加齢による低下も加わり、選手が中・高年になる頃は、一般健康人のレベルに近づくことが報告されている^{1,6)}。

ところで、かつての一流選手がトレーニングを中止後、数十年たち、年齢的にも中・高年と呼ばれる年になった時に、再び規則的なトレーニングを開始した場合、どのようなトレーニング効果がみられるか興味ある問題である。われわれは、かつて日本の陸上界において中・長距離およびマラソン選手として活躍し、きびしいトレーニングを積んできた1人の選手が、選手生活引退後、約20年以上経過した後、再びトレーニングを実施しようとしている例に接し、その選手の呼吸・循環機能を追跡測定する機会を得た。

本研究は、この選手の再トレーニングにより、呼吸・循環機能にどのような変化がみられるか検討したものである。

2. 方 法

2.1 被 験 者

被験者は46歳(昭和58年1月トレーニング開始時)の男性1名である。身長は172cm、体重はトレーニング開始時で62.2kgである。中学、高校、大学時代と陸上競技部に籍を置き、社会人になってからも数年間、中・長距離・マラソン選手

として活躍した。自己最高記録は、5,000m 14分53秒、10,000m 30分30秒、フル・マラソン2時間23分40秒（別府毎日マラソン優勝）である。いずれも昭和32年（1957）頃の記録である。

被験者は、大手不動産会社に勤務しており、普段の仕事は事務的作業が中心で、激しい有酸素的身体活動を伴う仕事には従事していない。

現役を引退後、特に定期的に運動を実施していなかったが、昭和49年（38歳時）より毎週日曜日のみ約 9km のランニングを行っている。

2.2 トレーニング内容

表1にトレーニング開始より12カ月間のトレーニング内容を示した。トレーニング内容については、被験者の決めた計画に従った。

トレーニングは毎朝のランニングと休日のランニングに大別される。走行距離は、トレーニングが進むにつれて増えているが、朝は5~9km、休日には9~27km 走っており、1カ月の総走行距離にすると140km から、多い月で300km に達しており、平均で約186km である。

表1 トレーニング開始より1年間のトレーニング内容

月	毎朝走 (km)	休日走 (km)	休んだ日数 (日間)	総走行距離 (km)	5,000m タイムトライアル (分秒)
1	5	9	6	142	19'53"
2	6	9	4	158	19'12"
3	6	9	6	170	18'44"
4	6	15	7	172	18'28"
5	7	15	5	176	18'25"
6	7	15	9	155	18'18"
7	8	15	7	190	—
8	8	15	6	201	—
9	8	15	8	177	—
10	9	18	5	232	17'52"
11	9	27	4	300	—
12	9	27	8	237	—

2.3 呼吸・循環機能の測定

呼吸・循環機能の測定には、トレッドミル速度漸増負荷法によるオールアウト走を用いた。走行

スピードは120m/分からスタートし、2分経過するたびに20m/分ずつスピードを上昇させ、最終的に被験者をオールアウトに至らせるものである。走路の傾斜は登り勾配3度で、室温20°C、湿度60%の条件のもとで実施された。

運動中の呼吸・循環機能の応答を知るために、心拍数、呼吸数、酸素摂取量を測定した。

心拍数は、胸部双極誘導により心電図をモニター・記録し、マイクロコンピュータによりその変化を求めた。

呼吸数は、温度センサーを呼気採集用マスクの内側に装着し、呼気・吸気のマスク内の温度変化より算出した。

酸素摂取量は、換気量をダグラスバッグ法によりはかり、バッグ内の酸素濃度を質量型酸素濃度分析装置（ウエストロン社製）で分析することにより求めた。

また、トレーニングの強度を知るために、携帯用心電図連続記録器（ホルター）を用いトレーニング中の心拍数の変化を記録した。

3. 結 果

3.1 トレーニング中の心拍数の変化

図1は、トレーニング走1例中の心拍数の変化を示したものである。約140~150拍/分で5分ほど続く小さな山と約160拍/分で25分ほど続く大きな山が観察される。最初の小さな山は、準備運動のための軽いジョギング・体操などで、次の大きな山が走トレーニングにおける心拍数の変化である。この心拍数を記録した練習日に最も近いトレッドミルテスト結果の心拍数-酸素摂取量の関係式から、このトレーニングの運動強度を求めると、77.5% $\dot{V}O_{2max}$ であった。

3.2 トレーニングに伴う呼吸・循環機能の変化

表2は、トレッドミルテストの結果を示したものである。テストは、これまでに9回実施してい

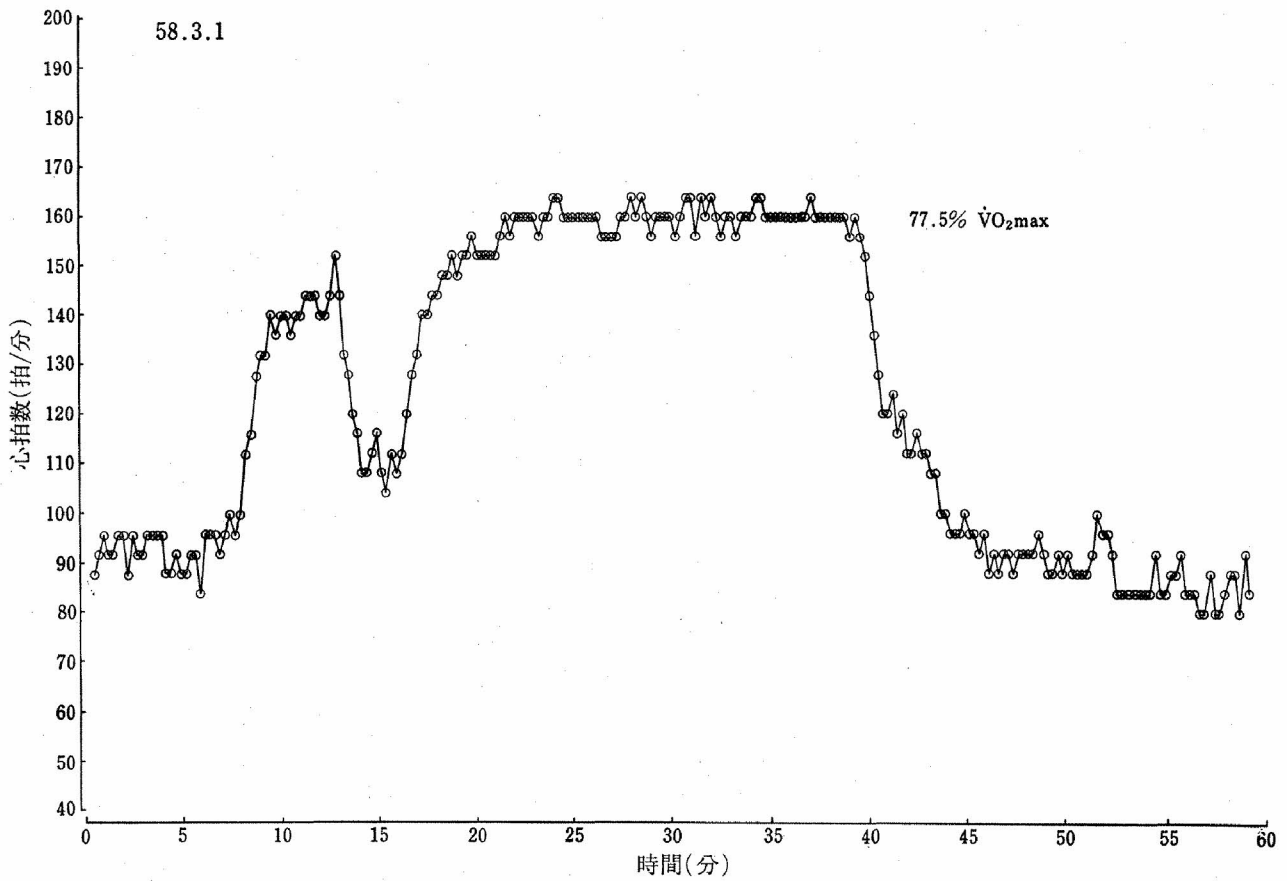


図1 練習中の心拍数の変化

表2 トレッドミルテストの結果

測定回	体重 (kg)	All-out 時間 (分秒)	最高 心拍数 (拍/分)	最高 呼吸数 (回/分)	最大 換気量 (l/分)	1回 換気量 (l/回)	最大酸素 摂取量発 現時酸素 摂取率 (%)	最大酸素摂取量		酸素脈 (ml/拍)
								絶対値 (l/分)	単位体重当り (ml/kg/分)	
1回目 (0)	62.2	13'00"	197	63	140.5	2.23	2.68	3.02	49.9	15.9
2回目 (35)	62.1	14'00"	187	63	136.6	2.17	2.83	3.21	51.6	17.3
3回目 (66)	60.8	16'00"	195	65	139.6	2.15	2.88	3.31	54.5	17.1
4回目 (123)	59.9	16'15"	195	64	135.7	2.12	2.70	3.22	53.7	16.6
5回目 (155)	60.0	16'00"	195	64	141.7	2.21	2.88	3.33	55.5	17.1
6回目 (241)	59.3	16'30"	195	64	144.2	2.25	2.88	3.38	57.1	17.5
7回目 (472)	58.1	16'32"	195	63	133.7	2.12	2.99	3.27	56.2	17.2
8回目 (688)	58.8	17'00"	197	66	138.1	2.09	2.91	3.32	56.4	17.0
9回目 (947)	60.1	15'00"	196	62	141.2	2.28	2.78	3.20	53.3	16.4

() 内はトレーニング開始よりの日数

る。

1) 体重, 体脂肪率

図2は, 体重, 体脂肪率の推移を示したものである。体重は, 最高 4.1kg の減少をみせており,

体脂肪率では3%の減少を示している。

2) 最大酸素摂取量, 酸素摂取率, オールアウト時間

最大酸素摂取量および最大酸素摂取量出現時酸

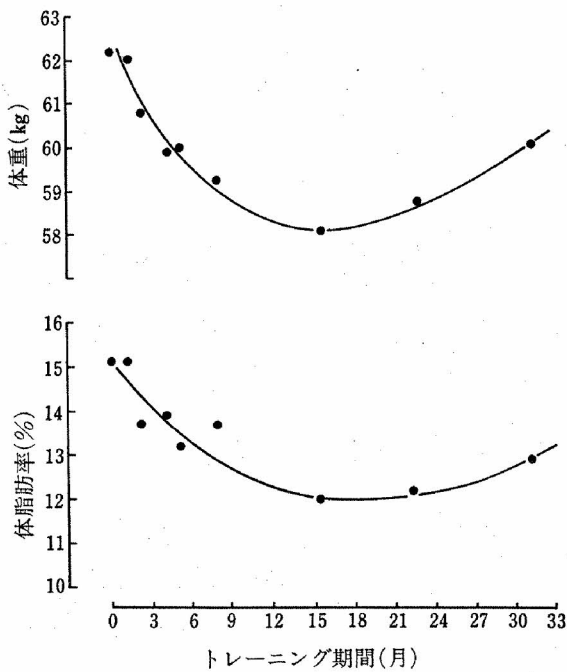


図2 トレーニングに伴う体重, 体脂肪率の変化

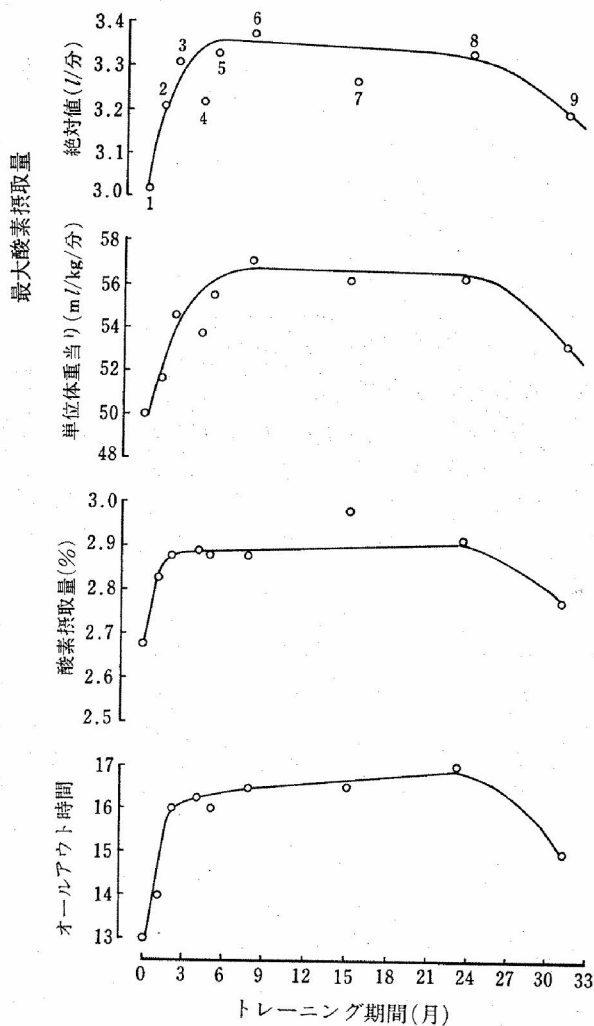


図3 トレーニングに伴う最大酸素摂取量, 酸素摂取率, オール・アウト時間の変化

素摂取率, オールアウト時間の3測定について, トレーニング効果の現われ方をみると, 図3にみられるように各測定値ともに良く対応した変化がみられ, トレーニング開始後約3カ月間で急激に増大し, その後はゆるやかな増加となっている. 有酸素的作業能(最大酸素摂取量)は, 約5か月で増大が止まり, 以後横ばい状態である. 最大酸素摂取量はトレーニング前に比べ絶対値で最大11.9%, 単位体重当りで14.4%の増大がみられた.

酸素摂取率は8回目の測定時までゆるやかな増大がみられ, トレーニング前に比べ絶対値で約0.2%, 率で約8%の向上となっている.

オールアウト時間は約4分, 30.8%の伸びを示している.

なお, 第8回から9回目のテストにかけて, いずれの項目も低下しているのが観察される. この期間, 被験者は仕事などの都合でほとんどトレーニングを実施できなかった. 従って, この期間に

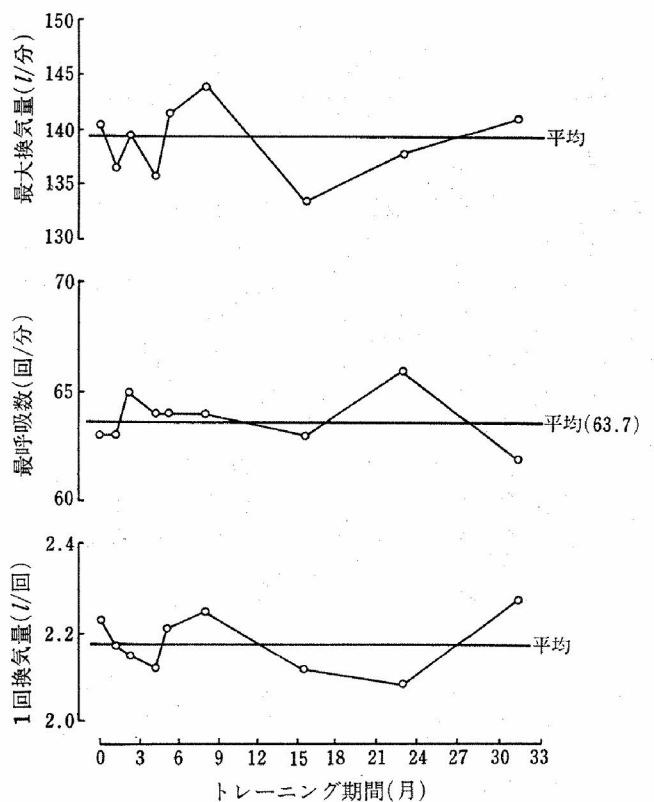


図4 トレーニングに伴う最高呼吸数, 1回換気量の変化

脱トレーニングによると思われる低下が、最大酸素摂取量絶対値で3.6%、単位体重当りで5.5%みられた。酸素摂取率では4.5%またオールアウト時間では11.8%低下している。

3) 最大換気量, 最高呼吸数, 1回換気量

図4に示されるように、最大換気量はテストの日によりかなりの変動がみられ(133.7~144.2l/分)、特にトレーニングによって増大する傾向はみられなかった。その平均は139.0l/分であった。

最高呼吸数は、62~66回/分の範囲にあり、最大換気量同様、トレーニングにより増大する傾向はみられず、約64回/分で一定の値を示す傾向にあった。

従って、両者の比で求まる1回換気量の変化は、最大換気量の変化を反映しており、トレーニングにより増大する傾向はみられなかった。

4) 酸素脈

図5は、最大酸素摂取量発現時の酸素脈の変化を示したものである。酸素脈は、トレーニング開始より約1か月後に実施した2回目のテストで急激に増大しており、その後はトレーニングが進んでも増えていないのがわかる。絶対値で約1.4ml/拍増加し、これはトレーニング前に比べ8.8%の増加率であった。

3.3 同一運動負荷に対する呼吸・循環機能の応答の変化

図6~8は、トレーニングにより同一運動負荷

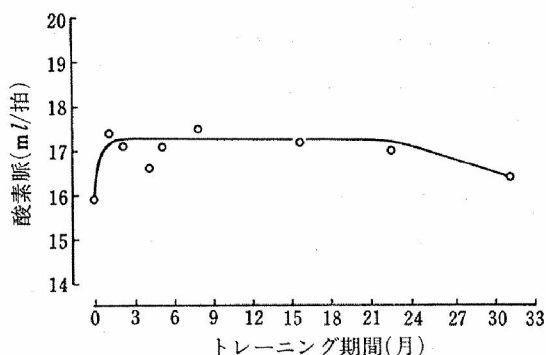


図5 トレーニングに伴う酸素脈の変化

に対する呼吸・循環機能の応答がどのように変化するかをみるために、第1~4回、第7、8回のテスト結果を並べて示したものである。

1) 単位体重当り酸素摂取量, 酸素摂取率

図6に示された単位体重当りの酸素摂取量と酸素摂取率の変化をみると、酸素摂取率は7、8回目のテストのグラフが、1~4回のグラフより上方に移動しているのがわかる。すなわち、トレーニングにより同一運動負荷に対する酸素摂取率の応答が高くなっている。

しかし、体重当り酸素摂取量には必ずしもこのような傾向はみられなかった。

2) 換気量, 呼吸数, 1回換気量

換気量は、トレーニングにより同一運動負荷に対して減少する傾向を示している(図7)。

一方、呼吸数をみると、運動開始より運動負荷が上昇しても毎分約45回の一定した呼吸が続いている。この傾向は、トレーニングが進んでも変わっていない。そしてオールアウト4~5分前から呼吸数は急増し、約64回/分に達すると、そのまま1~4分持続し、オールアウトに至っている。

1回換気量は、運動負荷の増大に伴って上昇するが、約2.0l/回に達するとそれ以後上昇せず横バイ状態になっている。また、同一負荷に対する応答は、トレーニングにより減少する傾向がみられた。

3) 酸素摂取量, 心拍数, 酸素脈

酸素摂取量、心拍数は、トレーニングの進展につれて同一運動負荷に対する応答が減少の傾向にあるのがわかる(図8)。

酸素脈は、運動負荷の増大に比例して上昇しているが、同一負荷に対する応答は、トレーニングによって規則的に変化する傾向は認められなかった。

3.4 トレーニングに伴うAT (Aerobic Threshold) の変化

図6, 7の酸素摂取率, 換気量及び呼吸数の変

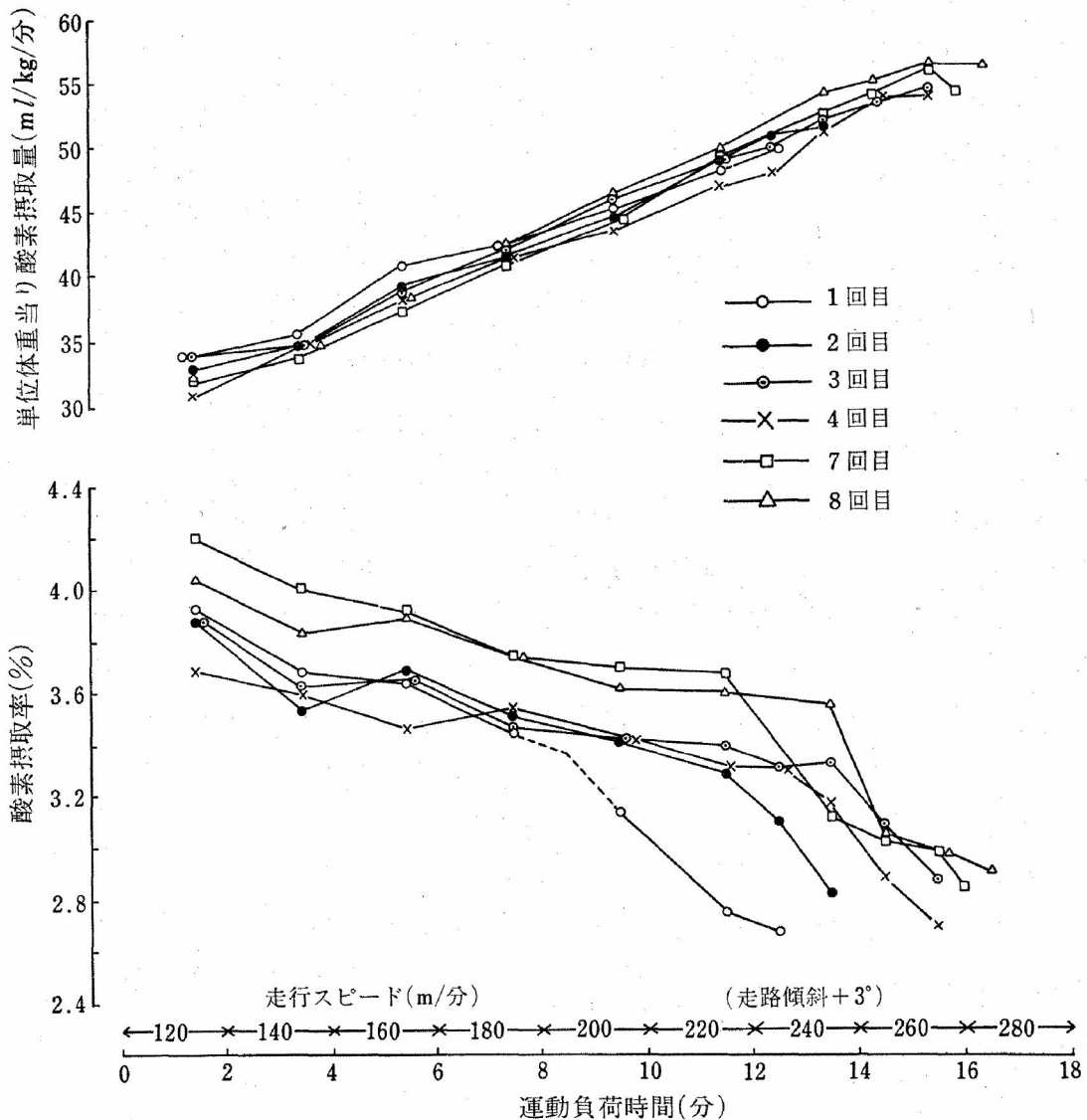


図6 トレッドミルテストにおける運動負荷と単位体重当り酸素摂取量，酸素摂取率の関係

化の様相からATを求めると，第1回目のテストではATは88.0% $\dot{V}O_2\max$ でみられるが，2回目では93.7% $\dot{V}O_2\max$ ，3回目では95.3% $\dot{V}O_2\max$ ，4回目では95.5% $\dot{V}O_2\max$ ，そして7回目では96.4% $\dot{V}O_2\max$ とトレーニングによりわずかずつだが増大している．1回目と7回目のテストでは，ATは% $\dot{V}O_2\max$ で9.5%の増加率を示しており，このことは単位体重当りの最大酸素摂取量で19.7%の伸び率である．

4. 考 察

1) 同年代一般人との比較

小林⁵⁾は，20～70歳の男性180名の呼吸・循環機能をトレッドミル歩行斜度漸増負荷法で測定し，年代別あるいは運動実施頻度別の平均値を報告している．そこで，小林の報告⁵⁾をもとに，同年代男性の値と本研究の被験者の値を比較してみた．本研究の被験者の最大酸素摂取は，トレーニング前において49.9ml/kg/分の値を示しているが，これは同年代一般人の36.3ml/kg/分より27%も大きい値である．むしろ，小林の報告の中にある毎日5～16kmのランニングを3年以上継続している群の50.4ml/kg/分に近いものである．すなわち，本研究の被験者はトレーニング前にお

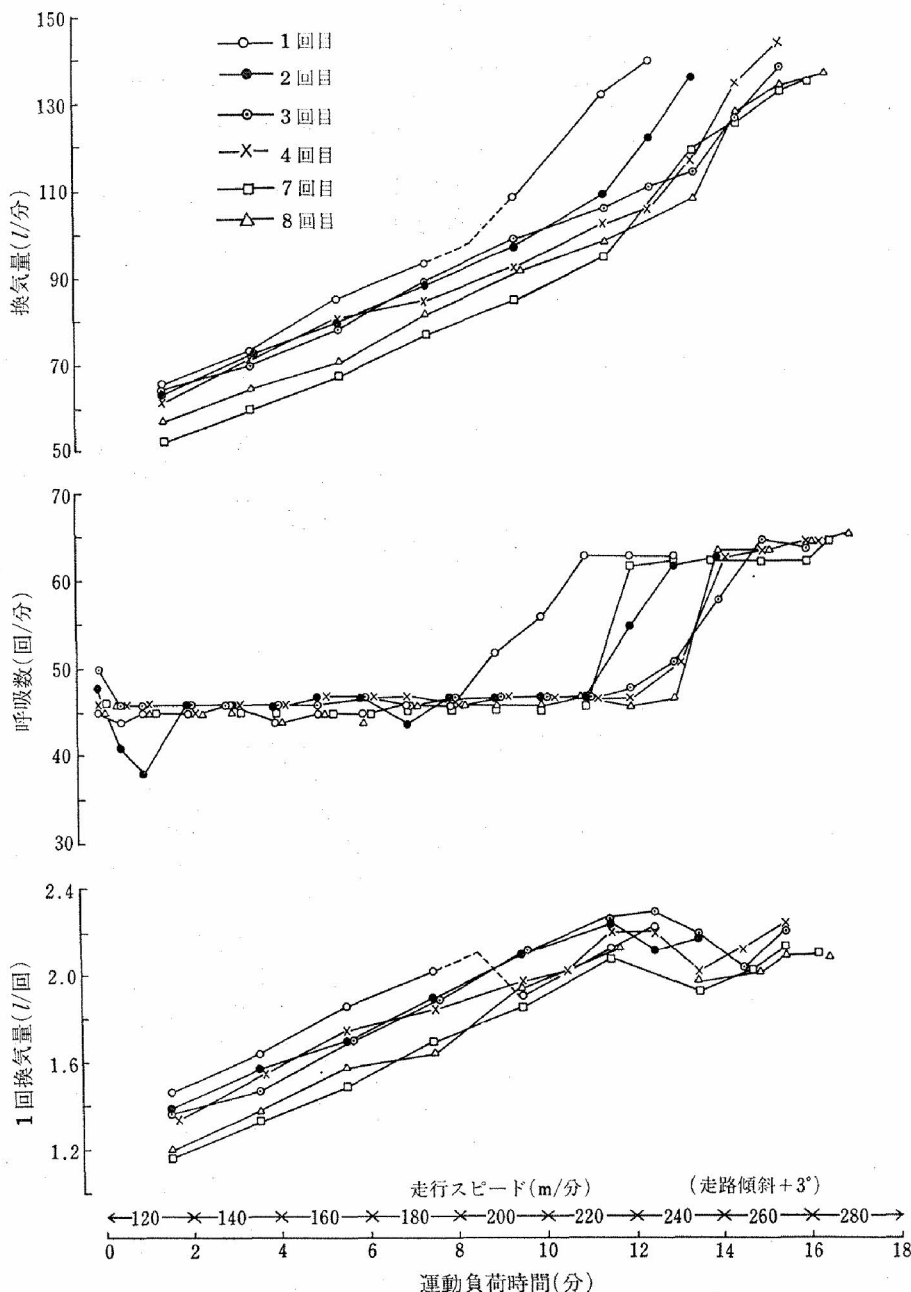


図7 トレッドミルテストにおける運動負荷と換気量，呼吸数，1回換気量の関係

いてすでに一般人よりかなりすぐれた有酸素的作業能を有していたことになる。従って、本研究の半年余りのトレーニングによって得られた 57.1ml/kg/分 という値は、同年代一般人が毎日 $5\sim 16\text{km}$ のランニングトレーニングを3年以上継続している群よりも12%も大きく、かなりすぐれた値であるといえる。

S. Robinson ら⁷⁾ がかつての一流中距離選手13名の呼吸・循環機能を34年間にわたり縦断的に測

定した結果をみても、かつての中距離選手の方が一般人より最大酸素摂取量 (ml/kg/分) で13%高かったことが示されている。

このような有酸素的作業能の一般人との差は、かつての一流選手は中高年になっても一般人よりはすぐれた有酸素的作業能を有することを示すもので、トレーニングを中止しても一般人レベルにまでは低下しないことを示唆する例といえよう。その要因は、かつてのトレーニングの効果の持続

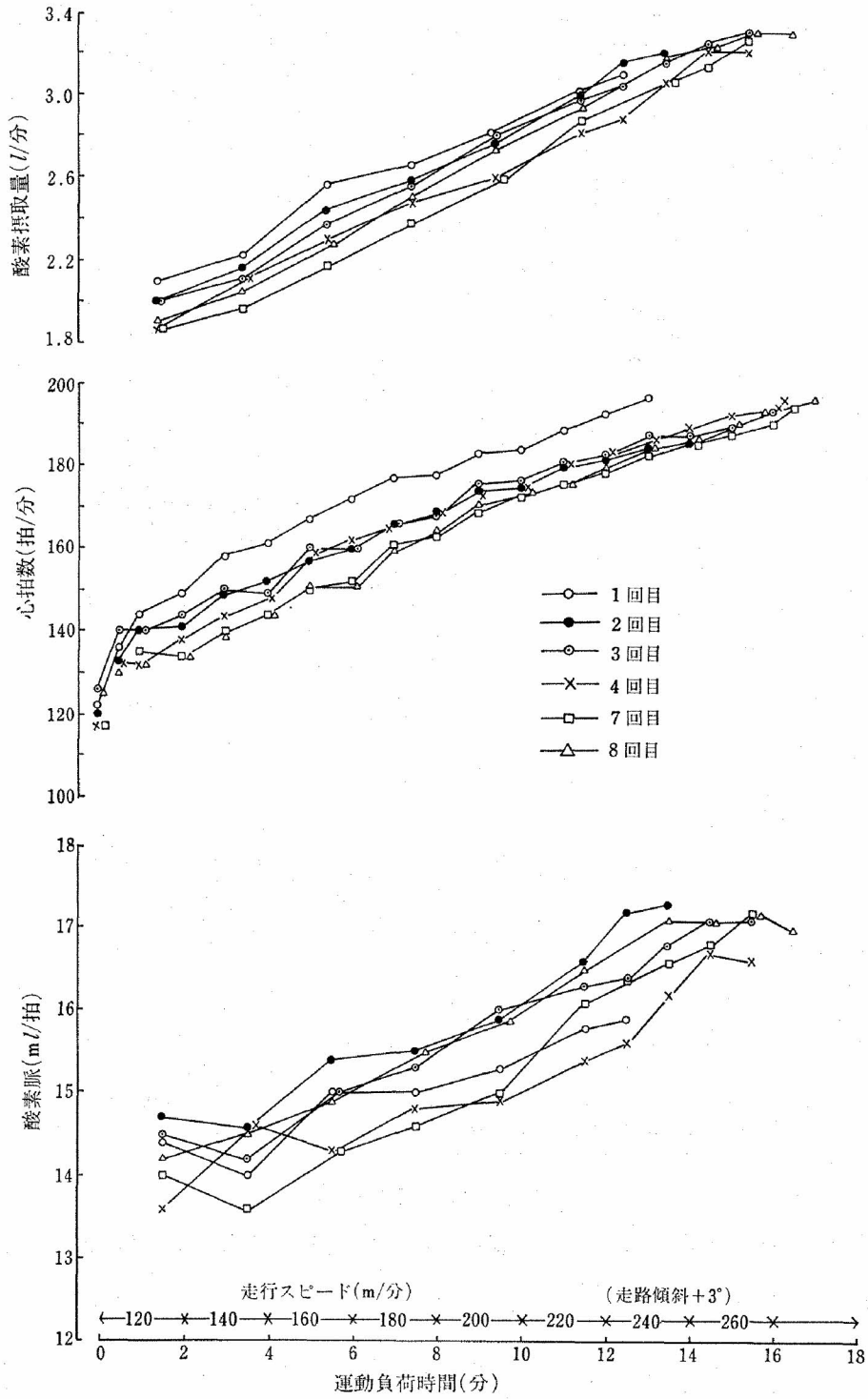


図8 トレッドミルテストにおける運動負荷と酸素摂取量，心拍数，酸素脈の関係

によるものではなく，先天的な素質によるものであると思われる。かつて日本の一流選手として活躍できた背景には，後天的なトレーニングの影響もさることながら，やはり先天的な有酸素的作業能がすぐれていたことが当然考えられる。

また最大換気量平均 139.0l/分，最高心拍数平均 195拍/分，最高呼吸数平均 63.8回/分は，同年代の平均値 65.5l/分，176.0拍/分，39.4回/分よりはるかに大きい。先ほどのトレーニング群においても，それぞれ 90.4l/分，179拍/分，50.8回/

分であり、本被験者に比べかなり低い。最大換気量、最高心拍数は、むしろ青年競技選手の値に匹敵する値を示しており、現役当時よりほとんど低下していないのではないかと推察される。

トレーニング効果の現われ方についてみると、本研究では最大酸素摂取量はトレーニング開始後、約3か月で急速に増大し、約5か月後にはプラトーに達している(図3)。

小林⁹⁾は、中高年者を対象に、10週間~16週間70% $\dot{V}O_2\max$ の強度で歩行トレーニングを実施し、そのトレーニング効果を観察している。その結果、トレーニング10週間と15、16週間では、トレーニング効果はそれぞれ20.2%と24.5%で4%ほどの差しかみられず、トレーニング効果はトレーニング開始後、すみやかに現われると述べている。小林の報告と本研究の結果は、ほぼ一致していることから、トレーニング効果の現われ方については、一般人のそれと差がないと考えられる。

また、脱トレーニングによるトレーニング効果の消失についてみると、Miyashitaら⁶⁾は、30~50歳代の男性を対象に、80% $\dot{V}O_2\max$ によるトレッドミル歩行トレーニングを10分間、週3回、15週間実施し、トレーニング効果と脱トレーニングによるトレーニング効果の消失を検討している。その結果、トレーニングにより最大酸素摂取量は約12%増大したが、トレーニング中止6か月後には最大酸素摂取量は約7%減少しトレーニング前値とほぼ等しくなったと報告している。

本研究における第7回目と8回目のテストの間にみられる脱トレーニングの影響も、Miyashitaらの報告とほぼ一致するものである。したがって、かつての一流競技選手といえども、トレーニングによる有酸素的作業能への効果の現われ方、脱トレーニングによるトレーニング効果の消失には、一般人とほとんど変わらないと考えられる。

一般中高年者のトレーニングにより最大酸素摂取量が増大した背景として、最高呼吸数、最大換

気量、最高心拍数、1回換気量、酸素脈の向上があげられている^{3~5)}。しかしながら、本研究では、酸素脈の増大がトレーニング開始直後にみられただけで、その他の項目は、トレーニングにより増高する傾向は見られなかった。本被験者の場合、最大換気量、最高呼吸数の呼吸機能及び最高心拍数にみられる心機能は、同年代一般人に比べ非常に高い水準にあるといえる。今後、トレーニングによって同年代一般人がみせるようなトレーニング効果を示すとも思われぬ。言い換えれば、被験者の有する上限に近い能力を発揮しているものと思われる。

また、呼吸数の変化をみると、極めて特徴的なリズムで呼吸がなされているのがわかる(図6)。ATが出現する以下の運動負荷では、運動負荷の大きさに関係なく、約45回/分の一定リズムで呼吸している。おそらく呼吸のリズムを歩調等に合わせたためだろうと思われるが、この呼吸法は現役選手時代におけるトレーニングによって体得したものであろう。同一運動負荷に対する換気量は、トレーニングにより減少傾向にあるが、それでも呼吸は一定のリズムで行なわれているため、1回換気量はトレーニングにより減少する結果になったと考えられる。

以上のように、本被験者の場合、呼吸系・心臓循環系へのトレーニングの影響は極めて小さかったと思われる。従って、最大酸素摂取量を向上させた要因は、主に酸素摂取率の向上に起因していると考えられる。トレーニングにより、活動筋における酸化能力の促進がなされたものと解釈される。

文 献

- 1) 青木純一郎; 運動は老化を防げるか, 体育の科学, 27: 728-732 (1977)
- 2) 青木純一郎; 高齢者ジョガーの体力, 体育の科学, 33: 648-652 (1983)
- 3) 浅野勝巳; 中高年マラソンランナーの体力, 体育

- の科学, 27 : 721—727 (1977)
- 4) 浅野勝巳; 運動実施と中高年者の呼吸循環機能, 体育の科学, 30 : 803—817 (1980)
 - 5) 小林寛道; 日本人のエアロビック・パワー, 125—197, 杏林書院 (1982)
 - 6) Miyasita, M., Haga, S., and Mizuta, T.; Training and detraining effects on anaerobic power in middle-aged older men. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 18(2) : 131—137 (1978)
 - 7) S. Robinson, D.B. Dill, R.D. Robinson, S.P. Tzankoff, and J.A. Wagner: Physiological aging of champion runners. *J. Appl. Physiol.*, Vol. 41, 46—51 (1976)
 - 8) 塚越克己, 黒田善雄, 雨宮輝也, 伊藤静夫, 金子敬二, 松井美智子; 東京オリンピック記念体力測定より一選手生活停止後16カ年の体力推移一, デサントスポーツ科学 Vol. 2, 144—152 (1981)