

琉球大学学術リポジトリ

中高年ジョガーの最大酸素摂取能力並びに市民マラソンのエネルギー代謝

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学教育学部 公開日: 2010-03-09 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 平良, 勉, 金城, 文雄, 濱元, 盛正, 大城, 喜一郎, 伊野波, 盛一, 古堅, 瑛子, Taira, Tsutomu, Kinjo, Fumio, Hamamoto, Morimasa, Oshiro, Kiichiro, Inoha, Seiichi, Furugen, Eiko メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/16188

中高年ジョガーの最大酸素摂取能力並びに 市民マラソンのエネルギー代謝

平 良 勉 金 城 文 雄 濱 元 盛 正
大 城 喜一郎 伊野波 盛 一 古 堅 瑛 子

Maximal oxygen uptake of middle -aged joggers and energy expenditure of civil marathon running

Tsutomu TAIRA* Fumio KINJO* Morimasa HAMAMOTO*
Kiichiro OSHIRO** Seiichi INOHA** Eiko FURUGEN**

Abstract

The purpose of the present study was to estimate maximal oxygen uptake and energy expenditure in daily exercise and during marathon running.

The subjects participated in this study were 8 male subjects(aged 35-61yr). Maximal oxygen uptake was measured during an incremental bicycle ergometer test and expired air was collected and analyzed to calculate oxygen uptake using OXYCON4 electronic gas analyzer. Heart rates were recorded by heart rate monitor and polar vantage XL. Intensity of daily training and during marathon running were calculated by HR-Vo2 method.

The findings were as follows:

- 1) Maximal oxygen uptake values in this study varied from 27.8ml/min·kg to 60.5ml/min·kg with a mean value of 34.9ml/min·kg .
- 2) Mean value of % of HRmax and % of Vo2max in daily exercise were 82.7% of HRmax and 71.1% of Vo2max respectively. Mean value of those of marathon running were 90.2% of HRmax and 87.4% of Vo2max respectively.
- 3) Mean value of energy expenditure during marathon running was 3,168kcal.

はじめに

厚生省は平成9年度末に公衆衛生審議会の提言を受け、従来の「成人病」という呼称を「生活習慣病」へと変更した。成人病が成人特有の疾患ではなく、運動習慣、食習慣、休養、それに飲酒喫煙等の生活習慣がその発症に関与しているという理由からで、健康志向の中高年のジョギング愛好者が増加している。運動と健康との関係は以前から論じられ、報告も数多い。最近、運動と生活習慣病に関連する研究もまとめられ¹⁷⁾、また、個々の疾病にたいする運動療法も研究されている²⁶⁾。

古くはマサイ族の研究¹⁶⁾から近年は、また心筋梗塞発作後の運動の効果²¹⁾、余暇活動の身体活動レベルと冠状性心疾患および死因との関連性の報告¹²⁾や冠状性心疾患のリスクファクターと体力、身体活動との関連性³⁵⁾、呼吸循環器系の機能適性と死因との関係⁵⁾、冠状性心疾患予防の運動の役割¹⁵⁾等、循環系を中心にした研究報告は多い。一方、糖尿病に対する運動の効果²⁾や運動と寿命との関係を明らかにした報告¹¹⁾¹⁹⁾²⁰⁾なども健康と運動との関わりをより具体的に論じ、明らかにしている。

本来、ジョギングは呼吸循環器系の機能を向上させ、健康の維持増進を図ることが第一義的

* 琉球大学教育学部保健体育教室

** 沖縄県総合健康増進センター

であったが、競技へとシフトする傾向が顕著である。健康志向のジョガーもその成果を試すチャンスは市民マラソンにおいてであり、日常トレーニングが結果として、健康、とくに循環器系の疾病予防を保障する運動であることは望ましいことである。しかし、運動はメリットばかりではなく一方では内科的障害も誘発し、デメリットもある¹⁰⁾¹⁸⁾。

著者ら²⁹⁾は大学生を対象とした市民マラソンのエネルギー代謝を測定、報告したが、今回は中高年の男子を対象に、最大酸素摂取能力のレベルと、日常のトレーニングの強度、頻度、時間等を明らかにし、さらには市民マラソンのエネルギー代謝を測定、中高年ジョギング愛好者の健康管理に関する基礎資料を得ることを目的とした。

方法

1. 被検者

被験者は、主に沖縄県総合健康増進センターを中心に活動している中高年男子のジョギンググループの 8 名、平均年齢 47.1 歳 (±7.96) を対象とした。身長は 163.5cm(±7.68)、体重 65.8kg(±8.14)、ジョギング歴は 2 名を除き 10 年以上であった (Table 1)。

Table 1 Physical characteristics and maximal oxygen uptake in 8 male subjects

被検者	年齢 (yr)	身長 (cm)	体重 (kg)	安静時心拍数 (best/min)	Jogging歴 (yr)	Vo2max (l/min)	Vo2max (ml/kg·min)
KM	44	162	60	62	15	2.400	40.0
SI	41	153	51	59	14	1.920	37.7
SN	50	164	89	58	5	1.920	27.8
TN	57	163	70	60	4	2.310	33.0
MJ	39	160	59	58	14	3.570	60.5
TT	61	162	71	66	12	2.590	38.5
TI	47	162	79	58	11	3.100	39.2
YA	41	162	67	58	13	2.720	40.6

N=8							
Mean	47.1	163.5	65.8	59.4	11.0	2.568	39.4
SD	7.96	7.68	8.14	3.12	3.94	0.53	8.90

2. 最大酸素摂取量の測定

被験者には、測定前に測定結果に影響が予想されるコーヒー摂取、喫煙や睡眠不足等の事項について説明し、協力を求めた。被験者は実験室入室後、呼気マスクを装着、机座姿勢で安静を保ち、安静時酸素摂取量を測定した。運動負荷装置は自転車エルゴメーター (Monark 社製) を使用し、ペダルの回転数は 50 回/分とした。

0kp で 5 分間ウォーミングアップの後、0.5kp で 2 分間ペダリング、以後 0.5kp ずつ 2 分ごとに負荷を漸増、オールアウトまでとした。

酸素摂取量測定には、あらかじめ標準ガスで更正した呼気ガス連続分析装置 (フクダ電子) で連続分析、酸素摂取量を求めた。心拍数は心電計 (フクダ電子ベットのサイドモニター) で双極胸部誘導法により記録した。

3. マラソン走行時および日常トレーニングの運動強度の測定

オールアウト実験から Vo2-HR 関係式を被験者毎に作成、マラソン (那覇マラソンと一部沖縄マラソン) および日常トレーニング中の記録した心拍数を代入、走行中の酸素摂取量を算出した。心拍数記録は Polar vantage XL (フィンランド製) を使用し、マラソンスタート地点で装着、ゴール地点で回収した。日常トレーニングは被験者各自でジョギング前に装着、終了後に回収した。データはパソコンに転送、解析した。日常トレーニングの頻度、時間、ジョギング歴などはアンケート調査によった。なお、エネルギー (kcal) 算出にあつては、オールアウト実験中の呼吸商から、酸素 1 リッター 5kcal とし算出した。

運動強度は % of HRmax と % of HRmaxreserve8)、% of Vo2max、それに分時エネルギー消費 (kcal/min) とした。なお、最大心拍数は 220 - 年齢とした。統計処理は医用統計ソフト Stat Mate II を使用した。

結果および考察

1. 最大酸素摂取量 (maximum oxygen uptake; Vo2max)

男子被験者 8 名の最大酸素摂取量は絶対値で最高 3.57l/min, 最低値で 1.92l/min, 平均 2.566l/min (±0.53) であった。相対値では最高 60.5ml/min · kg 最小 27.8ml/min · kg で、平均 39.4ml/min · kg (±8.90) であった (Table 1)。

小林¹³⁾の体力評価区分基準値で評価すると

1例を除き平均以上の最大酸素摂取量であった。Cooper や Astrand のカテゴリー³⁴⁾では、全員 fair または average 以上であった。また、厚生省の健康維持目標値¹⁴⁾²⁷⁾は、男子30歳代で40ml/kg・min、40歳代で39ml/kg・min、50歳代では38ml/kg・min、60歳代で37ml/kg・minと設定している。半数がクリアしているが、本実験の負荷装置は自転車エルゴメーターであり、ランニングベルト負荷に比べ、3から18%その値は低くなる³⁴⁾ことから、ランニングベルト負荷の値に換算すると、1例を除き目標値をほぼ達成している。また、Paterson たち²²⁾は高齢者について、55歳代で平均26.9ml/kg・min、60歳代で24.6ml/kg・minと報告しているが、本報告の55歳代以上の2例は、その平均値よりかなり高い値であった。また Jackson たち⁷⁾の1499名を対象とした年齢別横断的研究結果を1例を除き、ほぼ支持する年代別の値であり、都立大³¹⁾の基準値以上であった。

被験者 SN の 27.8ml/kg・min は小林の評価では平均以下であったが、トレーニング期間が短く、その効果がまだ現れなかったものと考えられ、また、トレーニング開始年齢と最大酸素摂取量との間には有意な相関が認められたという報告³²⁾を支持する結果となった。一方、トレーニング効果も加齢による減少は避けられず、継続の必要性を示唆する研究結果もある⁷⁾²⁴⁾²⁵⁾³²⁾。

運動によって循環器系の機能は向上し、心筋の酸素需要は健康人や心臓病患者でも一定の運動では低下し、冠状性心疾患等の潜在的リスクファクターの減少につながる。このことは、定期的に活発な身体活動を継続することが必要である²³⁾。一方、マラソンのような長時間に及ぶような運動では、エネルギー源としての脂肪の酸化能力や、筋線維のタイプが結果に影響するが、最大酸素摂取量が最も重要な要因であり、相関は高い²⁸⁾。

本研究の被験者の最大酸素摂取能力は競技成績に影響するというより、生活習慣病予防という観点からは十分な条件を満たしている。

2. 日常トレーニングの強度、頻度、時間

アメリカ大学スポーツ医学協会¹⁾の推奨す

る呼吸循環器系の機能向上のための運動処方、運動頻度(週)は3-5回で、運動強度は55/65%-90% of HRmax, または、40/50%-85% of Vo2maxR, HRmaxR とし、低体力者は最低の強度が望ましいとしている。1回の運動時間は20-60分継続することとしている。

本報告での強度は76.1% - 87.9% of HRmax、平均82.7% of Hmax(±3.88)、% of HRmaxR は64.3% - 79.2% of HRmaxR、平均73.3% of HmaxR(±4.93)であった。心拍数を指標とする強度はアメリカ大学スポーツ医学協会推奨の範囲内であった。最大酸素摂取量を基準とする強度は、63.5% - 78.3% of Vo2max、平均71.1% of Vo2max(±5.58)で心拍数を指標とする強度と同様の範囲内であった。頻度、時間はアンケート調査によるものであるが、頻度は1例を除き、ほぼ週3回以上実施している(Table 2)。

Table 2 Exercise intensity, frequency and energy expenditure of daily training in 5 male subjects

被験者	平均心拍数 (beats/min)	酸素摂取量 (l/min)	エネルギー消費量 (kcal/min)	運動強度			頻度 回/週
				(% of Vo2max)	(% of HRmaxR)	(% of HRmax)	
KM	148.0	1.879	9.4	73.3	75.4	84.1	3-5
SI	136.2	1.218	6.1	63.5	64.3	78.1	5-6
SN	136.7	1.725	8.8	74.7	74.5	83.9	2-3
MU	150.0	2.366	11.8	66.3	73.0	81.5	4-5
TT	139.7	1.927	9.6	74.4	79.2	87.9	3-4
N=5							
Mean	142.1	1.823	9.1	71.4	73.3	82.7	
SD	5.78	0.37	1.84	5.98	4.93	3.88	

Dolgener たち⁴⁾はフルマラソン完走を目的に、健康な大学生の初心者を対象としてLSD(long slow distance training)を2グループにわけて実施した。週4回のグループと週6回のグループで15週、強度は60-75% of HRmaxRであった。週4回のグループは15週で20%少ないトレーニング量であったにもかかわらず、両グループ間にトレーニング効果の差はみられず、フルマラソンを完走している。本報告の3-4回はアメリカ大学スポーツ医学協会の推奨する健康維持のための頻度とフルマラソン完走を目的とした頻度ととして適切と考えられる。運動時間は全員約60分前後であり、強度、頻度と共に健康維持のための運動として十分な条件を満たしており、結果として最大酸素摂取量の目標値をクリアしたものと考えられる。

3. マラソン走行時のエネルギー消費量、運動強度

結果を Table 3, Fig.1 に示す。今回、対象とした被験者は 6 名が完走、2 名が 30 キロ地点と 35 キロ地点まで走行している。走行時間は 3hr39min から 5hr45min で平均 4hr41min であった。完走した被験者の消費エネルギーは 2,055.4kcal - 4,173.9kcal の範囲で、平均 3,168.8kcal(±721.8) であった。平良たち²⁹⁾の大

学生を対象とした報告では平均消費エネルギーは 3,632kcal であり、今回の結果と統計的な有意な差は認められなかった。Costill³⁾は 2hr18min の走行時間で 2,700kcal 消費し、分時消費エネルギーは 19.6kcal/min と報告している。Sjodin たち²⁸⁾は 2hr30min の走行時間で 2,150kcal から 2,866kcal とし、分時消費エネルギーは 17.9kcal であった。また、テラー³⁰⁾は 60kg の体重のランナーで 2,360kcal, 70kg で 2,750kcal と報告し

Table 3 Energy expenditure and intensity during marathon running in 8 male subjects

被験者	走行時間 (hr:min)	平均心拍数 (beats/min)	酸素摂取量 (l/min)	運動強度			エネルギー消費量		
				(% of Vo2max)	(% of HRmaxR)	(% of HRmax)	(kcal)	(kcal/min)	(kcal/kg·min)
KM	3hr55min	157.3	2.054	88.4	85.4	89.2	2413.5	10.3	0.172
SI	3hr45min	172.0	1.827	97.4	94.2	86.1	2055.4	9.1	0.178
SN	4hr35min*	150.8	1.883	97.9	83.2	88.2	2589.1*	9.4	0.138
TN	5hr45min	144.7	1.900	82.3	82.2	88.3	3277.5	9.5	0.136
MU	3hr39min	170.0	3.308	92.6	88.9	92.4	3613.5	16.5	0.280
TT	3hr48min**	149.3	2.139	82.6	89.6	93.7	2438.5**	10.7	0.151
TI	5hr31min	148.9	2.522	80.6	79.4	86.0	4173.9	12.6	0.159
YA	5hr31min	157.2	2.102	77.3	82.0	87.8	3478.8	10.5	0.157
N	6	8	8	8	8	8	8	8	8
Mean	4hr41min	158.3	2.217	87.4	85.6	90.2	3,168.8	11.1	0.171
SD	55.1	9.38	0.46	7.38	4.60	3.24	721.8	2.29	0.043

*は35km地点まで
**は30km地点まで

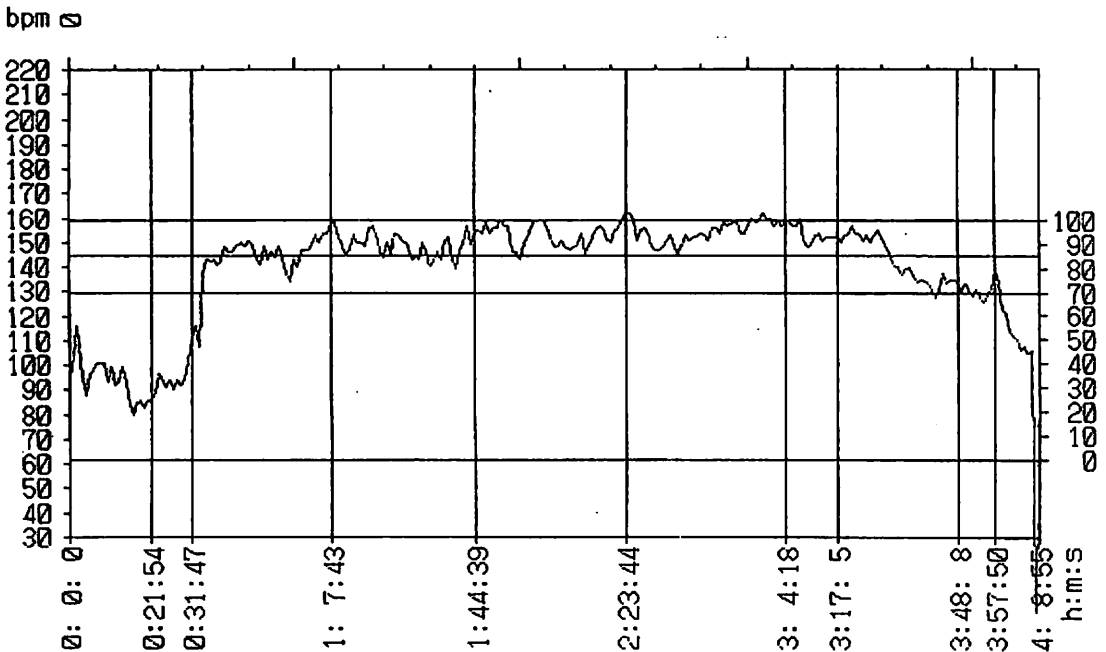


Fig. 1 Heart rate during marathon running (subject T)

ている。本報告の分時消費エネルギーの平均は、11.1kcal/minで、他の研究や本報告の結果から、走行時間が短いと消費エネルギーは低くなり、分時消費エネルギーは増加する傾向が認められたが、本報告の被験者はエリート走者ではなく、制限時間内の完走を目指すジョガーで走行時間は長く、このことが走行時の消費エネルギーの増加となったものと考えられる。

マラソン走行時のエネルギー源である筋グリコーゲンの枯渇は32kmと40km地点までの間に起こると報告²⁸⁾からして、本報告のリタイアした2名の被験者は筋グリコーゲン枯渇によるものと考えられる。

マラソン走行中の全被験者中、最高心拍数は172.0拍/分、最低は144.7拍/分、平均156.3拍/分(±9.38)であった。この平均心拍数は90.2% of HRmax(±3.24)、85.6% of HRmaxR(±4.60)の強度であった。平良たち²⁹⁾の報告した同じマラソンコースでの大学生男子の平均心拍数は152.1拍/分で有意な差が認められなかった。しかし、最高心拍数を基準とした運動強度(% of HRmax)では男子大学生は77.4% of HRmaxで有意な差(p < 0.001)が認められた。このことは最高心拍数(220-年齢)の年齢差によるものと考えられる。エリートランナーのレース中の心拍数は167拍/分という報告³⁰⁾と比較してかなり低かったが、強度はHelgerdの報告⁹⁾より高い値であった。

レース中の最大酸素摂取量と基準とした強度(% of Vo2max)は最高97.9% of Vo2max、最低は77.3% of Vo2max、平均87.4% of Vo2max(±7.38)であった。男子大学生が73.6% of Vo2maxで有意差(p < 0.001)がみられた。このことは男子大学生が体育専攻であり、日常の部活等である程度のトレーニングを積んでいることによるものと考えられる。Costill³⁾のエリートランナーを対象とした85% of Vo2maxと比較しても高い強度であった。このことは健康維持を目的とした日常のトレーニングは、マラソン完走にはより長期のトレーニングが必要と考えられる。分時あたりのエネルギー消費量は平均11.1kcal/min(±2.29)であった。Katchたち⁹⁾のカテゴリー Very heavy(10.0-12.4kcal)の水準にあり、完走のみを目的とする市民マラソンであっ

てもかなりハードな走行であることが明らかとなった。

要 約

健康の維持増進を目的とする中高年ジョガー8名を対象に、最大酸素摂取量とマラソン走行時の消費エネルギーと運動強度を測定、またアンケートによる日常のトレーニングの実態を調査、以下のような結果を得た。

1. 最大酸素摂取量は相対値で平均39.4ml/min・kg(±8.90)で、健康維持のための目標値を1例を除きほぼクリアしていた。
2. 日常のトレーニング処方は、強度、頻度、時間ともにアメリカ大学スポーツ医学協会が示す基準の範囲内であり、適切であった。
3. マラソン走行時の消費エネルギーは、全被験者の平均3,168.8kcal(±721.8)であり、競技を目的とするエリートランナーの消費エネルギーより高い値であった。このことは、マラソン走行時間は平均4hr41minでエリートランナーに比べ長時間であることによるものと推定された。
4. 最高心拍数を基準とする平均運動強度は90.2% of HRmax, 85.6% of HRmaxRであり、また、最大酸素摂取量を基準とする平均強度は87.4% of Vo2maxで他の報告に比べやや高い強度であった。
5. 分時消費エネルギーは平均11.1kcal(±2.29)でVery heavyで、完走のみを目的とする市民マラソンであってもかなり高い強度であった。

謝 辞

被験者として測定、調査にご協力下さいました県総合健康増進センターを中心に活動するジョギングサークルの皆さんに深く感謝致します。

文 献

- 1) American College of Sports medicine. Position Stand (1998) The recommended quantity and

- quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30(6): pp.975-991.
- 2) 荒尾 孝 木村晴夫 鈴木和子 村川雅子(1995) 糖尿病に対する長期運動トレーニングの効果 体力研究 (89) pp.1-14.
- 3) Costill, D. L. (1989) *Inside running*. Benchmark Press, Inc. pp. 29-31.
- 4) Dolgerner. F.A. et-al(1994) Long slow distance training in novice marathoners. *Research Quarterly for Exercise and Sport.*,65(4): pp.339-346.
- 5) Farrell. S.W.et-al.(1998) Influences of cardiorespiratory fitness levels and other predictors on cardiovascular disease mortality., *Med. Sci. Sports Exerc.*, (30)6. pp.899-905.
- 6) Helgerud J.(1994) Maximal oxygen uptake anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. *Eur.J Appl Physiol.*(68). pp.155-156.
- 7) Jackson. R. M. et-al.(1995) Changes in aerobic power of men, ages 25-75 yr. *Med. Sci. Sports Exerc.*, (27)1. pp.113-120.
- 8) Karvonen, M. et-al (1957) The effects of training heart rate: a longitudinal study. *Ann. Med. Exp.Bilo. Fenn.* 35: pp307-315.
- 9) Katch, F.I., and W.D. McArdle(1986) *Exercise Physiology*. Philadelphia: Lea and Febiger, pp.139-143.
- 10) 川久保 清(1992) 中高年の運動におけるメリットとデメリット (内科領域) 臨床スポーツ医学 (9)4. pp.385-389.
- 11) Lee. I-M. et-al. (1995) Exercise intensity and longevity in men :The Harvard alumni health study. *JAMA.*, (273)15. pp1179-1184.
- 12) Leon, A. S. et-al (1987) Leisure-time physical activity levels and risk of coronary heart disease and death. *JAMA*, 258(17) pp. 2388-2395.
- 13) 小林寛道(1982) 日本人のエアロビックパワー 杏林書院 pp.265-266.
- 14) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修(1994) 第五次改訂 日本人の栄養所要量 第一出版 p.173.
- 15) Morris J. N. (1994) Exercise in the prevention of coronary heart disease: today's best buy in public health. *Med. Sci. Sports Exerc.*,(26)7. pp.807-814.
- 16) Mann, G. V. et-al (1965) Physical fitness and immunity to heart-disease in Masai, *The Lancet*. pp.1308-1310.
- 17) 日本臨床 (2000) 身体活動と生活習慣病－運動生理学と生活習慣病予防・治療最新の研究－ 58巻・増刊号 日本臨床社
- 18) 大宮一人 武者春樹(1994) 市民マラソンのmeritとdemerit－心・循環系へのmeritとdemerit－ 臨床スポーツ医学 (11)12. pp.1353-1357.
- 19) Paffenbarger. R. S., and I-M. Lee. (1996) Physical activity and fitness for health and longevity. Paterson. D. H. et-al(1999) Aerobic fitness in a population of independently living men and women aged 55-86 years. *Med. Sci. Sports Exerc.*,(31)12: pp.1813-1820. *Research Quarterly for Exercise and Sport.*, (67)3. pp.11-28.
- 20) Paffenbarger. R. S. et-al.(1994) Changes in physical activity and other life way patterns influencing longevity. (26)7. pp.857-865.
- 21) Paterson, D. H. et-al (1979) Effects of physical training on cardiovascular function following myocardial infarction. *J. Appl. Physiol.* 47(3): pp482-489.
- 22) Paterson D. H. et-al. (1999) Aerobic fitness in a population of independently living men and women aged 55-86 years. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:1813-1820.
- 23) Pollock. M. L., and J. H. Wilmore.(1990) *Exercise in health and disease*. Philadelphia: W.B.Saunders Co., p41.
- 24) Raven. P. B. et-al (1998) Cardiovascular function following reduced aerobic activity. *Med. Sci. Sports Exerc.* (30)7. pp.1041-1052.
- 25) Russell, R. P. and Branch, J. D.(1992) Training for endurance sport. *Med. Sci. Sports Exerc.*

- 24(9) pp. s340-s343.
- 26) 坂本 静男編 (2000) ケーススタディ 運動療法 杏林書院 東京.
- 27) 進藤宗洋 小笠原政志 田中宏暁 (1991) 運動の生理的効果、村山正博 太田壽城 小田清一編 有酸素運動の健康科学 朝倉書店 pp.50-51.
- 28) Sjodin. B., and J. Svedenhag(1985) Applied physiology of marathon running. Sports Medicine(2): pp.83-99.
- 29) 平良 勉 金城 昇 (1996) 市民マラソンの運動強度と消費エネルギー 琉球大学教育学部紀要第 48 集 pp.293-301.
- 30) テーラー W.N. 小林義雄訳 (1986) マラソン生理学入門 不昧堂新書 p.68.
- 31) 東京都立大学体育学研究室編 (1989) 日本人の体力標準値 第四版 p241 不昧堂出版 東京.
- 32) 竹島伸生他 (1989) 中高年の最大酸素摂取量と乳酸性閾値—加齢に伴う変化— 体力科学 (38) pp.197-207.
- 33) 山地啓司 (1981) 心拍数の科学 大修館書店 pp.85-87.
- 34) 山地啓司 (1992) 最大酸素摂取量の科学 杏林書院 pp.26-27. pp.123-125.
- 35) Young. D. R.,and M. A. Steinhardt. (1993) The importance of physical fitness versus physical activity for coronary artery disease risk factors:a cross-sectional analysis. Research Quarterly for Exercise and Sports. (64)4. pp.377-384.