

実業団陸上長距離ランナーの身体的特性 とパフォーマンス

杉田正明・松山三政*・石毛勇介・磯川正教**

東京大学教養学部

* コニカ株式会社

** 東京都立大学

Relationship between physical and functional characteristics
and running performance in elite male distance runner

Masaaki Sugita, Mitsumasa Matsuyama,*
Yuusuke Ishige, and Masanori Isokawa**

Dept. of Sports Sciences, College of Arts and Sciences,

The University of Tokyo

* Konica Corporation

** Tokyo Metropolitan University

Abstract

The purpose of this study was to investigate the relationship between physical and functional characteristics (body composition, isokinetic strength of the knee extensor and flexor, maximum oxygen uptake and blood lactate concentrations) and athletic performance (5000m record) in elite distance runners. Nine Japanese elite distance runners were served as subjects.

The results were as follows:

- 1) There was no significant relationship between body fat content, %fat, LBM and 5000m record ($r=0.430, 0.419, 0.145$).
- 2) A negative significant correlation was observed between isokinetic strength at 180deg/s. (relative value:/B.W.) and 5000m record (extensor: $r=-0.666(p<0.05)$, flexor: $r=-0.831(p<0.01)$).
- 3) There was no significant relationship between $\dot{V}O_{2max}$ and 5000m record.
- 4) There was no significant relationship between running speed at 2mmol/l blood lactate concentration and 5000m record ($r=-0.534$). The correlation between running speed at blood lactate concentration 4mmol/l and 5000m record was statistically significant ($r=-0.750(p<0.05)$).

はじめに

長距離ランナーのトレーニングは、従来、持久的能力の向上を主目的として行われており、最大酸素摂取量などの呼吸循環系能力の強化に重点が置かれてきた。しかし、最近ではレースのスピード化に伴い、持久力に加えてスピードの能力も要求されるようになり、長距離選手においても高い脚筋力が必要であることが指摘されている¹³⁾。さらに作業筋などの末梢における代謝能を反映するとされる血中乳酸濃度に基づく指標などがパフォーマンスとかなり密接に関連することも報告されている¹⁴⁾。

しかしながらこれらの測定値と長距離ランナーのパフォーマンスとの関係について検討された報告を見ると、対象とする集団内のパフォーマンス(記録)の幅が広いことこれらの結果が競技レベルの高い集団を対象とした場合に同一の傾向が得られるかどうかは明らかでない。このことは、SjödínとSvedenhagの²³⁾最大酸素摂取量とマラソンタイムとの関係を検討した報告のように、2時間10分強～4時間弱までの幅広いレベルの対象者35名でみると両者の相関係数は高い($r=0.78, p<0.001$)が、2時間30分以内のエリートクラスのみ12名の群では有意な相関関係は認められていない($r=0.01$)ことからわかる。したがって、競技レベルの高い選手を対象としてパフォーマンスとの関連性について検討する必要があると考えられる。

そこで、本研究では、5000m走の記録が全員14分台の実業団長距離選手を対象に、身体組成や脚筋力、呼吸循環系能力および末梢の代謝能を表す血中乳酸濃度などの身体的特性と競技力との関係を検討することを目的とした。

方法

1) 対象

対象は、実業団に所属する男子長距離選手9名(平均21.2±標準偏差2.7)とした(表1)。本測定年度(1993年)のベスト記録を競技記録として採用し、5000m走の記録が14' 01'～14' 44'の範囲内にある記録の集団であった。

2) 測定項目

・体脂肪率

水中体重秤量法を用いて身体密度を測定し¹⁾、Brožekら³⁾の式を用いて体脂肪率を算出し、体脂肪量および除脂肪体重量(LBM)を求めた。残気量はRahnら¹⁹⁾の窒素希釈法を用いて求めた。

・等速性膝関節伸展・屈曲筋力

筋力測定装置(MYORET_{RZ-450}(アシックス社製))を用い、椅座位にて伸張性収縮、短縮性収縮および静的条件下での右膝関節の伸展、屈曲動作中の最大筋力(ピークトルク)を測定した。角速度条件は伸張性収縮、短縮性収縮ともに30、60、180deg/sec.とし、それぞれ3回ずつ最大努力での筋力発揮を行わせ、最も高い値を採用した。

・血中乳酸濃度

トレッドミルを用いて、以下に示すプロトコールにより測定した。

傾斜角度は1度で速度は5速度とし、220m/分、260m/分、300m/分、320m/分、340m/分の各速度について3分ずつ走行させた。各負荷の間には1分間の休息を取らせた。採血は各負荷走行直後に耳朶より行い、乳酸分析装置(東洋紡社製)を用い分析を行った。得られた値から走速度と血中乳酸濃度の関係より2mmol/l(LT2)^{6, 29)}および4mmol/l(OBLA)^{11, 15, 21, 22, 29)}の時の走速度を求めて指標とした。

・最大酸素摂取量

上記の血中乳酸濃度の測定に引き続き、速度は340m/分のまま傾斜を3度、5度、7度に上げ、それぞれ3分間ずつ走行させてオールアウトまで導いた。

運動中の呼気ガスは、ブレスバイブレス方式(VIZE MEDICAL社製)により換気量、酸素摂取量、二酸化炭素排泄量などを30秒毎に求めた。

3) 統計的処理

各測定値の平均値および標準偏差を算出した。測定項目間の関連を見るためにピアソンの単相関係数を用いて評価した。有意性の評価は危険率5%以下とした。

結果

体脂肪率

対象者の身体特性を表1に示した。9名の体脂肪率は5.1~14.1%の範囲で平均9.0%±2.7(±標準偏差)の値であった。競技成績と体脂肪率、体脂肪量および除脂肪体重量との関係について検討したところ、その相関係数は順に $r=0.430$ 、 $r=0.419$ 、 $r=0.145$ となり、いずれにおいても有意な相関関係は認められなかった。

等速性脚筋力

図1に各対象者における各速度とピークトルクの関係を示した。ただし、長距離走は体重が負荷された長時間の運動であるため、測定値は体重1kgあたりで示されることが多く^{10, 13, 18, 25, 26}、本研究でも同様に体重1kgあたりの筋力値を用いた。

競技成績と脚筋力との関係について検討した

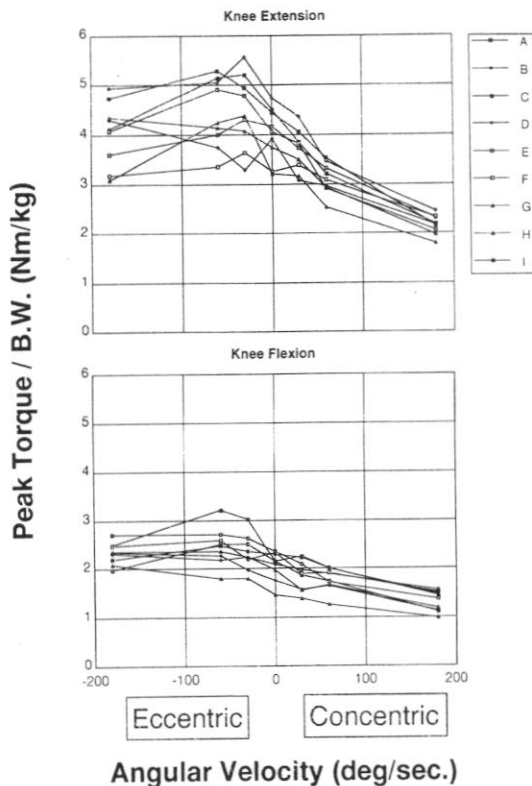


図1. 各対象者における等速性脚筋力の角速度-ピークトルク関係

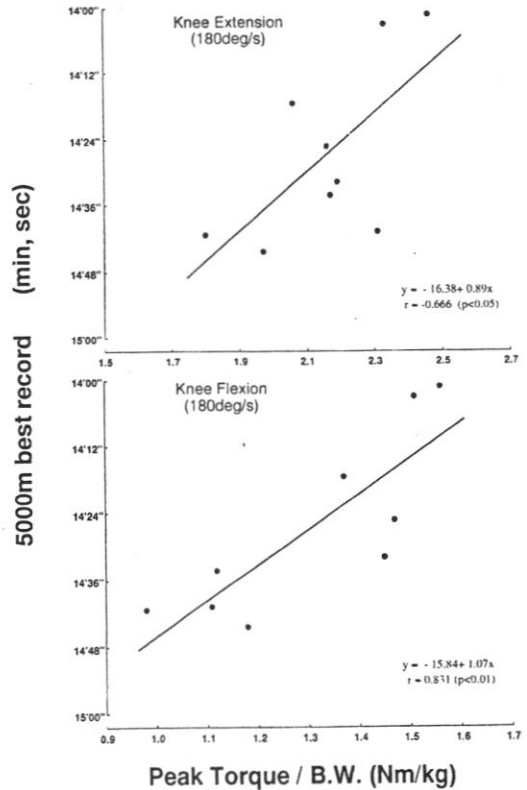


図2. 等速性脚筋力と競技成績との関係

ところ、伸張性収縮、および静的条件下での伸展および屈曲筋力値とは有意な相関関係は認められなかった。しかし、短縮性収縮の180deg/s条件における伸展、屈曲の両筋力値と競技成績の間には $r=-0.666$ ($p<0.05$)および -0.831 ($p<0.001$)とそれぞれ有意な相関関係が認められ(図2)、脚筋力の高い者ほど競技成績が良い傾向にあった。

最大酸素摂取量

各対象者の最大酸素摂取量を表1に示した。2名については故障などで脚の痛みを訴えたため測定できなかった。なお、最大酸素摂取量についても脚筋力と同様に体重1kgあたりの値を用いた。7名における体重あたり最大酸素摂取量の平均値は、72.3ml/kg/分であり、最高値は78.4ml/kg/分、最低値は65.8ml/kg/分の値を示した。

競技成績と最大酸素摂取量との関係について検討したところ、有意な相関関係は認められなかった($r=0.556$)。

Subj.	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	%Fat (%)	LBM (kg)	Fat (kg)	5000mRec. (min,sec)	VO2max (l/min)	VO2max (ml/kg/min)
A	25	170.0	57.6	11.1	51.2	6.4	14' 41"	4.41	76.5
B	24	169.8	60.0	7.4	55.6	4.4	14' 34"	4.37	72.8
C	24	163.4	59.4	5.1	56.4	3.0	14' 32"	-	-
D	23	162.5	48.7	5.3	46.1	2.6	14' 01"	3.53	72.4
E	19	172.3	63.5	9.4	57.5	6.0	14' 17"	-	-
F	19	167.2	57.6	9.4	52.2	5.4	14' 03"	3.91	67.8
G	18	173.2	54.0	8.5	49.4	4.6	14' 41"	4.23	78.4
H	18	177.5	59.5	-	59.5	0.0	14' 44"	4.32	72.5
I	21	174.1	63.1	10.6	56.4	6.7	14' 25"	3.93	65.8
Mean	21.2	170.0	58.2	8.4	53.8	4.3	14' 27"	4.10	72.3
SD	2.7	4.7	4.3	2.1	4.1	2.0	16	0.30	4.1

表1. 被検者の身体的特性

血中乳酸濃度

本研究では2 mmol/lおよび4 mmol/lの時の走速度を算出し、指標として用いた。その結果、2 mmol/l時における走速度の平均値は301±21m/分(253~329m/分)であり、4 mmol/l時の走速度は平均値332±23m/分(289~371m/分)となった。競技成績が2番目に低い対象者Gでは、2 mmol/lおよび4 mmol/lともに最も低い値(253 m/分、289m/分)を示し、競技成績の高いDやFでは、2 mmol/l時の走速度は順に305m/分、329m/分、4 mmol/l時走速度では350m/分、371m/分となり、ともに高い走速度を示した。

競技成績と2 mmol/l時の走速度とは有意な相関関係が認められなかったが、4 mmol/l時の走速度との間には $r = -0.750$ ($p < 0.05$)と有意な相関関係が認められた(図3)。

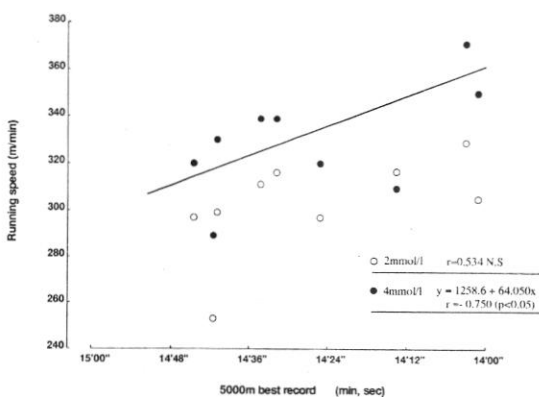


図3. 競技成績と血中乳酸濃度2 mmol/lと4 mmol/l時走速度との関係

論議

長距離選手にとって過多の体脂肪は競技成績

に直接影響を及ぼすとされ、ウェイトコントロールの重要性は極めて大きいと考えられる。本研究対象者9名の体脂肪率は平均 9.0 ± 2.7 (±標準偏差)で5.1~14.1%の範囲であった。しかし、対象者Hの14.1%という値は9名の中でも特に高いのでこれを除外して8名の平均体脂肪率を算出すると $8.4 \pm 2.1\%$ (±標準偏差)となった。

わが国の全日本学生選手権入賞者からオリンピック代表選手までを含む一流アスリートについて体脂肪率を求めた北川¹²⁾によれば、長距離選手の値は約7.5% (図から読みとった値)であった。松尾ら¹⁷⁾は5000m走記録が平均14分11秒の実業団長距離選手14名の平均値は8.62% (範囲3.90~15.60%)であったことを報告している。これらに比べ、本研究結果は北川の値よりもやや大きい、松尾等の値とほぼ同等の値であるといえる。競技成績が最も良いDの体脂肪率は5.3%と低値を示し、競技成績が最も悪いHでは14.1%と高値を示した。そこで競技成績と体脂肪率、脂肪量および除脂肪体重量との関係について検討したところ、いずれにおいても有意な相関関係は認められなかった。このことは、ある程度のトレーニングを日々実施しており、5000m走の記録が全員14分台と記録の幅が少ない集団においては、パフォーマンスは身体における形態的なものよりも質的、機能的なものとの関わりの方が深いことを示唆しているといえよう。

様々なスポーツ選手の等速性筋力に関する研究が数多く報告されているが、それらに用いられている測定機器のほとんどCybexマシンである。本研究で用いたMYORET_{RZ-450} (アシックス社製)による測定では、重力補正を行い、設定角速度条件の±10%以内の速度域内のトルクを有効値として検出しているが、Cybex IIや、II+ではこういった性能は備えていない。したがって、測定機種異なるマシンで測定された値を単純に比較することはできないと考えられる。

田川ら²⁵⁾は本研究と同一機種を用いて5000mの競技成績が14分48秒±37秒の長距離選手110名を測定している。その結果によれば、60deg/sの膝関節の伸展、屈曲筋力の平均値(±標準偏差)は、 3.18 ± 0.41 Nm/kg、 1.88 ± 0.26 Nm/

kg、180deg/sでは 2.10 ± 0.26 Nm/kg、 1.37 ± 0.21 Nm/kgであった。本研究対象者の値をみると、60deg/sでは伸展： $2.93 \sim 3.53$ Nm/kg、屈曲： $1.26 \sim 2.01$ Nm/kg、180deg/sでは伸展： $1.80 \sim 2.46$ Nm/kg、屈曲： $0.98 \sim 1.56$ Nm/kgの範囲にあった。これらの値は、概ね田川らの測定した平均値±標準偏差の値の範囲内にあるが平均値－標準偏差より小さい値を示した者もみられる。60deg/sの屈曲で1名（ 1.26 Nm/kg）、180deg/sの伸展で1名（ 1.80 Nm/kg）、屈曲では3名（ 0.98 、 1.11 、 1.12 Nm/kg）みられ、これらは本研究対象者の中でも競技成績が相対的に劣る者にみられた。田川らは、筋力値と競技成績との関係について検討していないが、本研究ではそれらの関係について検討した。その結果、短縮性収縮の30、60deg/sなどの低速域での筋力値とは有意な相関関係がみられなかったが、180deg/sの速い条件における伸展、屈曲の両筋力値と競技成績の間には $r = -0.666$ ($p < 0.05$)、 -0.831 ($p < 0.001$)とそれぞれ有意な相関関係が認められている。

Johanssonら⁹⁾は、100mのスプリンターとマラソンランナー5名ずつを被検者として、等速性筋力と筋線維組成との関係について検討している。それによれば、異質な二集団ではあるが、180deg/sにおける筋力（伸展）とtype II線維の面積との関係は $r = 0.910$ ($p < 0.01$)とほぼ直線上にあることを報告している。また、Suterら²⁴⁾は180deg/s以上の速度域でのパワー値の方が、遅い速度域よりも筋線維の性質をよくあらわすことを示唆している。したがって本研究において180deg/s条件の伸展、屈曲の両筋力値と競技成績との間に有意な相関関係がみられたことは、従来、短距離的な性質であるとされてきた速い速度域での筋力発揮能力が長距離走においても重要であるととらえることができる。

これまでの等速性脚筋力と競技成績について検討された研究によると、本研究結果のように筋力値と長距離走の競技成績とに有意な相関関係を示す報告もあれば、関係が見られなかったとする報告も見受けられ、一致した見解は得られていない。江橋ら⁵⁾は伸展・屈曲筋力（30、60、180seg/s）双方とマラソン競技タイム（2時間7分～2時間18分）との間に、西山ら¹⁸⁾は

5000m走記録14分台～16分台の15名において、30deg/sの伸展筋力と競技成績との間にそれぞれ有意な相関関係が認められたことを報告しているが、それに対し原田⁷⁾は単発のピークトルクとの間には競技成績と有意な相関関係を認めておらず、伊東ら⁸⁾、松尾ら¹⁷⁾、神林ら¹⁰⁾および高瀬ら²⁶⁾においても有意な相関関係はみられなかったとしている。このことは測定機器や測定方法、対象とする選手のレベルおよび走法などがそれぞれの研究で異なるために、一致した見解が得られていないのではないかと推測される。

最大酸素摂取量について考察すると、本研究では、体重あたり最大酸素摂取量の平均値は 72.3 ml/kg/分を示したが、この値はこれまでに報告されている長距離ランナーの値^{2, 16)}とほぼ同等の値であった。最大酸素摂取量と競技成績との関係について検討したところ、有意な相関関係は認められなかった。この結果は、対象者の人数が少なかった（7名）ことと、対象者の競技成績の幅が狭いことにも少なからず起因しているものと考えられるが、最大の原因は均一な対象者とされる中でもランニングのスキルに差が見られ、走効率の良い者と悪い者が混在しているためであると考えられる。このことは、Gでは最大酸素摂取量が最も大きい（ 78.4 ml/kg/分）が、競技成績は14分41秒とHの14分44秒に次いで悪いことや、Fの最大酸素摂取量は 67.8 ml/kg/分と本研究対象の中では小さいが14分03秒と競技成績は良いことからうかがい知れる。SjodinとSvedenhag²³⁾の報告では、最大酸素摂取量に対する時速15km時の酸素摂取量の比率（%）とマラソンタイムとの関係は対象のパフォーマンス（記録）の幅に関わらず有意な相関関係がみられたとしている。

Conleyら⁴⁾によれば、10kmの走タイムと最大酸素摂取量との間には関係は認められなかったが、最大下（3種類）の酸素摂取量とはいずれの間にも有意な相関関係が認められていることから、やはりランニングの走効率はパフォーマンスに大きく影響していることがわかる。

これまでの報告の中で持久能力の尺度として血中乳酸濃度に基づく指標は、LT、OBLA、

LT₁およびLT₂など、いくつか提起されているが、本研究では一般的によく使われている2 mmol/l (LT₂)、4 mmol/l (OBLA) 時の走速度を指標として用いた。

Yoshidaら²⁸⁾は女子陸上中距離選手の800m、1500mおよび3000mの記録と生理学的指標(最大酸素摂取量、ランニング効率および血中乳酸濃度など)との関係について検討した結果、競技種目がより長くなるとLTやOBLAなどの指標が重要となることを明らかにしている。また、熊谷¹⁴⁾は陸上競技で10マイルより短い競技種目ではOBLA以上、長い種目ではOBLA以下の強度で行われていることを報告している。このことから5000m走という競技は、OBLA以上の運動強度であることがわかる。したがって、5000m走の競技成績と血中乳酸濃度との関係は2 mmol/l時の走速度より4 mmol/l時の方が密接な関係を示すものと予想される。しかし、これまでの報告^{27, 29)}によると、3.2kmや12分間走などのパフォーマンスはLTにもOBLAにも $r=0.7$ とどちらも同程度に高い相関関係が認められており、双方ともに競技成績と密接な関係にあることが確かめられている。本研究では5000m走の競技成績と2 mmol/l時の走速度とには有意な相関関係が認められなかったが、4 mmol/l時の走速度との間には有意な相関関係が認められ($r=-0.750$ ($p<0.05$))、先の2報告とは異なった結果を示した。このことは、対象者が競技成績の幅が狭い集団であったため、実際の競技の運動強度に近い強度下で測定された指標でないとは競技成績との関係が明確にとらえることができないと解釈することができ、できるだけ実際の運動強度に近い強度下で測定された指標の方がパフォーマンスをよく反映するという、これまでの報告を支持するものといえよう。

Sjodinら²⁰⁾は、中・長距離ランナー8名を対象として4 mmol/lのレベルで週に1度、20分間走を14週間にわたってトレーニングさせた結果、トレーニング後では4 mmol/lでの走速度が4.69m/秒から4.89m/秒と有意に上昇したが、最大酸素摂取量には有意な変化は見られず、酸化系酵素(CS)に対する解糖系酵素活性(PF

K)の比率が低下したことを報告している。このことは、日常からトレーニングを実施している中長距離の選手では、トレーニングの効果をみる指標として最大酸素摂取量よりも血中乳酸濃度の方が客観的に評価できることを示している。本研究結果においてもやはり同様の傾向が得られている。すなわち、競技成績と最大酸素摂取量との間には有意な相関関係がみられなかったが、血中乳酸濃度4 mmol/l時の走速度とには有意な相関関係が認められた点である。最大酸素摂取量が約70ml/kg/分前後を有する長距離選手にとって、5000m走の競技成績の差は、呼吸循環系の総合的指標とされる最大酸素摂取量ではなくて作業筋などの末梢における代謝能の差に少なからず起因するものと考えられる。

したがって、日常からトレーニングを実施している長距離選手におけるパフォーマンスの向上には呼吸循環系の総合的指標とされる最大酸素摂取量ではなくて作業筋である脚などの末梢の代謝能の改善や筋力の強化を図る必要があるといえよう。

まとめ

本研究では、5000m走の記録が全員14分台の実業団長距離選手を対象に、呼吸循環系や脚筋力などの身体的特性と競技力との関係を検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 体脂肪率、脂肪量および除脂肪体重と競技成績との間にはいずれにおいても有意な相関関係は認められなかった。
- 2) 伸張性収縮、および静的条件下での伸展および屈曲筋力値と競技成績との間には有意な相関関係は認められなかったが、短縮性収縮の180deg/s条件における伸展、屈曲の両筋力値と競技成績の間には $r=-0.666$ ($p<0.05$)、 $r=-0.831$ ($p<0.001$)とそれぞれ有意な相関関係が認められた。
- 3) 最大酸素摂取量と競技成績との間には有意な相関関係は認められなかった。
- 4) 競技成績と2 mmol/l時の走速度とは有意な相関関係は認められなかったが、4 mmol/l時の走速度との間には $r=-0.750$ ($p<0.05$)と有意な相関関係が認められた。

以上のことから、日常からトレーニングを実施している長距離選手のパフォーマンス向上には、呼吸循環系の総合的指標とされる最大酸素摂取量ではなく、むしろ作業筋である脚などの末梢の代謝能の改善や筋力強化を図る必要性が示唆された。

本研究の遂行にあたり、ご協力頂きました東京都立大学の琉子友男先生、安部孝先生および桜井智野風先生ならびに被検者としてご協力頂きましたコニカ陸上部員の方々に深く感謝の意を表します。

引用・参考文献

- 1) 安部孝、川上泰雄、杉田正明、新名謙二、内田一夫、和久貴洋、久野謙也、福永哲夫:超音波Bモード法と形態学的手法を用いた内臓脂肪量の推定. 東京大学教養学部体育学紀要 27:45-49, 1993
- 2) 雨宮輝也:エアロビックパワーからみたスポーツ選手の体的特性. Jpn. J. Sports Sci. 6(11), 1987.
- 3) Brožek, J., Grande, F., Anderson, J. T. and A. Keys: Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. Ann. N. Y. Acad. Sci. 110:113-140, 1963.
- 4) Conley, D. L. and G. S. Kahanbuhl: Running economy and distance running performance of highly trained athletes. Med. Sci. Sports Exerc. 12: 357-360, 1980.
- 5) 江橋博、後藤芳雄、西嶋洋子、今泉哲雄:一流男子マラソンランナーの最大有酸素パワーと等速性最大筋出力. 体力研究 71:10-24, 1989.
- 6) Hagberd JM: Physiological implications of the lactate threshold. Int. J. Sports Med. 5: 106-109, 1984.
- 7) 原田明正:長距離選手の等速性脚筋力の分析的研究. 平安女子学院短期大学紀要 18: 64-72, 1987.
- 8) 伊藤輝雄、堀川浩之:競技成績が異なる長距離選手の動的筋出力特性と競技成績の関係について. 陸上競技研究 1: 26-30, 1990.
- 9) Johansson, C., Lorentzon, R., Sjöstrom, M., Fagerlund, M. and Fugl-Meyer: Sprinters and marathon runners. Does isokinetic knee extensor performance reflect muscle size and structure? Acta. Physiol. Scand. 130(4):663-9, 1987.
- 10) 神林薫、勝田茂、永井純:長距離ランナーの走パフォーマンスと筋パワー、筋持久力ならびに骨格筋特性の関係. 陸上研究 2: 10-18, 1992.
- 11) Karlsson J, Sjödin B, Jacobs I, Kaiser. Relevance of muscle fiber type to fatigue in short intense and prolonged exercise in man. Ciba Foundation Symposium. 82: 59-74, 1981
- 12) 北川薫:身体組成とウエイトコントロール〜子供からアスリートまで〜. 杏林書院, p.122, 1991.
- 13) 小林寛道、八木規夫:一流マラソン・長距離選手の筋力特性. 競技向上のスポーツ科学Ⅲ. トレーニング科学研究会編. 朝倉書店. 東京: 12-33, 1989.
- 14) 熊谷秋三: 血中乳酸とパフォーマンス. 体育の科学. 38: 687-696, 1988.
- 15) Kumagai, S., Emura, N., Kondo, Y., Nishizumi, M., Kutuna, M., Kawaguchi, M., Kitashima, H., Tanaka, S. and Hisanaga, Y.: Usefulness of OBLA determination for prediction and diagnosis of several distance running performances. In: Sports medicine and health (ed. Hermans, G. P. H.), pp.695-700, Excerpta Medica, 1990.
- 16) 黒田善雄、雨宮輝也、塚越克己、鈴木洋児、伊藤静夫: 陸上競技、中・長距離走の呼吸循環器能に関する研究—第3報—日本体育協会スポーツ科学研究報告集. 1-14, 1974.
- 17) 松尾彰文: 長距離選手の形態、身体組成及び筋力と競技成績. 競技力向上のスポーツ科学Ⅰ. トレーニング科学研究会編. 朝倉書店. 東京: 38-48, 1989.
- 18) 西山一行、堀川浩之、角田直也:長距離選手における等速性筋出力特性と競技成績の関係. 国士館大学研究報8: 27-32, 1990.
- 19) Rahn, H., Fenn, W. O. and Otis A. B: Daily variations of vital capacity residual air, expiratory reserve including a study of the residual air method. J. Appl. Physiol.. 1: 725-736, 1949.
- 20) Sjödin, B. and I. Jacobs: Change in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. Eur. J. Appl. 49: 45-57, 1982.
- 21) Sjödin, B. and I. Jacobs: Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. Int. J. Sports Med. 2: 23-26, 1981.
- 22) Sjödin, B., Schele, R., Karlsson, J., Linnarsson, D. and Wallensten, R.: The Physiological background of onset of blood lactate accumulation (OBLA). In: Exercise and Sports Biology. International series

- on sports science, Vol. 12 (ed. Komi, P. V.), pp. 43-56, Human Kinetic Publisher, 1982.
- 23) Sjödin, B. and Svedenhag, J.: Applied physiology of marathon running. *Sports Med.* 2: 83-99, 1985.
- 24) Suter E, Herzog W, Sokolosky J, Wiley JP, Macintosh BR: Muscle fiber type distribution as estimated by Cybex testing and by muscle biopsy. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25 (3): 363-70, 1993.
- 25) 田川武弘、品山亮太、高本義国、神林陸、藤井範久、福岡正信:陸上競技選手の下肢等速性筋力とその評価基準。トレーニング科学, 6: 73-79, 1994.
- 26) 高瀬幸一、田口正公、金森勝也:長距離選手における伸張性・短縮性筋力の男女差について。九州スポーツ医・科学会誌vol. 5. 47-53. 1993.
- 27) Weltman, A., D. Snead, R. Schurrer, S. Levine, R. Rutt, T. Rilly, J. Weltman, and A. Rogol: Prediction of lactate threshold and fixed blood lactate concentrations from 3,200m running performance in male runners. *Int. J. Sports Med.* 8: 401-406, 1987.
- 28) Yoshida T, Udo M, Iwai K, Chida M, Ichioka M, Nakadomo F, Yamaguchi T: Significance of the contribution of aerobic and anaerobic components to several distance running performance in female athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 60: 249-253, 1990.
- 29) Yoshida T, Chida M, Ichioka M, Suda Y: Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 56(1): 7-11, 1987.