

ジュニア男子陸上長距離選手の 身体組成・全身持久力と走記録

岡山大学医学部内科学第三講座
(指導：大田善介名誉教授，横野博史教授)

平 田 敏 彦

(平成11年7月5日受理)

Key words : junior athlete, running performance, body composition, cardiorespiratory fitness, ventilatory compensation point.

緒 言

長距離走は、一定の長距離をできる限り短時間内に身体という重量物を移動させる運動特性がある。この運動特性から長距離種目の走記録に影響を与える身体因子の代表としては、身体組成と、全身持久力があげられる。身体組成の評価の体脂肪率 (percent of body fat; %FAT)^{1,2,3,4,5,6,7,)} や、全身持久力の評価の最大酸素摂取量 (maximal oxygen uptake; $\dot{V}O_2$ max)^{3,6,7,8,9,10,11,12,13)} は走記録に影響を与える因子として度々報告されてきた。しかし測定対象は、トップレベルの成人選手が中心であり、養成途上のジュニア選手を対象とする報告^{11,14)} は少ない。

しかも身体組成の指標には、身体全体の%FATが用いられているにすぎず、測定も簡便なキャリパー法が中心である。%FATの基準測定法である水中体重秤量法は手技が煩雑で設備も要するため報告は少ない。最近骨密度測定機器として開発された dual energy X-ray absorptiometry (DXA) 法¹⁵⁾ は、二光子レントゲンによって1 cm毎の横断面での%FATを測定し、さらに体脂肪量(FAT)、除脂肪体重(lean body mass; LBM) や、骨塩量 (body mineral contents; BMC) などの身体組成の評価が身体全体と各部位別に可能という特徴がある。このDXA法を用いた長距離選手の身体組成の評価はこれまで報告されていない。

一方、全身持久力においては、従来 $\dot{V}O_2$ max が指標として用いられ、その測定結果に基づき長距離選手のトレーニング指導やトレーニング法の開発が行われてきた。しかし、トップアスリートでは走記録の向上にもかかわらず $\dot{V}O_2$ max の増加がないとの報告^{16,17,18)} もみられ、競技力の高い選手に $\dot{V}O_2$ max を指標として用いることが適切かどうかの疑問^{8,9)} も持たれている。

最近、測定方法の向上から $\dot{V}O_2$ max 以外の全身持久力の指標として、換気性閾値¹⁹⁾ ($\dot{V}O_2$ at ventilatory threshold; VT), 呼吸性代償点^{20,21)} ($\dot{V}O_2$ at ventilatory compensation point; VCP), 血中乳酸蓄積開始点 (onset of blood lactate accumulation; OBLA)²²⁾ などの測定が可能となり、これらが走記録との関連も報告されて新たな全身持久力の指標として注目されるようになってきている。

そこで本研究はジュニアの男子長距離選手の育成に役立てるために、これまであまり評価されていないジュニアトップレベルの選手を対象として、DXA法により身体組成を評価するとともに全身持久力をVT, VCP, $\dot{V}O_2$ maxの3つの指標で測定し、走記録との関連について検討した。

対象と方法

1. 対 象

対象は、全国高等学校駅伝大会で毎年連続上位入賞しているK高等学校の陸上競技部に所属

している男子長距離選手46名 (16.8±0.8歳, 167.9±4.8cm, 54.4±4.4kg)である。対象者は月間平均走行距離450~500kmの長距離トレーニングを実施しており、測定時期は全国高等学校駅伝大会終了後の1993年12月である。走記録は、測定時期のシーズンにおける5000m公認最高記録を用いた。

走記録レベル別の身体組成と全身持久力を比較するために、5000mの公認最高記録が15分未満の選手18名をI群とし、15分以上の選手28名をII群とした。5000mの公認記録が15分未満の選手は全国大会出場レベルに相当し、15分以上の選手は県大会出場レベルに相当する。

さらに学年別の走記録・身体組成・全身持久力を比較するために、高校1年生6名、高校2年生20名、高校3年生19名の学年別に分類した。

2. 身体組成の測定

身体組成は、DXA法に基づくX線骨密度測定装置(DPX, 米国Lunar社)を用いて測定した。用いた身体組成の指標は、全身および腕部、脚部、体幹の%FAT, FAT, LBM, BMCである。

3. 最大運動負荷テスト

全対象者に最大運動負荷テストを実施しVT, VCP, $\dot{V}O_2\max$ を判定した。最大運動負荷試験の前に本研究の目的と最大運動負荷試験について説明を行い了解を得た後に、安静心電図を測定し異常のないことを確認した。

最大運動負荷試験は、ロード社製の自転車エルゴメータを用いて4分間の無負荷のペダリング後にランプ負荷法により負荷漸増運動を行った。ペダルの回転速度はリズムパルスを用いて毎分60回転とし、負荷漸増率は30watts/minとした。運動中の肺換気動態の測定は、MMC440tc(米国Sensor Medics社製)を用いてbreath by breath法で行った。呼気ガスデータは15秒毎に積算し、さらに1分間値に換算し表示した。運動中の心拍数(HR)は胸部双極誘導法で導出し連続的にモニターを行った。VT, VCP, $\dot{V}O_2\max$ の判定は以下の基準で行った。

1) 換気性閾値(VT)の判定

VTはWasserman¹⁹⁾らの概念に基づき判定した。すなわち二酸化炭素換気当量($\dot{V}E/\dot{V}CO_2$)

の変化をとみなわない酸素換気当量($\dot{V}E/\dot{V}O_2$)の上昇、呼気終末二酸化炭素分圧($P_{ET}CO_2$)の変化をとみなわない呼気終末酸素分圧($P_{ET}O_2$)の上昇、酸素摂取量($\dot{V}O_2$)に対する換気量($\dot{V}E$)、または二酸化炭素排出量($\dot{V}CO_2$)の急激な上昇が観察された時点を総合的に判断しVT出現時間とした。

2) 呼吸性代償点(VCP)の判定

VCP^{20,21)}は等炭酸性緩衝(Isocapnic buffering)の終了点と考えられる $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ の急激な上昇点、または $P_{ET}O_2$ の上昇を伴う $P_{ET}CO_2$ の低下の開始点が観察された時点をVCP出現時間とした。

3) 最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\max$)の判定

$\dot{V}O_2\max$ の判定は、対象者を運動負荷テストでペダルの回転速度が毎分60回転のリズムに合わなくなる疲労困憊状態まで追い込むとともに、漸増した $\dot{V}O_2$ がレベリングオフに達し、また呼吸商が1.15以上である時を $\dot{V}O_2\max$ とし、この時のHRを最大心拍数(HRmax)とした。

4. 統計処理

測定結果は平均値±標準偏差として示した。I群とII群の平均値の差の検定はindependent t検定を用いて比較し、3群間の平均値の差の検定は一元配置分散分析を用いた。走記録と身体組成・全身持久力の各指標との関連については、単回帰分析と重回帰分析を用いた。いずれも危険率5%以下を統計的に有意とした。

結 果

全国大会出場レベルのI群18名と県大会出場レベルのII群28名の5000mの走記録、年齢および身体特性を表1に示した。走記録において、両群間には有意($P<0.001$)な差がみられ、平均値の差は30秒であった。年齢、身長、体重には有意な差はなかった。

I群とII群の全身の身体組成の結果を表2に示した。I群はII群に比べ、%FATの平均値は1.2%、FATの平均値は0.5kg低値を示し、LBMの平均値は0.9kg高値を示したが、いずれも有意な差は認められなかった。

身体部位別の身体組成について、表3に上肢、下肢、体幹に分けて示した。LBMは上肢、下肢、

Table 1 Physical characteristics and running time of subjects.

Mean value of running time was significantly shorted compared to that of group II shown by independent T test, while age and physical characteristics were not significantly different between two groups.

	n	5000m time (min)	Age (Yer)	Height (cm)	Weight (kg)
I	18	14.8±0.2	17.0±1.0	168.1±3.7	54.8±3.5
II	28	15.3±0.2	16.6±0.7	167.9±5.8	54.3±5.2

Values are means±SD * p<0.001

Table 2 Body composition of subjects.

%FAT, FAT, LBM and BMC were not significantly different between two groups.

	%FAT (%)	FAT (kg)	LBM (kg)	BMC (g)
I	6.5±1.8	3.4±0.9	48.1±2.9	2.7±0.2
II	7.7±2.0	3.9±1.1	47.2±4.4	2.6±0.3

Table 3 Regional body composition of subjects.

%Fat of legs in group I was significantly decreased compared to that of group II shown by independent T test.

	Arms	Legs	Trunk
%FAT (%)	I 6.3±1.8	7.3±2.6	5.8±1.3
	II 7.5±2.4	9.2±2.7	6.6±1.8
LBM (kg)	I 4.5±0.5	17.9±1.2	21.8±1.7
	II 4.4±0.6	17.3±1.9	21.4±2.1

* p<0.02

Table 4 Cardiorespiratory parameters of subjects.

VCP and VT of group I were significantly higher than those of group II, while $\dot{V}O_2max$ was not significantly different between the two groups.

	VT (ml/kg/min)	VCP (ml/kg/min)	$\dot{V}O_2max$ (ml/kg/min)
I	35.2±4.2	56.3±6.8	64.1±6.1
II	32.3±3.7	50.8±6.5	62.1±4.9

** p<0.01 * p<0.02

体幹ともに、両群間には有意な差はなかった。部位別の%FATを比べると、両群ともに体幹、上肢、下肢の順に高い値を示した。また、I群ではII群に比較して上肢と体幹が0.8%、下肢が1.9%低い値を示し、とくにI群の下肢の%FATはII群に比べて有意(P<0.02)に少ない値を示した。

次に、全身持久力の3つの指標であるVT, VCP, $\dot{V}O_2max$ についてI群とII群のそれぞれの平均値を表4に示した。I群のVT, VCP, $\dot{V}O_2max$ はII群に比較して2.9ml/kg/min, 5.5

ml/kg/min, 2.0ml/kg/minそれぞれ高い値を示し、VTとVCPは両群間に有意な差を認めた。またI群のVT, VCP, $\dot{V}O_2max$ 時の心拍数はそれぞれ128±14beats/min, 164±9beats/min, 174±7beats/minであり、II群のVT, VCP, $\dot{V}O_2max$ 時の心拍数はそれぞれ125±9beats/min, 159±12beats/min, 172±12beats/minであり、両群間の心拍数には有意な差はなかった。

全対象者の走記録と身体組成・全身持久力の各指標間の関連を単回帰分析で検討したが、身

体組成の各指標とは有意の関連は認められなかった。しかし全身持久力の各指標とは、図1のようにいずれも有意な負の相関を示した。VTは増加するとともに走記録が短縮され、両者の間には有意な負の相関 ($r = -0.539$, $p < 0.001$) を認めた。同様に、VCPも、走記録との間に有意な負の相関 ($r = -0.610$, $p < 0.001$) が認められた。さらに、 $\dot{V}O_2\max$ でも有意な負の相関 ($r = -0.432$, $p < 0.01$) が認められた。相関係数はVCPが最も高値であった。

また、走記録を目的変数として身体組成・全身持久力の各指標を説明変数として重回帰分析

した結果では、 $Y = 18.13 - 0.034VT - 0.025VCP - 0.008\dot{V}O_2\max$ ($r = -0.656$, $p < 0.001$) の重回帰式が得られ、単独ではVCPのみが有用 ($p = 0.03$) な説明変数であった。

対象が成長期にあたる高校生であるため、学年別に走記録と体格・身体組成・全身持久力を比較し表5に示した。走記録の平均値は、学年と共に短縮し1, 2年生と3年生の間に有意な差を認めた。同様に身長・体重・LBM・下肢のLBMは学年と共に有意に増加し、1, 2年生と3年生の間に有意な差を認めた。しかしLBMの増加と共にFATも増加しており%FATの平

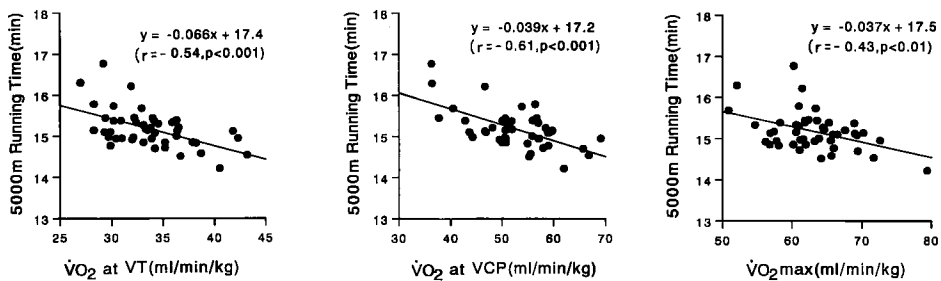


Fig. 1 Relationship between cardiorespiratory fitness and 5000m running time.

$\dot{V}O_2\max$, VCP and VT were negatively correlated with running times. The increase in VCP alone contributed to running time shown by multiple regression analysis.

Table 5 Comparison of body composition and cardiorespiratory parameters in school year groups. LBM and LBM of legs in the 3rd grade group were significantly increased compared to these in the 2nd and the 1st grade groups. VCP in the 3rd grade group was significantly increased compared to that of 1st grade group.

school year n	1st grade 6	2nd grade 20	3rd grade 19	
Best Record (5000m, min)	15.5±0.4	15.3±0.5	14.9±0.4	** 1,2 vs 3
Height (cm)	164.6±4.2	166.9±5.6	170.0±3.3	* 1,2 vs 3
Weight (kg)	52.8±5.6	52.6±4.4	56.8±3.0	** 1,2 vs 3
%FAT (%)	6.8±1.9	7.5±2.3	7.0±1.8	
%FAT of Legs (%)	7.6±2.7	8.7±3.0	8.3±2.8	
FAT (kg)	3.3±0.9	3.7±1.3	3.8±1.0	
LBM (kg)	46.2±5.4	46.1±3.8	49.5±2.5	** 1,2 vs 3
LBM of Legs (kg)	16.9±2.0	17.0±1.7	18.3±1.2	* 2 vs 3
BMC (g)	2.6±0.3	2.6±0.3	2.8±0.2	
VT (ml/kg/min)	32.2±1.3	32.8±3.6	35.3±4.1	
VCP (ml/kg/min)	45.4±5.7	51.8±7.2	55.8±7.0	** 1 vs 3
$\dot{V}O_2\max$ (ml/kg/min)	59.7±4.9	62.3±5.3	64.7±5.5	

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

均値は学年による差はなかった。全身持久力の指標はいずれも学年と共に増加しているが、有意な平均値の変化は VCP のみで認め、1年生に比べ3年生の VCP が有意に高値であった。学年別比較では、走記録の短縮と共に LBM と VCP の増加が有意に認められた。

考 察

陸上長距離走のパフォーマンスに影響を与える身体因子については、①身体組成②全身持久力③走効率④筋内における運動性筋繊維の占める割合⑤骨格筋肉の毛細血管密度⑥酸化系の酵素活性⑦筋グリコーゲン量などが指摘²³⁾されている。これらの身体因子のなかで、記録向上に主要な役割を果たし、測定上身体的侵襲が少ないのは、身体組成と全身持久力である。これまでも測定方法は様々であるが、世界や日本のトップアスリートを対象に身体組成と全身持久力が測定されてきた。もちろん成人のトップアスリートについての評価を行うことは選手養成のトレーニングをする上で重要な情報であるが、長期的な選手育成の視点からいえば、成長期にあるジュニアレベルの選手の身体組成と全身持久力を評価することはより重要な課題であると思われる。

そこで本研究はジュニア陸上長距離選手である男子高校生を対象に身体組成と全身持久力について検討を行った。今回対象とした I 群18名は5000m走が14分台の記録を有している選手である。ジュニア長距離選手がトップレベルにあるという評価の目安は、5000m走を14分台^{14,24)}で走ることから I 群の全員がジュニアトップレベルに位置しているといえることができる。

まず身体組成と走記録の関連については、Curleton ら¹⁾は5%、10%、15%の過剰体重を課した12分間走において、体重負荷が増大すると共に走行距離が減少することを指摘し、体脂肪の減少が長距離走の記録に関連があると報告している。このことは走行距離が比較的短い5000m走においても過剰の体脂肪が走記録向上に影響を及ぼすことを意味し、長距離選手の%FATは重要な因子と考えられている。これまで世界の男子トップアスリートの%FATは5.3%から13.1

%^{4,18,25)}と報告されており、江橋³⁾によると我が国の男子オリンピック代表選手は $9.2 \pm 1.7\%$ で、優れた一流マラソン選手では大体 10% ³⁾以下にあると言われている。

しかしこれまでに報告されてきた%FATの数値については、測定方法により数値や信頼性に差があることを考慮すべきと考える。最も手順が簡単であるキャリパーを用いる皮下脂肪厚の測定法は、測定する皮下脂肪の位置によって誤差が生じることや、皮下脂肪厚から身体密度を推定する時に一般人を対象とする推定式²⁶⁾を用いることから、長距離選手という特殊な集団を対象とした場合には、誤差が大きいと考えられる。水中体重秤量法は、水中での体重測定から身体密度を直接測定する%FATの基準測定法であるが、水中での体重測定装置が必要であることと手順が煩雑のため報告は少ない。インピーダンス法は生体電気インピーダンス測定により、身長²の2乗に対する対抗比(H^2/R)から体水分量を推定し、さらに除脂肪組織に含まれる水分比を一定と仮定して除脂肪組織量、%FATが推定される。しかし体水分量は本来アイソトープを利用した希釈法によって定量されるべきであるが、インピーダンス法はその方法を省略した簡便な方法を用いていることから誤差も大きい。その他に超音波によって生体の断層画像を超音波画像で映し出す超音波法もある。この超音波法は体脂肪を直接に観察する方法であるが、画像を鮮明に出すための装置に熟練を要すること、測定部位が限られることから身体全体の評価は困難である。以上の測定方法に比べ本研究で用いた DXA 法は前述したように二光子レントゲンによって1cm毎の横断面での%FATを全身にわたって測定しており、同時に部位別の測定が可能なことから長距離選手のように%FATの絶対値が少ない特殊な集団を対象とする場合、非常に有用な測定方法といえる。

DXA法で測定した本研究のI群の%FATは平均値で $6.5 \pm 1.8\%$ であったが、この値は同レベルの選手を測定した吉沢ら¹⁴⁾の報告の $9.4 \pm 2.1\%$ に比べると低値を示している。記録はむしろ吉沢らの対象が優れているにもかかわらず、%FATは本研究が低値という逆転した結果であっ

た。この原因は測定方法の差と考えられる。吉沢らの報告は、キャリパー法によって測定したものであり、長距離選手という特殊な集団を一般人を用いた推定式にあてはめたため、%FATの値は実際より高めに評価された可能性が大きい。この測定法の異なる2つの報告を比べると、ジュニアトップレベルでの%FATの差は3%に近い。この%FATの差は、1970年代に世界のトップアスリートの%FATを測定したPollock⁴⁾とWithers²⁷⁾の差に比べればむしろ小さいといえる。Pollockらは8名のマラソンオリンピック代表選手を水中体重秤量法で測定し $5.3 \pm 2.8\%$ の結果を得ているが、Withersらはキャリパー法でオーストラリアのマラソン代表選手5名を測定し $12.5 \pm 1.3\%$ の結果を得ている。もちろん1990年代と1970年代の選手を対象とする違いも考慮すべきであるが、ジュニア選手に比べて成人のトップアスリートの測定法による%FATの差は約2倍であった。つまり、選手のレベルが上がるほどキャリパー法では正確な評価は困難といえる。一方、II群の選手の%FATの平均値は $7.7 \pm 2.0\%$ であるが、これは同じレベルの選手を対象にして水中体重秤量法を用いて測定したIwaokaら²⁰⁾の報告における $7.9 \pm 1.7\%$ とほぼ同様の値であった。このことから本研究のI群と吉沢らとの差は測定方法による違いであろうと推測できる。他に考えられる原因としては測定時間の問題があるが、本研究も吉沢らの測定時間も高校駅伝大会終了後12月から1月にかけてであり、両者とも十分な練習が行われている状態での測定であったことから測定時間の影響ではなかったと考えられる。いずれにしても、最近のジュニアのトップレベルの選手の%FATを正確に評価すると7%前後である結果であった。

一方、部位別脂肪量の測定については、これまでGarn²⁸⁾によるX線を用いた成人男子の報告がある程度である。本研究でのDXA法によって測定可能となった部位別の%FATは、I群、II群ともに体幹部が最も少なく次いで腕部であり、下肢の%FATが最も高い値を示した。このことは長距離選手の脂肪分布は体幹に内臓蓄積型脂肪がつく生活習慣病患者と全く異なってい

ることを示している。中でも下肢の%FATはI群がII群に比べ2%近く有意に少ない結果を得た。長距離走の指導者は経験的に下半身に筋肉が付き脂肪が少なくなると記録の向上が見られるとの印象を持っているが、このことを数値として実感させられる結果であった。とくに学年別の身体組成の変化をみると、学年が上がると共に、身長、体重が増加し、同時にLBM、FATも増加し、この成長の影響により結局%FATは学年による差がなくなっていた。この成長の影響が成人では走距離との関連が認めている%FATにジュニア選手では関連を認めなかった理由と考えられる。以上の結果から成長過程にあるジュニア選手では成人と異なり%FATを走記録の予測因子として用いるよりも、むしろLBMの増加や下肢の%FATの減少が目安として有用と考える。

全身持久力については、世界の男子トップアスリートの $\dot{V}O_2\max$ は $84.4\text{ml/kg/min}^{4,25)}$ 、我が国の男子オリンピック代表選手の $\dot{V}O_2\max$ は 83.0ml/kg/min が報告^{13,25)}されている。今回の対象者における $\dot{V}O_2\max$ の最高値の 79.4ml/kg/min と比べると優れているものの走記録の差を説明する程の大きな差ではない。田中²³⁾らによればこれまで長距離選手の競技能力を予測する上で最も優れた指標として、競技者の素質がこの $\dot{V}O_2\max$ の大小によって推し測られてきたと報告されている。しかし最近、走記録の向上がみられた選手に $\dot{V}O_2\max$ の増加傾向がみられないことも報告され、競技力の高い選手の全身持久力の評価として用いることが適切かどうかの論議^{8,9)}になっている。

今回のI群とII群の比較では $\dot{V}O_2\max$ に有意な差はなく、むしろVTやVCPで有意な差を認め、走記録を目的変数とする重回帰分析ではVCPのみが有意の説明変数であった。実際5000m走には15分前後の走行時間を必要としており、この時間を最大能力で走行することは不可能である。VTは等炭酸の緩衝(isocapnic buffering)の開始する時点であり、VCPは等炭酸の緩衝が終わり $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ が増加をはじめ呼吸性代償の開始時点であるが、Simonら²⁹⁾はVCP以上の運動強度での長時間の走行運動は続

けられないと報告している。Iwaoka ら²⁰⁾も、5000mの走記録と $\dot{V}O_2\max$, VCP と同義語の RCT (respiratory compensation threshold), 乳酸性閾値 (LT) との関連を検討して、単回帰式の相関係数は RCT が最も高かったと報告している。本研究においても I 群の VCP 時の心拍数は 164 ± 9 拍/分であり、VCP を超えての長距離の走行持続は難しいと推測される。つまり長距離走の大部分は、呼吸性代償が始まる前の等炭酸的緩衝を行う最大能力である VCP レベルで行われ、 $\dot{V}O_2\max$ はラストスパートの能力を示していると考えられる。また $\dot{V}O_2\max$ は最大運動を必要とするため対象者の意欲に左右されやすく、VCP に比べ客観的な評価が困難であることも $\dot{V}O_2\max$ が走記録を予測する有意の説明変数にならなかった理由にあげられる。以上の検討から VCP のみが5000m走記録を予測する有意の説明変数であったことは当然と考えられる。

その他 $\dot{V}O_2\max$ が最適の指標とならなかった理由として、長距離走と異なる運動様式^{30,31,32,33)}であるエルゴメータを利用した運動負荷試験であったため、 $\dot{V}O_2\max$ の測定値に誤差が生じている可能性も考えられる。しかし運動様式は異なっても5000m走の記録と VT, VCP, $\dot{V}O_2\max$ には有意な相関は得られており、また今回の対象者の $\dot{V}O_2\max$ の値は走記録に比べ十分に高い値を得ているので影響は少ないと考える。

もちろん身体組成や全身持久力は基礎的身体因子であるにすぎず、選手のレベルが上がれば上がるほど走フォームや走動作が影響する走効率が大きな役割を占めてくる。Daniels⁷⁾は、 $\dot{V}O_2\max$ が同じでも走効率のよい選手が高い記録を獲得していると報告している。今回測定したジュニア長距離選手の $\dot{V}O_2\max$ と走記録の単回帰式に、我が国のオリンピック代表選手の $\dot{V}O_2\max$ 値である 83ml/kg/min を代入すると5000m走記録は14分25秒程度になりオリンピック代表選手の13分台に比べて走記録は低く評価された。つまりオリンピック代表選手に比べて今回のジュニア選手は全身持久力の不足だけでなく、走効率も悪く走フォームや走動作の改善が必要で

あることが指摘できる。

今回のジュニア長距離選手の身体組成と全身持久力を測定した結果は、成長期にあるジュニア選手の育成やタレント発掘³⁴⁾の指標として有用といえる。例えば、すでに5000m14分台の記録を持つ選手の%FATが10%以上であれば、本研究での学年間の比較でみられた結果と同様にトレーニングでLBMを増加することにより、更なる記録の向上が期待できるといえ、7%程度なら相応と判断できる。また全身持久力の測定は長距離走の能力をより客観的に評価できるVCPを指標にして5000mの走記録を推定し、VCPによる推定値より記録の悪いときには走効率が低いことが予測されるので、走フォームや走動作の改善をトレーニングの中心とした指導資料となる。以上のような競技力向上を目指す医科学的サポートは、これからのスポーツ医学の一翼を担っており、ジュニアトップレベルの選手を対象とする研究は今後その必要性を増すと考えられる。

結 論

ジュニアの男子長距離選手46名(5000m14分台のI群18名、15分台のII群28名)のDXA法による身体組成と全身持久力を測定し、5000m走記録との関連を明らかにした。

身体組成について、%FATはI群で $6.5 \pm 1.8\%$ でII群では $7.7 \pm 2.0\%$ であったが、有意差はなかった。下肢の%FATはII群に比べI群が有意に低値であった。走記録と身体組成の各指標には有意の相関はなかった。

全身持久力は、I群のVTとVCPはII群に比べ有意に高値であったが、 $\dot{V}O_2\max$ には有意な差はなかった。しかし、走記録はVT, VCP, $\dot{V}O_2\max$ のいずれとも有意な相関を認めた。

走記録を目的変数として身体組成・全身持久力の各指標を説明変数として重回帰分析した結果では、有意の説明変数はVCPのみであった。学年別の比較では、高学年になると共に走記録の短縮、LBMとVCPの有意な増加を認めたが%FATは有意な変化を認めなかった。

以上によりジュニア男子長距離選手の走記録の予想にはVCPが最も優れた指標であり、身

体組成は成長期であるため全身の%FATよりもLBMや下肢の%FATが指標として有用である。

謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究に多大なるご指導を頂きました岡山大学名誉教授太田善介先生、岡山大学医学部内科学第三講座榎野博史教授に対し心から

の謝意を表します。また終始ご指導ご校閲を頂いた岡山大学教育学部高橋香代教授に対し深謝します。また実験および資料の整理にあたっては、岡山大学教育学部鈴木久雄助教授のご協力を頂き、測定に際しては岡山中央病院運動療法室にご協力頂きましたことに感謝します。

文 献

- 1) Cureton KJ, Sparling PB, Evans BW, Johnson SM, Kong UD and Purvis JW : Effect of experimental alterations in excess weight on aerobic capacity and distance running performance. *Med Sci Sports* (1978) **10**, 194—199.
- 2) Rusko H, Havu M and Karvinen E : Aerobic performance capacity in athletes. *Eur J Appl Physiol* (1978) **38**, 151—159.
- 3) 江橋 博 : 一流マラソン選手の体力特性. *J J Sports Sci* (1987) **6**, 703—711.
- 4) Pollock ML : Discriminant analysis of physiological differences between good and elite distance runners. *Res Quart* (1980) **51**, 521—532.
- 5) 山地啓司 : ジョギングの特性. *J J Sports Sci* (1995) **14**, 11—22.
- 6) Costill DL : The relationship between selected physiological variables and distance running performance. *J Sports Med Phys Fitness* (1967) **7**, 61—66.
- 7) Daniels J and Oldridge N : Changes in oxygen consumption of young boys during growth and running training. *Med Sci Sports* (1971) **3**, 161—165.
- 8) Costill DL, Thomason H and Roberts E : Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med Sci Sports* (1973) **5**, 248—252.
- 9) Daniels J, Oldridge N, Nagle F and White B : Differences and changes in $\dot{V}O_2$ among young runners 10 to 18 years of age. *Med Sci Sports* (1978) **10**, 200—203.
- 10) Allen WK, Seals DR, Hurley BF, Ehsani AA and Hagberg JM : Lactate threshold and distance-running performance in young and older endurance athletes. *J Appl Physiol* (1985) **58**, 1281—1284.
- 11) Kumagai S, Tanaka K, Matsuura Y, Matsuzaka K, Hirakoba K and Asano A : Relationships of the anaerobic threshold with the 5 km, 10 km, and 10 mile races. *Eur J Appl Physiol* (1982) **49**, 13—23.
- 12) Houmard JA, Graib MW, O'Brien KF, Smith LL, Israel RG and Wheeler WS : Peak running velocity, Submaximal energy expenditure, $\dot{V}O_{2max}$, and 8 km distance running performance. *J Sports Med* (1991) **31**, 345—350.
- 13) 山地啓司 : 一流スポーツ選手の最大酸素摂取量. *体育学研究* (1985) **30**, 183—193.
- 14) 吉沢茂弘, 福島 稔, 本多宏子, 漆原 誠, 中村 伸 : 高校駅伝男子一流選手の有酸素性作業能力および無酸素性閾値. *J J Sports Sci* (1991) **10**, 234—240.
- 15) 金 洪海, 井上哲郎 : 骨粗鬆症と高齢社会 : 骨塩定量分析装置の有用性. *新医療* (1990) **17**, 82—86.
- 16) Conley DL and Krahenbuhl GS : Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exercise* (1980) **12**, 357—360.
- 17) Pollock ML : Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners, Part 1 :

- Cardiorespiratory aspects. *Ann N Y Acad Sci* (1977) **301**, 310—322.
- 18) Powers SK, Dodd S, Deason R, Byrd R and Mcknight T : Ventilatory threshold, running economy and distance running performance of trained athletes. *Res Quart* (1983) **54**, 179—182.
 - 19) Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN and Beaver WL : Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* (1973) **35**, 236—243.
 - 20) Iwaoka K, Hatta H, Atomi Y and Miyashita M : Lactate, Respiratory compensation thresholds, and distance running performance in runners of both sexes. *Int J Sports Med* (1988) **9**, 306—309.
 - 21) Zhang Y-U, Johnson II MC, Chow N and Wasserman K : Effect of exercise testing protocol on parameters of aerobic function. *Med Sci Sports Exercise* (1991) **23**, 625—630.
 - 22) Mader AH, Liesen HH, Heck H, Philippi H, Rost R, Schurch P and Hollman W : Zur Beurteilung der sportartspezifischen ausdauerleistungsfähigkeit im labor. *Sportarzt Sportmed.* (1976) **27**, 80—88.
 - 23) 田中喜代次 : 持久性競技者の競技成績とAT. *体育の科学* (1989) **39**, 382—390.
 - 24) Murase Y, Kobayashi K, Kamei S, and Matsui H : Longitudinal study of aerobic power in superior junior. *Med Sci Sports Exercise* (1981) **13**, 180—184.
 - 25) 山地啓司 : 最大酸素摂取量の科学. 杏林書院, 東京 (1992) pp 17—82.
 - 26) 長嶺晋吉 : 皮下脂肪厚からの肥満の判定. *日本医師会雑誌* (1972) **68**, 919—924.
 - 27) Withers RT, Roberts RGD and Davies GJ : The maximum aerobic power, anaerobic power and body composition of South Australian male representatives in athletics, basketball, field hockey and soccer. *J Sports Med Physical Fitness* (1977) **17**, 391—400.
 - 28) Garn SM : Roentgenogrammetric determinations of body composition. *Human Biol* (1957) **29**, 337—353.
 - 29) Simon J, Young JL, Gutin B, Blood DK and Case RB : Lactate accumulation relative to the anaerobic and respiratory compensation thresholds. *J Appl Physiol* (1983) **54**, 13—17.
 - 30) Hermansen L and Saltin B : Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. *J Appl Physiol* (1969) **26**, 31—37.
 - 31) 山地啓司, 宮下充正 : 最大自転車駆動と走運動にみられる呼吸・循環機能の反応の違いに関する研究. *体育学研究* (1977) **22**, 179—187.
 - 32) Pannier JL, Vrijens J and Cauter CV : Cardiorespiratory response to treadmill and bicycle exercise in runners. *Eur J Appl Physiol* (1980) **43**, 243—251.
 - 33) Withers RT, Sherman WH, Miller JM and Costill DL : Specificity of the anaerobic threshold in endurance trained cyclists and runners. *Eur J Appl Physiol* (1981) **47**, 93—104.
 - 34) Snead DB, Birge SJ and Kohrt WM : Age-related differences in body composition by hydrodensitometry and dual-energy X-ray absorptiometry. *J Appl Physiol* (1993) **74**, 770—775.

Body composition, cardiorespiratory fitness, and running performance in junior male long distance runners

Toshihiko HIRATA

Third Department of Internal Medicine

Okayama University Medical School

Okayama 700-8558, Japan

(Directors : Prof. Z. Ota, Prof. H. Makino)

The purpose of this investigation is to quantify body composition and cardiorespiratory fitness in 46 junior male long distance runners and to evaluate the effects of these factors on running performance. Total and regional body composition were measured using dual energy X-ray absorptiometry. Maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$), ventilatory compensation point (VCP), and ventilatory threshold (VT) were determined during the maximal exercise test using a bicycle ergometer.

Subjects were classified into two groups. The 5000m running times of 18 subjects in group I were less than 15 min, and those of 28 subjects in group II were more than 15 min. %Fat of the legs in group I was significantly decreased compared to that of group II. VCP and VT of group I were significantly higher than those of group II, while $\dot{V}O_{2max}$ was not significantly different between the two groups. $\dot{V}O_{2max}$, VCP, and VT were negatively correlated to running times, while the parameters of body composition were not correlated. The increase in VCP alone contributed to running time shown by multiple regression analysis.

These data showed that VCP is a sensitive predictor of running performance in junior male long distance runners during development.