

自由科目「つくばマラソン」の授業報告(2)

—体力テストの結果について—

鍋倉賢治, 三本木温¹⁾, 佐伯徹郎¹⁾, 中垣内真樹¹⁾, 山本泰明²⁾

A Report of "Tsukuba Marathon" Class (2)

—result of exercise test—

Yoshiharu NABEKURA, Yutaka SAMBONGI, Tetsuro SAEKI,
Masaki NAKAGAICHI, Yasuaki YAMAMOTO

I. はじめに

大学体育研究第18号において,自由科目「つくばマラソン」の授業概要について報告した¹⁾。本編では授業を通して行なっている体力測定の結果について報告する。

マラソンパフォーマンスに關与する能力の中で体力的要因を総称して全身持久力と呼び,全身持久力に影響する因子には最大酸素摂取量,乳酸性閾値,筋持久力,エネルギー源,体温調節能力など様々な機能・能力がある^{6,8)}。一方,技術的な要因としてはランニングフォームとそれに起因する走の効率,ペース配分などが挙げられ^{3,9)},さらに精神的要因もマラソンには重要である。

したがって,マラソンを完走するため,あるいは記録を更新するためには,上記の能力を高める必要がある。一流競技者では自己の能力を把握するために体力テストを行ない,それらを効率的にかつ最大限に改善することをトレーニングの指針の一つとしている。体

力テストのもう一つの意義として,レースにおけるペースの決定に有効であることが挙げられる。特にマラソンなどの長時間のレースにおいては,前後半を通した適切なペース配分がレースの成否を左右するため,レース直前の体力テストの結果からレースペースを組み立てることも行なわれている¹³⁾。

自由科目「つくばマラソン」の授業の目標の一つは,マラソンを完走することである。そのためには自己の身体を使って,課題,計画,トレーニング,評価を繰り返し継続することが重要であり,それらの実践の中で自己に対する新たな可能性や気づきが得られるものと思われる。授業ではまず開講当初に体力テスト(プレテスト)を行ない,それに基づいて実技の能力別グループ(最も高いAからDまでの4班)を編成する。その後の授業ではそれぞれの班の課題に添った実技を行なう。そして,マラソンレース直前に再び体力テスト(ポストテスト)を行ない,半年間のトレーニング効果を評価すると共に,マラソンの目標設定の指針とする。したがって,授業における体力テストは,まず課題と計画の客観

1) 筑波大学体育科学研究科

2) 筑波大学体育研究科

的指標として、ついで自己評価とレースでの目標設定に役立てている。

平成7年度は授業で行なう2回の体力テストの他に、数名についてさらに詳細な体力テストを実施したので、得られた結果を以下の点に注目して報告したい。

まず、半年間のトレーニングによってどのような能力・機能の変化がみられるか、そしてそれが実際のマラソンパフォーマンスに反映されるのかどうかを検討する。

ところで、一般の成人は20歳前後をピークにして加齢に伴って体力の低下を余儀なくされる^{10,11)}。このような加齢変化は適度な運動や生活の中での身体活動によって、低下が抑制されたり、あるいは維持・増進されたりする¹⁰⁾。一方、過度の長距離走トレーニングは瞬発的筋力の低下をもたらすという報告もある⁴⁾。一般学生にとってジョギングは適度な運動であると考えられる。そこで、マラソンを目標にしたトレーニングが全身持久力以外の身体機能の改善にも役立つかどうかについても合わせて検討したい。

II. 方 法

1) 対 象

平成7年度の自由科目「つくばマラソン」の履修生を対象とした。それぞれのテスト項目において、2回とも受けた学生の結果を対象とし、テスト毎に対象数は異なっている。

2) 測定項目

授業では12分間走(有酸素能力の指標)、50m走(無酸素能力の指標)及び垂直跳び(筋力・瞬発力の指標)を実施した。さらに、同意の得られた者について有酸素能力として最大酸素摂取量及び乳酸性閾値、無酸素能力として1分間走及びウイングートテスト、走技術として走効率及び走ピッチを測定した。

3) 授業における測定手順

平成7年4月28日の授業をプレテストとした。簡単なウォーミングアップの後に50m走、12分間走の順で測定した。12分間走は10m間隔で標識を設置した1周400mの陸上競技トラックにて行なった。また、垂直跳びは待ち時間を利用して測定した。すなわち、マットスイッチ(竹井機器社製)を用い、滞空時間から跳躍高を算出した。ポストテストは同年11月17日に同様の要領で実施した。

4) ラボラトリーテストの測定手順

同意の得られた者には日を改めて2度研究室に来てもらい、以下の手順で測定を行なった。初日はトレッドミル走に習熟した後、被検者の能力に合わせて2ないし3段階の間欠的速度漸増運動を行なわせた。各ステージ4分間で、この間換気パラメーターを自動呼気ガス分析器(Mijnhardt社、オキシコンγ)によって測定し、3~4分目の酸素摂取量を走効率の指標とした。各ステージ終了後に指先より採血し、乳酸分析器(YSI社、23L)によって血中乳酸濃度を測定した。心拍数はHRモニター(polar社、バンテージXL)を用いて連続測定した。また、自覚的運動強度(RPE)も合わせて記録した。その後、無酸素パワーの指標として自転車エルゴメーター(竹井機器社、ハイパワーエルゴメーター)によって30秒間の全力ペダリング運動(ウイングートテスト)を行なわせ²⁾、初日のテストを終了した。2度目の来室では、1分毎に速度を漸増するトレッドミル走運動を疲労困憊に至るまで行なわせ、最高速度を決定した。このときオキシコンγによって換気パラメーターを連続測定し、最大酸素摂取量を算出した。また、VTRを連続撮影し、走フォームの確認と走ピッチを算出した。さらにこれとは別に、実技授業終了時に陸上競技場において1分間走を行なった。これら一連の測定をプレテストは4~5月に、ポストテストは11月に実施した。

5) トレーニング

夏休みを含み1, 2学期の約8ヶ月間がトレーニング期間であり, その間平均して週に2回のジョギングを中心とするトレーニングを行なった(大学体育研究18号¹²⁾参照)。トレーニングは各人に委任し, 1週毎に日誌を提出させた。

III. 結果

表1は今回の主な測定結果を平均値にして一覧表にまとめたものである。実際の走パフォーマンス(12分間走及び最高速度)が向上したのに対し, 最大酸素摂取量に変化は見られなかった。しかし, 最大下での酸素摂取量は有意に低下し, 走効率は改善された。また, 同一速度の血中乳酸濃度も低下し, 乳酸性閾

値が高まったことを示唆している。最大下での走ピッチは僅かに増加する傾向を示した。50m走, 1分間走及び無酸素パワーに大きな変化は認められなかったが, 垂直跳びは有意に低下した。

図1は対象者全員のフィールドテストの変化をみたものである。一見して12分間走はほぼ全員右上がりであることがわかるが, 50m走には明らかな傾向が認められず, 1分間走及び垂直跳びでは, 僅かな減少傾向がみられた。いずれの項目も初期値の差による変化傾向の違いは認められなかった。

図2は最大能力が要求されるラボラトリートテストの変化である。最大酸素摂取量及び無酸素パワーには明らかな傾向はなかったが, 最高速度は11名中9名で増加した。

表1 主な測定項目のプレテストからポストテストにおける変化

			プレテスト		ポストテスト		増 減	有意水準
			n	平均値	S D	平均値	S D	
<フィールドテスト>								
50m走	sec	30	7.66	0.86	7.61	0.83		ns
1分間走	m	11	388.6	21.7	381.8	19.3		ns
12分間走	m	37	2776	354	2934	345	△	p<0.01
垂直跳び	cm	27	44.2	10.6	41.6	10.0	▼	p<0.05
<ラボラトリートテスト>								
最高走速度	m/min	11	292.7	11.9	301.8	16.6	△	p<0.05
最大酸素摂取量	ml/kg/min	11	57.69	4.46	57.86	4.01		ns
無酸素パワー	watt/kg	16	6.71	0.49	6.93	0.47		ns
走効率	ml/kg/min							
130 m/min		3f	24.8	2.7	25.1	2.4		ns
150 m/min		3f	28.5	3.2	28.6	4.2		ns
170 m/min		3f	31.5	3.5	32.1	4.5		ns
170 m/min		11	36.9	2.7	35.1	2.0	▽	p<0.05
200 m/min		17	42.1	2.8	40.5	2.3	▽	p<0.05
230 m/min		6	47.9	2.7	47.6	2.9		ns
血中乳酸濃度	mmol/l							
130 m/min		3f	5.0	0.6	2.7	0.1	▽	p<0.05
150 m/min		3f	5.2	0.6	3.0	1.2	▽	p<0.05
170 m/min		3f	5.6	0.3	3.2	0.1	▽	p<0.05
170 m/min		11	3.2	1.1	2.3	1.0	▽	p<0.05
200 m/min		17	3.2	1.4	2.6	1.2		ns
230 m/min		6	3.6	1.0	2.7	0.8	▽	p<0.01
走ピッチ	strides/min							
170 m/min		6	173.0	5.6	175.7	5.0		ns
200 m/min		9	182.0	8.2	182.0	5.9		ns
230 m/min		6	181.8	5.3	183.0	6.1		ns
250 m/min		7	184.9	5.2	186.4	6.6		ns
270 m/min		4	186.5	6.9	187.5	7.1		ns

△、▽：機能改善、▼：機能低下、3f：女性3名、ns：有意差なし。

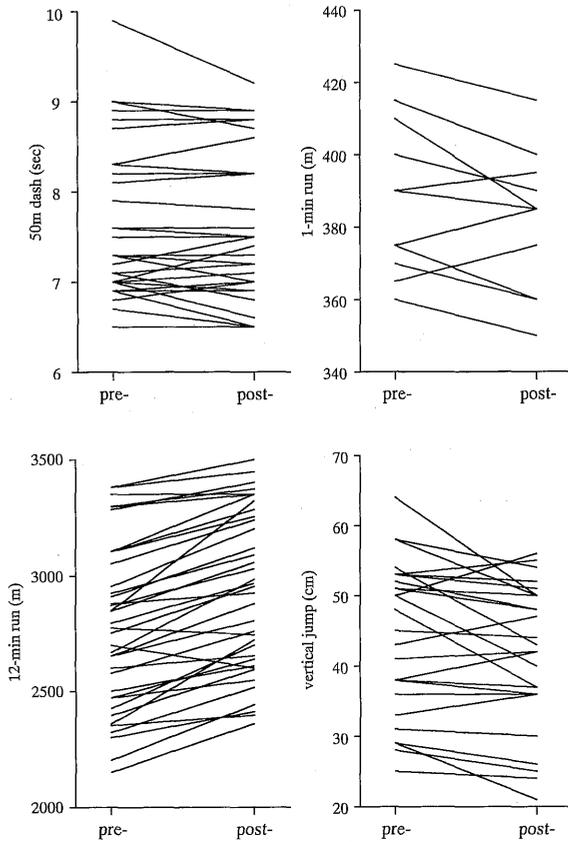


図1 50m走, 1分間走, 12分間走及び垂直跳びの変化

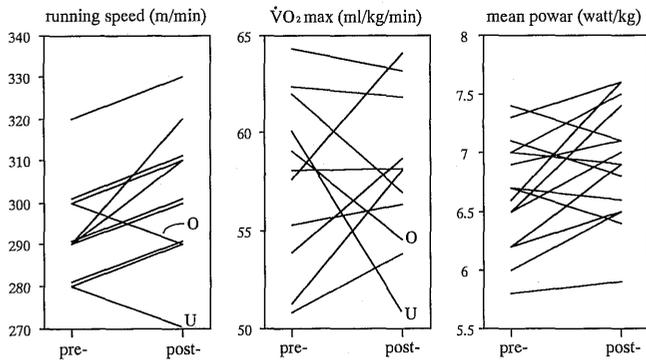


図2 最大酸素摂取量, 最高走速度及び無酸素パワーの変化
O, U: 特定被検者 (本文参照)

図3に最大及び最大下テストの結果をまとめた。一番左が最大時で、順に分速170, 200, 230m時である。最高速度が有意に高まったに

も関わらず、最大酸素摂取量に顕著な増加はみられず、最大心拍数及び血中乳酸濃度は減少した。最大下運動においては各速度で同様

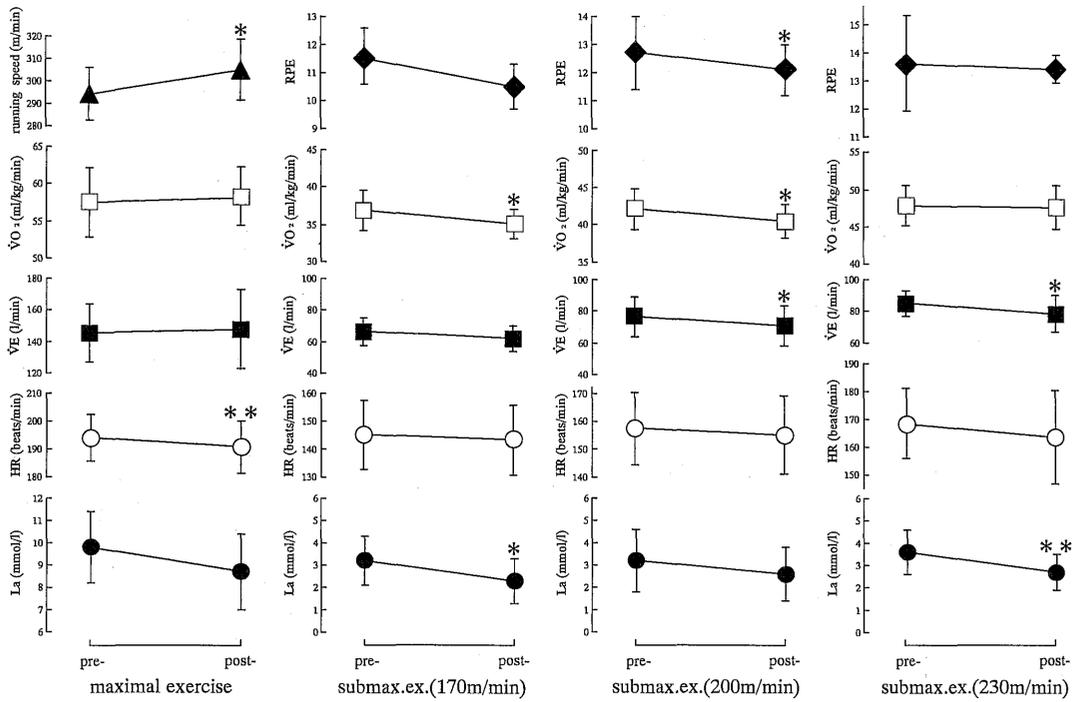


図3 最大及び最大下走運動中の呼吸循環動態及び自覚的運動強度の変化
 * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

な傾向がみられた。すなわち、酸素摂取量、換気量、血中乳酸濃度及び心拍数のいずれも減少する傾向を示し、RPEにも減少傾向がみられた。

図4は最大下走テストにおける各速度での血中乳酸濃度の応答を個人毎に示したものであ

る。左がプレテスト、右がポストテストの結果であり、対応する同一印が個人を示す。分速130~170mの3名は女子,分速170m以上の17名が男子である。若干の例外(被検者K, O及びU)を除いてほとんどの者が同一速度での血中乳酸濃度が減少し、乳酸性閾値の改

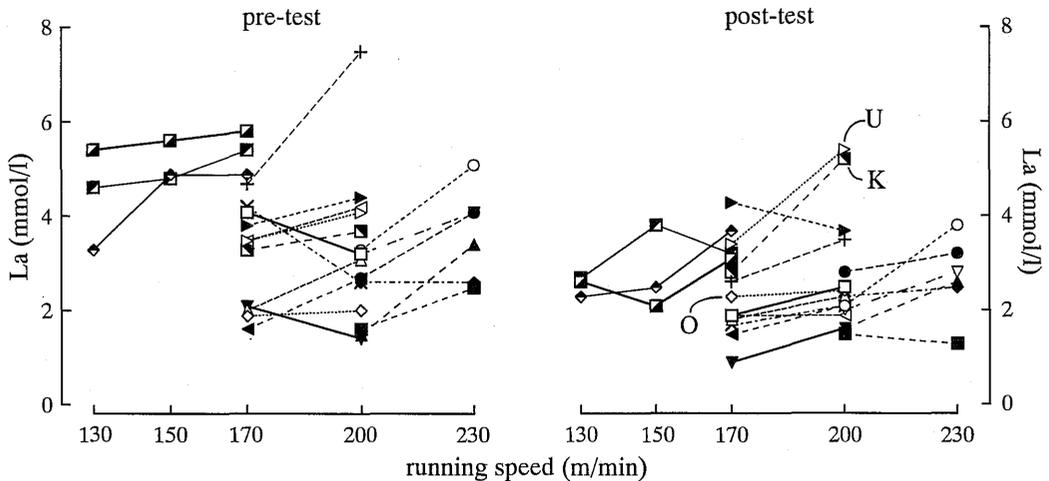


図4 最大下走運動中の血中乳酸動態
 同一印：同一被検者を表す
 K, O, U：特定の被検者

善を示唆している。

図5は個人毎の走ピッチの変化を示したものであり、横軸にプレテストの走ピッチを、縦軸にポストテストにおける同一速度のそれに対応させている。ピッチの測定は原則として分速170, 200, 230, 250m及びそれ以降+10mずつで行ない、全体に速度の増加に合わせて走ピッチも上昇した。A班の2名(○と◇(1速度のみ))は走ピッチが減少したが、全体的にポストテストで僅かに走ピッチが増加し、多くが等値線の上方に位置した。特に

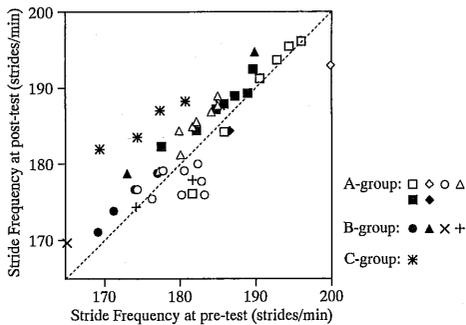


図5 トレーニング前後の走ピッチの関係
同一印は同一人の数種の速度における走ピッチを表す。

C班の1名は10歩近く増加した。

図6は最大下テストを行なった者の内、マラソンを完走した13名のマラソン記録に対する最大酸素摂取量, 12分間走, 最高速度及び分速200mでの血中乳酸濃度の関係をみたものである。記録には12分間走及び最高速度と高い負の相関関係が, 血中乳酸濃度との間に高い正の相関関係が認められた。最大酸素摂取量との間には中等度の負の相関があったが, 有意ではなかった。

IV. 考 案

1) 全身持久力の改善

8ヶ月間のトレーニングを経て, 実際の走のパフォーマンスである12分間走に有意な増加が認められたのに対して, 最大酸素摂取量には全体として増加傾向は認められなかった。しかしながら, 最大酸素摂取量測定時の最高速度は有意に高まり, 最大酸素摂取量の改善なしにパフォーマンスの向上が得られたことになる。12分間走(及び最高速度)と最大酸素摂取量で異なる結果になった原因として, 対象の特性が挙げられる。すなわち, 最大酸素摂取量を測定した11名の内訳はA班が6名,

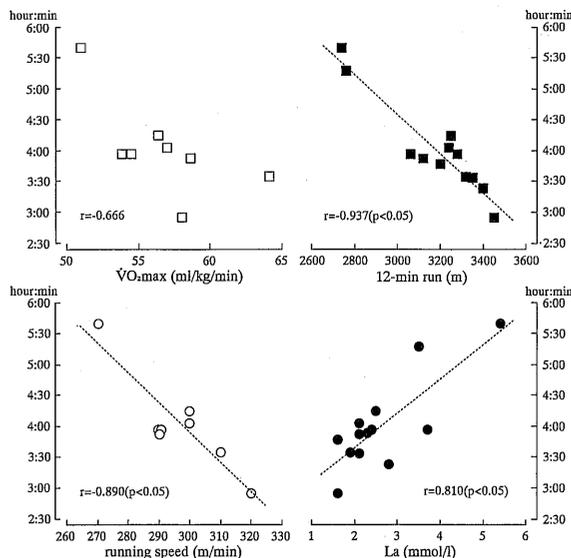


図6 最大酸素摂取量, 最高速度, 12分間走及び血中乳酸濃度(分速200m)とマラソン記録との関係

B班が4名及びC班が1名であり、A班のほとんどは授業履修前からのジョギング愛好者であった。一般によくトレーニングされたランナーほど最大酸素摂取量は限界近くに高まっているためトレーナビリティは低く、パフォーマンスの向上はそれ以外の能力の改善によると考えられている^{13,7)}。したがって、最大酸素摂取量に大きな変化がなかった原因の一つとして、今回の対象の初期値がもともと高かったことが考えられる。そして、最高速度や12分間走などのパフォーマンスの向上は、最大酸素摂取量以外の要因が改善されたためと考えられる。

その要因として走効率の改善が挙げられる。最大下での酸素摂取量は有意に減少し、エネルギー代謝がより経済的になった。これを達成した一因が走フォームの改善と考えられる。有意な差は得られなかったものの走ピッチは若干増加し、特に事前の持久力の劣るC班の学生では顕著な増加がみられた。このことは、大きなパワーを生み出すがエネルギー的に無駄のあるダイナミックなフォーム（ストライド走法）から、長距離走に適した経済的でコンパクトなフォーム（ピッチ走法）に改善された結果であろうと推察できる。一方、最大下での血中乳酸値も有意に低下する傾向があり、このことから乳酸性閾値の亢進と、呼吸循環機能の反応性が高まり、有酸素能力の立ち上がりが速くなったことが推察できる⁵⁾。これらも走パフォーマンスの増大に貢献した要因と考えられる。

したがって、今回の対象の場合、最も改善されたのは走効率と有酸素能力の反応性それに関連する乳酸性閾値であったと考えられる。事前の能力の劣る者ほどトレーニングによる走フォームの改善が期待できるため、今後対象をもう少し広範にとって検討していきたい。

2) 他の機能の変化

一般の成人では20歳前後を境にして加齢に

伴って体力は低下する¹¹⁾。このような加齢による低下は適度な運動や身体活動によって、抑制できたり、あるいは逆に維持・増進できたりする¹⁰⁾。一般の人にとってジョギングなどのトレーニングは適度な運動と考えられる。したがって、今回のマラソンを目標にしたトレーニングは全身持久力以外の身体機能の改善にも役立つであろうと考えられた。しかしながら、50m走には大きな改善はみられず、垂直跳びにおいては低下する傾向がみられた。激しいマラソントレーニングをしている競技者では、最大筋力や瞬発力などがトレーニング前よりも低下するという報告がある⁴⁾。本結果から、ジョギングを中心とした軽度の持続的トレーニングは瞬発力などを改善することはなく、むしろ低下させる可能性のあることが示唆された。今回の対象は20歳前後であり、より体力低下が亢進する中高年者の場合には必ずしもこの仮説は当てはまらない。しかしながら、比較的体力レベルの高い人が健康・体力の維持増進のために総合的に高い体力の形成を目標にした場合には、ジョギングなどの軽運動だけでは不十分であると言えそうである。

3) マラソンへの活用

最大酸素摂取量及び最高速度が顕著に低下した被検者OとUは最大下の血中乳酸濃度も上昇した(図2と4)。血中乳酸濃度の増大がみられたもう1名(被検者K)を含め、この3名には十分なトレーニングができなかったという共通項があった。半年間を通して授業以外で走れなかった被検者Kはマラソン参加を取りやめ、2学期になって走る機会が減った被検者Uは途中大部分を歩くことになった(5時間40分でゴール)。また、被検者Oは過去にマラソン経験のあるジョガーであるが、マラソン2ヶ月前に怪我をして直前のトレーニングが不十分であった(3時間57分でゴール)。これら3名の結果から明らかのように、

全身持久力の改善には授業（実技は約2週に1回）だけでは不十分で、それ以外に定期的に走る習慣を構築することが重要であり、それが直接マラソンに影響する。被検者OとKについては、練習不足によるマラソン前の不安や葛藤が強く、その様子は昨年の報告¹²⁾を参照されたい。

今回の測定結果には、マラソンの成績と密接な関係が認められた。授業では体力測定の結果をフィードバックするときに資料を添付し、マラソンでのペース配分の決定に役立っている。一昨年までに比べてマラソンでの前後半のタイム低下率が小さくなった一因に、詳細な体力測定とその解釈を徹底させたことも挙げられる。今回は事前の能力の高かった者を対象としており、今後もう少し対象の能力の幅を広げて検討していきたい。

V. まとめ

自由科目「つくばマラソン」を受講した学生に対して、授業開始直後とマラソン出場直前に体力測定を実施し、8ヶ月間のトレーニングの効果を検討した。その結果、最大酸素摂取量には改善がみられなかったが、最大下での走運動能力が改善され、走効率、乳酸性閾値などの亢進が示唆された。走フォームはストライド走法からピッチ走法に移行する傾向を示した。これらの結果、12分間走などの走パフォーマンスが顕著に向上した。また、体力テストの結果はマラソンの成績と密接に関連し、マラソンにおけるペース決定などに有効であることが示唆された。一方、全身持久力以外の能力の改善は認められなかった。

参考文献

- 1) 雨宮輝也 (1987) エアロビックパワーからみたスポーツ選手の体力特性. Jap. J. Sports Sci. 6 : 692-696.
- 2) Bar-Or, O (1987) The wingate anaerobic test - An update on methodology,

- reliability and validity -. Sports Med. 4 : 381-394.
- 3) Conley, D. L. and Krahenbuhl, G. S. (1980) Running economy and distance running performance of highly trained athletes. Med. Sci. Sports 12 : 357-360.
- 4) Costill, D. L. (1967) The relationship between selected physiological variables and distance running performance. J. Sports Med. and Phys. Fit. 7 : 61-66.
- 5) Costill, D. L., Thomason, H. and Roberts, E. (1973) Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. Med. Sci. Sports 5 : 248-252.
- 6) Costill, D. L. (1986) Inside running - basics of sports physiology -. Benchmark Press.
- 7) 江橋 博 (1987) 一流マラソン選手の体力特性. Jap. J. Sports Sci. 6 : 703-711.
- 8) Farrell, P. A., Wilmore, J. H., Coyle, E. F., Billing, J. E. and Costill, D. L. (1979) Plasma lactate accumulation and distance running performance. Med. Sci. Sports 11 : 338-344.
- 9) Gohlitz, D. (有吉正博要約) (1992) 中・長距離走における走技術の改善による競技力向上の試み. 陸上競技研究 8 : 34-38.
- 10) 池上晴夫 (1982) 運動処方. 朝倉書店 : 東京.
- 11) 文部省体育局 (1994) 体力・運動能力調査報告書 : 東京, pp.17-84.
- 12) 鍋倉賢治, 永井 純, 斉藤慎一, 宮下憲, 白木 仁, 大木昭一郎 (1996) 自由科目「つくばマラソン」の授業報告 (1). 大学体育研究 18 : 59-75.
- 13) 鈴木従道 (1993) 現場からの報告. 第1回マラソンセミナー-高所トレーニングと勝つためのコンディショニング-. 東京

<資料>

体力測定結果と目標設定

いよいよマラソン本番を迎え、半年間授業で得た知識やトレーニングによって培った力を発揮するときがきました。今になって、もっとまじめに走っておけば良かった・・・と後悔している人が殆どだろうと思います。しかし、半年前の自分を回想して下さい。

- ・気軽に走り出せましたか？
- ・60分も続けて走ることが出来ましたか？
- ・スピード練習なんてやったことがありましたか？

随分身軽になったことだろうと思います。体重が落ちた、というのではなく、走るために必要な身体がつけられ、かつ走るための精神構造が身についたからに他なりません。これらは全て半年間に築き上げたものです。自信を持って当日を迎えましょう。

1学期の始めにやった体力測定の値とよく見比べて下さい。そのときのプリントをもう一度よく見返して下さい。

1) 皮 脂 厚

体脂肪率の推定：上腕部と肩甲骨背部の値を加えて、以下の表に当てはめます。一流ランナーは痩せて、体脂肪もほとんどありません。しかし、日常生活をする上では、あまり痩せすぎるのも問題があり、かといって脂肪が多すぎるのも問題です。相対的に改善されたかどうかで判断して下さい。

その他の部位：皮下の脂肪の厚さを表しています。半年間のジョギング・ランニングによってどの部位が減少し、どの部位が変わらなかったか参考にして下さい。

皮厚 mm	瘦 せ て い る													普 通			
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
男性 %	7.3	7.7	8.2	8.6	9.1	9.5	10.0	10.4	10.9	11.4	11.8	12.3	12.7	13.2	13.7	14.1	14.6
女性 %	8.3	8.8	9.3	9.8	10.4	10.9	11.4	11.9	12.5	13.0	13.5	14.1	14.6	15.1	15.7	16.2	16.8

皮厚 mm	普 通							や や 肥 満											
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
男性 %	15.1	15.5	16.0	16.5	16.9	17.4	17.9	18.4	18.8	19.3	19.8	20.3	20.7	21.2	21.7	22.2	22.7		
女性 %	17.3	17.8	18.4	18.9	19.5	20.0	20.6	21.1	21.7	22.2	22.8	23.3	23.9	24.5	25.0	25.6	26.1		

皮厚 mm	肥 満															
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
男性 %	23.2	23.6	24.1	24.6	25.1	25.6	26.1	26.6	27.1	27.6	28.1	28.6	29.1	29.6	30.1	30.6
女性 %	26.7	27.3	27.8	28.4	29.0	29.6	30.1	30.7	31.3	31.9	32.1	33.0	33.6	34.2	34.8	35.4

2) 12分間走

マラソンに要求される全身持久力を表します。しかし、必ずしも12分間走の成績がマラソンの結果に直結するものでもありません。12分間走のように短時間（マラソンに比べて）で力を発揮する能力はあまり改善されなくても、もっと長時間力を発揮する能力は改善されていると考えられるからです。したがって、12分間走の結果だけでなく、練習状況などと合わせて評価するとマラソンの目標設定に役立ちます。次の項目の総得点と組み合わせて、マラソンの目標を立ててみましょう。

- ①現在の身体状態 良好（普通）である 1点
 あまり良くない 2
 不良 3
 病気・けが 5
 脚・腰が痛い

→無理をしない。棄権するのも勇気ある選択。

- ②10月の練習 週に2回以上 1点
 週に1回 2
 授業のみ 3

- ③11月の練習 週に3回以上 1点
 週に2回 2
 週に1回 3

- ④練習した最長距離 20km以上 1点
 15km以上 2
 10km以上 3
 それ以下 4

- ⑤12分間走結果 () m

①～④の合計点と12分間走からの目標記録の目安

12分間走	5点以下	7点以下	8点以上
3400m以上 (女性3200m)	3時間以内 40分以内	3時間30分 43分	4時間～5時間 45分
3000m以上 (女性2800m)	3時間30分 45分	4時間 47分	5時間 50分
2800m以上 (女性2650m)	4時間 47分	5時間 50分	完走 55分
2600m以上 (女性2500m)	4時間30分 50分	5時間 55分	完走 60分

(上段：マラソン，下段：10km)

3) 目標タイムとペース配分

①最初の5 km はゆっくり走る

スタート後、人が多くてすぐに走るのとは不可能な場合もあります。焦らず、ループ1周はウォーミングアップのつもりで。

②5 km を過ぎてから目標のペース配分（ラップ）で走る

目標タイム	最初の5 km	20km	5 km 毎のラップ
3時間以内	20～25分	1時間25分	20～22分
3時間30分	25～30分	1時間40分	25分
4時間	30分	1時間55分	25～30分
4時間30分	30～35分	2時間10分	30分
5時間	35分	2時間20分	30～35分