女子学生に関する12分間走テストの低位者と高位者の 体組成・有酸素および無酸素的能力の検討

平 川 和 文 (神戸大学・教養部)

植 野 早 苗 (大阪府立天王寺高等学校)

家 治 川 豊 (神戸大学・教養部)

(昭和58年10月19日受付)

Study of body composition and aerobic and anaerobic abilities
between low and high performance groups of female students in
12-min run

Kazufumi Hirakawa¹

Sanae Ueno²

Yutaka Kajikawa¹

Abstract

The purpose of this study was to compare the body composition and aerobic and anaerobic abilities between low and high performance groups of female students in 12-min run. Height, weight, % body fat, vertical jump, and 12-min run performance were measured on 437 female students. Their mean ($\pm$ SD) value of 12-min run performance was 2208.5 ± 165.7 m. Out of 437 girls tested, 9 girls (group L) whose 12-min run performance were lower than 1959 m, and 14 girls (group H) whose performance were higher than 2457 m volunteered as the subjects. The leg volume, $\dot{V}O_2$ max, anaerobic threshold (AT), $\dot{V}O_2$ at submaximal treadmill running, maximal leg strength, and maximal anaerobic power were measured. Group L differed significantly ($p < 0.001$) from group H in $\dot{V}O_2$ max (38.5 ± 2.2 vs 47.1 ± 3.1 ml). $\dot{V}O_2$ max per LBM of group L was also lower (15.9%) than that of group H, but muscle and bone volume of leg was similar in both groups. Group L tended to show the larger values in weight (4.6%), % body fat (10.0%), and $\dot{V}O_2$ at 130 m/min (running economy) (5.4%) as compared with group H. There were no differences in AT, HR max, and maximal leg strength between the two groups. AT values of both groups appeared at about 62% of $\dot{V}O_2$ max. Maximal anaerobic power per body weight of group L was lower (11.4%, $p < 0.01$) than that of group H, which was caused by the slow velocity of group L at the maximal anaerobic power on the force-velocity relationship. On results of multiple-regression analysis predicting the 12-min run performance from

¹ Kobe University, College of Liberal Arts, Department of Physical Education, Tsurukabuto, Nada-ku, Kob, Hyogo (657)

² Tennoji High School, sanmei-cho, Abeno-ku, Osaka (545)

other variables in the combined group, the relative importance of the independent variables as determinants of 12-min run performance were in order of $\dot{V}O_2$ max (ml/kg/min), running economy, and maximal anaerobic power per body weight. This multiple-regression equation accounted for 93.6% of the variance of 12-min run performance.

(Kazufumi Hirakawa, Sanae Ueno and Yutaka Kajikawa, "Study of body composition and aerobic and anaerobic abilities between low and high performance groups of female students in 12-min run", *Jap. J. Phys. Educ.*, 29-3 : 237-44, December, 1984)

緒 論

高度に持久性トレーニングを積んだ者は、最大酸素摂取量^{2),5),10),21),27)}と無酸素的作業閾値^{8),22),23)}(以後 AT と示す。)が大きく、同一最大下作業時の酸素摂取量^{3),5),21),24)}が少なく、また体組成面では少ない体脂肪率^{24),27)}などに特徴づけられる。一方、無酸素的能力の面では、一般に有酸素的能力との間には負の相関関係にあるとされているように^{6),13),15)}、有酸素的能力に優れた者は最大無酸素パワーおよびキャパシティが、スプリント的トレーニングを積んだ者より劣るとされている。このように、個人が同時に有酸素および無酸素的能力の双方に優れた能力を持つことはきわめて希であり、そのいずれかに特徴が示される¹⁾。しかし、トレーニングされていない一般人については、測定によってどの程度個人の能力的特徴が示されるものかは十分研究されていないように思われる。

有酸素的持久能のフィールド・テストとしては、最大酸素摂取量との相関が高い5分間走あるいは12分間走テストが採用され、一般人の測定に広く利用されている²⁵⁾。しかし、このフィールド・テストでは、個人の身体資源の特徴がどの程度評価されるのかという疑問がある。また、特に持久力の劣る女子学生について、体組成・有酸素的および無酸素的能力の特徴を総合的に評価している報告^{3),14),17)}は少ないように思われる。

そこで、本研究では一般女子学生を対象として、12分間テストの大きく劣る者と逆に優れた者について、体組成・有酸素的能力・無酸素パワー・脚筋力の面から比較検討して、持久力低位者の特徴を探り、合わせて12分間走距離に対する各測定項目の影響を検討しようとするものである。

実 験 方 法

1. 被験者

昭和57年度神戸大学女子新入生437名に対して、12分間走テスト・垂直とび・身長・体重・皮下脂肪厚(上腕背部と肩甲骨下部の2点)からの体脂肪率¹⁹⁾の測定を行った。12分間走テストの走行距離はFig. 1のような分布を示し、平均値と標準偏差は $2,208.5 \pm 165.7$ mであった。正規性の検定の結果は急尖の傾向が見られ、平均値の近くに多く集まっていた。この12分間走距離について、平均値を中心に1標準偏差ごとの幅で5段階に区分(Fig. 1の下段)し、走行距離が1,959m以下の最も劣るグループ(Fig. 1の左下りの斜線部分に属する35名)と、2,457m以上の最も優れたグループ(Fig. 1の右下りの斜線部分に属する23名)との、2つの有酸素的作業能の劣るグループと優れたグループを選んだ。さらにこの2グループの中から、両グループとも現役入学生を対象とし、最も劣るグループについては中学・高校・大学と運動部経験のない者9名(以後、低位者群と示す。)を、一方、最も優れたグループについては中学・高校での運動部経験の有無には制限をつけなかったが、大学では規則的なトレーニングを行っていない者14名(以後、高位者群と示す。)の計23名に対して、下記の各測定を行った。

2. 測定項目および方法

形態・体組成の測定は、身長・体重・体脂肪率の他に、Jones¹²⁾の方法に従い右下肢の諸計測値より、脚容量・脚の骨および筋容量(除脂肪脚容量)・脚脂肪量を求めた。なお本研究においては、右大腿部と下腿部の合計値でもって各脚容量とした。

最大酸素摂取量と走効率(running economy)

Fig. 1 Histogram of 12-min run performance of 437 female students.

の測定は、斜度0度で3-4種類の4分毎の最大下スピードの後、exhaustion迄1分毎にスピードを10m漸増するトレッドミル速度漸増法により行った。最大下の各走行スピードは、低位者群では100, 120m/minおよび各被験者の12分間走の平均走行スピード(142-160m/min)の3種類であり、高位者群では100, 120, 160m/minおよび12分間走の平均走行スピード(205-228m/min)の4種類とした。呼気ガスの採気は各スピードの最後の1分間にダグラス・バッグ法により行い、 O_2 , CO_2 の分析には瞬時呼気ガス分析装置(三栄測器社製)を用い、湿式ガスメーターによる呼気量の計測値とから酸素摂取量を求めた。なお、校正は労研式ガス分析装置により行った。測定中は胸部双極誘導による心電図とサーミスター法による呼吸曲線を連続記録し、心拍数と呼吸数を合わせて測定した。また、各走行スピード時の終了30秒前に、小野寺と宮下²⁰⁾の日本語スケールによる主観的運動強度(以後、RPEと示す。)を測定し、最終

走行スピード時のRPEでもって12分間走テストの“努力感”の指標とした。最大酸素摂取量出現の判定基準は、心拍数が180拍/分以上またはRQが1.0以上であることより決定した。最大酸素摂取量出現時の心拍数とRQの平均値と標準偏差は、それぞれ 187.4 ± 10.6 拍/分、 1.08 ± 0.07 であった。各被験者の走行スピードと酸素摂取量($ml/kg \cdot min$)の関係から回帰直線を求め(相関係数は 0.985 ± 0.026)、走行スピード130m/min時の酸素摂取量を計算し、走効率(running economy)の値とした。130m/minというスピードを選んだのは、低位者群の12分間走の平均スピードが142-160m/minの範囲であったため、142m/min以下のスピードということを選んだ。

ATの測定はモナーク社製自転車エルゴメーターを用い、回転数を44rpmに規定して荷重を1分間に0.5kpずつ漸増することにより疲労困憊まで追い込み、酸素摂取量・炭酸ガス産生量・換気量を連続測定した。ATの決定はDaviesら⁹⁾の方法に従い、換気量・炭酸ガス産生量の非直線的増加点でもって決定し、その時点の $\% \dot{V}O_2 \max$ でもって示した。

最大無酸素パワーの測定には自転車エルゴメーターを用い、生田ら¹¹⁾の方法に従って荷重0-7kpでの最大ペダリングを各10秒間行わせ、その力-速度関係を2次曲線でフィッティングし、そのピーク値でもって最大無酸素パワーを決定した。また、サイベックスIIにより、膝角度60, 90, 120度時のアイソメトリック膝伸展筋力を測定し、それらの最大値でもって最大脚伸展筋力とした。

以上の測定は、昭和57年9月から11月に実施した。なお、各被験者ともすべてその測定は2週間以内に行い、自転車エルゴメーターとトレッドミルによる測定の間には、少なくとも1日の休息をはさんだ。

すべての平均値の有意差検定はStudentの対応のないt-testにより行い、5%水準以上でもって有意とした。また、重回帰分析はSPSS統計パッケージのnew regression (step wise方式)を使用した。

Table 1. Summary of the physical and performance measures in all female students and low and high endurance groups.

Variable	All students †	LEG ††	HEG †††	Mean difference	R
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD		
N of subjects	437	35	23		
Height(cm)	158.2 ± 4.7	158.3 ± 4.0	155.8 ± 4.4	2.5*	-0.039
Weight(kg)	51.1 ± 5.5	54.0 ± 7.8	48.5 ± 5.1	5.5**	-0.158***
12-min run(m)	2208.5 ± 165.8	1882.9 ± 73.8	2574.0 ± 88.6	-691.1***	
Vertical jump(cm)	42.2 ± 5.9	38.5 ± 5.4	45.2 ± 7.0	-6.7***	0.281***
%Body fat(%)	21.5 ± 3.4	23.1 ± 3.9	20.3 ± 3.5	2.8**	-0.169***
Rohrer index	129.3 ± 13.2	136.4 ± 20.6	128.4 ± 13.0	8.0	-0.143**

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$

† : 437 female students who were performed 12-min run test.

†† : Low endurance group whose 12-min run performance was lower than 1959m.

††† : High endurance group whose 12-min run performance was higher than 2457 m.

Mean difference : Mean difference value between LEG and HEG.

R : Correlation coefficient between 12-min run performance and each variable in all students.

結 果

Table 1 は、女子新入生全員(437名)ならびに12分間走テストの5段階区分による最も劣るグループ(表中のLEG)と優れたグループ(表中のHEG)について、各項目の平均値と標準偏差、12分間走との相関係数、ならびに両グループ間の各項目の平均値の差とその有意性を示している。女子新入生全員の身長・体重・垂直とび・体脂肪率は、同年齢の日本人女子の値と同様な値であった^{16),26)}。12分間走距離の平均値は、体育科学センター²⁵⁾の同年齢の値より約60m 優れていた。12分間走距離の最も劣るグループと優れたグループを比較すると、劣るグループは優れたグループより体重は5.5kg(11.3%)、体脂肪率は2.8%(13.7%)と1%水準で有意に大きく、逆に垂直とびは6.7cm(14.8%)と0.1%水準で有意に劣っていた。12分間走距離は体重・体脂肪率とは負の相関関係が、垂直とびは正の関係が見られた。

表2は低位者群9名(図表中のgroup L)と高位者群14名(図表中のgroup H)について、各測定項目の平均値と標準偏差および両群の平均値の差とその有意性を示している。またFig. 2はそれぞれの測定項目について、高位者群の値を基準とした低位者群の値の増減率(%)を示している。両群を比較すると、体重・体脂肪率・脚容量など

Group L: Subgroup selected from low endurance group(LEG).
Group H: Subgroup selected from high endurance group(HEG).

Fig. 2 Comparison of each variable between group L and group H as expressed by mean difference.

体組成に関する項目は、低位者群のほうが4.6—10%大きな値を示していたが、有意差は認められなかった。最大酸素摂取量は低位者群のほうが

Table 2 Mean, SD and mean difference of each variable in group L and group H.

Variable	Group L †	Group H ††	Mean difference
	Mean ± SD	Mean ± SD	
N of subjects	9	14	
Height(cm)	158.3±3.3	154.3±4.4	4.0*
Weight(kg)	50.2±3.7	48.0±4.5	2.2
12-min run performance(m)	1876.6±88.3	2527.8±74.4	-651.2***
%Body fat(%)	23.0±4.0	20.9±5.1	2.1
Rohrer index	126.1±9.2	130.9±13.5	-4.5
Total leg volume(l)	7.10±0.69	6.51±1.15	0.59
Muscle plus bone leg volume(l)	4.97±0.48	4.66±0.66	0.32
%Leg fat(%)	29.8±3.4	28.0±3.6	1.8
$\dot{V}O_2$ max(l/min)	1.929±0.164	2.254±0.183	-0.325***
$\dot{V}O_2$ max(ml/kg·min)	38.5±2.2	47.1±3.1	-8.6***
$\dot{V}O_2$ max(ml/LBM·min)	50.1±3.6	59.6±3.3	-9.5***
HR max(beats/min)	187.3±12.9	187.4±13.2	-0.1
$\dot{V}O_2$ at 130m/min(ml/kg·min)	33.2±2.1	31.5±3.1	1.7
Anaerobic threshold(% $\dot{V}O_2$ max)	62.6±11.4	62.3±10.2	0.3
Leg strength(ft. lbs.)	92.3±22.9	90.1±19.4	2.2
Max. anaerobic power(kg·m/sec)	39.1±5.6	42.5±5.5	-3.4
Max. anaerobic power/body weight	0.78±0.10	0.88±0.07	-0.10**

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$

† : Subgroup which was selected from low endurance group(LEG).

†† : Subgroup which was selected from high endurance group(HEG).

が有意に劣り, その差は絶対値で0.325l/min (14.4%), 体重当りで8.6ml/kg·min (18.2%), LBM 当りで9.5ml/kg·min (15.9%) であった。走効率は低位者群が1.7ml (5.3%) 大きな値であった。最高心拍数・AT および最大脚伸展筋力はほぼ同様な値であった。最大無酸素パワーは低位者群のほうが3.4kg·m/sec (8.0%) 低い値を示し, 体重当りで比較すると0.10kg·m/sec (11.4%) で1%水準で有意に劣っていた。

考 察

トレッドミル速度漸増テスト時の各被験者の RPE と走行スピードの相関係数は, 平均値が0.963±0.040であり, 全員直線関係にあり, 12分間走平均スピード時の RPE は, 低位者群が15.2±0.8, 高位者群が15.2±2.1と平均値は等しかった。この値は小野寺と宮下²⁰⁾の日本語スケールの「きつい」に相当し, 両群とも12分間走テストではよく努力していたものと思われる。両群の12分間走距離を体育科学センター²⁵⁾による5段階評価表と比較すると, それぞれ「やや低い」と「や

や高い」に相当する。Sparling と Cureton²⁴⁾は, 規則的なランニング・トレーニングを行った平均年齢25歳の女性(最大酸素摂取量は51.9±5.1ml/kg·min)の12分間走距離とし2,747±186m を, また神山ら¹⁴⁾は, 定期的なスポーツ活動を行っている女子学生(最大酸素摂取量は50.4±7.8ml/kg·min)で2,680±192m を報告している。本研究の高位者群の値は体育科学センターの「やや高い」以上に属するものの, 規則的な身体活動を行った Sparling と Cureton²⁴⁾や神山ら¹⁴⁾の値よりは劣り, 一般女子学生の中の持久力に優れた群と思われる。一方, 低位者群の値は神山ら¹⁴⁾の報告による一般女子学生の2,223±160.3m より約350m 劣り, かなり持久力の劣る群と見られる。

12分間走は個人の体重が負荷となるため, 体脂肪率の多少が記録に大きく影響する。北川¹⁶⁾は18—24歳の一般女性の体脂肪率として, 22.3±4.4%を報告しており, また豊岡と高橋²⁷⁾は日本の一線級女子中長距離選手の平均値として14%を報告している。本研究の低位者群と高位者群の平均値は, それぞれ23.0, 20.9%で, 豊岡と高橋²⁷⁾の報

告よりは多いものの、高位者群では北川¹⁶⁾の報告より2.0%少ない体脂肪率である。しかし、両群の差は2.1%とそれほど多くなく、このことは Table 1に見られるように、全女子新入生の体脂肪率の平均値が $21.5 \pm 3.4\%$ と全体として肥満傾向の者が少なく、その上、両群の被験者を選んだ12分間走距離の最も劣るグループと優れたグループ間の差も少なかったことによると思われる。

Davies と Sargeant⁷⁾は、脚あるいは腕の容量と最大酸素摂取量との間に正の相関関係を報告している。しかし本研究においては、走運動の主活動筋である脚の筋・骨容量は、有意ではないものの低位者群のほうが 0.32l (6.9%) 大きな値であり、最大酸素摂取量の差を脚の筋・骨容量からは説明できなかった。最大酸素摂取量を LBM 当りで比較すると、低位者群のほうが 9.5ml (15.9%) 小さな値である。低位者群の LBM 当りの最大酸素摂取量は、同年齢の一般女子による北川¹⁷⁾の 50.0ml や、MacNab¹⁸⁾の 50.4ml とほぼ同値であったが、高位者群の値は一般男子による北川¹⁷⁾の 59.7ml や MacNab¹⁸⁾の 59.4ml という報告に匹敵していた。このように、両群の脚の筋・骨容量はそれほど変わらないにもかかわらず、LBM 当りの最大酸素摂取量が劣るということは、活動筋の酸化能力および酸素運搬を行う呼吸循環機能が、低位者群は高位者群より劣ることを意味するものと考えられる。

スピード 130m/min 時の酸素摂取量は、低位者群のほうが 1.7ml (5.3%) 多く、走効率が劣る傾向が見られた。Bransford と Howley³⁾は、女性の untrained と trained の running economy の比較において、本研究と同様な報告をしている。本研究の高位者群について、走行スピード $170, 180\text{m/min}$ 時の酸素摂取量を計算し、トレーニングを積んだ女子被験者による Conley⁴⁾や Sparling と Cureton²⁴⁾の報告と比較すると、本研究の高位者群のほうが $3-5\text{ml}$ 多く、走効率が劣っていた。規則的なランニング・トレーニングは最大酸素摂取量や走効率を改善するとされている^{23, 4)}。本研究の両群はいずれも規則的なランニング・トレーニングを行っていないので、最大酸素摂取量と同様、

走効率も諸報告より劣っていたものと思われる。

最大脚伸展筋力は両群ほぼ同様な値であったが、最大無酸素パワーは高位者群のほうが大きな値を示し、体重当りで比較すると1%水準で高位者群のほうが有意に優れていた (Table 2, Fig. 2)。最大無酸素パワーの差の要因は、力-速度関係式より理論的な最大筋力と最大速度を求めた結果、低位者群の値はそれぞれ $37.5 \pm 3.2\text{kg}$, $2.6 \pm 0.4\text{m/sec}$ で、高位者群は $37.5 \pm 5.0\text{kg}$, $3.2 \pm 0.3\text{m/sec}$ であり、最大筋力の平均値は同値であったが、最大速度は低位者群のほうが 0.6m/sec (18.7%, 有意)も劣っており、また、最大無酸素パワー出現時の力・速度においても、低位者群と高位者群の力の平均値はそれぞれ 21.6 ± 2.0 , $21.1 \pm 2.4\text{kg}$ ではほぼ同値であったが、速度はそれぞれ 1.80 ± 0.12 , $2.02 \pm 0.18\text{m/sec}$ で、低位者群が 0.22m/sec (10.9%) 1%水準で有意に遅く、このことが最大無酸素パワーの差に大きく影響していた。12分間走距離と最大無酸素パワーの相関係数は、 $r=0.474$ と正の相関関係にあった。Table 1に示すように、12分間走距離と垂直とびについても同様に正の相関が見られている。女性による結果ではないが、Kaczowski¹³⁾はトレーニングを積んだ男子学生を被験者として、12分間走距離と最大無酸素パワーの間に $r=-0.62$ と負の相関関係を報告している。また、Katch と Waltman¹⁵⁾や Crielaard と Cureton⁶⁾も aerobic power と anaerobic power の間に負の相関を報告しており、本研究の結果はこれらの報告と逆の相関関係を示している。このことは Crielaard と Cureton⁶⁾も指摘しているように、一般学生では有酸素的あるいは無酸素的能力を左右する筋の組織学的・生化学的特徴がいずれか一方に偏っていないためなのか、あるいは両群ともその特徴が十分トレーニングされていないために、個人の能力特性が示されていないかったことによると考えられる。

Sparling と Cureton²⁴⁾は12分間走距離を従属変数とし、最大酸素摂取量・体脂肪率・running economy を独立変数とする重回帰分析を行い、12分間走距離には最大酸素摂取量・体脂肪率・running economy の順で貢献しており、その寄与率

Table 3. Summary results of multiple-regression analysis(stepwise method) predicting the 12-min run performance.

		Analysis of variance			
			DF	Sum of squares	Mean square
Multiple R †	0.967	Regression	3	2299963.604	766654.535
R square	0.936	Residual	19	157523.353	8290.703
Standard error	91.053	F value=92.472 Significance of F=0.0000			
Independent variable		Multiple regression equation			
		Regression coefficient	SE B ††	BETA †††	T value
$\dot{V}O_2$ max per body weight		55.0089	4.1599	0.8364	13.224
Running economy		-51.9292	6.9282	-0.4394	-7.495
Max. anaerobic power per body weight		437.4195	218.8986	0.1263	1.998
(CONSTANT)		1375.8922	321.5437		4.279

† : Multiple correlation coefficient

†† : Standard error of regression coefficient

††† : Standardized regression coefficient

は62.4%であると報告している。Table 3は本研究について、12分間走距離を従属変数とするステップワイズ方式による重回帰分析を行い、3つまでの独立変数を投入した場合の結果を示したものである。投入された独立変数は最大酸素摂取量・走効率・体重当りの最大無酸素パワーであり、その重相関係数は $r=0.967$ で寄与率は93.6%、標準誤差は91.0mであった。これらの独立変数の12分間走距離に対する貢献度は、標準化回帰係数に見られるように、最大酸素摂取量・走効率・体重当り最大無酸素パワーの順であり、最大酸素摂取量でもって約70%を説明することが可能である。体脂肪率がSparlingとCureton²⁴⁾の報告のように貢献度を示さなかったのは、本研究の被験者の体脂肪率が、12分間走距離の差の割には大きな差がなかった集団であることと、最大酸素摂取量との内部相関によるものと思われる。

以上、12分間走距離から見た、一般女子学生の持久力の低位者と高位者の体組成・有酸素的および無酸素的能力を比較すると、低位者は体脂肪率・最大酸素摂取量・走効率など、ATを除く有酸素的能力だけでなく、最大無酸素パワーにも劣ることが認められた。また、12分間走距離に最も影響するのは最大酸素摂取量であり、続いて走効率・最大無酸素パワーの順であり、持久力低位者

の指導に際しては、これらの要因に対する考慮も必要であろう。

ま と め

女子学生を対象として、持久力低位者の体力特徴と12分間走距離への各能力の貢献度を検討するため、12分間走テストの劣る者(1959m以下)9名と優れた者(2,457m以上)14名と被験者とし、両群の体組成・有酸素的能力・走効率・最大無酸素パワー・最大脚伸展筋力を測定した結果、次のことが認められた。

1. 大学女子新入生(437名)の12分間走テストと体脂肪率の平均値と標準偏差は、それぞれ $2,208.5 \pm 165.7m$, $21.5 \pm 3.4\%$ であった。
2. 12分間走低位者群は高位者群より最大酸素摂取量は16.8%(有意)低く、また、同一最大下作業時の酸素摂取量は5.4%、体脂肪率は10.0%大きな値であった。高位者群の最大酸素摂取量は一般男子の値に匹敵していた。
3. 最高心拍数・AT・最大脚伸展筋力は両群ほぼ同じ値であり、ATは約62% $\dot{V}O_2$ maxであった。
4. 最大無酸素パワーは低位者群のほうが11.4%(有意)小さく、これは低位者群のほうが力-速度関係において、最大速度と最大無酸素パ

ワー出現時の速度が劣っていることが原因であった。

5. 重回帰分析（ステップワイズ方式）の結果、12分間走距離には最大酸素摂取量・走効率・最大無酸素パワーの独立変数の順で貢献しており、その重相関係数は0.967で寄与率は93.6%であった。

引用・参考文献

- 1) Åstrand, P.-O. and Rodahl, K., Textbook of work physiology, McGraw-Hill: New York, 1970. pp. 303—05.
- 2) Bergh, U., Thorstensson, A., Sjödin, B., Hulten, B., Piehl, K. and Karlsson, J., "Maximal oxygen uptake and muscle fiber types in trained and untrained humans," *Med. Sci. Sports*, 10: 151—54, 1978.
- 3) Bransford, D.R. and Howley, E.T., "Oxygen cost of running in trained and untrained men and women," *Med. Sci. Sports*, 9: 41—44, 1977.
- 4) Conley, D.L., Krahenbuhl, G.S., Burkett, L.B. and Millar, A.L., "Physiological correlates of female road racing performance," *Res. Quart. for Exercise and Sport*, 52: 441—48, 1981.
- 5) Costill, D.L., Thomason, H. and Roberts, E., "Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running," *Med. Sci. Sports*, 5: 248—52, 1973.
- 6) Crielaard, J.M. and Cureton, F., "Anaerobic and aerobic power of top athletes," *J. Appl. Physiol.*, 47: 295—300, 1981.
- 7) Davies, C.T.M. and Sargeant, A.J., "Physiological responses to standardized arm work," *Ergonomics*, 17: 41—49, 1974.
- 8) Davis, J.A., Frank, M.H., Whipp, B.J. and Wasserman, K., "Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men," *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 46: 1039—46, 1979.
- 9) Davis, J.A., Vodak, P., Wilmore, J.H., Vodak, J. and Kurtz, P., "Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise," *J. Appl. Physiol.*, 41: 544—50, 1976.
- 10) Farrell, P.A., Wilmore, J.H., Coyle, E.F., Billing, J. E. and Costill, D.L., "Plasma lactate accumulation and distance running performance," *Med. Sci. Sports*, 11: 338—44, 1979.
- 11) 生田香明・中塘二三生・根本哲朗・播本定彦「スプリンターのパワー発現」*体力科学*, 29: 143—51, 1980.
- 12) Jones, P.R.M. and Pearson, J., "Anthropometric determination of leg fat and muscle plus bone volumes in young male and female adults," *J. Physiol. (Lond.)*, 204: 63—66, 1969.
- 13) Kaczowski, W., Montgomery, D.L., Taylor, A.W. and Klissouras, V., "The relationship between muscle fiber composition and maximal anaerobic power and capacity," *J. Sports Med.*, 22: 407—13, 1982.
- 14) 神山雄一郎・山西哲郎・桜井隆志・斉藤三郎「女子大生における十二分走テストと最大酸素摂取量について」*日本体育学会群馬支部・体育学研究*, 6: 11—18, 1983.
- 15) Katch, V.L. and Weltman, A., "Interrelationship between anaerobic power output, anaerobic capacity and aerobic power," *Ergonomics*, 22: 325—32, 1979.
- 16) 北川 薫「日本人青年男女の身体組成とその国際比較」*保健の科学*, 20: 491—95, 1978.
- 17) 北川 薫・宮下充正・山本恵三「青年男女の身体組成、最大酸素摂取量および2400m走」*体育学研究*, 21: 335—40, 1977.
- 18) MacNab, R.B.J., Conger, P.R. and Taylor, P.S., "Differences in maximal and submaximal work capacity in men and women," *J. Appl. Physiol.*, 27: 644—48, 1969.
- 19) 長嶺晋吉, 「肥満と体重減量法」長嶺晋吉(編), *スポーツとエネルギー・栄養, 現代のスポーツ科学第2巻*, 大修館書店, 1979, pp. 259—83.
- 20) 小野寺孝一・宮下充正「全身持久性運動における主観的運動強度と客観的強度の対応性—Rating of preceived exertionの観点から—」*体育学研究*, 21: 191—203, 1976.
- 21) Powers, S.K., Dodd, S., Deason, R., Byrd, R. and Mcknight, T., "Ventilatory threshold, running economy and distance running performance of trained athletes," *Res. Quart. for Exercise and Sport*, 54: 179—82, 1983.
- 22) Ready, A.E. and Quinney, H.A., "Alterations in anaerobic threshold as the result of endurance training and detraining," *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14: 292—96, 1982.
- 23) Rusko, H., Rahkola, P. and Karvinen, E., "Anaerobic threshold, skeletal muscle enzymes and fiber composition in young female cross-country skiers," *Acta Physiol. Scand.*, 108: 263—68, 1980.
- 24) Sparling, P.B. and Cureton, K.J., "Biological determinants of the sex difference in 12-min run performance," *Med. Sci. Sports Exerc.*, 15: 218—23, 1983.
- 25) 体育科学センター(編), *健康づくり運動カルテ*, 講談社, 1980, pp. 33—48.
- 26) 東京都立大学身体適性学研究室編, *日本人の体力標準値*, 第二版, 不昧堂出版, 1975, pp. 446.
- 27) 豊岡示朗・高橋篤志「女子中距離選手の身体的並びに生理学的プロフィール」*大阪体育大学紀要*, 13: 45—53, 1982.