

# 女子大学生の有酸素的作業能と無酸素性作業閾値について

## Aerobic work capacity and anaerobic threshold in female university student

池上久子\*<sup>1</sup> 池上康男\*<sup>2</sup> 袖山 紘\*<sup>3</sup>  
安藤好郎\*<sup>4</sup> 三浦望慶\*<sup>5</sup>

Hisako IKEGAMI \*<sup>1</sup>, Yasuo IKEGAMI \*<sup>2</sup>, Hiroshi SODEYAMA \*<sup>3</sup>,  
Yoshiro ANDOU \*<sup>4</sup>, Mochiyoshi MIURA \*<sup>5</sup>

The method determining the training intensity for aerobic exercise by utilizing anaerobic threshold were investigated. Thirty female university students (nonathletes) and fifteen female varsity distance runners (athletes) was employed as subjects. Incremental loading maximal treadmill exercise test were conducted for all the subjects. Oxygen and carbon dioxide concentrations of expired gas, ventilation ( $\dot{V}E$ ), heart rate and running speed were measured continuously by computerized automatic measurement system throughout the exercise test. Oxygen uptake ( $\dot{V}O_2$ ) and production of carbon dioxide ( $\dot{V}CO_2$ ) were calculated automatically by the computer of the system using these variables obtained during exercise test. Two kinds of anaerobic thresholds (T1 and T2) for each subject were also identified by two ventilatory equivalents,  $\dot{V}E/\dot{V}O_2$  and  $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ , respectively. Oxygen uptake, running speed and heart rate at each threshold were also determined and the relationships between these parameters and the levels of anaerobic thresholds for each subjects were investigated.

The results were summarized as follows.

- 1) The mean values of maximal oxygen uptake and maximal heart rate for the two groups were 43.9 and 58.3ml/kg/min, 195 and 192beat/min, respectively. There was a significant difference for mean values of maximal oxygen uptake between the two groups. The difference of mean values for maximal heart rate of two groups was not significant.
- 2) The mean values of oxygen uptake and running speed at T1 and T2 were 24.4ml/kg/min and 110m/min at T1, 32.5ml/kg/min and 145m/min at T2 for nonathletes, and 38.0ml/kg/min and 184m/min at T1, 46.8ml/kg/min and 223m/min at T2 for athletes, respectively. There were significant differences between the groups for these two parameters at both T1 and T2.
- 3) Quite similar values of mean heart rate at T1 and T2 for the two groups (150, 156, 172 and 173beat/min) were obtained and the differences between the groups were not significant.

These results indicated that heart rate responses at anaerobic thresholds were almost equal for both athletes and nonathletes in running exercise. Furthermore, these results suggested that the training intensity of an aerobic exercise should be easily set at anaerobic threshold level by using heart rate as a criterion of exercise intensity.

### 目 的

身体運動に伴うエネルギー産生は、有酸素性代謝によるものと、無酸素性代謝によるものとがある。安静状態から負荷を漸増していき、最大強度の運動に至るまでに、エネルギー獲得のための代

謝は、有酸素性から無酸素性へと移行してゆく。近年、この無酸素性代謝に移行してゆく際に血中での乳酸濃度が著しく増加する点をもって、有酸素性作業能を評価することが提唱されている。この移行点は、無酸素性作業閾値 (Anaerobic Threshold : AT) と呼ばれ、筋繊維組成<sup>4)</sup>、筋の呼吸能

\*<sup>1</sup>名古屋聖霊短期大学 \*<sup>2</sup>名古屋大学 \*<sup>3</sup>金城学院大学 \*<sup>4</sup>中京大学 \*<sup>5</sup>上越教育大学  
\*<sup>1</sup>Nagoya Holy Spirit Junior College \*<sup>2</sup>Nagoya University \*<sup>3</sup>Kinjo Gakuin University \*<sup>4</sup>Chukoyo University  
\*<sup>5</sup>Toetsu University of Education

力<sup>16)</sup>、酵素活性<sup>5)</sup>に大きく関連していることが報告されている。さらに、ATは持久的な競技におけるパフォーマンスと高い相関があることも報告され<sup>21,26,34)</sup>、注目されている。

血中での乳酸は、運動が負荷されるに従い安静レベルから増加していき、その際代謝性アシドーシスを補償するために換気量や、酸素摂取量が増加する等の生理的反応が起きる。1964年に Wasserman ら<sup>36)</sup>は、これらの反応に注目し、呼吸応答曲線の変化点から非観血的にATを測定する方法を報告した。このATを呼吸応答から求める方法は、その後 Skinner ら<sup>31)</sup>を始め多くの研究者によって検討確立されてきた<sup>19,27,37)</sup>。ATの測定法が確立されるに伴い、ATをトレーニングに応用するための研究も行なわれるようになってきた。

従来は、持久性能力を高めるためのトレーニング強度の最も良い指標として、最大酸素摂取量に対する割合(% $\dot{V}O_2max$ )が利用されてきた。しかし、近年になって身体エネルギー発生過程の指標でもあるATを基準に負荷強度を設定し、持久性トレーニングを行なった方がより高い効果が得られることが報告されている<sup>10,11,13,14,18,19,21,23,26,28,30,32,38)</sup>。しかし、学校体育や社会体育の場において大人数の集団に持久性トレーニングを実施する場合、呼吸応答から求める方法にしろ、各個人のATを測定することは、多大の時間と人手を必要とする。

そこで本研究では、持久性能力の異なる一般女子大学生と女子陸上中長距離選手を対象とし、漸増負荷運動時に連続的に測定した呼気ガス変数からATを求めた。そしてAT時の $\dot{V}O_2$ 、心拍数、走速度について一般女子大学生と、陸上中長距離

選手とを比較検討することにより、大人数の集団に対するATレベルを基準にした負荷強度を決定するための資料を得ることを目的とした。

## 方 法

### 1. 被験者

被験者は、日頃特別な運動を定期的に行っていない一般女子大学生30名(以下一般女子と略す)と大学生女子陸上中長距離選手15名(以下陸上選手と略す)であった。被験者の年齢、身長および体重について、表1に示した。本研究の被験者は同年齢の女子として平均的な体格を有する者であった。

### 2. 運動負荷テスト

各被験者を、トレッドミルを用いて速度漸増法により、疲労困憊に至るまで走らせた。一般女子には、1分間立位安静の後、80m/minの速度で2分間歩行を行なわせ、その後1分毎に10m/minずつ増速し、110m/min又は120m/minの速度から走らせ始め、疲労困憊に至るまで運動を行なわせた。一方、陸上選手には、1分間立位安静の後、150m/minの速度で2分間走らせ、その後270m/minの速度に至るまで1分毎に10m/minずつ増速した。そして270m/minの速度で1分間走らせた後にトレッドミル傾斜角度を3%にして、同速度で1分間走らせた。その後は、3%の傾斜角度のまま1分毎に10m/minずつ速度を上げ、疲労困憊に至るまで走らせた。

実験中、連続的に呼気ガスおよび心拍数を測定した。呼気ガスは、池上ら(1983)<sup>15)</sup>によって開発された呼気ガスを連続的に測定可能な酸素摂取量連続測定システムを用いて測定した。これらの値から、呼気ガスパラメータとして換気量( $\dot{V}E$ )、酸素摂取量( $\dot{V}O_2$ )、炭酸ガス排出量( $\dot{V}CO_2$ )、呼吸商(RQ)、酸素換気当量( $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ )および炭酸ガス換気当量( $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ )を30秒ごとに求めた。

心拍数は胸部双極誘導によって得られた心電図の記録から求めた。

測定は、室温23度、湿度60%に設定された人工気候室で行なった。

Table 1. Physical characteristics of subjects

Subject	n	Mean±SD		
		Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)
Non athletes	30	18.33 ±0.66	158.92 ±3.75	51.55 ±5.32
Athletes	15	19.60 ±1.30	157.74 ±4.25	49.34 ±3.10

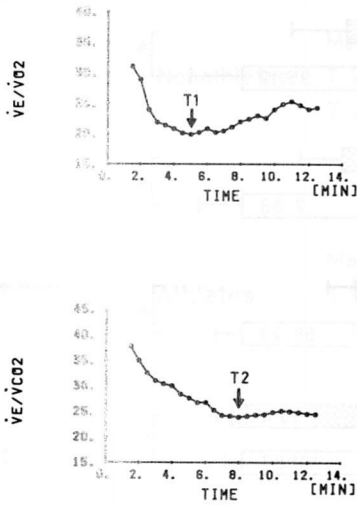


Fig. 1. Identification of anaerobic thresholds (T1, T2).  
(See text)

### 3. ATの決定

ATの呼気ガスパラメータからの決定方法について図1に示した。エネルギー代謝の第1の変化点として(T1), 酸素換気当量が最小となることを求めた<sup>6,13)</sup> (Wassermanら<sup>36,37)</sup>, Davisら<sup>9,10)</sup>, Reienhardら<sup>27)</sup>によってATとして求められている)。また第2の変化点として(T2), 炭酸ガス換気当量が最小となることを求めた<sup>2,3,17,24)</sup> (Kindermanら<sup>19)</sup>, SkinnerとMcLellan<sup>31)</sup>がATとして求めている)。T2の決定において $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ のみでは明確に決定できない場合は、換気量の非直線の上昇点<sup>1,8,11,12,14,24)</sup>を併用した。

## 結 果

### 1. 運動中の呼気ガスパラメータの変化

図2に被験者Aについて呼気ガスパラメータの変化の1例を示した。

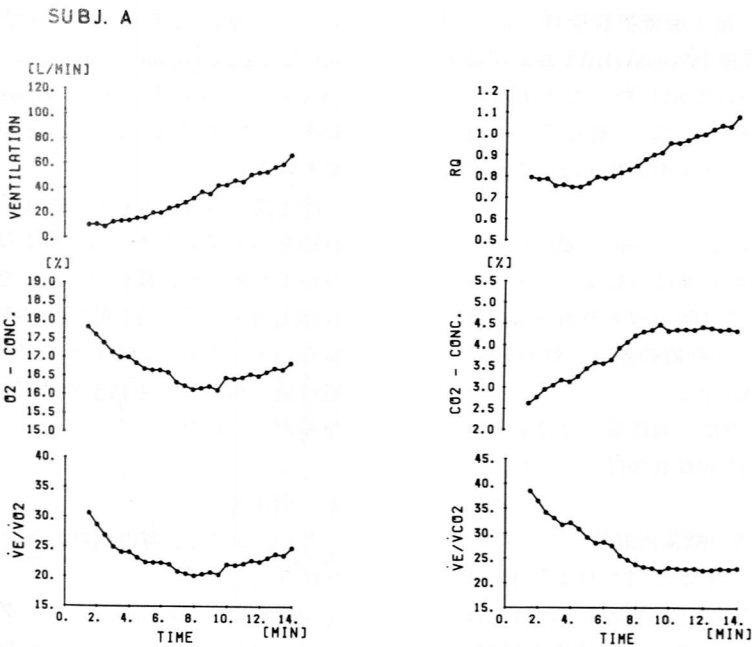


Fig. 2. Changes in respiratory parameters during an exercise test.

\* P < 0.005  
N.S. Not Significant

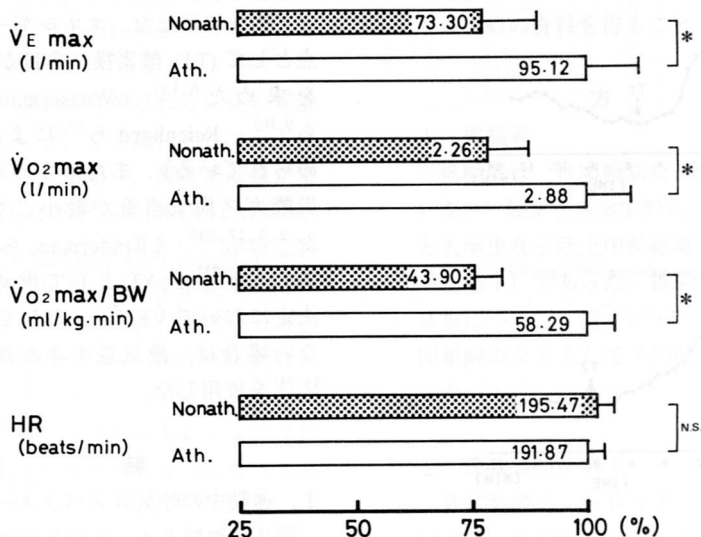


Fig. 3. Comparison of  $\dot{V}_E \text{ max}$ ,  $\dot{V}_{O_2} \text{ max}$ ,  $\dot{V}_{O_2} \text{ max/BW}$  and HRmax between the two groups.

## 2. 最大有酸素的作業能力

図3には、一般女子と陸上選手の両群における最大換気量 ( $\dot{V}_E \text{ max}$ ), 最大酸素摂取量 ( $\dot{V}_{O_2} \text{ max}$ ), 体重当り最大酸素摂取量 ( $\dot{V}_{O_2} \text{ max/BW}$ ) および最大心拍数 (HRmax) について示した。この図は陸上選手の平均値を100%として、一般女子の平均値を相対値で示した。グラフ中の数字は、それぞれの絶対値を示している。

$\dot{V}_E \text{ max}$ ,  $\dot{V}_{O_2} \text{ max}$  および  $\dot{V}_{O_2} \text{ max/BW}$  においては、陸上選手の方が明らかに一般女子に比べ高い値を示し、一般女子では陸上選手の約75%の値であった。両群のこれらの値の差は、統計的にも0.5%水準で有意であった。

しかし最大心拍数では、両群間ではほとんど差がみられず、統計的にも有意差はなかった。

## 3. T1 および T2 時の酸素摂取量

図4には、 $\dot{V}_{O_2} \text{ max/BW}$  と T1 および T2 時の酸素摂取量 ( $\dot{V}_{O_2}$ ) を示した。グラフ中の数字は、両群それぞれの  $\dot{V}_{O_2} \text{ max/BW}$  の平均値を100%として、T1 および T2 時の  $\dot{V}_{O_2}$  を相対値 (% $\dot{V}_{O_2} \text{ max}$ )

で示している。

一般女子の  $\dot{V}_{O_2}$  は、T1 時で 24.4ml/kg.min で、55.7% $\dot{V}_{O_2} \text{ max}$  であり、T2 時では、32.5ml/kg.min で 74.2% $\dot{V}_{O_2} \text{ max}$  であった。一方、陸上選手の  $\dot{V}_{O_2}$  は、T1 時で 38ml/kg.min、65.2% $\dot{V}_{O_2} \text{ max}$  であり、T2 時では、46.8ml/kg.min、80.6% $\dot{V}_{O_2} \text{ max}$  であった。

陸上選手の  $\dot{V}_{O_2} \text{ max}$  が一般女子に比べ有意に高い値を示していたが、T1 および T2 時の  $\dot{V}_{O_2}$  についても明らかに高い値を示した。また相対値でも陸上選手の方が T1 時で約10%、T2 時で約%高い値であった。T1 および T2 時において、絶対値、相対値ともに両群間に0.5%水準で有意な差が見られた。

## 4. 走速度

T1 および T2 時の両群のランニングスピードを図5に示した。

一般女子の T1 時のランニングスピードの平均値は、110m/min、T2 時では 145m/min であった。一方陸上選手では T1 時のランニングスピード

\*  $P < 0.005$

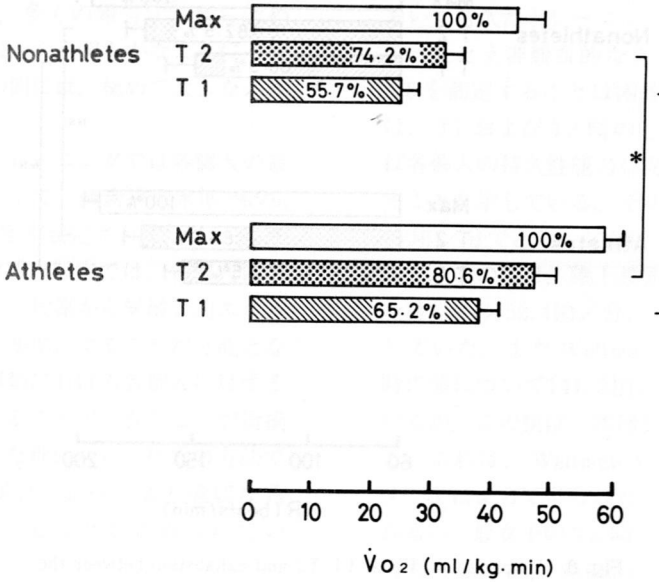


Fig. 4. Comparison of  $\dot{V}O_2$  at T1, T2 and exhaustion between the two groups.

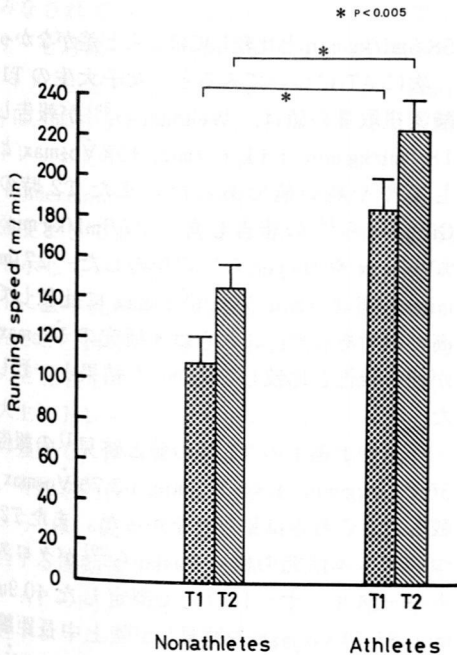


Fig. 5. Comparison of running speed at T1 and T2 between the two groups.

下の平均値は 184m/min, T2 時では 223m/min と高い値であった。両群間のランニングスピードには、非常に大きな差がみられ、統計的にも T1 および T2 時とも 0.5% 水準で有意な差が見られた。

### 5. 心拍数

図 6 に、最高心拍数 (HRmax) と T1 および T2 時の心拍数を示した。グラフ中の数字は、両群それぞれの最高心拍数の平均値を 100% として、T1 および T2 時の心拍数の相対値を示している。

一般女子では T1 時で 150.3 拍/分, T2 時で 172.1 拍/分であり、最高心拍数に対してそれぞれ 66.3%, 82.5% であった。一方陸上選手の T1 時で 155.5 拍/分, T2 時で 173.3 拍/分であり、相対値はそれぞれ 72.5%, 86.0% であった。両群の T1 および T2 時の心拍数に関して、絶対値、相対値ともに差が少なく、統計的にも有意差は見られなかった。

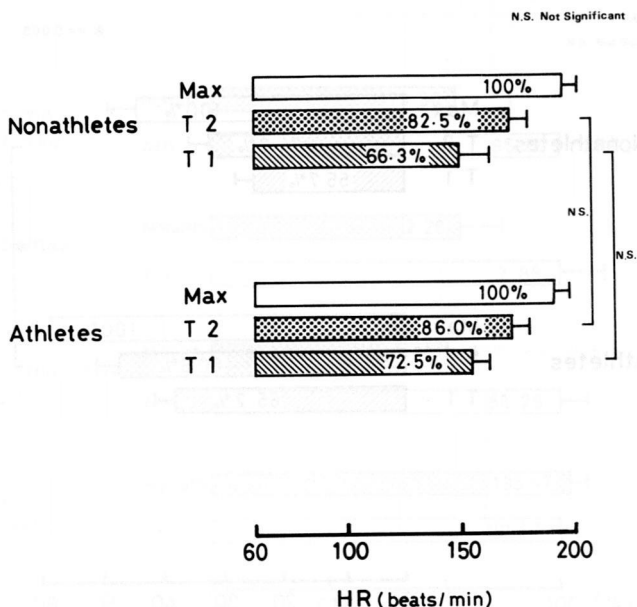


Fig. 6. Comparison of HR at T1, T2 and exhaustion between the two groups.

考 察

本研究では、一般女子と、陸上選手を対象とし、トレッドミルによる最大運動負荷テストによって、有酸素的作業能およびATを測定した。一般女子の $\dot{V}O_2max$ の値は、小林<sup>20)</sup>の19才の女子の値1.89 l/min, 36.2ml/kg-minと比較するとかなり高い値であった。また小林<sup>20)</sup>のAerobic Powerに基づく体力評価区分の基準値からみると、Very Goodに位置していた。今回対象とした一般女子は、現在運動部などに所属して活動をしているものは少ないが、中学校や高校では運動部で活躍していたり、今回の実験にも進んで参加をしたり、運動を行なうことが好きである者が多かった。このような結果からみて、今回測定した一般女子は、女子大生の中でも平均以上の有酸素的能力を維持している者が大半であったと見られる。

一方陸上選手の $\dot{V}O_2max$ の値は、跡見<sup>1)</sup>によって測定された陸上中長距離選手の値2.9 l/min,

58.5ml/kg-minと比較してほとんど差がなかった。次にATについてみると、女子大生のT1時の酸素摂取量の値は、Weltmanら<sup>35)</sup>が報告した、18.1ml/kg-min, 1.11 l/min, 49% $\dot{V}O_2max$ と比較してやや高い値であった。またT2時の値もGibbonsら<sup>14)</sup>の報告した、27.6ml/kg-min, 72.4% $\dot{V}O_2max$ やDwyerら<sup>12)</sup>の報告した、27.0ml/kg-min, 1.56 l/min, 70.1% $\dot{V}O_2max$ と比較してやや高い値であった。これらは本研究の $\dot{V}O_2max$ の値が他の報告と比較して高かった結果と一致していた。

一方陸上選手のT1時の値と跡見<sup>1)</sup>の報告した36.2ml/kg-min, 1.84 l/min, 63.7% $\dot{V}O_2max$ と比較したところ差は見られなかった。またT2についても本研究の値はRuskoら<sup>29)</sup>がクロスカントリースキーヤーについて測定した40.9ml/kg-min, 85.7% $\dot{V}O_2max$ や跡見<sup>1)</sup>が陸上中長距離選手について測定した48.3ml/kg-min, 84.9% $\dot{V}O_2max$ (いずれも血中乳酸4mmol/lで決定した値)と



比較して殆ど差は見られなかった。

AT時の $\dot{V}O_2$ 、走速度等は、持久的競技者ほど高い値を示すことは、多くの報告<sup>7,25)</sup>から認められているが、本結果からも明かなように一般女子と、陸上選手との間には、極めて大きな差が見られた。

これまで、持久性トレーニングでは各個人の最大酸素摂取量を求めた上で、酸素摂取水準(% $\dot{V}O_2$  max)を基準に負荷強度が設定されていた。しかしATを基準にした負荷の設定では、各個人における有酸素的エネルギー代謝から無酸素的エネルギー代謝への転換点を基準にすることが可能となる。従って有酸素的運動における各個人に対する至適な負荷強度を与えることができることが指摘されている。このような理由から、従来の方法で負荷強度を設定した場合に比べ、より適切な負荷強度の設定がなされることが認められている。<sup>11,14,19)</sup>

今回の測定で求めたT1時は、無酸素性代謝の始まる点で、有酸素性代謝の上限であるとされている。またT2時は、定常状態が成立する最高水準とみなされている。LaFontaineら<sup>22)</sup>は、男子ランナーを対象に、2種類の走速度で10分間トレッドミル走を実施し、Maximal Steady State (MSS)は、血中乳酸濃度が2.2mmol/lに達した時点のトレッドミルスピードであることを報告した。またKindermannら<sup>19)</sup>は選手のためのトレーニング強度として血中乳酸濃度4mmol/l時の運動強度を示しているが、Stegmannら<sup>32)</sup>は、ボート選手に血中乳酸濃度4mmol/l時の運動強度を課したところ14分しか運動を続けることができなかつたと報告した。さらに、Gibbonsら<sup>14)</sup>は、女子大生にトレッドミルを用いてT2レベルの心拍数の強度で、20分間のトレーニングを実施した結果、有酸素的作業能の向上を報告した。一方、Danisら<sup>9)</sup>は、成人男子に、本研究のT1レベルに相当する運動強度で、1時間のトレーニングを行ないATの向上を報告した。これらの報告では持久性トレーニングの運動強度は、T1とT2時の範囲内に設定されている。

このように、ATを基準に負荷強度を設定する

ことによって、より効果的なトレーニングの結果が報告されているが、学校体育や社会体育の場合、たとえ非観血的方法にしても、各個人のATを測定することは困難である。本研究の結果は、T1およびT2時の心拍数が、同年齢であれば各個人の持久性能力に関係なくほぼ同じ値であることを示している。その値は、T1時でおよそ150拍/分であり、T2時でおよそ170拍/分であった。この値は、陸上長距離選手について報告した跡見<sup>1)</sup>の152.4拍/分、169.5拍/分によく一致していた。またWeltmanら<sup>35)</sup>は一般女子のT1時の値について141.2拍/分であったと報告しているが、この値は、本研究に比べやや低い値である。これは、Weltmanらの値は、自転車エルゴメータによって得られたことによるためと考えられる。一般女子のT2時の値を報告したものは見当たらないが、Skinnerら<sup>31)</sup>はT2時の心拍数は160~180拍/分の範囲にあることを示唆している。仮に本研究の被験者に対し、トレーニング強度を160拍/分に設定して運動を行なった場合について考えてみる。160拍/分の強度がT1時を下まわる者は、陸上選手では2名、一般女子では5名で、全体の15.6%の者がやや低い強度となる。またT2時を越える者は陸上選手では見られなかったが、一般女子では3名で全体のわずか6.7%の者がやや高い強度となる。しかし、160拍/分の強度でトレーニングを行なった場合、約80%の者に対してはATレベルのトレーニング強度となり、十分なトレーニングの効果が期待できる強度であると言える<sup>23,32)</sup>。

本研究から、女子大生等の集団を対象に行なう持久性トレーニングの強度は、心拍数が160拍/分あたりを基準にして設定することによって至適強度が得られることが明らかとなった。

## ま と め

本研究は、一般女子大学生と女子陸上中長距離選手を対象として、最大有酸素的作業能力と連続的に測定された呼吸応答曲線からAT(T1, T2)を求めた。そして、両群間でAT時の諸量を比較検

討することにより、持久性トレーニング強度を決定する指標を探ろうと試みた。

1. 最大酸素摂取量については、一般女子が43.9ml/kg·min、陸上選手が58.29ml/kg·minであり、両群間で0.5%水準で有意差が見られた。
2. 最大心拍数については、一般女子が195拍/分、陸上選手が192拍/分と両群間で差がなかった。
3. ATレベルの酸素摂取量は、一般女子のT1時では、24.4ml/kg·min、55.7% $\dot{V}O_2max$ であり、T2時では、32.5ml/kg·min、74.2% $\dot{V}O_2max$ であった。一方陸上選手のT1時の値は、38.0ml/kg·min、65.2% $\dot{V}O_2max$ であり、T2時では、46.8ml/kg·min、80.6% $\dot{V}O_2max$ であった。両群間でAT (T1, T2)時の酸素摂取量は、絶対値、相対値ともに0.5%水準で有意差が見られた。
4. ATレベルの走速度は、一般女子のT1時では110m/min、T2時で145m/minであり、陸上選手のT1時で184m/min、T2時で223m/minと両群間のAT (T1, T2)時の走速度には、0.5%水準で有意差が見られた。
5. ATレベルの心拍数は、一般女子のT1時で150拍/分、T2時で172拍/分であり、陸上選手のT1時で156拍/分、T2時で173拍/分であった。両群間でAT (T1, T2)時の心拍数には有意差が見られなかった。
6. 本研究の結果から、女子大生の持久性トレーニング強度を、ATを基準とした心拍数によって設定する場合、160拍/分前後で至適強度が得られることが示唆された。

## 文 献

- 1) 跡見順子：女子陸上競技選手の有酸素的エネルギーとその利用—血中乳酸からみたエネルギーの利用—, 昭和56年日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, 82-94, 1981.
- 2) 跡見順子：女子陸上競技選手の有酸素的エネルギーとその利用 第2報—男女中長距離選手の Anaerobic Threshold (AT)—, 昭和57年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, 45-82, 1982.
- 3) 跡見順子：女子中長距離選手 Anaerobic Threshold に関する短期縦断的研究, 昭和58年日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, 66-72, 1983.

- 4) Baldwin, K. M., P. J. Campbell, and D. A. Cooke : Glycogen, lactate, and alanine changes in muscle fiber types during graded exercise. *J. Appl. Physiol.* 43 (2), 288-291, 1977.
- 5) Bonen, A., C. J. Campbell, R. L. Kirby, and A. N. Belcastro : Relationship between slow-twitch muscle fibers and lactic acid removal. *Canad. J. Appl. Sport Sci.* 3, 160-162, 1978.
- 6) Caiozzo, V. J., J. A. Davis, J. F. Ellis, J. L. Azus, R. Vandagriff, C. A. Prietto, and W. C. McMaster : A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *J. Appl. Physiol.* 53 (5), 1184-1189, 1982.
- 7) Costill, D. L. : Metabolic responses during distance running. *Physiol.* 28 (3), 251-255, 1970.
- 8) Davis, H. A. : Anaerobic threshold and lactate turn-point. *Eur. J. Appl. Physiol.* 50, 383-392, 1983.
- 9) Davis, J. A., P. Vodak, J. H. Wilmore, J. Vodak, and P. Kurtz : Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J. Appl. Physiol.* 41 (4), 544-550, 1976.
- 10) Davis, J. A., M. Frank, B. Whipp, and K. Wasserman : Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. *J. Appl. Physiol.* 46 (6), 1039-1046, 1979.
- 11) Denis, C. : Effect of 40 weeks of endurance training on the anaerobic threshold. *Int. J. Sports Med.* 3 (4), 208-214, 1982.
- 12) Dwyer, J., and R. Bybee : Heart rate indices of the anaerobic threshold. *Med. Sci. Sports Exerc.* 15 (1), 72-76, 1983.
- 13) Farrell, P. A., J. H. Wilmore, E. F. Coyle, J. E. Billing, and D. L. Costill : Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med. Sci. Sports.* 11 (4), 338-344, 1979.
- 14) Gibbons, E. M., G. T. Jessup, T. D. Wells and D. A. Werthmann : Effects of various training intensity levels on anaerobic threshold and aerobic capacity in females. *J. Sports Med.* 23, 315-318, 1983.
- 15) 池上康男, 宮村実晴, 松井秀治, 齊藤 満 : 有酸素素及び無酸素的作業能力の連続測定システムの開発, デサントスポーツ科学, 1 (4), 137-145, 1983.
- 16) Ivy, J. L., R. T. Withers, P. J. Van Handel, D. H. Elger, and D. L. Costill : Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *J. Appl. Physiol.* 48 (3), 523-527, 1980.
- 17) 泉 一郎, 石河利寛 : 思春期少年の乳酸性閾値, 体育学研究, 28 (4), 309-314, 1984.
- 18) Jacobs, I., B. Sjödén, P. Kaiser, and J. Karlsson : Onset of blood lactate accumulation after prolonged exercise. *Acta Physiol. Scand.* 112, 215-217, 1981.



- 19) Kindermann, W., G. Simon, and J. Keul : The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 42, 25-34, 1979.
- 20) 小林寛道 : 日本人のエアロビックパワー—加齢による体力推移とトレーニングの影響—, 杏林書院, 1982, 258-268.
- 21) Kumagai, K., Tanaka, Y., Matsuura, A., Matsuzaka, K., Hirakoba, and K. Asano : Relationships of the anaerobic threshold with the 5km, 10km, and 10mile races. *Eur. J. Appl. Physiol.* 49, 13-23, 1982.
- 22) LaFontain, T. P., B. R. Londerss, and W. K. Spath : The maximal steady state versus selected running events. *Med. Sci. Sports Exerc.* 13 (3), 190-192, 1981.
- 23) 三浦望慶, 吉村篤司, 袖山 紘, 橋本 勲, 池上久子, 安藤好郎 : 有酸素運動における一般青年男子の運動強度について, 上越教育大学研究紀要, 6 (3), 229-241, 1987.
- 24) 根本 勇, 宮下充正 : Aerobic threshold と Anaerobic threshold. *体育の科学*, 30 (11), 834-840, 1980.
- 25) Parkhouse, W. S., D. C. McKenzie, E. C. Rhodes, D. Dunwoody, and P. Wiley : Cardiac frequency and anaerobic threshold. *Eur. J. Appl. Physiol.* 50, 117-123, 1982.
- 26) Powers, S. K., S. Dodd, R. Deadson, R. Byrd, and T. Mcknight : Ventilatory threshold, running economy, and distance running performance of trained athletes. *Res. Q. Exer. Sport*, 54, 179-182, 1983.
- 27) Reinhard, U., P. H. Müller, and R. -M. Schülling : Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. *Respiration*, 38, 36-42, 1979.
- 28) Rivera, M. A., K. F. Metz, and R. Robertson : Metabolic and performance responses to anaerobic threshold and high intensity training. *Med. Sci. Sports*, 12, 125, 1980.
- 29) Rusko, H., P. Rahkila, and E. Karvinen : Anaerobic threshold, skeletal muscle enzymes and fiber composition in young female crosscountry skiers. *Acta. Physiol. Scand.* 108, 263-268, 1980.
- 30) Sjödin, B., I. Jacobs, and J. Svedenhag : Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. *Eur. J. Appl. Physiol.* 49, 45-57, 1982.
- 31) Skinner, J. S., and T. H. McLellan : The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res. Quart.* 51 (1), 234-248, 1980.
- 32) 袖山 紘, 三浦望慶, 三浦和子, 池上久子, 吉村篤司, 安藤好郎, 橋本 勲 : 女子大学生の有酸素的作業能力とトレーニング, 金城学院大学論集, 111人間科学編, 10, 1-14, 1985.
- 33) Stegmann, H. and W. Kindermann : Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4mmol · l<sup>-1</sup> lactate. *Int. J. Sports Med.* 3, 105-110, 1982.
- 34) Tanaka, K., and Y. Matsuura : Marathon performance, anaerobic threshold, and onset of blood lactate accumulation. *J. Appl. Physiol.* 57, 640-643, 1984.
- 35) Weltman, A., V. Katch, S. Sady, and P. Freedson : Onset of metabolic acidosis (anaerobic threshold) as a criterion measure of submaximum fitness. *Res. Quart.* 49, 218-227, 1978.
- 36) Wasserman, K. and M. B. McIlroy : Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am. J. Cardiol.* 14, 844-852, 1964.
- 37) Wasserman, K., B. J. Whipp, S. N. Koyal, and W. L. Beaver : Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J. Appl. Physiol.* 35 (2), 236-243, 1973.
- 38) Yoshida, T., Y. Suda, and N. Takeuchi : Endurance training regimen based upon arterial blood lactate : effect on anaerobic threshold. *Eur. J. Appl. Physiol.* 49, 223-230, 1982.

(昭和63年2月2日受付)

