

## 女子アスリートにおけるトレッドミル走行または歩行による $VO_2$ -kinetics での運動能力の評価

田中 繁宏\*, 垂井 彩未\*, 渡辺 好美\*, 廣瀬由美子\*, 四元 美帆\*\*, 中村真理子\*\*\*

\* (武庫川女子大学健康スポーツ科学科)

\*\* (履生社学園コミュニティ・スポーツ専門学校)

\*\*\* (筑波大学大学院博士課程人間総合科研究所スポーツ医学専攻)

## Evaluation of exercise performance by oxygen uptake kinetics during treadmill running or walking in female athletes

Shigehiro Tanaka\*, Saimi Tarui\*, Yoshimi Watanabe\*  
Yumiko Hirose\*, Miho Yotsumoto\*\*, Mariko Nakamura\*\*\*

\* *School of Letters Department of Health and Sports Sciences,  
Mukogawa Women's University, Nishinomiya 663-8558, Japan*

\*\* *Riseisya College for Community and sports, Yodogawa, Osaka Japan*

\*\*\* *Graduate School of Comprehensive Human Sciences University of Tsukuba*

### Abstract

To evaluate the exercise performance of the time constant in the  $VO_2$ -kinetics in female athletes, we made examination of  $VO_2$  max and the oxygen uptake kinetics ( $VO_2$ ) during treadmill running (seven females) or walking (eight females). In the study of the treadmill running, the time constant of the  $VO_2$ -kinetics was significantly correlated with  $VO_2$  max. In the study of the treadmill walking, however the time constant of the  $VO_2$ -kinetics was not significantly correlated with  $VO_2$  max. Our results suggest that the time constant of  $VO_2$ -kinetics may perform something different from anaerobic threshold or  $VO_2$  max that are widely used as exercise performance.

### はじめに

心・肺疾患患者の運動能力の評価に定常運動時の  $VO_2$ -kinetics の有用性が報告されている<sup>1), 2), 3)</sup>.  $VO_2$ -kinetics における時定数は、ステップ負荷に対する酸素摂取量の応答の速さを表示し、主に心・循環器系による酸素輸送の能力や活動筋での酸素利用の能力を反映すると考えられている。これら患者群の研究<sup>1), 2), 3)</sup>において、運動能力が優れているほど時定数は短縮していると考えられる。今回、我々は若年女性アスリートにおいて、トレッドミルでの低強度(歩行)および高強度(走行)での定常負荷試験による  $VO_2$ -kinetics の時定数に及ぼす影響を検討した。

### 対象と方法

対象は女性アスリートにおける低強度定常負荷検査群 8 名(A 群)(Table 1.)、女性アスリートにおける高強度定常負荷検査群 7 名(B 群)(Table 2.)。両群共に、まずトレッドミル(Biomill: エスエンドエムイー社製、東京 中野、日本)を用いて最大酸素摂取量を測定した。呼気ガス分析器( $VO_2000$ : エスエンドエムイー社製、東京 中野、日本)を装着し、酸素摂取量などの換気代謝諸量を連続測定した。呼気ガスはプレスバイプレスで記録した<sup>4)</sup>。さらに、心拍数はフクダ電子社製心拍計(DYNASCOPE, DS-5200: 東京、日本)により連続モニターした。安静

3分, ウォーミングアップ3分の後, トレッドミルによる漸増負荷で疲労困憊に至るまで運動した. 漸増負荷は160m/分の一定スピードで, 勾配は0%から1分毎に1%増加させた.

**Table 1.** Anthropometric and oxygen consumption data in group A

Characteristics of eight subjects

Height(cm)	Weight(kg)	BMI	Age(yr)
160.9±5.3	58.3±6.1	22.6±3.0	21±1

mean±SD

Oxygen consumption in 80m/min steady-state walking

VO <sub>2</sub> (L/min)	VO <sub>2</sub> (ml/min/kg)	VE (L/min)	HR (beats/min)
0.38±0.05	6.80±0.91	12.4±1.12	94±2

mean±SD, n=8

The result of VO<sub>2</sub> max measurement

VO <sub>2</sub> (L/min)	VO <sub>2</sub> (ml/min/kg)	VE (L/min)	HR (beats/min)
2.95±0.58	50.95±9.9	99.52±14.98	184±10

mean±SD, n=8

**Table 2.** Anthropometric and oxygen consumption data in group B

Characteristics of seven subjects

Height(cm)	Weight(kg)	Age(yr)
157.1±5.6	50.8±3.1	19±1

mean±SD

Oxygen consumption in 200m/min steady-state running

VO <sub>2</sub> (L/min)	VO <sub>2</sub> (ml/min/kg)	VE (L/min)	HR (beats/min)
2.93±0.06	54.7±12.0	83.09±1.99	165±2

mean±SD, n=7

The results of VO<sub>2</sub> max measurement

VO <sub>2</sub> (L/min)	VO <sub>2</sub> (ml/min/kg)	VE (L/min)	HR (beats/min)
3.57±0.36	70.2±5.9	110.73±15.87	182±11

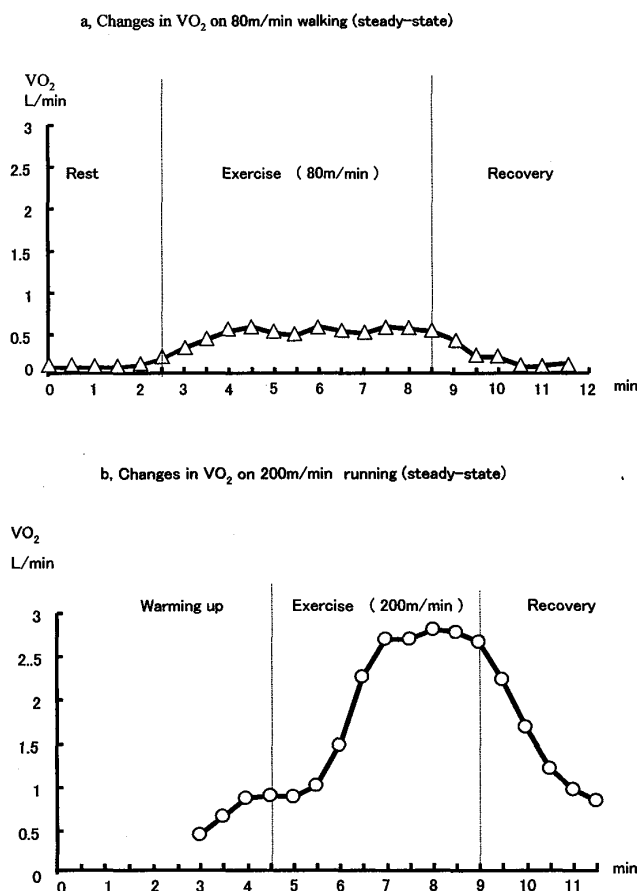
mean±SD, n=7

定常運動負荷試験は, A群では呼気ガス分析器, 心拍計を用い, トレッドミルによる80m/分の定常負荷を6分間施行し, 時定数( $\tau$ (時定数)):下式

から算出)を解析測定した(Fig. 1 a:1例におけるVO<sub>2</sub>の変化量)(Table 1.). 運動前に3分間の立位安静時間を設定した. 立位安静の後, トレッドミルを作動させ, 直ちに歩行を開始した. 運動後にも3分間の安静回復時間を設定した. A群では軽度な運動なので, ウォーミングアップおよびクールダウンは設けなかった.

B群では, 呼気ガス分析器および心拍計を用い, トレッドミルによる高強度の定常負荷を3分間施行し, 時定数を解析した( $\tau$ :下式から算出). 運動前に3分間の立位安静時間を設定した. 立位安静の後, 3分間のウォーミングアップ(70m/分)をとり, トレッドミルのスピードは200m/分で, 勾配はそれぞれ最大酸素摂取量測定時の最終勾配の2%下で3分間走った. 3分運動の後, 3分間のクールダウン(70m/分)を設けた(Fig. 1 b:1例におけるVO<sub>2</sub>の変化量)(Table 2.).

$$Y = VO_2(\text{rest}) + \Delta VO_2(1 - e^{-(t-TD)/\tau})$$



**Fig. 1.** Changes in oxygen consumption on steady state studies

### 解析処理

トレッドミルによる A 群 (80m/分) および B 群 (200m/分) の定常負荷での VO<sub>2</sub>-kinetics は、プレスバイプレスでのデータから 9 呼吸毎の移動平均により評価した。時定数は、A 群では安静時、B 群ではウォーミングアップ後の VO<sub>2</sub> をベースラインとして、運動開始時の VO<sub>2</sub> の反応の立ち上がり、指数関数として算出した<sup>5), 6)</sup>。最大酸素摂取量と時定数の相関の検定はピアソンの相関係数を用いた。

### 結果

各定常運動負荷試験における最大酸素摂取量と時定数との相関は A 群では認められなかったが (Fig. 2 a), B 群では有意に逆相関した (Fig. 2 b)。

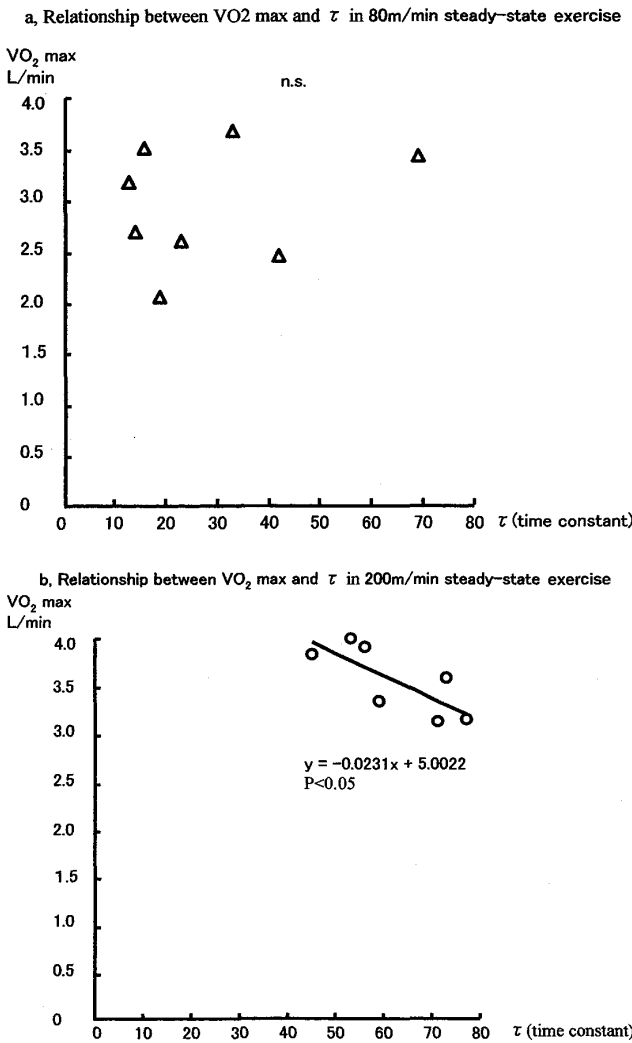


Fig. 2. Relationship between oxygen consumption and time constant (a, b)

### 考察

VO<sub>2</sub>-kinetics の時定数は、B 群では最大酸素摂取量が大きいほど短縮し、運動能力を反映すると考えられた。一方、A 群では時定数は最大酸素摂取量と相関しなかった。その理由として、A 群では負荷が軽すぎて、歩くような負荷量では運動能力を評価するレベルに達していないからだと考えられた。

酸素摂取量は Fick の式より、VO<sub>2</sub> = CO × (CaO<sub>2</sub> - CvO<sub>2</sub>) で表現され、定常状態を前提として、VO<sub>2</sub> は心拍出量と動静脈酸素含量較差の積で表わされる。ここで、VO<sub>2</sub>-kinetics における時定数は、ステップ負荷に対する酸素摂取量の応答の速さを示し、主に心・循環器系による酸素輸送能および活動筋での酸素利用能を反映していると考えられている。50 歳代男性における研究<sup>7)</sup>で、30 分の持久的トレーニングと 30 分の筋力トレーニングを組み合わせる 3 回/週、行い、時定数をトレーニング前後で比較検討された。その結果、トレーニング 15 日目に、時定数は 20 歳代の時定数と変化がなくなった。さらに、時定数は 30 日目、60 日目、90 日目と有意差がなかった。このことから、時定数でのトレーニング効果の判定は早い時期に効果が認められることがわかる。一般に、このような早い時期に無酸素性作業閾値や最大酸素摂取量による評価では、トレーニング効果を認めない。つまり、VO<sub>2</sub>-kinetics での時定数は最大酸素摂取量や無酸素性作業閾値とは何らかの点で異なった運動能力を示すものと考えられる。今回我々の行った研究では、先行研究<sup>1), 2), 3)</sup>と同様に最大酸素摂取量と逆相関 (B 群) し、運動能力と大いに関係した。一方、低強度 (A 群) では最大酸素摂取量と時定数は相関しなかった。これらのことから、VO<sub>2</sub>-kinetics の時定数は無酸素性作業閾値近傍で最大酸素摂取量や無酸素性作業閾値とは関係はあるが、何らかの点で最大酸素摂取量や無酸素性作業閾値とは異なった運動能力の指標である可能性が示唆された。

### 文献

- 1) Koike, A et al. *Circulation*, **91**, 1719-24 (1995)
- 2) Sietsema, KE. *Am Rev Respir Dis*, **145**, 1052-57 (1992)
- 3) 栗原直嗣他, 1993 年度呼吸不全調査研究, 125-

8(1994)

- 4) Beaver, WL et al. *J App. Physiol*, **132**, 128-32(1973)
- 5) Sietsema, KE et al, *J Appl Physiol*, **67**, 2535-41(1989)
- 6) Koike, A. et al. *J Clin Invest*, **86**, 1698-1706 (1990)
- 7) Yoshiyuki Fukuda et al, *Eur J physiol*, **443**, 690-7(2000)