V-slope 法による換気閾値の決定における負荷漸増率の重要性

中村 好 男† 玉 木 啓 一 村 岡 功

IMPORTANCE OF RAMP SLOPE ON THE DETERMINATION OF VENTILATORY THRESHOLD USING V-SLOPE METHOD

YOSHIO NAKAMURA, KEIICHI TAMAKI and ISAO MURAOKA

key words : 換気閾値, V-slope 法, ランプ運動, 漸増率, 過剰 $\dot{V}O_2$

I. 緒 言

換気閾値 (VT) は, 漸増負荷運動中の運動強度の増加に対する分時換気量あるいは二酸化炭素排出量の非直線的な上昇点として定められ⁶⁾, プレスバイプレスデータの $\dot{V}CO_2$ - $\dot{V}O_2$ グラフにおける屈曲点(V-slope 法)¹⁾として決定されることも多い. ところが, 我々は, 様々な漸増率におけるランブ運動での肺胞換気応答を検討しているうちに, 漸増率が緩徐になるにしたがって $\dot{V}CO_2$ - $\dot{V}O_2$ グラフの屈曲度が少なくなることを発見した. そこで, 本論では, その事例を紹介するとともに, 負荷の漸増率が緩徐になるほど V-slope 法による VT の決定が困難となることを報告する.

II. 方 法

被験者 (健康成人男子 1 名, 年齢 32 歳, 体重 71 kg) は, 電磁ブレーキ式自転車エルゴメーター (コンビ 232 C) によって 30, 12, 2 W/min のランブ負荷運動を行なった. 運動中の呼気ガスを連続採取し, 自動呼吸代謝測定装置 (ミナト医科学, RM 300) によって $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$ を算出した.

III. 結果と論議

図 1 に, 負荷強度の増加に対する $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$ の推移を示した. 30 W/min および 12 W/min の場合には, 強度の低い内は $\dot{V}CO_2$ の方が $\dot{V}O_2$ よりも低いが, 途中で $\dot{V}CO_2$ が非直線的な上昇を示し, 運動終了時の $\dot{V}CO_2$ は $\dot{V}O_2$ よりも高い値を示している. ところが, 2 W/min の場合には, 呼吸交換比 (RER) が 1 をわずかに上回ることがあるものの,

$\dot{V}CO_2$ は $\dot{V}O_2$ とほぼ同様の増加傾向を示し, 運動終了時の $\dot{V}CO_2$ は $\dot{V}O_2$ よりも低い値となっている. ここで, 30 W/min の試行での 160 W 近辺に見られる $\dot{V}CO_2$ の急激な上昇が, 従来認められてきた CO_2 の過剰排出を示すことになり, ここが, この被験者の VT ということになる. このような $\dot{V}CO_2$ の急上昇点は, 12 W/min の試行の 110 W 近辺に

Fig. 1. Response of O_2 uptake ($\dot{V}O_2$: solid line) and CO_2 output ($\dot{V}CO_2$: broken line) to the ramp exercises, whose slopes were 30 W/min, 12 W/min, and 2 W/min, respectively.

も認められるが、2 W/min の場合には認められず、 $\dot{V}_{CO_2}$ - $\dot{V}_{O_2}$ グラフからは VT の判定が困難になる(図 2)。

低い漸増率でのランプ運動において RER が上昇しないことは、高強度運動を継続する際に生じる過剰 $\dot{V}_{O_2}$ ⁴⁾ の影響であると解釈することもできる。しかし、その $\dot{V}_{O_2}$ が代謝性のものであるならば、それに見合った CO_2 が産出されているはずである。従来、漸増負荷運動中の乳酸蓄積は重炭酸系機構の緩衝によって過剰 $\dot{V}_{CO_2}$ を生じさせるものと考えられており、その過剰 $\dot{V}_{CO_2}$ 量と持久性能力との関連も注目されてきている⁵⁾ が、少なくともここで示した 2 W/min の事例については、過剰 $\dot{V}_{CO_2}$ が引き起こされているとはいえない。

もちろん、先行研究^{1,2,3,4)} で用いられているランプ負荷漸増率は 8 W/min から 100 W/min の範囲にあり、2 W/min という漸増率は実際の運動負荷試験で利用されるものとは思えない。しかし、一般に用いられるランプ漸増率の範囲内でも、それを小さくすると V-slope の屈曲が不明瞭にな

るだけでなく、過剰 $\dot{V}_{O_2}$ の影響で他の判定指標についても VT の決定が困難になることが十分に予想されるのである。VT を確実に判定するためにも持久性能力を検討するためにも、過剰 $\dot{V}_{CO_2}$ と過剰 $\dot{V}_{O_2}$ との発現機序を明らかにすることが必要であろう。

(受付 平成元年11月17日)

文 献

- 1) Beaver, W. L., Wasserman, K. and Whipp, B. J. (1986) : J. Appl. Physiol., **60**, 2020-2027.
- 2) Campbell, M. E., Hughson, R. L. and Green, H. J. (1989) : J. Appl. Physiol., **66**, 1104-1107.
- 3) Davis, J. A., Whipp, B. J., Lamarra, N., Huntsman, D. J., Frank, M. H. and Wasserman, K. (1982) : Med. Sci. Sports Exerc., **14**, 339-343.
- 4) Hansen, J. E., Casaburi, B., Cooper, D. M. and Wasserman, K. (1988) : Eur. J. Appl. Physiol., **57**, 140-145.
- 5) 平木場浩二, 丸山敦夫, 美坂幸治(1990) : 体力科学, **39**, 69-77.
- 6) Wasserman, K., Whipp, B. J., Koyal, S. N. and Beaver, W. L. (1973) : J. Appl. Physiol., **35**, 236-243.

Fig. 2. $\dot{V}_{CO_2}$ vs. $\dot{V}_{O_2}$ at three slopes of ramp exercise. (○ : 30 W/min, ▲ : 12 W/min, □ : 2 W/min)