

秋田大学医短紀要 6 : 119-122, 1998.

運動処方におけるDouble Product Break Pointについての検討

梶山 日出樹* 佐竹 将宏* 工藤 俊輔*
 阪井 康友** 黒澤 和生***

Examination of Double Product Break Point on Exercise Prescription

Hideki MOMIYAMA* Masahiro SATAKE* Syunsuke KUDOU*
 Yasutomo SAKAI** Kazuo KUROSAWA***

I 緒 言

近年、呼気ガス分析による換気性作業閾値 (Ventilatory Threshold, VT) や乳酸測定による乳酸性作業閾値 (Lactate Threshold, LT)、血中乳酸濃度が 4 mmol/l になる運動強度を用いた運動処方などが盛んに行われている。しかし、これらの方法による運動強度の設定には、高額な呼気ガス分析器や繰り返し観血的に血液を採取する必要が生じ、誰もが安価で簡単に行うことが困難である。このようなことから運動処方を行う現場においては、対象となる個人に換気性及び乳酸性作業閾値の運動強度を設定することが望まれていながらも必ずしも容易に行われていない現状がある。

一方、ダブルプロダクト (Double Product, 以下 DP) は従来、心筋の酸素消費量と強い相関 ($r = 0.90$) を持つことから運動中の心臓の仕事量を間接的に推測する指標として利用され

てきた。そこで、最近においては簡便に VT や LT に近似した運動強度をダブルプロダクトの値が急激に上昇する変曲点 (ブレイクポイント, BP) から、VT や LT にどの程度近似しているかを検証する目的で幾つか研究がなされている。だが、その変曲点を検出する方法が各研究者間において異なっていたり、研究報告数の少なから周知にわたるダブルプロダクトブレイクポイント (Double Product Break Point, 以下 DPBP) の検出方法が確立されているとはいえない。

今回我々は、健常者を対象とした DPBP を、先行研究にならった V-slope 法による検出と経時的変化からの視覚的な判断から変曲点を割り出す方法にて検出を行い、両者の比較をするとともに VT との相関を分析し、検討を行った。

秋田大学医療技術短期大学部

*理学療法学科

**茨城県立医療大学保健医療学部 理学療法学科

***国際医療福祉大学 理学療法学科

Key Words: DPBP, V-slope, 運動処方

II 対象と方法

対象は高校男子野球部員9名で平均年齢17.1歳、平均身長169.3±11.4cm、平均体重69±6.3kgであった。

運動負荷試験は、自転車エルゴメーターにて分時酸素摂取量（以下、 $\dot{V}O_2$ ）が直線的に増加し得ることが可能なRamp負荷を用いた。ウォーミングアップは30Wattにて10分行い、20Watt/min漸増負荷を行った。運動負荷の中止は、原則としてアメリカ・スポーツ医学協会の運動負荷試験中止基準¹⁾に従い、息切れ、下肢疲労によりエルゴメーターの駆動回転数が維持困難になった時点においても中止要件とした。

呼気ガス分析は、AE-280（ミナト医科学社製）を使用し、Breath by Breathにて3秒間に一回呼気ガス分析を行い、 $\dot{V}O_2$ と他のパラメーターを測定した。血圧及び心拍数はSTBP-780（日本コーリン社製）により1分毎に測定を行った。

VTの検出は、 $\dot{V}O_2$ と分時二酸化炭素排出量

($\dot{V}CO_2$)からV-slope法を用いて割り出した。DPBPの決定は、2通りの方法にて行った。一つ目はV-slope法によるもので $\dot{V}O_2$ に対してDPの変曲点を境に、運動初期から変曲点、変曲点から運動後期において二つの回帰直線を用いた交点をDPBPとした。回帰直線は、それぞれを最小二乗法により求め、それぞれの残差分散の和が最小値となる交点を採用した。この方法は、Beaverら²⁾によってVTを検出するために考案されたもので、VTを検出する場合もV-slope法でもとめられる。二つ目は、経時の変化に対してグラフ上に視覚的に変曲点と判断できるポイントをDPBPとした。運動中の時間に対するDPの変化をもとにBPを決定することが運動処方する現場において簡便に利用可能であることからこの方法においても検出を行い比較検討した。

統計処理は、回帰分析、相関分析および一元配置分散分析を用い有意水準を5%未満とした。

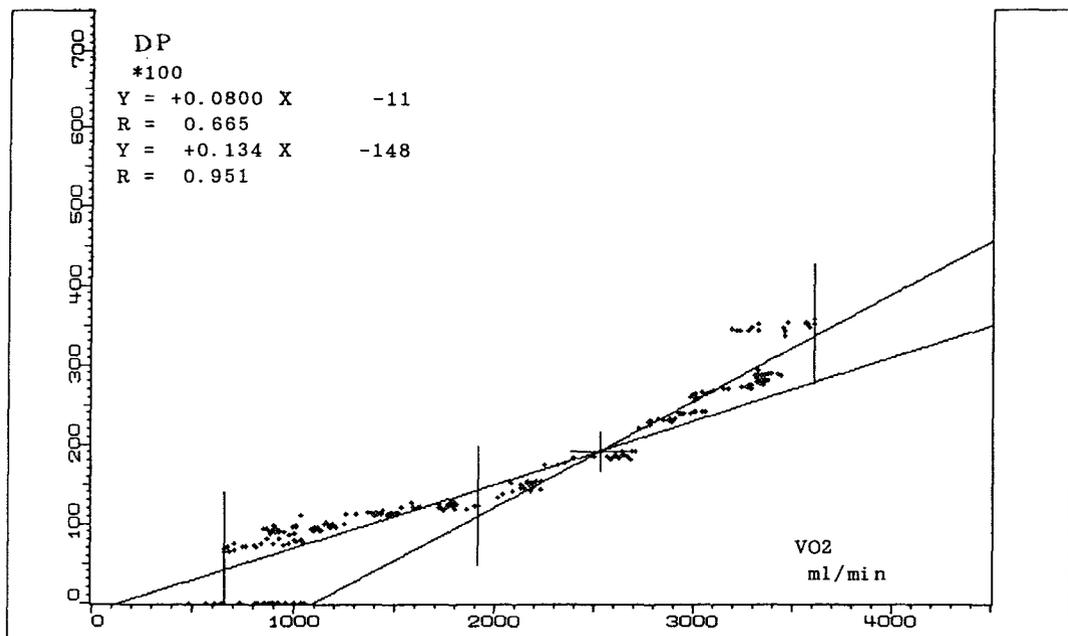


図1 Double Product Break Point

Ⅲ 結 果

1. V-slope 法より決定した DPBP と VT との相関

先行研究同様、本研究においても V-slope 法により、 $\dot{V}O_2$ に対して DP が変化する変曲点を検出することが可能であった。(図 1) また、VT の平均は、 $28.3 \pm 7.2 \text{ ml/min/kg}$ (平均値 \pm 標準偏差, $n=9$) であり、この検出方法による DPBP の出現は、VT より前に出現していたのが 6 例、VT より後に出現していたのが 3 例であった。DPBP の平均は、 $27.5 \pm 5.9 \text{ ml/min/kg}$ で、VT と DPBP との相関は、 $r=0.60$ ($p<0.11$) であった。

2. 視覚的に判断した DPBP と VT との相関

この方法においては、VT 前に DPBP の出現が 5 例、VT 後に出現が 4 例で、DPBP の平均は、 $28.2 \pm 6.8 \text{ ml/min/kg}$ であった。VT と DPBP の相関は、 $r=0.51$ ($p<0.16$) であった。

3. VT と V-slope 法による DPBP, 視覚的判断による DPBP の 3 群間検定

VT 及び V-slope 法による DPBP と視覚的判断による DPBP の 3 群間の有意差検定では、帰無仮説を棄却することが出来ず有意な差がないことから ($p<0.96$)、DPBP の検出方法の違いによる結果には差がないといえる。(図 2)

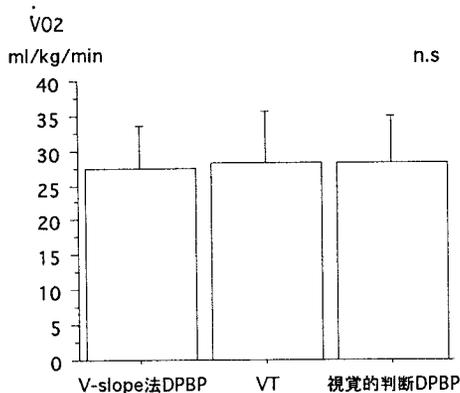


図 2 3群間の有意差検定

Ⅳ 考 察

本研究において先行研究同様に、V-slope 法を用いて、 $\dot{V}O_2$ に対して DP が変化する変曲点 DPBP を検出することが確認できた。

また、本研究において試みた視覚的判断による DPBP の検出は、VT 値及び V-slope 法によって求められた DPBP 値において 3 群間の比較の結果、有意な差が認められなかったことから、VT 値及び V-slope 法によって求められた DPBP 値に近似していると考えられる。つまり、V-slope 法及び視覚的な決定方法のどちらにおいても VT に近似した DPBP を検出できることが示唆される。

V-slope 法は、1986年に Beaver²⁾が VT 決定方法として紹介している。V-slope 法とは、運動中の $\dot{V}O_2$ と $\dot{V}CO_2$ との関係を負荷時間とは関係なく平面にプロットして、 $\dot{V}O_2$ に対する $\dot{V}CO_2$ の上昇度に変化する点を VT とした方法である。つまり、漸増運動負荷時において有酸素性代謝によるエネルギー産生量だけでは不十分となる。従って、筋や血中乳酸の増加に伴い肺からの CO_2 排出量は酸素摂取量よりも急峻に増加する。この関係を利用して、酸素摂取量に対して CO_2 排出量プロットすると、この CO_2 排出量の急峻な増加を反映した傾斜の異なる 2 本の直線となる。そこで、それぞれの直線を回帰してその交点を求める V-slope 法が VT 検出に利用されている。今回着目した DP が、 $\dot{V}O_2$ に対して $\dot{V}CO_2$ 同様の変曲点を示したのは、 CO_2 排出量増加によるアドレナリンの分泌が心機能を亢進させた事が、変曲点の出現に関与したのではないかと考えられる。

Peter H³⁾らは、104名の冠状動脈疾患を被験者として、V-slope 法で求めた VT と DPBP は、強い相関 ($r=0.81$, $p<0.001$) を認めたことを報告している。近藤⁴⁾の健常人と脳卒中患者を対象とした DPBP の検出結果は、VT と高い相関 ($r=0.76$, $p<0.01$) を示すことが報告されており、我々の研究結果とは異なっている。これは、本研究における被験者数が少なかった事と、9例の被験者のデータのばらつきがあったことに起因していると考えられる。

今回先行研究同様の方法において、V-slope法を用いたDPBPの決定は、独自に設定した解析ソフトを使用した。すなわち、誰もが簡便に見いだすことは困難であるといえる。誰もが簡便にVTと近似した運動負荷強度を判定する事は、より安全に適切な運動の処方と実施につながる。視覚的判断によるDPBPの決定がVTと近似していたことから、Ramp負荷の行えるエルゴメーターがあれば、DPを時間に対してグラフ上にプロットすることで判定することが出来ると考えられる。

今後は、被験者数を増やしVTとDPBPの相関の再確認と簡便で適切に個人にあった負荷強度が設定可能なDPBPについて検討を重ねたいと考える。

引用文献

- 1) アメリカスポーツ医学協会編(日本体力医学会体力科学編集委員会)監訳:運動処方の指針 原著第4版 pp71-78, 南江堂.

1993.

- 2) Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ: A new method for detecting anaerobic threshold by gas change, J Appl Physiol 1986; 60: 2020-2027.
- 3) Brubaker, P.H. Kiyonaga, A. Matrazzo, B.A: Identification of the anaerobic threshold using double product in patients, with coronary artery disease. Am J Cardiol. 1997 Feb 1; 79(3): 360-362.
- 4) 近藤陽一, 川崎孝男, 石川友衛, 福島豊, 長田充: 脳卒中患者におけるATレベル運動の検討—二重積屈曲点(DPBP: Double Product Break Point)法を用いて— 体力医学会抄録集; 165. 1997.

参考文献

- 1) 谷口興一 編: 心肺運動負荷テスト—呼気ガス分析による心肺疾患の新しい見方— 南江堂 1993.