

一流選手換氣無氧閾值和最大耗氧量 對身體持久作業能力的影響

郭玄隆 許壬榮

摘 要

本研究旨在探討換氣無氧閾值和最大耗氧量 (ml/min/kg) 與耐力時間的關係。二十八名國立台灣體專區運級男性選手為受測者，平均年齡為 20.53 ± 2.43 歲、身高 177 ± 8.39 公分、體重 70.97 ± 9.14 公斤。在腳踏車測力器上以每五分鐘漸增 50 瓦之負荷強度運動至衰竭。結果獲得下列結論：(1) 換氣無氧閾值與耐力時間有顯著相關 ($p < 0.01$)、(2) 最大耗氧量 (ml/min/kg) 與耐力時間無顯著相關 ($p > 0.05$)。

研究結果顯示換氣無氧閾值能做為預測耐力時間的參考。

關鍵詞：換氣無氧閾值、最大耗氧量 (ml/min/kg)、耐力時間。

Key words: ventilatory anaerobic threshold ($T_{vent} \dot{V}O_{2max}\%$)

$\dot{V}O_{2max}(\text{ml/min/kg})$, endurance time.

EFFECTS OF THE VALUE OF VENTILATORY ANAEROBIC THRESHOLD AND $\dot{V}O_{2MAX}$ ON THE ABILITY OF THE ENDURANCE

S.L.Kuo

J.J.Hsu

ABSTRACT

The purpose of present study was to examine the relationship among endurance time, ventilatory anaerobic threshold ($T_{vent} \dot{V}O_{2max}\%$) and $\dot{V}O_{2max}$ (ml/min/kg) from the elite college athletes.

Twenty-eight male athletes of National Taiwan College of P.E. were subjects for this study voluntarily. Their physical characteristics were: 20.53 ± 2.43 yr of age, 177 ± 8.39 cm of height, and 70.97 ± 9.14 kg of weight respectively.

Subjects were asked to run to exhaustion on a bicycle ergometer. The load was increased gradually with 50 watts at every 5-minute.

Results from these studies show as follows: (1) There is a significant correlation between Tvent $\dot{V}O_{2max}\%$ and the endurance time ($p < 0.01$). (2) No significant correlation was found between $\dot{V}O_{2max}$ (ml/min/kg) and the endurance time ($p > 0.05$).

These results indicate that Tvent $\dot{V}O_{2max}\%$ can be an index for predicting the endurance time.

壹、前言

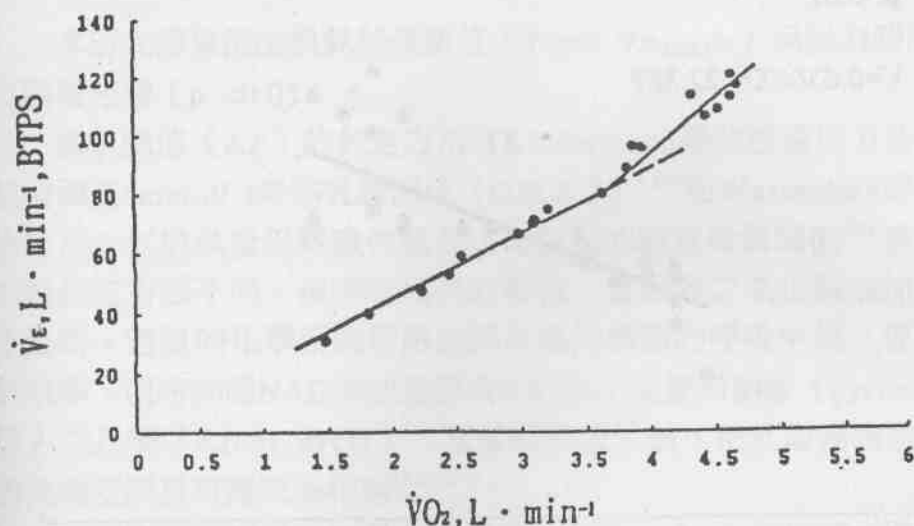
影響耐力能力的兩大因素是最大耗氧量 ($\dot{V}O_{2max}$) 和無氧閾值 (AT) 最大耗氧量雖被傳統生理學者視為耐力表現的重要指標⁽⁵⁾，但最大耗氧量並無法充份解釋與身體持久作業能力的關係⁽⁶⁾。無氧閾值的判定可藉由侵害性和非侵害性兩種方法，前者以血乳酸反應為依據 (OBLA)；後者則以換氣反應為主 (Tvent)。雖然，血乳酸閾值能預測耐力能力^(16,17)，但亦容易造成選手心理的恐懼，同時血乳酸與肌組織中乳酸值亦存有差異^(1,9,12)。自從 Wasserman 等⁽²⁰⁾提出以非侵害性方法判定換氣無氧閾值 (Tent $\dot{V}O_{2max}\%$) 後，即有多位學者從事此方面之研究^(3,7,8,15,21)，他們指出換氣無氧閾值可評估耐力能力，因此，能否藉由換氣無氧閾值和最大耗氧量評估本校優秀選手的耐力能力，以做為教練訓練的參考，實是值得研究的課題。

貳、材料與方法

二十八位國立台灣體專男性區運級選手為受試者 (中長跑7位、籃球7位、排球7位、足球7位)。使用腳踏車測力器 (Ergometer) 和心肺功能測量儀 (Med—Science M M C 5000)，強度以每分鐘漸增50w，踏車速率維持每分鐘50rpm，運動至衰竭 (連續五秒以上無法維持每分鐘50rpm的速率)。

每分鐘耗氧量 ($\dot{V}O_2$)、換氣量 (VE) 和衰竭時間的測量由心肺功能測量儀直接分析，換氣無氧閾值 (Tvent $\dot{V}O_{2max}\%$) 的判定採 Wasserman 等⁽²⁰⁾之方法：換氣量非線性增加時之轉折點 (如圖一)。

統計方法使用迴歸分析、 $p < 0.05$ ，全部資料以SPSS軟體處理。



圖一、換氣無氧閾值判定圖，採Wasserman(1973)之判定法：換氣量非線性增加時之轉折點。

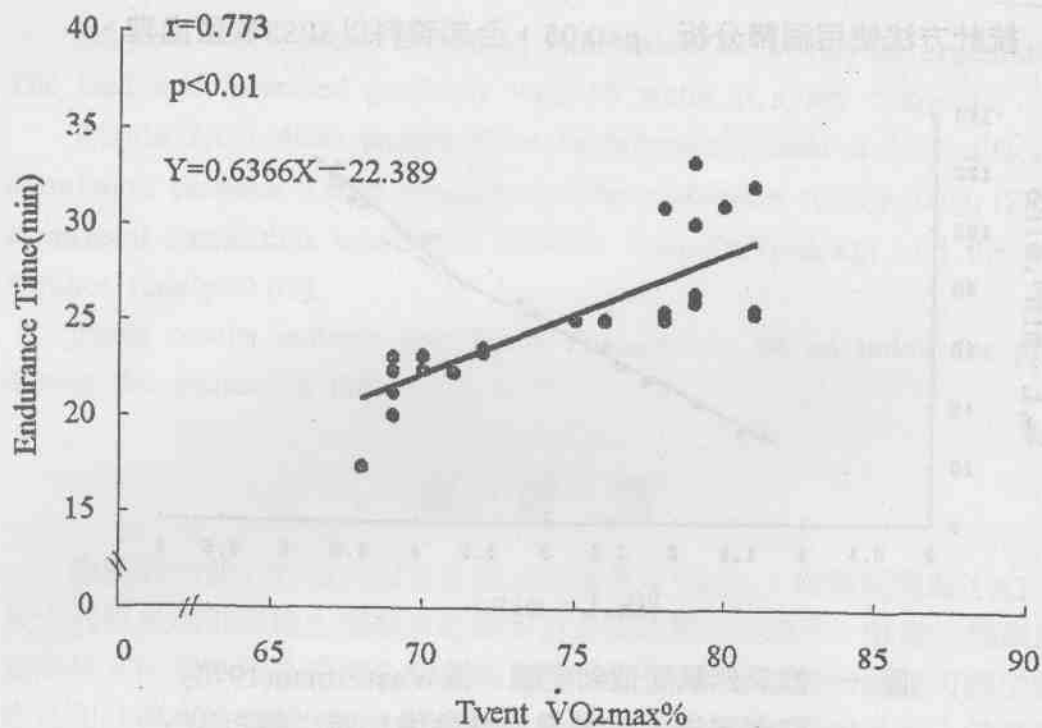
表一、受試者的生理資料表

	年齡 (yr)	身高 (cm)	體重 (kg)	(ml/min/kg)Tvent	$\dot{V}O_{2\max}\%$	耐力時間 (min)
平均數	20.52	177	70.97	61.7	74.96	25.33
標準差	2.43	8.39	9.14	10.3	4.85	4

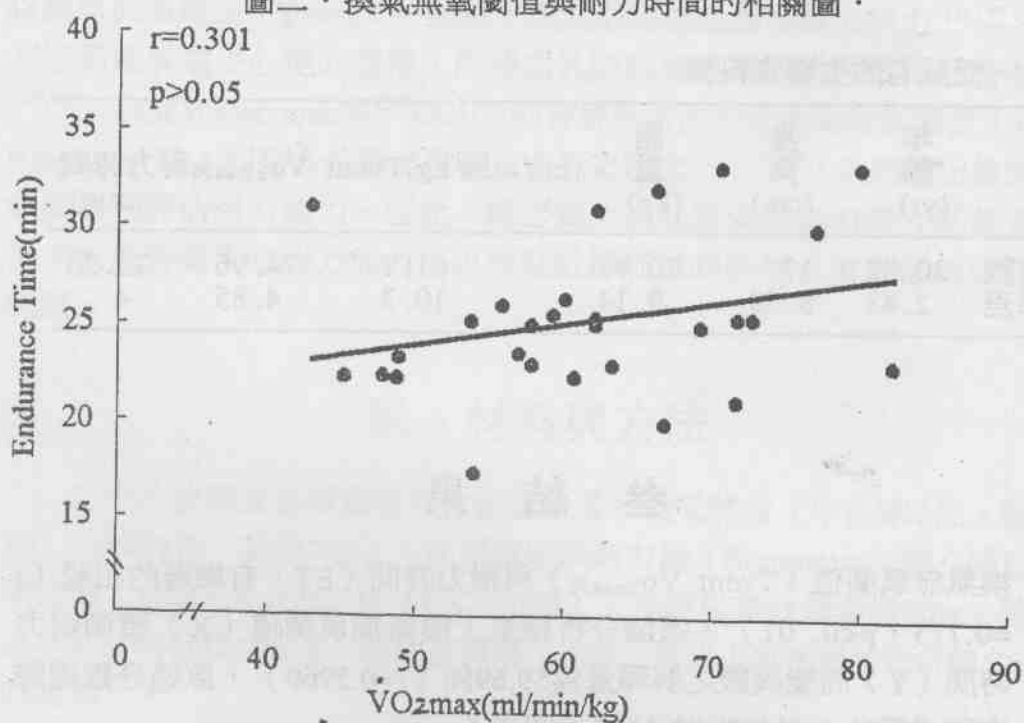
叁、結 果

一、換氣無氧閾值 (Tvent $\dot{V}O_{2\max}\%$) 與耐力時間 (ET) 有顯著的相關 ($r = 0.773$, $p < 0.01$)，迴歸分析結果：換氣無氧閾值 (X) 預測耐力時間 (Y) 的變異數之解釋量為 59.69% ($r = 0.5969$)，原始分數迴歸方程式為 $Y = 0.6366X - 22.3885$ (圖二)。

二、最大耗氧量 (ml/min/kg) 與耐力時間無顯著的相關 ($r = 0.301$, $p > 0.05$ ，圖三)。



圖二・換氣無氧閾值與耐力時間的相關圖・



圖三・ $\dot{V}O_{2max} (ml/min/kg)$ 與耐力時間的相關圖・

肆、討 論

本研究結果指出換氣無氧閾值 ($\dot{V}_{O_{2max}}\%$) 與耐力時間 (ET) 有顯著相關 ($p < 0.01$)。

無氧閾值 (AT) 的判定方法有Kindermann等的侵害性方法；以血乳酸堆積至4mmol/l時的乳酸閾值 (OBLA)^(13,14)和Wasserman等的非侵害性方法；以換氣量脫離線性關係之轉折點的換氣無氧閾值⁽²⁰⁾兩種，雖然兩種判定方法不同，但卻有相同的特性；當體內二氧化碳增加而氧供應不足時，週邊的化學受納器將此訊息通知橋腦的呼吸中樞，促使增加換氣速率，同時亦因NAD無法還原成NADH，而使丙酮酸 (pyruvate) 無法進入克氏環 (Krebs cycle)，直接轉換成乳酸，使乳酸濃度急速增高，因此兩者間具有極高的相關^(3,4,7,20)。

本研究結果顯示，在最大耗氧量 (ml/min/kg) 和換氣無氧閾值的平均值方面較Vago等⁽¹⁹⁾研究高約18%，可能的原因是受試者不同和年齡差異所致。在換氣無氧閾值與耐力時間的相關方面與Vago等⁽¹⁹⁾研究相似；換氣無氧閾值與耐力時間有顯著相關 ($p < 0.01$)，本研究 $r = 0.773$ 、Vago等 $r = 0.738$ (圖二)。肌肝醣的存量和耗盡的速度影響耐力時間^(2,10)，有研究顯示藉由高醣飲食增加肌肝醣存量能增加耐力時間；低醣飲食減少肌肝醣存量將影響高強度的工作時間^(2,14,18)。當有氧/無氧的比值減少時，肝醣耗盡的速度增加，耐力時間減少。Vollestad和Blom's的研究指出，運動強度在最大耗氧量80%時會減少肝醣存量⁽¹⁸⁾。因此，當醣酵解速率加快時將快速增加乳酸濃度和換氣速率。本研究結果與上述論點相符；本研究換氣無氧閾值為 74.96 ± 4.85 接近最大耗氧量80%，同時亦支持Wasserman等的研究；換氣無氧閾值能反應耐力能力^(3,7,8,20)。

在最大耗氧量 (ml/min/kg) 與耐力時間的相關方面與Costill等⁽⁶⁾和Vago等⁽¹⁹⁾研究相同；最大耗氧量 (ml/min/kg) 與耐力時間無顯著相關 ($p > 0.05$ ，圖三)。雖然，最大耗氧量是影響耐力時間的指標之一，但影響耐力時間最重要因素是肝醣的存量和耗盡的速度^(2,10)、骨骼肌的氧化能力、快慢縮肌纖維百分比、肌肉微血管密度及粒線體的數目和體積等⁽¹¹⁾。

伍、結論

本研究結果顯示耐力能力能藉由換氣無氧閾值評估，非侵害性的換

氣無氧閾值判定法能提供本校教練評估選手的耐力能力，是一種簡便又可行的方法。

參考文獻

一、中文資料

- 1.馮連世等：肌乳酸閾和血乳酸關係的探討。中國體育科學14(1)，頁70-74，1994。

二、英文資料

- 2.Bergstrom.J.,Hermansson.B.,Hultman.E.,Saltin.B. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta. Physiol. Scand.*71:140-150,1967.
- 3.Caiozzo,V.J., et al. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *J. Appl. Physiol.* 53:1184-1189,1982.
- 4.Clode.M.,Campbell.E.J.M. The relationship between gas exchange and changes in blood lactate concentration during exercise. *Clin. Sci.* 37:263-272,1969.
- 5.Costill,D.L. Physiology of marathon running. *JAMA.*221:1024,1972.
- 6.Costill,D.L.,Thomason.H.,Roberts.E. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med. Sci. sports.*5:248-252,1973.
- 7.Davis.J.A.,Vodak.P.,Wilmore.J.H.,Vodak.J.,Kurtz.P. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J. Appl. Physiol.*41:544-550,1976.
- 8.Davis.J.A.,Frank.M.H.,Whipp.B.J.,Wasserman.K. Anaerobic threshold alteration caused by endurance training in middle aged men. *J. Appl. Physiol.*46:1039-1046, 1979,
- 9.Green,H.J., et al. Anaerobic threshold, blood lactate and muscle metabolic in progressive exercise. *J. Appl. Physiol.* 54:1032-1038,1983.
- 10.Hultman.E. Physiological role of muscle glycogen in man, with special reference to exercise. *Circ. Res.*99:112,1967.
- 11.Ivy,J.L., et al. Muscle respiratory capacity and fiber type as determinant of the lactate threshold. *J. Appl. Physiol.* 48:523-527,1980.

- 12.Jorfeldt,L., et al. Lactate release in relation to tissue lactate in human skeletal muscle during exercise. J. Appl. Physiol.44:350-352,1978.
- 13.Kindermann.W.,Simon.G.,Keul.J. 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.
- 14.Pernow.B.,Saltin.B. Availability of substrates and capacity for prolonged heavy exercise in man. J. Appl. Physiol.32:416-422,1971.
- 15.Rupp,J.C. Anaerobic threshold measures: Variance between method and sex. Med. Sci. Pports. Exerc.13:69,1981.
- 16.Sjodin.B.,Jacobs.I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. Int. J. Sports. Med.2:23-26,1981.
- 17.Tanaka.K.,Matsuura.Y. Marathon performance, anaerobic threshold and onset of blood lactate accumulation. J. Appl. Physiol.57:640-643,1984.
- 18.Vollestad.N.K.,Blom.P.C.S. Effect of varying exercise intensity on glycogen depletion in human muscle fibers. Acta. Physiol. Scand. 125:395-405,1985.
- 19.Vago,P., et al. Is ventilatory anaerobic threshold a good index of endurance capacity? Int. J. Sports. Med.8:190-195,1987.
- 20.Wasserman,k., et al. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. J. Appl. Physiol.35:236,1973.
- 21.Weltman,A.,and Katch,V. Relationship between the onset of metabolic acidosis(anaerobic metabolism)and maximal oxygen uptake. J. Sports. Med. Phys. Fitness.19:135-142,1979.

本篇屬合著