

# 以時域分析法比較常壓低氧對安靜時 心率變異度之影響

許加孟 呂欣善

## 摘要

本研究之目的在以時域分析法比較常壓低氧對安靜時心率變異度之影響。九名大學體育系之男性學生(年齡:  $22 \pm 1.5$  歲; 身高:  $174.1 \pm 4.4$  公分; 體重:  $72.6 \pm 8.19$  kg), 採坐姿休息配合呼吸低氧的方式進行心電圖訊號之收集, 再以時域分析法比較常壓低氧環境對安靜時心率變異度之影響。所得結果如下: 1、在平均心跳率方面(HR mean), 在常壓低氧環境( $16\% O_2$ )高於常壓常氧( $21\% O_2$ )環境( $81.75 \pm 7.16 / 71.79 \pm 2$ ;  $+13.89\%$ ,  $P < 0.01$ )。2、安靜時之各項心率變異度時域分析指標方面, 每跳時間間隔(R-R interval), 常氧及低氧環境下分別為  $845.05 \pm 25.79$  毫秒及  $742.53 \pm 61.95$  毫秒( $P < 0.01$ )。在標準差(SDNN)方面分別為  $83.71 \pm 23.97$  毫秒及  $52.47 \pm 18.18$  毫秒( $P < 0.05$ )。在相鄰兩心跳間期差值平方和的均方差(RMSSD)方面分別為  $53.01 \pm 19.96$  毫秒及  $27.87 \pm 9.09$  毫秒( $P < 0.01$ )。在相鄰兩個心跳間期差值超過 50 毫秒的個數(NN50)方面分別為  $58.88 \pm 28.17$  及  $18.66 \pm 11.94$  ( $P < 0.05$ )。在相鄰兩個心跳間期差值超過 50 毫秒的比例(PNN50)方面分別為  $26.97 \pm 14.63\%$  及  $8.39 \pm 5.36\%$  ( $P < 0.01$ )。常壓低氧環境安靜時之各項心率變異度時域分析指標顯著低於常氧環境( $p < 0.01$ )。結論: 處於急性常壓低氧環境會造成安靜時心跳率上升及心率變異度之時域指標值下降。

**關鍵字:** 心率變異度、常壓低氧、時域分析

## ABSTRACT

**purpose :** This study was to investigate the effects of normobaric hypoxia on resting HRV in male college students ( $n=9$ ) (age :  $22\pm 1.5$ yr ; heigh :  $174.1\pm 4.4$  ; weight :  $72.6\pm 8.19$ kg) majoring in physical education. we investigated the changes between normoxia( 21%  $O_2$  ) and hypoxia( 16%  $O_2$  ) and used the time domain analysis index to compaired the different between this two conditions. **Methods :** electrocardiogram (EKG) signal was taken while the subject was in seat position in a quiet room and breathing the mixed gas ( 21%  $O_2$  + 79%  $N_2$  or 16%  $O_2$  + 84%  $N_2$  ) . The HRV time domain index assessed by the R-R interval which was translated from the EKG signal. **Results :** Showed that in normobaric normoxia and hypoxia condition. The HRV time domain index were significant decreased in mean R-R interval (  $845.05\pm 25.79$ ms &  $742.53\pm 61.95$ ms ,  $P<0.01$  ) , RMSSD (  $53.01\pm 19.96$  ms &  $27.87\pm 9.09$  ms ,  $P < 0.01$  ) , PNN50 (  $26.97\pm 14.63\%$  &  $8.39\pm 5.36\%$  ,  $P<0.01$  ) , SDNN (  $83.71\pm 23.97$  ms &  $52.47\pm 18.18$  ms ,  $P<0.05$  ) and NN50 (  $58.88\pm 28.17$  &  $18.66\pm 11.94$  ,  $P<0.05$  ) but increase in mean HR (  $81.75\pm 7.16$  &  $71.78\pm 2$  bpm ,  $P<0.01$  ) . **Conclusions :** normobaric hypoxia has significantly decrease the HRV time domain indexes and increase resting heart rate.

**Keywords :** Heart rate variability, Normobaric hypoxia, Time domain analysis

## 壹、前言

心跳率，一般人常以安靜心跳率的快慢來作為身體健康及體能情況的指標，亦是運動中判定運動強度的常用方法。但心跳率每跳間間隔並非是一成不變的而是會隨著呼吸、運動強度、年齡及姿勢等的不同而發生改變，其改變現象即所謂的心率變異度(heart rate variability, HRV)(黃國禎，民 86)。

許多研究者相信，心率變異度分析在臨床上應有其生理或病理的意義存在，如 Wolf 等人(1978)發現心肌梗塞後，病人死亡率與心率變異度間具有負相關。許多針對心血管疾病患者的心率變異度所做的相關研究亦支持此一結果(Kleiger, 1997; Bigger, 1992; Dougherty, 1992)。

高地訓練是提昇運動員心肺功能及運動能力的訓練方式之一，藉由低氧的刺激來增進心血管及血液生化功能，進而達到增進運動能力的目的。對於訓練高度的選擇，一般認為以 1829 至 3048 公尺為合理範圍，專家學者則一致認為以 2200 公尺左右為最佳的訓練高度(陳光仁，民 82)，而相對於 2200 公尺的氧濃度約為 16%。Bailey 等人(2000)即指出，間歇性常壓低氧刺激對於增加心臟自我保護作用的影響有重要的臨床意義。本研究之目的在模擬常壓低氧環境下，急性低氧的介入對安靜時心率變異度時域指標之影響。

## 貳、研究背景

### 一、心率變異度：

心率變異度(heart rate variability)，是指竇房節受自律神經系統調控而使心率每跳周期間產生的變異情形。心率變異度的測量乃探討人類安靜狀態下自律神經活動變化良好之非侵體性檢查方式(黃新作，民 81)。心臟規律性的跳動主要是受到左心房內的竇房節所控制，但會受到自律神經系統的調節，以符合身體應付環境變化時的實際需求。自律神經系統中交感神經活性增加會導致心跳速率增加，而副交感神經則會減低心跳速率。心率變異度乃是反應自律神經系統中交感神經與副交感神經彼此間活性消長的指標，變異度越大表示其自律神經調控性越佳。

## 二、時域分析 (time domain analysis):

是將心跳間期 (R-R interval) 作各種統計學上有關變異大小的計算, 以求得各種變異度的指標 (陳高揚, 民 89)。本研究所使用之指標, 包含有心跳間期的平均值 (Mean RR interval)、標準差 (SDNN)、相鄰兩心跳間期差值平方和的均方差 (RMSSD)、相鄰兩個心跳間期差值超過 50 毫秒的個數 (NN50) 及相鄰兩個心跳間期差值超過 50 毫秒的比例 (PNN50) 等 (Task force of the European society of cardiology and the north American society of pacing and electrophysiology, 1996)。

## 參、方法與步驟

### 一、研究對象及地點

本研究以 9 名大學體育系健康且無心血管疾病之男性大學生為研究對象 (表一)。研究地點為國立台灣體育學院運動生理學實驗室。

表一、受試者基本資料

受試者	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均數	標準差
年齡 (yr)	23	21	24	20	20	22	22	24	22	22	1.50
身高 (cm)	179	174	178	178	178	167	170	170	173	174.1	4.40
體重 (kg)	70	65	85	71	71	67	64	87	73	72.6	8.19
心跳率 (bpm)	69.8	75.3	69.7	69.7	72.6	72.5	73.8	70.5	72.3	71.79	2.00

### 二、研究方法及工具

本研究採雙盲實驗設計, 以重複實驗方式比較常壓常氧 (normobaric normoxia, 21% O<sub>2</sub> 及 79% N<sub>2</sub>) 及常壓低氧 (normobaric hypoxia, 16% O<sub>2</sub> 及 84% N<sub>2</sub>) 介入對安靜時心率變異度之效應。受試者報到後, 先休息十分鐘再戴上呼吸面罩及心電圖訊號收集器。令受試者於實驗室中選定呼吸之混和氣體並以坐姿休息, 至心跳變動趨於穩定後, 以每秒 1024 個 samples 進行三分鐘的心電圖訊號之收集。本研究之心電圖訊號收集方法採三極誘導法 (CM<sub>5</sub>), 正極貼於胸部左側左前腋線與第五肋骨線交界處; 負極貼於胸骨柄上方右側鎖骨下緣; 地線貼於正極的正對側, 即胸部右側右前腋線與

第五肋骨線交界處（林正常，民 85）。

經 BIOPAC 生物訊號回饋系統（biopac system, biopac）將所收集到之心電圖由類比訊號轉換為數位訊號，所得之數位訊號依採樣原則以每秒 3HZ 重新取樣（resample）（Winter, 1990），得到一系列安靜時 R-R 波之時間間隔數位訊號。取其 512 個時間間隔數據，作為本研究之時域分析資料。

#### 肆、資料統計

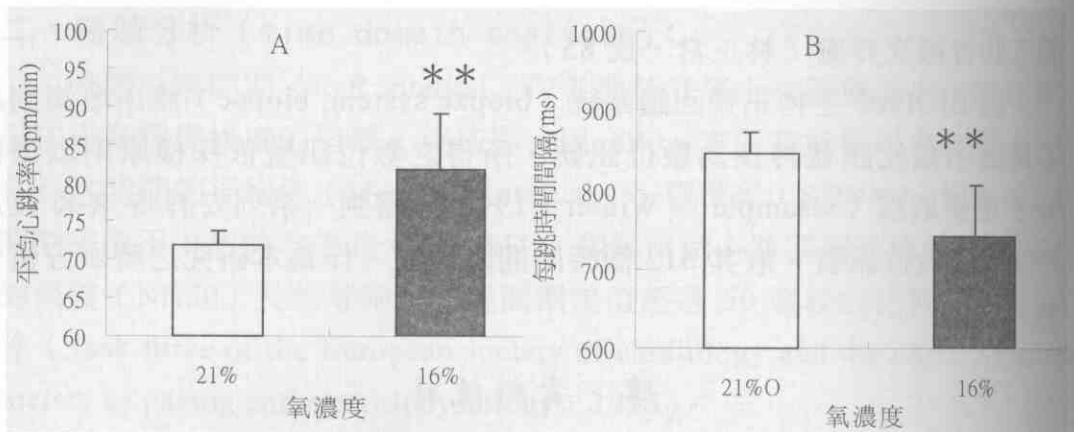
所得各項時域分析指標數據均以 pair t-TEST 進行檢定，以比較常壓常氧與常壓低氧間心率變異度時域指標之差異，並以平均數±標準差表示之。顯著水準定為  $P < 0.05$ 。

#### 伍、結果與討論

##### 一、結果：

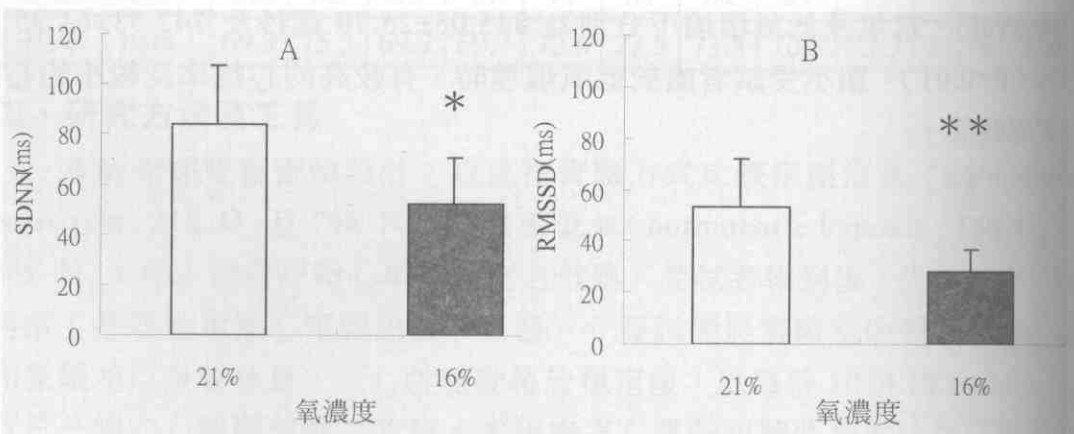
本研究所得之常壓常氧環境及常壓低氧環境安靜時之心跳率及各項心率變異度時域分析指標結果如下：

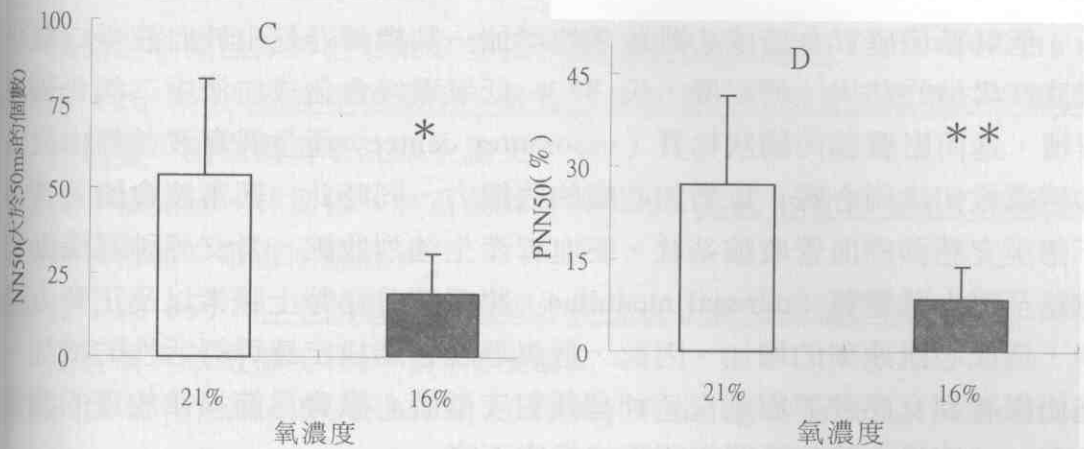
在平均心跳率方面（mean HR），常壓低氧環境顯著高於常壓常氧環境（ $81.75 \pm 7.16 / 71.78 \pm 2$  bpm/min，+ 13.88%， $P < 0.01$ ），每跳時間間隔（R-R interval），常氧及低氧環境下分別為  $845.05 \pm 25.79$  毫秒及  $742.53 \pm 61.95$  毫秒（ $P < 0.01$ ），顯示受試者處於低氧環境時，有較高的心跳率及較小的心跳間隔時間。



圖一 不同氧濃度下心跳率 (圖 A) 及 R-R 間隔 (圖 B) (mean ± sd, P<0.05 \*; P<0.01 \*\*)

各項心率變異度時域分析指標，在 SDNN 方面分別為  $83.71 \pm 23.97$  毫秒及  $52.47 \pm 18.18$  毫秒 ( $P < 0.05$ )。在 RMSSD 方面分別為  $53.01 \pm 19.96$  毫秒及  $27.87 \pm 9.09$  毫秒 ( $P < 0.01$ )。在 NN50 方面分別為  $58.88 \pm 28.17$  及  $18.66 \pm 11.94$  ( $P < 0.05$ )。在 PNN50 方面分別為  $26.97 \pm 14.63\%$  及  $8.39 \pm 5.36\%$  ( $P < 0.01$ )，顯示受試者處於低氧環境時，心率變異度之時域分析指標有下降的現象。





圖二 不同氧濃度下各項時域分析指標值；SDNN： the standard deviations of all normal RR intervals(圖 A)；RMSSD： the square root of the mean of the sum of the squared differences between adjacent normal RR intervals (圖 B)；NN50： the amount of differences between adjacent normal RR intervals more than 50 ms (圖 C) 及 PNN50： the percentage of differences between adjacent normal RR intervals more than 50 ms (圖 D)。(mean ± sd,  $P < 0.05$  \* ;  $P < 0.01$  \*\*)

## 二、討論

自律神經系統的活性無時無刻都在變化，以因應身體的需要。心率的快慢主要是受到竇房節節律性的放電頻率及自律神經的調控所導致。心率變異度乃是反應出竇房節受自律神經系統中交感神經與副交感神經調控而產生的心跳變異情形（詹曉龍，民 86）。過去的文獻中鮮有探討低氧對心率變異度變化影響的研究報告出現。但在相關的報告中，Yamamoto 等人的研究指出急性暴露在不同海拔高度下，心跳率會隨著運動負荷的增加而提昇。但在安靜休息時，海拔高度對於心跳率的影響，各海拔高度間則沒有顯著差異存在。在研究中也指出心率變異度的變化似乎與運動負荷有關，而與海拔高度間沒有顯著的相關。本研究乃針對受試者呼吸低氧時心率變異度及心跳率之變化進行研究，實驗設計及研究環境均與上述之研究設計有所差異，故所得結果亦不相符合。探究其原因，可能是由於該實驗中受試者面對即將接受運動負荷測試前的預期心理所導致。

低氧環境確實會造成心跳速率的增加，其機轉乃是由於血液中二氧化碳濃度累積的結果（傅祖慶，民 87）。低氧環境會造成血液中二氧化碳的堆積，進而影響腦內網狀物質（vasomotor center）產生興奮波並經由交感神經纖維傳達到心臟，以增加心臟的收縮力。同時此一興奮波會隨著脊髓下傳至交感神經血管收縮系統，使血管產生強烈收縮。當交感神經衝動波傳達至腎上腺髓質（adrenal medullae）將促使分泌腎上腺素以及正腎上腺素，造成心跳速率的增加。因此，低氧環境會造成交感神經活性的增加，進而影響到交感神經與副交感神經間對安靜時心臟竇房節規律放電的調控情形，並使得心跳每跳間的時間差異度下降。

模擬高地訓練一直是提昇耐力運動員運動能力的重要訓練方法之一。本研究結果顯示，處於急性低氧環境下將造成受試者心率變異度下降。由於過去研究指出，心率變異度下降與心肌梗塞及心血管疾病之死亡率間具有負相關存在，因此教練員及選手在設計訓練處方時，除了考慮本身的健康情形以外，更應注意到訓練設計內容對生理反應影響的潛在危險因素。

## 陸、結論

根據所得資料，本研究獲得下列結論：

1. 常壓低氧環境（16% O<sub>2</sub>）下，安靜時之各項心率變異度時域分析指標顯著低於常壓常氧環境。
2. 處於急性低氧環境時，受試者有較高的心跳率，及較低的心率變異度與每跳(R-R)間隔。

## 參考文獻

- 林正常（民 85）。運動生理學實驗指引。台北：師大書苑。
- 陳高揚、郭正典、駱惠銘（民 89）。心跳變異度：原理與應用。Journal of emerg Crit Care Med. 11（2），47-57。
- 陳光仁（民 82）。低氧訓練的理論與實務-從血液及交感神經適應的觀點談低氧訓練可能的機轉與實務。體育與運動。（84），50-58。
- 黃新作（民 81）：從心電圖 R-R 波間隔變動 Power Spectrum 周波數解析法

- 來探討心臟自律神經功能之變化。國立體育學院論叢, 3(1), 107-116。
- 黃國禎 (民 86): 太極拳運動中、後對男性老年人心血管反應與心率變異性影響。國立體育學院碩士論文。
- 傅祖慶、賴亮全、林則彬、林富美譯 (民 87): 蓋統生理學-生理及疾病機轉。台北: 華杏出版社。
- 詹曉龍 (民 86): 心率訊號之時頻域分析及自主神經系統作用之探討。國立台灣大學電機工程研究所博士論文。
- Bailey, D. M., Davies, B., & Baker, J. (2000) Training in hypoxia: modulation of metabolic and cardiovascular risk factors in men. Medicine and Science in Sports and Exercise, 32( 6),1058-1066.
- Bigger J. T., Fleiss J. L., Steinman R. C., Rolnitzky L. M., Kleiger R. E., & Rottman J. N. (1992) Frequency domain measures of heart period variability and mortality after myocardial infarction. Circulation, 85(1),164-171.
- Dougherty, C. M., & Burr R.L. (1992) Comparison of heart rate variability in survivors and nonsurvivors of sudden cardiac arrest. American Journal of Cardiology,(70),441-448.
- Kleiger, R. E., Miller J. P., Bigger J. T., & Moss A. J. (1997) . Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction, American Journal of Cardiology, (59), 256-262.
- Task force of the European society of cardiology and the north American society of pacing and electrophysiology. (1996) . Heart rate variability : standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Circulation. ( 93 ) , 1043-1065.
- Winter, David A. (1990) . Biomechanics and Motor control of human movement. New York. : John Wiley & Sons, Inc.
- Wolf, M. M., Varigos, G. A., Hunt D., Sloman, J. G. (1978) Sinus arrhythmia in acute myocardial infarction. Medicine Journal of Australia.,2, 52-53.
- Yamamoto, Yoshiharu, Yoshihiro Hoshikawa, and Mitsumasa Miyashita.

(1996). Effects of acute exposure to simulated altitude on heart rate variability during exercise. Journal of Applied Physiology, 81 (3), 1223-1229.