



12-31-2013

# The Relationships between Using the Rating of Perceived Exertion, Metabolic Equivalent and Maximum Heart Rate at Ventilatory Threshold into Determine Appropriate Exercise Prescription for Intensity in Obese Diabetic Patients: A Preliminary Study

Yan-Wen Chen

Francois Liang

Sen-Wei Tsai

Shih-Yi Lin

I. T. Lee

Follow this and additional works at: <https://rps.researchcommons.org/journal>  
See next page for additional authors



Part of the [Rehabilitation and Therapy Commons](#)

### Recommended Citation

Chen, Yan-Wen; Liang, Francois; Tsai, Sen-Wei; Lin, Shih-Yi; Lee, I. T.; Liu, Sheu-Chen; and Lu, Shin-Shan (2013) "The Relationships between Using the Rating of Perceived Exertion, Metabolic Equivalent and Maximum Heart Rate at Ventilatory Threshold into Determine Appropriate Exercise Prescription for Intensity in Obese Diabetic Patients: A Preliminary Study," *Rehabilitation Practice and Science*: Vol. 41: Iss. 2, Article 3.

DOI: [https://doi.org/10.6315/2013.41\(2\)03](https://doi.org/10.6315/2013.41(2)03)

Available at: <https://rps.researchcommons.org/journal/vol41/iss2/3>

This Original Article is brought to you for free and open access by Rehabilitation Practice and Science. It has been accepted for inclusion in Rehabilitation Practice and Science by an authorized editor of Rehabilitation Practice and Science. For more information, please contact [twpmrscore@gmail.com](mailto:twpmrscore@gmail.com).

---

# The Relationships between Using the Rating of Perceived Exertion, Metabolic Equivalent and Maximum Heart Rate at Ventilatory Threshold into Determine Appropriate Exercise Prescription for Intensity in Obese Diabetic Patients: A Preliminary Study

## Authors

Yan-Wen Chen, Francois Liang, Sen-Wei Tsai, Shih-Yi Lin, I. T. Lee, Sheu-Chen Liu, and Shin-Shan Lu

原著

# 自覺用力指數、代謝當量與達通氣閾值心跳率在肥胖糖尿病患者運動處方關聯性探討：初步研究

陳彥文<sup>1,2</sup> 梁志鴻<sup>3</sup> 蔡森蔚<sup>1,4</sup> 林時逸<sup>5</sup> 李奕德<sup>5</sup> 劉秀珍<sup>5</sup> 呂欣善<sup>2</sup>

台中榮民總醫院 復健科<sup>1</sup> 新陳代謝科<sup>5</sup>  
 國立台灣體育運動大學運動健康科學學系暨碩士班<sup>2</sup>  
 財團法人自行車暨健康科技工業研究發展中心<sup>3</sup>  
 國立台中科技大學通識教育中心<sup>4</sup>

背景：自覺用力指數、最大心跳與通氣閾值在健康成年人常作為運動強度指引，但在糖尿病患者，自覺用力係數、最大心跳與通氣閾值之間的關係不清楚。

目的：本研究主要針對肥胖糖尿病患者，探討通氣閾值與自覺用力係數及最大心跳之間關聯性，作為開立運動強度處方的依據。

方法：本觀察性研究共收集 20 位身體質量指數大於 24 (公斤/平方公尺)的第二型肥胖糖尿病患者，病患均接受心肺運動測試，收集相關生理參數(最大攝氧量、最大心跳數、通氣閾值及自覺用力指數等)，所有數據利用卡方檢定(chi-square test)與 T 檢定(student's t test)進行統計分析。

結果：受試者平均年齡  $54.3 \pm 10.9$  歲，平均身體質量指數為  $30.3 \pm 3.7$ (公斤/平方公尺)。受試者最大攝氧量、最大心跳數、通氣閾值、自覺用力指數、達通氣閾值狀態下相關參數的變化在性別差異上均未達顯著差異( $p > 0.05$ )。達通氣閾值時平均代謝當量為  $4.1 \pm 0.9$ ，達到通氣閾值時相對應的自覺用力係數為  $13.0 \pm 1.7$ 。達通氣閾值所對應的心跳速率為  $117.3 \pm 14.5$  下/分鐘；通氣閾值所對應的心跳速率為年齡預測最大心跳( $220 - \text{年齡}$ )的  $70.6 \pm 8.3\%$ ，心率儲備率百分比為  $36.3 \pm 14.7\%$ 。

結論：肥胖糖尿病患者在運動處方要決定運動強度時，男女之間沒有顯著性差異，可以利用自覺用力係數 13(有一點吃力)或代謝當量約為 4 的運動量來作為運動強度指引依據。若以年齡預測最大心跳來做為運動處方開立標準時，建議以( $220 - \text{年齡}$ ) $\times 70\%$ 或心跳儲備率百分比的 30~40%來作為運動強度參考。(台灣復健醫誌 2013；41(2)：105 - 112)

關鍵詞：自覺用力指數(rating of perceived exertion)，通氣閾值(ventilatory threshold)，肥胖(obesity)，糖尿病(diabetes)，運動處方(exercise prescription)

## 前 言

運動是控制第二型糖尿病進展的一項重要因子。<sup>[1,2]</sup>研究證實規律運動能預防糖尿病，降低第二型糖尿病的風險，改善或延緩併發症如神經病變和心血管疾

病的發生。<sup>[3-5]</sup>如同在冠狀動脈疾病的病患，運動能力越佳則糖尿病及其併發症所造成的死亡率相對較低。<sup>[6]</sup>為了有效提升運動耐受度，最大心跳(maximal heart rate)之百分比、攝氧儲備率(oxygen uptake reserve)或是心率儲備率(heart rate reserve)為臨床上常見用來作為運動強度的依據。<sup>[7,8]</sup>針對糖尿病患者，美國運動醫

投稿日期：102 年 1 月 10 日 修改日期：102 年 4 月 25 日 接受日期：102 年 4 月 30 日

通訊作者：呂欣善教授，台中市 404 雙十路一段 16 號，國立台灣體育運動大學運動健康科學學系暨碩士班  
 電話：(04) 22213135 轉 1304 E-mail：sslu@ntupes.edu.tw

學會(American College of Sports Medicine)所提出的運動頻率與強度的建議為：(1)一週至少三天的運動頻率(2)至少為中等運動強度約最大攝氧量的 40%至 60%及(3)每週至少運動 150 分鐘。<sup>[1,8]</sup>但這些建議是否適用於國人則不清楚。另外一個常用來監測運動強度的方法，是以主觀感受來衡量運動強度的自覺用力指數(ratings of perceived exertion)，其中以 Borg 等人在 1962 年所創的 6 至 20 分之自覺用力指數是最常被廣泛使用的方法，目的在於評估運動過程的用力程度。<sup>[9-11]</sup>在健康人身上，研究顯示自覺用力指數與一些運動生理指標之間有相關性。<sup>[12-14]</sup>在臨床上，因為達到通氣閾值(ventilatory threshold)時的運動生理指標最常被運用來做為運動強度的基準，所以自覺用力指數與通氣閾值的關聯性在開立運動處方時特別顯得重要。研究顯示，在健康成年人運動達乳酸閾值(lactate thresholds)為體內乳酸開始出現推積或當血液乳酸值達每升 1.5 毫莫耳時，分別相對應的自覺用力指數約為  $10.8 \pm 1.8$  與  $13.6 \pm 1.8$ 。<sup>[15,16]</sup>他們建議對於缺乏運動訓練的成年人，建議適當運動強度約為自覺用力指數 11~13 分，而有接受過運動訓練者則建議自覺用力指數 13~15 分視為較合適的運動強度。在其他學者對於未經訓練的健康成年人的研究中，顯示自覺用力指數 9~12 與通氣閾值之間有相關性，他們的研究建議自覺用力指數 9~12 可作為理想的運動強度依據。<sup>[17]</sup>研究報告指出，在健康或是未經訓練的健康人，自覺用力指數 10 到 12 可以用來做為達到通氣閾值時的生理指標。<sup>[17,18]</sup>這些研究大部分都是針對健康成年人進行研究，而對於罹患第二型糖尿病，尤其是肥胖糖尿病患者，自覺用力指數與決定運動強度的運動生理指標如最大攝氧量、最大心跳率或換氣閾值之間的相關則少有人研究。

接受心肺運動測試(cardiopulmonary exercise testing)所得到的生理參數諸如通氣閾值、最大攝氧量、最大心跳率等，為開立運動處方的標準。在可能的狀況下，使每位肥胖糖尿病患者在運動前都接受心肺運動測試，並依據結果來開立個別化運動處方是最理想的方式。然而，評估設備及費用限制下，並非每位肥胖糖尿病患者都可以透過心肺運動測試來獲得個別化運動處方，因此找出其他方法如年齡預測公式或自覺用力指數，來適用於大部分肥胖糖尿病患者的運動訓練強度依據，並可我監測運動訓練強度的就有其必要性，並可作為一種替代性方法。

本前期臨床研究的目的是在於探討第二型糖尿病肥胖患者的最大攝氧量、最大心跳率百分比與儲備率及自覺用力指數之間的關聯性，試圖找出適合國人的可行方式，作為肥胖糖尿病患者居家運動強度的參考依

據。

## 材料與方法

### 受試者

於台中榮民總醫院新陳代謝科門診，以張貼海報方式徵求受試者。收案對象為會騎自行車，並符合身體質量指數(body mass index)大於 24 (公斤/平方公尺)且為第二型糖尿病患者。若病患無法完成心肺運動功能測試、或有其他神經或骨骼肌肉疾病而無法從事自行車騎乘則予以排除，本研究通過台中榮民總醫院人體試驗委員會核准後實施。

### 評估方法

透過心肺運動測試及記錄自覺用力指數，我們獲得並收集個案之最大攝氧量、最大心跳率、通氣閾值及運動測試過程每階段負荷下的自覺用力指數變化情形，藉以記錄個案之客觀生理反應及主觀運動感受的變化程度。

心肺運動測試：所有受試者在最大運動測試前會被充分說明。運動測試主要使用 Care Fusion Oxycon Pro 系統搭配 VIA sprint 200P 型電腦連線腳踏車進行測試，並監測整體測試過程之每次呼吸的攝氧量變化情況(breath by breath)，測試期間並連續監測心電圖與血壓的變化。測試設定主要先經過 3 分鐘的休息，接續以 10 瓦負載熱身 3 分鐘，之後以每分鐘增加 10 瓦負載的方式進行(腳踏車速度必須維持在每分鐘 60 轉的轉速)，直到受試者達最大運動極限狀態為止。如果受測者在未達美國運動醫學會之運動測試終止建議標準[包括：達 85% 年齡預測最大心跳數、運動強度增強下心跳數再也無法上升、負載功率增加下攝氧量達平原期無法持續增加、呼吸氣體交換率(respiratory exchange rate)大於 1.1、自覺用力指數達大於 17 分]，<sup>[8]</sup>則在過程施測醫師給予口頭鼓勵受試者達到自我可以達到的最大運動程度。在恢復階段，以 10 瓦負載做緩和運動 3 分鐘。相關參數的收集包括攝氧量、二氧化碳產生量、通氣閾值、最大心跳率及自覺用力指數。心肺功能測試終止記錄的自覺用力指數被視為最大的自覺用力指數。

自覺用力指數：本研究使用 Borg 所創的 6 至 20 分之自覺用力指數分級作為評估量表，實施最大心肺運動測試前，施測醫師先行為受試者說明自覺用力指數 6 到 20 分級的各分數代表之自覺感受情況，在測試前先記錄休息狀況自覺用力指數分數，接著在測試過

程中每分鐘的最後五秒，請受測者指出目前自覺疲勞程度並予以記錄指數，而當病患達最大運動極限時所記錄疲勞指數定義為最大自覺用力指數，達通氣閾值時所對應的自覺用力指數，為通氣閾值自覺用力指數。

決定運動處方運動強度的依據：開立運動處方時，有多種決定運動強度的方法，本研究利用的方法如下：<sup>[8]</sup>

1. 心率儲備率的觀點：公式為[ $\text{休息心跳} + (\text{最大心跳} - \text{休息心跳}) * \text{心率儲備率}(\%)$ ]
2. 攝氧量儲備率的觀點：公式為[ $\text{休息攝氧量} + (\text{最大攝氧量} - \text{休息攝氧量}) * \text{攝氧量儲備率}(\%)$ ]
3. 最大心跳方式： $\text{目標心跳} = \text{最大心跳} * \text{百分比}$   
其中最大心跳的定義，其中最大心跳的定義，同時使用年齡預測公式( $220 - \text{年齡}$ )計算所得及經運動測試實際測得之最大心跳，並據以分別計算其心率儲備率。

統計和數據分析：以 T 檢定(student's t test)用來比較男女之間運動生理參數及自覺用力指數的平均差異，數據呈現為平均值(Mean)±SD。數據使用 SPSS17 版進行分析； $p < 0.05$  達統計顯著意義。

## 結 果

共有 20 位(男性 12 名及女性 8 名)肥胖第二型糖尿病的患者參與這項研究，20 位受測個案均簽署書面同意書並完成測試。受試者基本資料如(表 1)所示，平均年齡  $54.3 \pm 10.9$  歲，平均身體質量指數為  $30.3 \pm 3.7$ (公斤/平方公尺)，在受試者中但男、女平均年齡及身體質量指數沒有明顯差異。

在與運動處方開立相關的因子中，受測者接受心肺運動測試生理參數結果如(表 2)所示，在運動測試過

程，達到最大自覺用力指數平均為  $17.4 \pm 2.0$ ，男、女性分別為  $17.0 \pm 1.9$  及  $18.0 \pm 2.2$ ；達通氣閾值相對應自覺用力指數平均為  $13.0 \pm 1.7$ ，男性肥胖糖尿病患者通氣閾值相對應自覺用力係數為  $12.7 \pm 1.6$ ，女性肥胖糖尿病患者達通氣閾值相對應自覺用力係數為  $13.5 \pm 1.9$ ，男女性之間統計上並沒有差別。通氣閾值相對應代謝當量(metabolic equivalents)男性為  $4.2 \pm 1.1$ ，女性約  $3.9 \pm 0.5$ ，男女平均代謝當量為  $4.1 \pm 0.9$ ，男女之間沒有顯著差異( $p=0.43$ )。

在運動時相關參數表現上，平均最大攝氧量及平均最大代謝當量男性( $22.9 \pm 5.7$  毫升/分鐘/公斤， $6.6 \pm 1.7$ )雖稍高於女性( $20.6 \pm 3.0$  毫升/分鐘/公斤， $5.9 \pm 0.9$ )，但統計上並未達顯著意義( $p$  值均為 0.3)，其他參數如運動最大心跳、休息心跳、無氧閾值所對應的心跳速率及耗氧量等均沒有性別上的差異。

若以達通氣閾值狀態所對應的心跳速率來作為運動處方開立的基礎時，我們發現通氣閾值所對應的心跳速率為  $117.3 \pm 14.5$  下/分鐘。若分析實際觀察到的最大心跳及通氣閾值所對應的心跳速率之間的關係，依我們研究的結果，發現通氣閾值所對應的心跳速率為實際觀察到最大心跳的  $82.3 \pm 7.9\%$ (74~90%)；若以心率儲備率的觀點來計算運動強度，結果顯示以實際觀察到的最大心跳為計算基礎的心率儲備率為  $52.2 \pm 16.2$ (36~78%)。若以實際觀察到的最大攝氧量來分析與無氧閾值所對應的攝氧量之間的關聯，依我們研究的結果，發現通氣閾值所對應的攝氧量為實際觀察到最大攝氧量的  $65.3 \pm 8.6\%$ (57~74%)；若以攝氧量儲備率的觀點來計算運動強度，結果顯示攝氧量儲備率為  $54.5 \pm 10.2\%$ (44~64%)。以上結果顯示以攝氧量儲備率及心率儲備率來預測無氧閾值比較有一致性(圖 1)，儲備率百分比約為 52%~54%。

表 1. 受測者個人詳細基本資料

參數	總和(20 人)	男性(12 人)	女性(8 人)	p 值
年齡(歲)	$54.3 \pm 10.9$	$56.1 \pm 13.0$	$51.5 \pm 6.7$	0.37
身高(公尺)	$1.7 \pm 0.1$	$1.7 \pm 0.1$	$1.6 \pm 0.1$	0.00***
體重(公斤)	$82.8 \pm 13.4$	$86.9 \pm 10.9$	$76.8 \pm 15.2$	0.10
身體質量指數(公斤/平方公尺)	$30.3 \pm 3.7$	$30.2 \pm 2.9$	$30.5 \pm 4.8$	0.86
腰圍(公分)	$106.4 \pm 10.3$	$109.6 \pm 9.4$	$101.6 \pm 10.3$	0.09
臀圍(公分)	$112.4 \pm 8.2$	$112.4 \pm 6.5$	$112.3 \pm 10.7$	0.97
飯前血糖值(毫克/分升)	$195.9 \pm 62.5$	$200.3 \pm 52.5$	$189.1 \pm 78.7$	0.71
糖化血色素(HbA1c) %	$9.1 \pm 1.8$	$9.4 \pm 1.6$	$8.7 \pm 2.0$	0.45

註：\*\*\* $p < 0.001$ 。

表 2. 受試者的執行心肺運動測試各項生理參數結果報告

參數	總和(20 人)	男性(12 人)	女性(8 人)	p 值
最大攝氧量(毫升/分鐘/公斤)	22.0±4.9	22.9±5.7	20.6±3.0	0.31
最大代謝當量(毫升/分鐘/公斤)	6.3±1.4	6.6±1.7	5.9±0.9	0.32
最大運動呼吸速率(下/分鐘)	35.6±7.2	33.8±6.0	38.3±8.5	0.19
最大自主通氣量(公升/分鐘)	107.5±16.2	116.6±14.0	93.9±7.0	0.00
最大呼吸氣體交換率	1.0±0.1	1.0±0.1	1.0±0.1	0.10
最大功率(瓦特)	102.5±25.9	107.5±27.7	95.0±22.7	0.30
年齡預測最大心跳數(次/分鐘)	166.4±10.9	164.3±12.9	169.5±6.4	0.31
休息心跳數(次/分鐘)	89.4±9.6	90.1±9.3	88.3±10.6	0.69
實際最大心跳數(次/分鐘)	143.0±15.0	141.3±15.2	145.5±15.2	0.56
實際最大心跳數/年齡預測最大心跳數(%)	85.4±7.9	85.0±8.9	86.0±6.8	0.79
通氣閾值呼吸氣體交換率	0.8±0.1	0.8±0.1	0.8±0.1	0.71
通氣閾值攝氧量(毫升/分鐘/公斤)	14.4±3.2	14.9±3.9	13.7±1.9	0.43
通氣閾值代謝單量(毫升/分鐘/公斤)	4.1±0.9	4.2±1.1	3.9±0.5	0.43
通氣閾值攝氧量/最大攝氧量(%)	65.3±8.6	64.4±10.4	66.6±5.2	0.60
通氣閾值攝氧儲備率(%)	54.5±10.2	52.7±11.4	57.2±8.0	0.35
通氣閾值心跳數(次/分鐘)	117.3±14.5	115.5±14.0	119.9±15.7	0.52
通氣閾值心跳數/年齡預測最大心跳數(%)	70.6±8.3	70.5±8.7	70.7±8.4	0.97
通氣閾值心跳數/實際最大心跳數(%)	82.3±7.9	82.2±8.8	82.4±7.0	0.94
年齡預測最大心跳計算通氣閾值時心率儲備率(%)	36.2±14.7	34.5±15.2	39.0±14.5	0.52
實際最大心跳計算通氣閾值時心率儲備率(%)	52.2±16.2	50.2±16.5	55.2±16.4	0.51
通氣閾值對應功率值(瓦特)	57.0±15.6	59.2±17.3	53.8±13.0	0.46
通氣閾值自覺用力指數	13.0±1.7	12.7±1.6	13.5±1.9	0.30
最大運動時自覺用力指數	17.4±2.0	17.0±1.9	18.0±2.2	0.29

註：\*P<0.05。

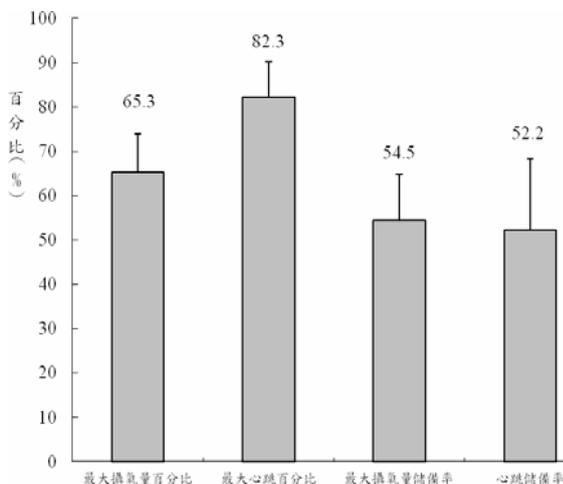


圖 1. 達通氣閾值時各項數據百分比之比較(本圖採用之最大心跳數為實際觀察之最大心跳數)

若以臨床上常用的[220-年齡]來作為最大心跳預測公式，<sup>[19]</sup>受測者以年齡預測最大心跳數為 166.4 ± 10.9 下/分鐘，實際檢測最大心跳數平均 143.0 ± 15.0 下/分鐘，男、女性兩者均達最大心跳預測公式 85%。若以此公式來預測最大心跳並分析與通氣閾值所對應的心跳速率之間的關聯，依我們的研究結果顯示通氣閾值所對應的心跳速率為年齡預測心跳百分比 70.6 ± 8.3%(62~79%);若以年齡預測最大心跳為計算基礎的心率儲備率觀點來計算運動強度，心率儲備率百分比為 36.3 ± 14.7%(22~50%)。

## 討 論

以糖尿病患者而言，達通氣閾值的運動強度，可視為避免引發運動時心臟不良風險之最高限度的運動強度建議，這樣的訓練強度被認為可在不增加血液昇

糖激素(glucagon)濃度情況下有效降低血糖值。<sup>[20]</sup>因通氣閾值在糖尿病患者此運動強度設定運用上提供了實質效益，因此本研究的探討以肥胖糖尿病患者運動時常見生理指標與通氣閾值時的關聯性為主。

Borg 在 1962 年所創的 6 至 20 分之自覺用力指數，常被廣泛使用來監測運動強度。<sup>[11]</sup>根據 Rynders 等人的研究，指出在健康或是未經訓練的人，自覺用力指數 10 到 12 可以用來做為達到通氣閾值時的生理指標。<sup>[17]</sup>Coquart 等人針對 43 位肥胖婦女進行運動測試，確認利用自覺用力指數預估最大攝氧量的有效性，依據他們的研究結果發現，自覺用力指數  $\geq 15$  為一個可以預估最大攝氧量的指標，他們的研究也指出主觀自覺用力指數可運用來反應身體做功負荷程度變化。<sup>[21]</sup>我們的研究結果顯示平均最大自覺用力指數達 17，顯示這些受試者在測試時均達到最大運動挑戰。

依照美國運動醫學會的建議，在沒有接受心肺功能測試的糖尿病患者，可以利用自覺用力係數 12 至 16 來作為糖尿病患運動強度指引，但美國運動醫學會的指引中並沒有區分肥胖及一般糖尿病患或男女病患之間的差別，且 12~16 範圍太大，涵蓋中等至重度運動強度。<sup>[7]</sup>依據本研究結果，發現在肥胖糖尿病患，性別並不會影響運動時自覺用力指數；通氣閾值時相對應的自覺用力係數平均為  $13.0 \pm 1.7(11.7 \sim 14.7)$ ，研究結果稍低於美國運動醫學會的建議，範圍屬於中等至接近重度運動強度。因此根據本研究結果，我們建議台灣肥胖糖尿病患進行居家運動時，運動強度設定若依自覺用力指數為指標，男女均可以使用自覺用力指數 13(有一點吃力)來做為基本依據，不要超過 15，以提供肥胖糖尿病患者適當的運動訓練處方之建議。

若以實際觀察到的最大攝氧量來作為運動強度建議，根據美國運動醫學會及糖尿病協會，在 2010 年針對糖尿病運動相關議題提出的文獻，建議以中等強度約最大攝氧量 40~60% 為主要訓練強度，但文中也建議以大於 60% 最大攝氧量(較為劇烈)的運動強度可能帶來額外的附加效益。<sup>[1]</sup>Loretta 等人曾針對 25 位沒有運動習慣的女性，探討在不同運動強度訓練下胰島素敏感度的反應。他們使受測者進行 9 個月的運動訓練，並比較三種強度(高強度：最大攝氧量的 80%；中強度：最大攝氧量的 65%；低強度：最大攝氧量的 50%) 有氧訓練對胰島素敏感度的影響，研究發現改善葡萄糖利用率(glucose utilization)情況依序為：高強度組 21%；中強度組：16%；低強度組：8%，顯示較高強度的有氧訓練比起低強度訓練更能有效提升胰島素的作用。<sup>[22]</sup>然而，依我們研究結果發現，通氣閾值所對應的攝氧量約為實際測得最大攝氧量百分之 65.3%，屬於中重度

運動強度，比美國運動醫學會及糖尿病協會建議的百分比高。

若以實際觀察到的最大心跳來做為運動強度建議時，本研究受測者預估最大心跳數與實際檢測最大心跳數相差約每分鐘 23 下。在 Tanaka 等人對各種傳統以年齡為主的心跳預測公式進行綜合分析(meta-analytic)，與實際交叉檢測並比較其傳統公式的有效性的研究中，他們發現[220-年齡]公式與受測者實際檢測獲知的最大心跳數回歸趨勢線比較，傳統最大心跳數預估公式與實際檢測心跳數出現約每分鐘 20 下的差異，出現高估現象。<sup>[23]</sup>本研究的結果與 Tanaka 等人之前研究結果趨近。我們的研究結果顯示通氣閾值所對應年齡預測最大心跳數百分比約為 70.6%，通氣閾值所對應的平均心跳速率約為  $117.3 \pm 14.5$  下/分鐘。依研究結果的發現，我們建議 50~60 歲肥胖糖尿病患者運動時，最簡單的建議為可以採用每分鐘約 120 下/分鐘的心跳速率作為運動強度參考。

本研究的目的是，除了探討肥胖糖尿病患運動時的生理變化，另外在於依據研究結果，提供對於沒有接受心肺運動功能測試的肥胖糖尿病患者可以遵循的運動強度預測公式。一般最常以[220-年齡]來作為最大心跳預測公式。<sup>[19]</sup>若以此公式來預測並計算通氣閾值所對應的心跳速率，首先若以百分比來作為運動強度，依我們的研究結果顯示計算無氧閾值所對應的心跳速率百分比為 70.6%，我們建議以[220-年齡] \* 70% 所得的心跳速率來作為運動強度參考。若以年齡預測最大心跳計算通氣閾值時心率儲備率(%)的觀點來計算運動強度，根據研究結果以年齡預測最大心跳計算通氣閾值時心率儲備率百分比為 36.3%，我們建議可以使用[(220-年齡 - 休息心跳)\*(30~40%)+休息心跳]為運動強度心跳速率參考。

文獻報告指出在中低體適能受試者，運動時攝氧量儲備率及心率儲備率兩者間有比較高的相關性。<sup>[24]</sup>也因此美國運動醫學會近年來採用攝氧量儲備率或心率儲備率，來取代傳統最大心跳百分比或最大攝氧量百分比來作為運動處方的開立依據。Kunitomi 等人檢測通氣閾值對糖尿病患者運動處方適當性，在達通氣閾值時攝氧量相對代謝當量約為  $3.6 \pm 0.6$ ，心率儲備率(%)約為  $32.6 \pm 7.7\%$ ，研究結果明顯比我們的結果低。<sup>[25]</sup>依照我們研究結果，若以攝氧量儲備率的觀點來計算運動強度，所得的攝氧量儲備率平均為 54.5%；而若以心率儲備率的觀點來計算運動強度，心率儲備率為 52.2%，與攝氧量儲備率值接近(54.5%)，也說明了在肥胖糖尿病患者，若以儲備率觀點來開立建議的運動處方，不管利用攝氧量儲備率或是心率儲備率，可以利

用儲備率值約 50~60%來作為運動強度建議。

代謝當量常被利用來形容不同身體活動的強度指標，<sup>[26]</sup>依美國運動醫學會對身體活動強度之定義，輕度身體活動強度之代謝當量約小於 3；中度身體活動代謝當量約介於 3~6；代謝當量大於 6 則視為激烈身體活動。<sup>[27,28]</sup>為促進並維持健康，對於 18 到 65 歲的成年人，美國運動醫學會及美國心臟學會建議之運動量及頻率為中度強度的有氧運動每週 5 次(每次至少 30 分鐘)，或高強度運動每週 2 次(每次至少 20 分鐘)。<sup>[29]</sup>中等強度的有氧活動約等同於一次至少 30 分鐘(或可累計，但每次運動至少 10 分鐘以上)的快走(brisk walk)。本研究顯示肥胖糖尿病患者運動達通氣閾值時代謝當量平均約為 4 左右，研究結果符合中等強度(代謝當量約介於 3~6)有氧運動的範圍，建議肥胖糖尿病患者居家運動，可以每小時約 5 公里快走或每小時約 16 公里的自行車騎乘的方式，達到健康促進所需的運動量其代謝當量約達 4 的要求。

本研究發現達通氣閾值時，以年齡最大心跳數換算得之心跳儲備率(36.3±14.7%)與之前 Kunitomi 等人研究結果 32.6±7.7%有較明顯的個別性差異，心跳儲備率決定因素，除最大心跳數因素外，必須考量休息心跳數。糖尿病自律神經病變(diabetic autonomic neuropathy)會影響心跳反應，休息時心搏過速(約 90~100 下/分鐘)是糖尿病自律神經病變常見的表現。<sup>[30]</sup>本研究受測者平均休息心跳數約為 89.4±9.6 下/分鐘，休息心跳有略高的現象，雖然未達糖尿病自律神經病變所造休息時心搏過速標準，但偏高的休息心跳顯示可能有部分受測者有糖尿病自律神經病變。因此，可能使以年齡最大心跳換算之心跳儲備率的個別性差異稍大。要診斷糖尿病自律神經病變目前建議以心跳變異(heart rate variability)是較準確的判斷方式，<sup>[31]</sup>本研究並未進行受測者心跳變異的分析，為本研究的缺點，未來研究會將針對糖尿病自律神經病變對相關心跳反應的變化，進一步臨床研究。

## 結 論

決定運動強度的方法有許多種，依據本前期研究結果，肥胖糖尿病患者在進行運動時，在開立運動處方決定運動強度時，當然以心肺功能測試結果來擬定個人化的運動計畫最洽當。當無法進行運動測試時，最簡單的運動強度建議為運動量約達代謝當量 4 或心跳每分鐘 120 下。若以 $[220-\text{年齡}]$ 來作為最大心跳預測公式時，建議以 $[220-\text{年齡}] * 70\%$ 所得的心跳速率來作為運動強度參考；或是以心率儲備率約 36%(30~40%)

來作為肥胖糖尿病病患的初期運動強度指標。利用自覺用力係數來作為運動強度指引時，運動強度設定可依自覺用力係數 13(有一點吃力)來做為依據。在台灣，肥胖糖尿病患者運動治療的建議很少，本研究的結果提供的運動指引，可運用在肥胖糖尿病患者進行有氧運動訓練時，作為運動強度的指引依據，提供復健科醫師或新陳代謝科醫師開立肥胖糖尿病患者運動處方的參考。

## 誌 謝

感謝台中榮總及財團法人自行車暨健康科技工業研究發展中心對本研究之協助，特此感恩！

## 參考文獻

1. Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, et al. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement executive summary. *Diabetes Care* 2010;33:2692-6.
2. Sigal RJ, Kenny GP, Boule NG, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. *Ann Intern Med* 2007;147:357-69.
3. Chae JS, Kang R, Kwak JH, et al. Supervised exercise program, BMI, and risk of type 2 diabetes in subjects with normal or impaired fasting glucose. *Diabetes Care* 2012;35:1680-5.
4. Balducci S, Iacobellis G, Parisi L, et al. Exercise training can modify the natural history of diabetic peripheral neuropathy. *J Diabetes Complications* 2006;20:216-23.
5. Kanaley JA, Goulopoulou S, Franklin R, et al. Exercise training improves hemodynamic recovery to isometric exercise in obese men with type 2 diabetes but not in obese women. *Metabolism* 2012;12:1739-46.
6. McAuley PA, Myers JN, Abella JP, et al. Exercise capacity and body mass as predictors of mortality among male veterans with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2007;30:1539-43.
7. Swain DP, Leutholtz BC. Heart rate reserve is equivalent to %VO<sub>2</sub> reserve, not to %VO<sub>2</sub>max. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:410-4.
8. American College of Sports Medicine: ACSM's

- Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 8th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2009. p.155-6, 235.
9. Borg E, Kaijser L. A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. *Scand J Med Sci Sports* 2006;16:57-69.
  10. Al-Rahamneh HQ, Eston RG. Prediction of peak oxygen consumption from the ratings of perceived exertion during a graded exercise test and ramp exercise test in able-bodied participants and paraplegic persons. *Arch Phys Med Rehabil* 2011;92:277-83.
  11. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:377-81.
  12. Lambrick DM, Faulkner JA, Rowlands AV, et al. Prediction of maximal oxygen uptake from submaximal ratings of perceived exertion and heart rate during a continuous exercise test: the efficacy of RPE 13. *Eur J Appl Physiol* 2009;107:1-9.
  13. Rynders CA, Angadi SS, Weltman NY, et al. Oxygen uptake and ratings of perceived exertion at the lactate threshold and maximal fat oxidation rate in untrained adults. *Eur J Appl Physiol* 2011;111:2063-8.
  14. Faulkner J, Eston R. Overall and peripheral ratings of perceived exertion during a graded exercise test to volitional exhaustion in individuals of high and low fitness. *Eur J Appl Physiol* 2007;101:613-20.
  15. Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, et al. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol* 2013;113:147-55.
  16. Davis JA, Vodak P, Wilmore JH, et al. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J Appl Physiol* 1976;41:544-50.
  17. Rynders CA, Angadi SS, Weltman NY, et al. Oxygen uptake and ratings of perceived exertion at the lactate threshold and maximal fat oxidation rate in untrained adults. *Eur J Appl Physiol* 2011;111:2063-8.
  18. Stoudemire NM, Wideman L, Pass KA, et al. The validity of regulating blood lactate concentration during running by ratings of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:490-5.
  19. Fox SM 3rd, Naughton JP, Haskell WL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Ann Clin Res* 1971;3:404-32.
  20. Belli T, Ackermann MA, Ribeiro LFP, et al. Lactate and ventilatory thresholds in type 2 diabetic women. *Diabetes Res Clin Pract* 2007;76:18-23.
  21. Coquart JBP, Lemaire C, Dubart AE, et al. Prediction of peak oxygen uptake from sub-maximal ratings of perceived exertion elicited during a graded exercise test in obese women. *Psychophysiology* 2009;46:1150-3.
  22. DiPietro L, Dziura J, Yeckel CW. Exercise and improved insulin sensitivity in older women: evidence of the enduring benefits of higher intensity training. *J Appl Physiol* 2006;100:142-9.
  23. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:153-6.
  24. Brawner CA, Keteyian SJ, Ehrman JK. The relationship of heart rate reserve to VO<sub>2</sub> reserve in patients with heart disease. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:418-22.
  25. Kunitomi K, Takahashi K, Wade J, et al. Re-evaluation of exercise prescription for Japanese type 2 diabetic patients by ventilatory threshold. *Diabetes Res Clin Pract* 2000;50:109-15.
  26. Jette M, Sidney K, Blumchen G. Metabolic equivalents (METs) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. *Clin Cardiol* 1990;13:555-65.
  27. Howley ET. Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(6 Suppl):S364-9.
  28. Talbot LA, Morrell CH, Metter J, et al. Comparison of cardiorespiratory fitness versus leisure time physical activity as predictors of coronary events in men aged <65 years and >65 years. *Am J Cardiol* 2002;89:1187-92.
  29. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation* 2007;116:1081-93.
  30. Vinik AI, Ziegler D. Diabetic cardiovascular autonomic neuropathy. *Circulation* 2007;115:387-97.
  31. Fakhrzadeh H, Yamini-Sharif A, Sharifi F, et al. Cardiac autonomic neuropathy measured by heart rate variability and markers of subclinical atherosclerosis in early type 2 diabetes. *ISRN Endocrinol* 2012;ID:168264.

# The Relationships between Using the Rating of Perceived Exertion, Metabolic Equivalent and Maximum Heart Rate at Ventilatory Threshold into Determine Appropriate Exercise Prescription for Intensity in Obese Diabetic Patients: A Preliminary Study

Yan-Wen Chen,<sup>1,2</sup> Francois Liang,<sup>3</sup> Sen-Wei Tsai,<sup>1,4</sup> Shih-Yi Lin,<sup>5</sup> I-T Lee,<sup>5</sup>  
Sheu-Chen Liu,<sup>5</sup> Shin-Shan Lu<sup>2</sup>

Departments of <sup>1</sup>Physical Medicine and Rehabilitation, and <sup>5</sup>Endocrinology, Taichung Veterans General Hospital, Taichung;

<sup>2</sup>Master Program of Exercise Health Science, and Department of Exercise Health Science, National Taiwan University of Physical Education and Sport, Taichung;

<sup>3</sup>Cycling & Health Tech Industry R & D Center, Taichung;

<sup>4</sup>General Education Center, National Taichung University of Science and Technology, Taichung.

**Background:** The rating of perceived exertion (RPE), metabolic equivalent (MET) and maximum heart rate (HRmax) at ventilatory threshold (VT) are commonly used methods as physiological parameters for monitoring exercise intensity. However, the appropriate levels of training intensity for obese type 2 diabetic diabetes mellitus (type 2 DM) patients have not been established.

**Purpose:** To examine the parameters in obese Type 2 DM patients at ventilatory threshold, the exercise capacity of obese Type 2 DM patients, and to determine the appropriate levels of exercise intensity for exercise prescription in obese type 2 DM patients was investigated.

**Methods:** Twenty obese type 2 DM patients (body mass index >27) were recruited. The physiological parameters (maximum oxygen uptake, maximum heart rate [or simply HRmax], and RPE at ventilatory threshold) of these patients were measured and compared during the cardiopulmonary exercise test.

**Results:** The mean age of the subjects was 54.3±10.9 years, and the mean body mass index was 30.3±3.7. There was no difference on gender, the maximum oxygen uptake, maximum heart rate, and RPE by gender effect ( $p>0.05$ ). At ventilatory threshold level, the mean metabolic equivalent was 4.1±0.9, and the mean RPE was 13.0±1.7. The mean heart rate at VT was 117.3±14.5 beats/min, which is corresponded to 70.6±8.3% of the age-predicted HRmax, and the heart rate reserve was 36.3±14.7%.

**Conclusion:** Our results indicate that the appropriate levels of exercise intensity for obese type 2 DM patients are 70% of the age-predicted HRmax, 30-40% of the heart rate reserve, MET of 4, and RPE of 13. ( Tw J Phys Med Rehabil 2013; 41(2): 105 - 112 )

**Key Words:** rating of perceived exertion, ventilatory threshold, obesity, diabetes, exercise prescription

Correspondence to: Prof. Shin-Shan Lu, Master Program of Exercise Health Science, and Department of Exercise Health Science, National Taiwan University of Physical Education and Sport, No. 16, Section 1, Shuang-Shih Road, Taichung 404, Taiwan.

Tel : (04) 22213135 ext 1304 E-mail : sslu@ntupes.edu.tw