

中山醫學大學醫學研究所碩士論文

Master Thesis, Institute of Medicine,

Chung Shan Medical University

於漸進式腳踏車運動中加壓腹部及
胸部對最大運動能力與換氣之影響

Effect of abdominal and chest restrictive pressure
on maximal work capacity and ventilation during
incremental cycling exercise

指導教授: 李信達 助理教授 Shin-Da Lee PT, MS, Ph.D.

研究生: 陳鉞奇 Yueh-Chi Chen

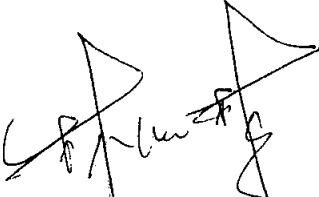
中華民國九十二年六月

June, 2003

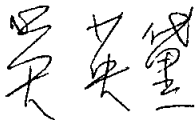
本論文為中山醫學大學授予學位之必備條件之一，經中山醫學大學醫學院醫學研究所碩士論文考試委員會審查合格及口試通過。

口試委員

中山醫學大學生理學科副教授



林則彬



台大醫學院物理治療學系副教授

吳英黛

中山醫學大學物理治療學系助理教授

李信達

(論文指導教授)



中華民國九十二年六月

學生陳鉞奇論文題目為「漸進式運動中加壓胸與腹部對最大運動能力和換氣之影響」，其論文已經中山醫學大學醫學院醫學研究所碩士論文考試委員會審查合格及口試通過，並由其指導教授核閱後無誤。

指導教授： 李信達

簽名：李信達

中華民國九十二年六月

致謝

在工作與學業的壓力中，一步步的完成了論文，心中終於有個落實感。回顧這一兩年來，周遭有許多貴人幫忙。但首先感謝指導教授 李信達助理教授的支持，讓我有難得的機會學習研究的方法與精神，不辭辛苦指導論文，使臻完成。在此對他至上最誠摯的敬意與謝意。

論文初完稿時，另有台灣大學物理治療系主任 吳英黛副教授、中山醫學大學生理科 林則彬副教授與中山附醫運動生理研究室 丁化醫師等諸位的細心審閱及不吝指導，使學生受益匪淺，僅此由衷感謝。

在研究期間，院內的運動生理研究室研究生 鐘瓊惠小姐與肺功能室 賴瑤霞小姐提供寶貴的時間和技術使我順利的收集資料並有更多的時間專心研究，謝謝妳們。此外，感謝治療部給與我讀研究所的機會，除了感謝兩年來在臨床支持的同事外，未來相信將可學以至用在心肺復健上，為物理治療盡份心力。

陳鉞奇 謹誌

中山醫學大學 醫學研究所

民國九十二年七月

中文摘要

於漸進式運動中加壓腹部及胸部對最大運動能力與換氣之影響

研究背景：因施加壓力對胸、腹部會導致呼吸力學的改變。因此，除了影響了肺功能，亦會影響運動功能的表現。我們的研究目的便是想釐清，運動中分別對胸、腹部施加壓力能否對於運動功能與呼吸循環系統有影響。**材料與方法：**在不同的三種狀況下執行肺功能與漸進式腳踏車心肺運動測試：不加壓、限制性加壓胸部及加壓腹部。**研究結果：**於漸進式運動中，限制性腹部加壓，當氣囊壓力為 40 毫米汞柱時，將會明顯影響最大攝氧量、無氧閾及作功效率。在運動中，不管是上胸或下腹受限，都有選另一者代償其位置，並不會因為限制而有所喪失其換氣量，反而用快而淺的呼吸型態來使其換氣達到運動所需。隨換氣量漸進增加，限制腹部及胸部的活動，對換氣型態皆會影響，而在低換氣量(20~30%，經最大志願換氣量標準化後)時，限制胸闊便會使其潮氣量比未加壓組有意義的減少，但中度換氣量時(30~40%)，限制腹部才會有同樣情況發生。而運動結束時，限制胸闊其呼吸儲存量比未加壓有顯著減少。**結論：**健康人於漸進式強度運動中，在一定限制壓力下，限制腹部會影響到其最大運動能力。而不管限制胸或腹部皆會改變呼吸型態，且在潮氣量與呼吸速率間取得維持換氣量的平衡點。此外，胸闊的活動度對於呼吸儲存量的供獻是較腹部重要的。關於此點，可能是低換氣量運動時，限制胸闊會使潮氣量較早減少之因。

英文摘要

Effect of abdominal and chest restrictive pressure on maximal work capacity and ventilation during incremental exercise

Background: The respiratory mechanism may be changed by the restriction of abdominal wall and chest cage. Our purpose is to investigate the effect of restrictive abdomen or chest upon exercise performance and respiratory system during incremental exercise.

Material and method: Three different situations were performed during static pulmonary test and dynamic exercise test: no restrictive pressure、abdominal restrictive pressure、chest restrictive pressure.

Result: Abdominal restrictive pressure at 40 mmHg decreased the peak $\dot{V}O_2$ 、anaerobic threshold and work efficiency during the incremental bike exercise. Chest restrictive pressure significantly affected the breathing reserve than control group. In addition, either limitation of abdomen or chest had fast and shallow breathing pattern. **Conclusion:** During incremental exercise, the abdominal restrictive pressure will constantly decrease the peak $\dot{V}O_2$. During exercise of either restrictive abdomen or chest, the rising ventilation can be adjusted by fast and shallow breathing pattern. In addition, limitation of chest makes the

decreasing of breathing reserve more significant. During low ventilatory exercise, the lower breathing reserve may make tidal volume of restrictive chest decreasing much earlier than restrictive abdomen.

目錄

誌謝

中文摘要 I

英文摘要 II

內文目錄 III

第壹章 緒論

第一節 研究動機 1

第二節 研究目的 2

第三節 研究假設 2

第貳章 文獻回顧

第一節 靜態中腹部與胸廓的限制對肺生理的改變 3

第二節 靜態中腹部與胸廓的加壓對循環的改變 4

第三節 在運動中對腹部與胸廓加壓的影響 5

第參章 材料與方法

第一節 研究對象 8

第二節 儀器設備 8

第三節 測量過程與參數 8

第四節 統計分析 11

第肆章 結果 13

第五章 討論

第一節 比較三組運動測試時最大運動功能時的表現.....	16
第二節 比較三組運動測試時換氣的表現.....	17
第三節 動態中換氣與最大運動能力的關係.....	22
第陸章 結論與臨床應用.....	24
參考文獻.....	26

表

表 1 十三位受測者肺功能的基本資料.....	30
表 2 三組間，靜態肺功能比較.....	31
表 3 最大運動能力、換氣與氣體交換能力和作功效率.....	32

圖

圖 1 漸進式運動中，換氣與潮氣量的關係.....	33
圖 2 比較三組漸進式運動中換氣量與換氣型態的變化.....	34
圖 3 比較三組漸進式運動中吸、吐氣時間的變化.....	35

附錄

附錄:實驗同意書.....	36
---------------	----

第壹章 緒論

第一節 研究動機

日常生活中，我們不知不覺的呼吸，中樞神經系統連繫身體代謝和來自身體中的軀體和化學的訊號以得知呼吸需求，並經由脊索傳送訊號的影響，經由自主或是隨意呼吸以控制呼吸肌，達到控制換氣的目的。解剖學上，吸氣肌主要分佈在兩個部位，胸部的肋間肌與腹部的橫膈肌，而它們欲在呼吸上表現出適當的功能亦須與正常的胸闊與腹部活動度(rang of motion)互相配合。但當由外在力量改變了這些胸、腹的機械力學後，呼吸便不是件輕鬆的事。例如僵直性脊椎炎、胸部燒傷等…其中的胸壁僵硬(chest wall stiffness)與懷孕、肥胖、腹水之病患的腹內壓抵抗橫膈肌減少，皆會導致胸闊回彈壓力(chest wall elastic recoil pressure)升高和胸闊的順應性(compliance)變差(1-4)。長期可能導致胸闊與腹部吸氣肌無法正常表現的情形。諸如此類，這些皆有相同的共同點，便是因增加胸、腹部壓力導致肺回彈壓力增加與順應性變差…等呼吸力學的改變。其中，腹內壓甚至可能會影響了血流動力學(5, 6)。因此，它們除了影響靜態肺功能，甚至可能會影響動態運動功能的表現。我們的研究動機便是想釐清，運動中單純胸、腹部壓力的增加對於呼吸系統與運動功能的影響。

在一些研究中(7-11)，利用限制胸部及腹部的活動，來改變了胸、腹腔換氣的物理特性，可以看到壓力改變呼吸機械力學後的蛛絲馬跡，例如：靜態中

以 Y 軸為體積的肺體積-壓力曲線(volume-pressure curves)向右移動，代表肺的回彈力增加以及順應性(compliance)變差，或是肺功能測試中顯示有意義的全肺總量(total lung capacity, TLC) 減少及最高吐氣流速(peak expiratory flow, PEF)變小，甚至有心輸出量變差的現象。儘管加壓限制後，靜態的肺功能確實變化很多，但在動態之運動中，壓力性限制肺部的運動研究不多，目前可知道的是於連續恆定高強度的運動時(80%最大攝氧量)，會改變呼吸型態(breathing pattern)，而總換氣量保持正常(12)，但是，對最大運動能力之影響並無研究。

因此，我們欲實驗健康人於漸進式強度運動中，利用加壓限制腹部及胸闊的活動，對一個人的最大運動能力，是否會被增加的不正常的壓力而受限，與其對換氣反應是否會影響，這些是我們有興趣想要知道的。

第二節 研究目的

目的：健康人於漸進式強度運動中，利用加壓限制腹部及胸闊的活動，對最大運動能力與換氣能力，是否會被增加的不正常的壓力而受限。

第三節 研究假設

假設：限制性加壓腹部與胸闊會對最大運動能力與換氣產生影響。

第貳章 文獻回顧

第一節 靜態中腹部與胸廓的限制對肺生理的改變

Scheidt(8)用 X 光顯示出站立時，兩種之限制皆使肺部產生形變。限制胸部時會較狹長，限制腹部時會較肥短，在長度比例上為 1.18:1，而寬度比為 0.86:1。表示限制腹部會使橫膈肌向上位移，限制胸部會使胸闊無法擴張，即壓力會使局部的肺體積改變分佈。

Bradley 與 Anthonisen(7)發現胸廓的限制(於肺餘容積時加壓至 40 毫米汞柱)會使全肺總量減少 43%，而腹部的限制減少 40%。而 Scheidt(8)之研究中顯示坐姿下，兩種限制同樣減少 37%外，功能性肺餘容積(functional residual capacity, FRC)與肺活量(vital capacity, VC)也都有減少的趨勢，而限胸較限腹吸氣容積(inspiratory capacity, IC)則有較難表現出來的現象(差 5%)，限腹的肺餘容積(RV)則比限胸較有意義的減少。

加壓胸部使回彈壓力增加，氣管中平衡壓力點(equal pressure point)向下移，使得最大吐氣流速減少(11)，因此最大吐氣流量會因加壓而減少。但一些研究卻認為於 40%的全肺總量時，限腹與限胸的瞬間流速會有意義增加(10)。

一些研究(9, 10, 11)發現胸廓的限制與腹部的限制會使肺橫貫壓力(transpulmonary pressure of lung)上升，且橫貫壓力增加與肺體積減少顯示出有意義的相關性(8)。

1960年，Caro. et al 最先研究胸廓的限制，會使肺的回彈壓力(lung recoil pressure)增加。之後1980年Bradley與Anthonisen(7)認為胸廓的限制會使肺的回彈壓力更甚於腹部的限制，認為是不同的綁法導致肺體積不同所致；但1981Scheidt(8)之研究中顯示肺的回彈壓力並沒有因不同的綁法而有差異，其認為肺的回彈壓力之增加，只是單純決定於肺體積減少，並不因不同的綁法而有差(其結果顯示兩種限制使肺體積下降的程度一樣)。因此限制使肺體積減少的比例似乎與肺的回彈壓力增加有十分的關聯性。

橫隔橫貫壓(transdiaphragmatic pressure)為腹內壓減去肋膜腔壓所決定，腹部加壓後，發現其最大橫隔橫貫壓會明顯增加許多。原因可能是橫隔肌受到牽張以及腹內壓明顯增加所致。(13)

此外，Peter et al.(14)於坐姿下將胸部限制，但並沒有發現氣體交換變差，死腔與潮氣量比例(VD/VT)也無任何改變。而Mango et al.(9)也發現即使限胸後，雖胸闊回彈壓力之增加，但不會產生空氣滯留的情況(air trapping)。

第二節 靜態中腹部與胸廓的加壓對循環的改變

當腹內壓大於20毫米汞柱(正常的腹靜脈約為20毫米汞柱)，心輸出量將會下降(6)。另有一篇研究:Takata, M(5)認為當腹內壓大於下腔靜脈壓時心輸出量會減少，而小於下腔靜脈壓時心輸出量會增加。而利用限制對胸部施加壓

力，Peter et al. 認為心輸出量會有意義減少(14)。

第三節 在運動中對腹部與胸廓加壓的影響

Sabah et al. (12)研究認為，限制胸部在連續恆定 80%最大攝氧量耐力運動過程中，造成呼吸型態變的快而淺，吐氣時腹肌徵召加強和吸氣時橫隔肌收縮力變差，但限制腹部除了使橫隔肌保持在較伸張的長度以致收縮力變強外，卻無呼吸型態改變的情況。後來同樣一組人之研究顯示(15)，限制胸部在連續恆定 80%最大攝氧量耐力運動過程後，發現會造成橫隔肌疲乏，而限制腹部與控制組則無此現象。

觀察以上結果, 卻無任何研究討論到下列數點:

1. 呼吸系統受到壓力性物理限制而產生的壓力變化是否會影響其最大運動能力?
2. 限制胸部與腹部何者的換氣受限較明顯?
3. 運動過程中，壓力性限制是否會影響氣體交換的能力?
4. 靜態中，腹部限制會使其肺功能如吸氣容積減少，為何動態中無呼吸型態改變的情況?
5. 外在壓力 40 毫米汞柱於胸腹部，是否已對循環產生影響?

測量一個人的運動能力，最常使用的是心肺運動測試(cardiopulmonary exercise test, CPEX)，利用非侵入性的氣體分析，可得知最大攝氧量或是換

氣閾(ventilation threshold)來推測其功能能力(functional capacity)。因為最大攝氧量需再依性別年齡肥胖程度去調整而換氣閾有時又會有困難去決定，所以未必可以很順利的解釋受測者的運動生理反應，尤其是在心血管有問題者的身上。因此我們希望用作效率率(work efficiency, slope of $\Delta\dot{V}O_2/\Delta\text{Watt}$)來觀察對胸、腹腔施加壓力是否會對循環產生影響。

運動的能量供應來自於腺嘌呤三磷酸(ATP)，可經由有氧和無氧代謝形成，如果循環系統有問題將無法很順利傳送氧氣到骨骼肌，以至於能量供給便大多由無氧代謝形成，結果便是有較低的攝氧量變化。運動過程中，作效率率代表攝氧量($\dot{V}O_2$)與功率(work rate)的線性關係，可以用來解釋身體內有氧運動的功能是否受心血管的問題而影響(16)。因為腹部加壓會影響到血流動力的問題(5, 6)，所以，我們利用作效率率來觀察：因腹腔加壓後使下腔靜脈回流不繼(心輸出減少)，而使循環系統無法正常運作，是否會產生較差的工作效率。

另外，我們利用加壓胸閩與腹部，觀察在運動過程中有無不正常的換氣反應：包括呼吸型態、呼吸儲存量(breathing reserve)、換氣效率(ventilatory efficiency, $\Delta VE/\Delta\dot{V}CO_2$)來評估換氣反應與氣體交換的能力。其中換氣效率($\Delta VE/\Delta\dot{V}CO_2$)亦可用公式： $VE/\dot{V}CO_2 = 863/(PaCO_2*(1-VD/VT))$ 來表達，當其斜率偏高則可能代表此時動脈血中二氧化碳偏低或死腔變大。臨床上如過度換氣便會有此情形。利用加壓胸閩與腹部，打破了胸閩的呼吸力學，如肌肉的長度-張力(length-tension)關係，使順應性變差、呼吸加速的情況下，運動是

否會增加死腔而使換氣效率變差，並不清楚。雖於靜態中，加壓胸部後的死腔並未增加(14)，但運動中有無動脈血中二氧化碳偏低或死腔增加，亦可用換氣效率證明。

第參章 材料與方法

第一節 研究對象

我們的受測者選擇來自於正常的志願者，包涵了八位男性與五位女性，平均年齡 22.5 ± 2.8 歲，身高 169.1 ± 7.1 公分，體重 67.5 ± 11.9 公斤。在介紹我們的研究目的並簽署同意書才開始進行測試(附錄一)，所有的受試者並沒有心血管，神經肌肉及肺部的疾病。其基本特徵與肺功能資料如表一。

第二節 儀器設備

肺功能測試使用 Sensor medics Vmax 229 pulmonary function analysis, USA

運動測試使用 Sensor medics Vmax 29C exercise test analysis, USA

非延展性的皮帶

碼表式充氣的塑膠皮囊

第三節 測量過程與參數

十三位受測者於實驗之前先使他們了解研究的設備與流程：同一天中每一位被研究者，每進行一次肺功能測試後隨即便再進行一次腳踏車運動測試，如此在三種不同的狀況：不加壓、加壓胸部及腹部選擇不同的三天進行，而三種狀況下，不論是肺功能或者是運動測試，皆是隨機選擇，而且同一位受測者的

每次實驗約隔一個星期。

1. 限制型加壓：

我們選擇一個非延展性的皮帶(50*15cm)，內附一可充氣的塑膠皮囊(20*15cm)，當緊密的綁在腹部時，位置約在第十根肋骨的下緣到骨盆壘(ilic crest)的部分，同時中間內附的皮囊(pneumatic cuff)，綁好後，於測試前，立即使用血壓加壓球充氣，加壓前須吐氣，吐到底後維持充氣到 40 毫米汞柱，並全程再補氣，以使得測試過程壓力至少都維持在 40 毫米汞柱以上。

同樣的，限制胸部的綁法位置在腋下到劍突的部分，加壓的方法則與腹部加壓一樣。

2. 肺功能測試：

我於運動測試前，先進行靜態的肺功能測試，姿勢是採站立。測試的項目包括有全肺總量、功能性肺餘容積、肺活量、吸氣容積、用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、第一秒鐘用力吐氣量(forced expiratory volume in first sec, FEV1)、一氧化碳擴散能力(single-breath carbon-monoxide diffusing capacity, DLCO)與單位肺泡體積的一氧化碳擴散能力(DLCO/VA)、最大志願換氣量(maximal voluntary volume, MVV)、最大口腔吸/吐氣壓(maximal inspiratory/ expiratory pressure, MIP/MEP)。於測試後便立即做一次運動測試。

3. 運動測試：

運動測試是在一個電磁感控阻力的腳踏車上進行，十二個導極心電圖(ECG)觀察整個運動過程中，是否有不正常的心電圖反應以及心跳。而氣動式血壓計皆綁於左手臂上，鼻子夾緊，口中含有一個氣流感應器(flow sensor)，可由此收集氣體後加以分析。開始的時候先坐在腳踏車上三分鐘，第三到第六分鐘是踩零瓦特(watt)的阻力，六分鐘開始時，強度以每分鐘二十瓦特增加(男性)，或以每分鐘十五瓦特增加(女性)。踏板轉速須維持在每分鐘五十到六十轉，最大運動停止後，須再踩四分鐘零瓦特。最大運動停止時的原則為無法維持五十轉的轉速。

氣體分析採記錄每次呼吸的方式(breath by breath)，內容記錄運動時，攝氧量($\dot{V}O_2$ ml/min, STPD)、二氧化碳的產生量($\dot{V}CO_2$ ml/min, STPD)、換氣量(VE l/min, BTPS)、潮氣量(Tidal volume l)和呼吸速率(RR time/min)，另外還有每一次呼吸的吸氣(T_i sec)、吐氣時間(T_e sec)，平均吸氣(V_T/T_i ml/sec)、吐氣的流速(V_T/T_e ml/sec)，吐氣末二氧化碳壓($P_{et}CO_2$ mm Hg)。

當有以下的情形時，便應立即停止測試：

- (1)胸痛、昏眩。
- (2)危險性的心律不整。
- (3)ST段由J點向下掉落大於80毫秒或上升大於0.1毫伏特。
- (4)其它須馬上停止的急症。

測試過程中，其中各有一位女性與男性因故無法完成腹部加壓之運動測試，三位男性無法完成胸部加壓之運動測試及肺功能測試。

第四節 統計分析

運動功能測試之資料需轉換成每秒計數(sec by sec)。分析其最大運動量時的參數，我們取最大運動結束時之前的三十秒平均。

作功效率($\Delta\dot{V}O_2 / \Delta\text{Watt}$)與換氣效率($\Delta\text{VE} / \Delta\dot{V}CO_2$)使用線性回歸(linear regression)計算其斜率。其中截取斜率時，必須去除漸進式運動開始後的前四十五秒與呼吸代償點後的資料(respiratory compensation point, RC)(17)。

換氣型態分析：我們取該次運動狀況下之每十個百分率的平均換氣量(%，經原始未加壓的最大志願換氣量標準化；%， MVV control)，並記錄該狀況下的潮氣量(%，經原始未加壓的吸氣容積標準化；%， IC control)，用來比較三組潮氣量與換氣量之間的關係。

同樣的，取該次運動狀況下之每十個百分率的平均換氣量(%，經該次加壓狀況下的最大志願換氣量標準化；%， MVV individual)，並記錄該狀況下的潮氣量(%，經該次加壓狀況下的吸氣容積標準化%， IC individual)，用來比較換氣量儲存率(ventilation reserve, $VR=1- VE/MVV*100\%$)與潮氣量儲存率(Tidal volume reserve, $TR=1- VT/IC*100\%$)之間的關係。

另外，取每十個百分率比的平均攝氧量(%，經該種狀況下的最大攝氧量標準化)，並平均該狀況下的換氣量、潮氣量、呼吸速率、吸氣、吐氣時間，用來比較三組潮氣量與換氣量之間的關係。

肺功能及運動功能測試之資料的比較，以 one way ANOVA with post hoc

test 比較三組之間差異，當 $P < 0.05$ 為有統計上之意義。

第肆章 結果

在肺功能方面，加壓胸部與未加壓組比較下，總肺活量、用力肺活量、吸氣容積、功能性肺餘容積、第一秒鐘用力吐氣量、最大自主換氣量等皆明顯的下降($P < 0.05$ 或 < 0.01)，而 RV/TLC%則有明顯的增加($P < 0.05$)。(表 2)

加壓腹部與未加壓組的比較，除了 RV/TLC%沒有增加外，結果跟 “加壓胸部與未加壓組比較” 都相似。

加壓胸部比起加壓腹部，總肺活量和用力肺活量，吸氣容積，第一秒鐘用力吐氣量，最大自主換氣量等皆明顯的減少 ($P < 0.05$)。

儲存容積在三組中間則沒有任何的差異，但在加壓胸部組其 RV/TLC%則有明顯的增加。加壓胸部後，其儲存容積事實上在整個肺總量的比例上是增加了，可是換氣的空間也減少了。

第一秒鐘用力吐氣量明顯的下降 ($P < 0.01$)，而且在加壓胸部和腹部之間是有明顯的差異 $P < 0.01$ ，但是就其占用力肺活量的百分比(FEV1/FVC%)而言，三組中則是沒有差異，故可能無阻塞性氣流或空氣滯留產生。最高吐氣流速在加壓腹部組有明顯下降(與未加壓組比)。此外，我們之實驗中加入單位肺泡體積的一氧化碳擴散能力，以及最大吸氣壓及吐氣壓則沒有差異。

故綜合以上來講：加壓後，我們所做的肺功能研究結果跟以前所做的大體都相同，加壓後，顯現出來的像是限制型肺病的肺功能測試，且壓胸較為嚴重。此外，合併呼吸肌耐力(MVV)變差，但呼吸肌肌力(PIM 或 PEM)不變，靜態時換

氣與灌流(\dot{V}/Q)正常的情形。

從運動開始到結束，觀察整個運動能力：最大的瓦特數(work load max.)和總運動時間(exercise time-limited)，吐氣末二氧化碳壓($P_{et}CO_2$)亦無變化。三組之間並沒有差異。但加壓腹部組則較未加壓組的最大攝氧量、無氧閾和作功效率有明顯減少($P<0.05$)，可能腹部壓力影響了作功效率。(表 3)

換氣能力方面：換氣效率(ventilatory efficiency, $\Delta VE/\Delta \dot{V}CO_2$)則無差異，表示整個運動過程中換氣效率並不因加壓而有變化。但特別的是，在最大換氣量中加壓腹部比未加壓組明顯的減少($P<0.05$)。(表 3)

呼吸儲存量(% , breathing reserve):加壓胸部組則比未加壓明顯的減少($P<0.05$)，由 37 ± 15 降到 27 ± 16 。加壓腹部與未加壓組則沒差異。

換氣量與潮氣量經最大志願換氣量與吸氣容積標準化後，可知隨換氣量增加其潮氣量亦變大，而胸部加壓從低到高換氣量(20~60% $VE(\%, MVV$ control))，其潮氣量卻比未加壓組有意義的減少；然而腹部加壓只有在中、高換氣量時(30~60%)，比未加壓組減少($P<0.05$)(圖 1 上)。另外，我們分別以三種加壓狀況下的最大志願換氣量(MVV individual)和吸氣容積(IC individual)來做標準化，而得到另一個換氣量與潮氣量的關係(圖 1 下):發現在相同的換氣量 $VE(\%, MVV$ individual)下，或解釋為相同比例之換氣量儲存率下(ventilation reserve, $VR=1- VE/MVV*100\%$)，三組之間潮氣量儲存率($1- VT/IC*100\%$)並無差異，表示在相同比率的換氣量儲存率下，潮氣量儲存率不

因加壓後而有所變化。

每分鐘的換氣量在三組中則是沒有差異(圖 2 上)。潮氣量隨著運動量的增加而增加，在 30~100%的最大攝氧量(% $\dot{V}O_{2max.}$)，加壓胸部組則是與未加壓組有顯著差異($P < 0.05$)。而 10~100%最大攝氧量，加壓腹部組跟未加壓組比，潮氣量亦有明顯的差異($P < 0.05$)。表示隨著運動量增加，胸部與腹部加壓的確會影響潮氣量的發揮，但不因加壓胸部而表現較明顯(圖 2 中)。

呼吸速率(RR)隨著運動量的增加而增加，加壓胸部和加壓腹部兩組，在範圍 20~100%最大攝氧量中，呼吸速率皆增加，跟未加壓組有統計上意義的差距(圖 2 下)。

吸氣時間(T_i)與吐氣時間(T_e)隨著攝氧量之增加而減少，代表吸、吐氣肌使用的加強，使得吸、吐氣時間相對減少，以節省時間並加快一定的呼吸速率。加壓胸部組與腹部在 40~100%最大攝氧量的吸氣時間和在 30~100%最大攝氧量的吐氣時間減少，與未加壓組比有統計上明顯的差異。 $(P < 0.05)$ (圖 3 上, 中)。

然而，吸氣時間佔整個吸吐時間的比例(T_i/T_t)，在三組中則無明顯的差異(圖 3 下)。

第五章 討論

第一節 比較三組的運動測試最大運動功能時的表現：

最大攝氧量與無氧閾：

攝氧量是表現一個人內呼吸代謝狀態，心血管循環和外呼吸的總體表現。

由表 3 結果可知，限制胸部的活動在運動測試時，不會影響其最大攝氧量及無氧閾。因此，限制胸部時最大運動能力不因壓力之介入而有所影響。但限制腹部，於運動中，加大的壓力明顯影響最大攝氧量及無氧閾。因為，最大攝氧量之減少有許多可能原因，但卻又合併無氧閾在加壓腹部後卻有較低的現象(從 1132ml/min 降到 1020ml/min, $P < 0.05$)。因此，我們懷疑加壓腹部可能已影響了血流，才會使閾值降低。

作功效率：

作功效率($\Delta \dot{V}O_2 / \Delta \text{Watt}$)表示運動過程中攝氧量與功率的線性關係，較正常低的比值表示心血管系統功能不佳(16)。實驗中加壓胸部比未加壓組為無意義($P > 0.05$)。但，加壓腹部的效率(7.6 ± 1.6)比起未加壓組(8.4 ± 0.8)小，具有統計上之意義($P < 0.05$)。這表示腹部 40 毫米汞柱的壓力可能影響了運動時血流的需求量。因此，我們由作功效率認為，壓力性限制胸閾還不致於會對心血管系統產生影響，但腹部加壓 40 毫米汞柱可能會影響運動時的血流。正如同 Takata, M(5)所說的，當腹內壓大於下腔靜脈壓(約 20 毫米汞柱)時，便會使心輸出減少。而運動時心輸出量的減少，更無法滿足需要靠血流供應大量氧氣

的肌肉組織，有氧代謝減少，無氧代謝相對取而代之。因此，在觀察上， $\Delta\dot{V}O_2$ 減少，作功效率便會減少。所以，當腹內壓大於下腔靜脈壓時，將使工作效率減少(表 3)。

有學者研究過身體質量比(body mass index)與腹內壓有正相關，其平均 67.7 歲研究族群中身體質量比平均為 27.6 公斤/平方公尺，腹內壓為 6.5 毫米汞柱 (0.2~16.2 毫米汞柱)，此外，並無發現腹內壓與性別、年齡有相關(18)。胃部開刀前之病患，身體質量比平均為 $52\pm 1 \text{ kg/m}^2$ ，平均腹內壓為 18 ± 0.7 公分水柱 (約 13 毫米汞柱)，比起非肥胖病患之腹內壓是有意義的偏高(19)。因此，在我們認知的範圍內，必須承認的，這種腹內壓大於下腔靜脈壓的生理現象在一些高腹內壓的肥胖者中可能不會發生。

第二節 比較三組運動測試時換氣的表現：

換氣量(ventilation)與潮氣量(tidal volume)之關係：

我們以不加壓狀況下的最大志願換氣量(MVV control)和吸氣容積(IC control)來分別對換氣量和潮氣量標準化，而得到的一換氣量與潮氣量的關係。由圖 1. 上，可知三組中隨換氣量增加潮氣量亦增加，胸部加壓從低換氣量開始(20~60% VE(% , MVV control))，其潮氣量便比未加壓組有意義的減少；然而腹部加壓後，其潮氣量只有在中、高換氣量時(30~60%)，比未加壓組有意義的減少。此代表以 40 毫米汞柱加壓腹部其呼吸儲存量較大，而加壓胸部其呼

吸儲存量較小，以致於壓胸部將使低潮氣量於低換氣量時提早發生。因此，我們可知胸闊的活動度對於呼吸儲存量的供獻是較腹部重要的。

此外，我們再分別以三種加壓狀況下的最大志願換氣量(MVV individual)和吸氣容積(IC individual)來分別對換氣量和潮氣量標準化，而得到另一換氣量與潮氣量的關係(圖 1 下)，發現三組間，在相同比例之換氣量儲存率下，潮氣量儲存率並無差異。所以漸進式運動中，隨著換氣量儲存率減少，潮氣量儲存率也減少；而在相同比率的換氣量儲存率下，儘管限制胸或腹任何一者之活動度，潮氣量儲存率也不因此而有所變化。

運動中的換氣量(ventilation):

胸闊或腹部在其中之一限制後，是否依然可由另一者來擔負起運動時換氣的需求? John T. 等人認為胸部的肌肉比起腹部的肌肉(腹肌與橫隔肌)更能很快的活動，而在深呼吸運動裡面，胸部與腹部的肌肉比起橫隔肌更能在力學上表現其優點(20)。所以，在我們的研究中顯示腹部限制後，依然可用胸式呼吸來代償換氣量。另外，運動中腹部與胸部換氣的分佈，結果顯示:休息時，腹部與胸部的換氣比例是 1: 3，運動時是 1 :2 (此時潮氣量是肺活量的 30%)，表示除了胸部外，橫隔肌在運動與休息中同樣可伴演不可獲缺之角色(21)。因此，僅管加壓胸部限制後優點盡失，但以腹式為主的呼吸也能代償其換氣上的缺陷。因此加壓腹部與加壓胸部後不會對運動中的總換氣量產生不足的影響(圖 2 上)。綜合來說，在運動中，不管是上胸或下腹受限，都有還另一者代償其位置，並不會因

為限制而有所喪失其換氣量，反而用快而淺的呼吸型態來使其換氣達到運動所需，根據這一點，於下一節會有討論。

在加壓胸部組卻沒有差別。最大運動表現中有兩項因素會影響呼吸功：(1). 最大運動時約 10~15% 心輸出的血流會供給呼吸肌(22) (2). 最大運動時運動肌肉的交感性血管收縮使其本身血流減少(23)，換言之，腳踏車運動極限時，呼吸肌需較多心輸出以供給大量的換氣並洗去體內之二氧化碳，而下肢血流會減少相對可以補充呼吸肌的需攝氧性的血流。我們的研究發現，在改變外在腹部壓力下，即使有代償性的吸、吐氣流加快與吸、吐時間變短，但依然會使加壓腹部組比非加壓組的最大之換氣量減少($p < 0.05$)(表 3)。難道最大換氣量不足與壓腹有關？Takata, M 認為當腹內壓大於下腔靜脈壓時心輸出會減少(發生於 zone II 的腹部血管)，而小於下腔靜脈壓時心輸出會增加(zone III 的腹部血管)(5)，40 毫米汞柱限制型加壓腹部，會使腹內壓大於下腔靜脈壓而使靜脈回流減少(心輸出下降)。在最大運動時將可能導致下肢血流無法回流供給呼吸肌，將會使呼吸效率減少，進一步使呼吸肌無法表現最大之換氣量。限制型加壓胸部，也有靜脈回流下降的影響(14)，只是有胸闊保護，對心血管系統的影響應不比加壓腹部大，雖最大之換氣量的平均亦較少(但沒有統計上意義)。

呼吸型態的改變(change of breathing pattern):

Sabah et al. (12)之研究中:於加壓腹部及加壓胸部下，連續以 80%最大功

率運動，加壓腹部並無改變其呼吸型態、吸氣與吐氣時間，應是因胸闊還有很足夠代償空間。但，我們的研究中，不管於加壓腹部或加壓胸部不僅會改變胸、腹的機械力學，且皆會於漸進式運動中影響其呼吸型態(圖 2 中, 2 下)。在一開始運動後，潮氣量雖有增加，但加壓後比起未加壓組，則都有意義的明顯減少(或呼吸頻率明顯的增加)。此現象顯示加壓後肺與胸闊的回彈壓力(lung and chest recoil pressure)增加(7)，為了運動時更多之換氣作用以排除二氧化碳或吸收更多氧氣，必須維持定量的換氣量。

Hey et al. (24)及 Gallagher(25)闡述健康人在運動時，他的潮氣量會漸增一直達到一個平原期(約發生在 50%的 $VT/VC\%$)，而之後的換氣量的增加都有賴於呼吸頻率的增加。另外減短吸, 吐氣時間(T_i, T_e)，吸氣流速加快(VT/T_i)使其不產生呼吸困難的現象更是其原始策略之一(14, .26)。因此，運動中不管限制胸或腹部皆會改變呼吸型態，呼吸型態及作功之效率化，通常是須在呼吸頻率與潮氣量間取得一平衡點，即潮氣量下降和呼吸頻率增加(tachypnoeic shift) (圖 2 中, 下)。

一般來說，隨運動量增大，呼吸速率加快，而呼吸速率加快有賴於吸、吐氣時間(T_i, T_e)的減少，尤其在我們有限潮氣量增加的情況下。在統計上，加壓腹部或胸部的吸吐氣時間(T_i, T_e)皆有意義之減少(圖 3 上, 中)。另外，三組於運動過程中吸氣時間佔整個吸吐時間的比例(duty cycle, T_i/T_t)則無差別(圖 3 下)。所以，吸、吐的比例(T_i/T_t 或 T_e/T_t)，不因加壓胸部使腹肌的徵

召加強(12)而改變，也不因不同的受限位置而改變比例。平均吸氣流速(VT/Ti)，亦是代表吸氣神經驅動(inspiratory neural drive)的強度，比起未加壓組，加壓腹部組於80~100%攝氧量(% $\dot{V}O_{2max.}$)卻有意義較低的現象，是否因為極高運動量下，吸氣肌已疲乏或加壓腹部使供給呼吸肌的血流受限，需再進一步探討。

換氣效率與呼吸儲存量:

改變了胸闊的體積-壓力關係，而使順應性變差的情況下，我們發現壓胸後的運動，的確會使呼吸儲存量變少(表3)。Karlman wasserman(27)認為中年的人應有大於43~23% (或>11 L/min)的呼吸儲存量，其中呼吸儲存量=(MVV- VE max.)/MVV*100%。如小於此值，表示有換氣限制(ventilatory limitation)的產生，然而三組的資料皆於正常值內(例如加壓胸部的呼吸儲存量為26.95%):表示並沒有換氣限制產生。但儘管換氣限制沒有發生，加壓胸部比未加壓組的呼吸儲存量卻有統計上意義之減少(由36.9%±15.3降到27%±15.9, P<0.05)，而加壓腹部比未加壓組的呼吸儲存量平均值下降，但沒有統計上意義(P>0.05)。主要因加壓胸部之最大志願換氣量較加壓腹部更低所致(肺功能中加壓胸部比加壓腹部的最大志願換氣量有明顯的差異, P>0.05)。在運動中，觀察自覺用力呼吸(perception of breathing effort)似乎在加胸部中較高，因本身呼吸力學的改變，尤其呼吸頻率與潮氣量變化量較大，將可能導致發生呼吸功率加高，如此高耗能狀況下，會增加感覺輸入到中樞神經以使有感覺費力

的用力呼吸。且 John T. 等人(20)研究運動時，胸部與腹部的換氣分佈顯示，胸部地區的換氣在休息、運動、甚至運動結束時，它所扮演角色都較重要。因此，加壓胸闊受限後較會明顯的突顯出呼吸的困難。然而，在我們的研究中，儘管加壓胸部後呼吸儲存量減少與自覺用力呼吸增加，我們用換氣效率來評估，在運動過程中並無效率變差的情況發生，動脈二氧化碳偏低或死腔變大的情形應該沒有產生，因此每分鐘換氣量皆可以有效率洗出運動時產生的二氧化碳。

第三節 動態中換氣(ventilation)與最大運動能力(work capacity)的關係：

Hansen 等人(16)在研究間質性肺疾病中，發現即使在換氣受損之病人身上，其運動時，通常有正常的呼吸儲存量，但卻有較低之最大攝氣量。而且，換氣上之受損(ventilatory impairment)也沒有與其最大攝氣量非常相關，故其認為：內部肺部循環受限才是運動受限之主因，而非機械性換氣換的受限所能決定。Mota (28)觀查騎腳踏車者，也認為機械性換氣受限並不會影響最大有氧運動能力。

Harm et al. (29)後來於正常人身上作極限運動實驗，並使用 PAV (proportionate assisted ventilator) 造成一較無負擔的呼吸(unloading of breathing work)，如此狀況下，與對照組之間的比較，會造成換氣量的增加，

但卻無法達到最大攝氧量。而製造一阻力性負擔的呼吸後，卻可達到原來之最大攝氧量。表示運動時之換氣受限與否，並不影響最大運動能力。

然而，以吸氣回彈阻力(inspiratory elastic load) 加諸於漸進式運動測試者口上，實驗顯示：換氣效率沒有差異，總換氣量雖可被呼吸型態改變來代償，但最大攝氧量卻減少(30)。

運動即極限時，最大攝氣量的供獻來自於骨骼肌與呼吸肌，與效率不章表示呼吸系統攝氣量需求量增加，而更早達到 10~15%最大攝氧量，所以，決定其最大攝氣量是不與換氣受限非常相關，但是，如果換氣被限制的太嚴重的話，呼吸肌提早疲乏可能是會限制其最大運動能力(例如 COPD)。至於換氣限制的量要多少才會限制到?這需未來再進一步研究。因此，在我們加壓胸部的研究中換氣受限並未發生，其與最大運動能力亦不相關。

第陸章 結論與臨床應用

結論上，在一定限制壓力下，限制胸部會改變換氣的機械特性，但不會影響到其最大運動能力。而加壓腹部影響的層面則明顯許多，除了影響肺功能外，靜脈回流的減少可能會使最大有氧運動能力與無氧閾降低，尤其作功效率的確已被影響。而關於腹內壓較大的肥胖病人身上，身體質量比平均為 52 公斤/平方公尺，則平均腹內壓約為 18 公分水柱（約 13 毫米汞柱），比起非肥胖病患之腹內壓是有意義的偏高。但是，我們必須承認的，這種腹內壓不會大於下腔靜脈壓（20 毫米汞柱），所以偏高腹內壓的肥胖者中，低的工作效率應不會發生，除非已合併有心血管的疾病。而舉重者腰際需綁一皮帶可以增加腰部的穩定性，其高腹內壓量甚至會高達 40~50 毫米汞柱，還好其屬於爆發力型的運動，如果從事長時間有氧運動，可能會影響其運動能力。

此外，於漸進式運動過程中，我們認為不管是加壓胸闊或腹部，換氣儲存量會減少，而換氣效率不變。但不管限制胸或腹部皆會改變呼吸型態，在潮氣量與呼吸速率間取得一換氣量的平衡點，而不致於會產生動態換氣量之缺乏。

隨換氣量漸進增加，限制腹部及胸部的活動，在低換氣量（20~30%，經最大志願換氣量標準化後）時，限制胸闊會使其潮氣量比未加壓組有意義的減少，但中度換氣量時（30~40%），限制腹部才會有同樣情況發生。而運動結束時，加壓腹部其呼吸儲存量並無顯著差異，而加壓胸部其呼吸儲存量則顯著減小。因此，我們可知胸闊的活動度對於呼吸儲存量的供獻是較腹部重要的。關於此

點，可能是低換氣量運動時，限制胸闊會使潮氣量比限制腹部較早減少之因。

臨床上受到胸、腹壓力緊縮而限制肺部活動的例子不少，如僵直性脊椎炎、胸部燒傷與懷孕、肥胖、腹水之病患，雖有會改變其呼吸型態的胸壁僵硬或腹部壓力加大之問題，但加上長期的時間使呼吸肌無力(我們的研究中呼吸肌力是正常的)與疾病的複雜性，使得換氣之影響應會更嚴重，甚至會影響到其最大運動能力。而我們的研究中，雖然無法考慮如此周詳，但是單獨考量活動度受限所得到的結論，將可以當做臨床上面對相關問題的參考的模式。

参考文献

1. Van Noord JA. Cauberghs M. Van de Woestijne KP. Demedts M. Total respiratory resistance and reactance in ankylosing spondylitis and kyphoscoliosis. *European Respiratory Journal* 4(8):945-51, 1991.
2. Demling RH. Zhu D. Lalonde C. Early pulmonary and hemodynamic effects of a chest wall burn (effect of ibuprofen). *Surgery* 104(1):10-7, 1988.
3. Mutoh T. Lamm WJ. Embree LJ. Hildebrandt J. Albert RK. Abdominal distension alters regional pleural pressures and chest wall mechanics in pigs in vivo. *Journal of Applied Physiology*. 70(6):2611-8, 1991.
4. Duranti R. Laffi G. Misuri G. Riccardi D. Gorini M. Foschi M. Iandelli I. Mazzanti R. Mancini M. Scano G. Gentilini P. Respiratory mechanics in patients with tense cirrhotic ascites. *European Respiratory Journal*. 10(7):1622-30, 1997.
5. Takata M. Wise RA. Robotham JL. Effects of abdominal pressure on venous return: abdominal vascular zone conditions. *Journal of Applied Physiology*. 69(6):1961-72, 1990.
6. Kashtan J. Green JF. Parsons EQ. Holcroft JW. Hemodynamic effect of increased abdominal pressure. [Journal Article] *Journal of Surgical Research*. 30(3):249-55, 1981.
7. Bradley CA. Anthonisen NR. Rib cage and abdominal restrictions have different effects on lung mechanics. *Journal of Applied Physiology*. 49(6):946-52, 1980.
8. Scheidt M. Hyatt RE. Rehder K. Effects of rib cage or abdominal restriction on lung mechanics. *Journal of Applied Physiology*. 51(5):1115-21, 1981.
9. Manco JC. Hyatt RE. Relationship of air trapping to increased lung recoil pressure induced by chest cage restriction. *American Review of Respiratory Disease*. 111(1):21-6, 1975.
10. Samuel E. Stubbs and Robert E. Hyatt. Effect of increased lung recoil

- pressure on maximal expiratory flow in normal subjects . *Journal of Applied Physiology*. 32(3):325-331, 1972.
11. Sybrecht GW. Garrett L. Anthonisen NR. Effect of chest strapping on regional lung function. *Journal of Applied Physiology*. 39(5):707-13, 1975 .
 12. Hussain SN. Rabinovitch B. Macklem PT. Pardy RL. Effects of separate rib cage and abdominal restriction on exercise performance in normal humans. *Journal of Applied Physiology*. 58(6):2020-6, 1985.
 13. David R. Hillman, James Markos, and Kevin E. Finucane Effect of abdominal compression on maximal transdiaphragmatic pressure *Journal of Applied Physiology*. 68(6):2296-2304, 1990.
 14. Peter L. Klineberg, Kai Rehder, and Robert E. Hyatt Pulmonary mechanics and gas exchange in seated normal men with chest restriction. *Journal of Applied Physiology*. 51(1):26-32, 1981 .
 15. Sabah N. A. Hussain and Richard L. Pardy. Inspiratory muscle function with restrictive chest wall loading during exercise in normal humans. *Journal of Applied Physiology*. 58(6):2027-32, 1985.
 16. James E. Hansen, Darryl Y. Sue, MD, AMI Oren, MD, and Karlman Wasserman, MD, PHD Relation of oxygen uptake to work rate in normal men and men with circulatory disorders. *American Journal of Cardiology*. 59:669-674, 1987.
 17. Metra M, Dei Cas L, Panina G, Visioli O. Exercise hyperventilation in chronic congestive heart failure, and its relation to functional capacity and hemodynamics. *American Journal of Cardiology*. 70:622-628, 1992.
 18. Noel C. Sanchez, M. D. , Patty L. Tenofsky, M. D. , Jonaathan M. Dort, M. D. , Luke Y. Shen, B. S. , Stephen D. Helmer, PH. D. , R. Stephen Smith, M. D. What is normal intra-abdominal pressure? *American Surgeon*. 67(3):243-8, 2001.
 19. Sugerman H. Windsor A. Bessos M. Wolfe L. Intra-abdominal pressure, sagittal abdominal diameter and obesity comorbidity. *Journal of Internal Medicine*. 241(1):71-9, 1997.

20. Sharp JT. Goldberg NB. Druz WS. Danon J. Relative contributions of rib cage and abdomen to breathing in normal subjects. *Journal of Applied Physiology*. 39(4):608-18, 1975.
21. Grimby G. Bunn J. Mead J. Relative contribution of rib cage and abdomen to ventilation during exercise. *Journal of Applied Physiology*. 24(2):159-66, 1968.
22. Harms CA. Wetter TJ. McClaran SR. Pegelow DF. Nickele GA. Nelson WB. Hanson P. Dempsey JA. Effects of respiratory muscle work on cardiac output and its distribution during maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*. 85(2):609-18, 1998.
23. Harms CA. Babcock MA. McClaran SR. Pegelow DF. Nickele GA. Nelson WB. Dempsey JA. Respiratory muscle work compromises leg blood flow during maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*. 82(5):1573-83, 1997.
24. Hey EM, Lloyd BB Cunningham DJC , Jukes MGM, Bolton DPG. Effect of various respiratory stimuli on the depth and frequency of breathing in man .*Respiratory physiology*. 1:193-205, 1966.
25. Gallagher CG, Brown E, Younes M Breathing pattern during maximal exercise and during submaximal exercise with hypercapnia .*Journal of Applied Physiology*. 63:238-244, 1987.
26. Douglas NJ. Drummond GB. Sudlow MF. Breathing at low lung volumes and chest strapping: a comparison of lung mechanics. *Journal of Applied Physiology*. 50(3):650-7, 1981.
27. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, et al. Principle of exercise testing and interpretation. 3rd ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1999; 155-156
28. Mota S. Casan P. Drobnic F. Giner J. Ruiz O. Sanchis J. Milic-Emili J. Departament de Pneumologia, Hospital de la Santa Creu i de Sant Pau, Universitat Autònoma, Barcelona, Spain. Expiratory flow limitation during exercise in competition cyclists. *Journal of Applied Physiology*. 86(2): 611-6, 1999.

29. Harms, Graig A. Thomas j wetter, Claudette M. ST. Croix, David F. Pegelow, and Jerome A. Dempsey Effect of respiratory muscle work on exercise performance . Journal of Applied Physiology. 89:131-138, 2000.
30. D' Urzo AD. Chapman KR. Rebuck AS. Effect of elastic loading on ventilatory pattern during progressive exercise. Journal of Applied Physiology. 59(1):34-8, 1985.

表 1 十三位受測者肺功能的基本資料

No	Age Gender	Ht Wt cm kg	TLC L	FRC L	IC L	RV L	RV/TLC %	FVC L	FEV1 L	FEV1/FVC %	PEF L/sec	PIM cm H2O	PEM cm H2O
1	<u>23</u> F	<u>163</u> 50	4.3	2.6	1.7	1.6	38	2.7	2.5	93	6.6	94	80
2	<u>21</u> F	<u>167</u> 76	4.5	2.7	1.8	1.3	29	3.2	2.8	86	5.9	89	59
3	<u>19</u> F	<u>163</u> 48.5	4.1	2.3	1.9	0.9	22	3.2	3.0	95	5.3	69	83
4	<u>25</u> F	<u>163</u> 82	4.3	2.2	2.1	1.4	33	2.7	2.3	85	4.3	57	33
5	<u>20</u> F	<u>162</u> 52.5	3.6	1.6	2.0	0.9	24	2.8	2.7	96	4.8	46	52
6	<u>21</u> M	<u>173</u> 61	5.6	3.2	2.4	2.1	38	3.5	3.4	98	7.8	59	58
7	<u>21</u> M	<u>174</u> 60	5.9	3.1	2.8	1.8	31	4.0	3.7	91	8.5	94	64
8	<u>22</u> M	<u>184</u> 75	6.1	3.4	2.7	1.8	30	4.3	3.9	93	9.1	108	196
9	<u>23</u> M	<u>166</u> 82	5.7	2.2	3.6	1.9	33	3.9	3.8	99	9.5	66	72
10	<u>21</u> M	<u>172</u> 76	6.7	3.4	3.3	2.2	32	4.4	4.1	93	8.7	53	76
11	<u>22</u> M	<u>174</u> 67	5.8	3.2	2.6	1.0	17	4.9	3.9	81	9.2	138	125
12	<u>24</u> M	<u>177</u> 74	6.9	4.0	2.9	2.2	31	4.8	4.3	90	10.1	141	135
13	<u>30</u> M	<u>160</u> 74	4.9	2.7	2.2	1.3	26	3.6	2.2	60	6.2	126	106
Mean	22.5	<u>169</u> 67.5	5.3	2.8	2.4	1.6	29.5	3.7	3.3	89.2	7.4	87.7	87.6
SD	2.8	<u>7.2</u> 11.9	1	0.7	0.6	0.45	6.0	0.8	0.7	10.2	2.0	32.7	43.5

表 2 三組間, 靜態肺功能比較

		對照組	加壓腹部	加壓胸部
TLC	L	5.3±1.0	4.7±0.9*	4.0±0.8**#
FRC	L	2.8±0.7	2.4±0.5*	2.2±0.5**
IC	L	2.5±0.6	2.3±0.7	1.8±0.4*#
RV	L	1.6±0.5	1.5±0.4	1.5±0.5
RV/TLC	%	29.5±6.0	31.3±6.7	37.2±7.9*
FEV1	L	3.3±0.7	2.9±0.7**	2.4±0.5**##
FVC	L	3.7±0.8	3.2±0.8**	2.5±0.6**##
FEV1/FVC	%	89.2±10.2	89.9±12.4	93.6±3.7
PEF	L/sec	7.4±2.0	6.7±1.5*	6.1±1.3
MVV	L/min	109.1±32.7	95.7±29.8**	82.6±26.1**#
PIM	cm H2O	87.7±32.7	79.8±27.2	68.7±20.9
PEM	cm H2O	87.6±43.5	81.1±45.0	72.9±26.8

值 = mean ± SD。* P < 0.05 和 ** P < 0.01: 加壓胸腹部與對照組比較。
P < 0.05 和 ## P < 0.01: 與加壓腹部比較。

表 3 最大運動能力, 換氣與氣體交換能力與作功效率

		對照組 n=13	加壓腹部 n=11	加壓胸部 n=10
Exercise time	sec	569±88.3	552.1±102.1	552.4±83.4
Watt max.	watt	170.2±45.7	166.3±45.9	159.5±41.2
VO2 max. (STPD)	ml/min	1803.6±460.9	1704.1±450.2*	1530.7±439.3
VCO2 max. (STPD)	ml/min	2095.9±533.7	1833.8±593.0	1732.9±447.8
VO2 at AT	ml/min	1132.8±240.4	1020.6±172.1*	996.0±429.6
VE max. (BPSD)	L/min	66.5±16.1	61.0±15.3*	57.4±11.9
Breathing Reserve	%	36.8±15.3	32.9±17.5	27.0±15.9*
ΔVE/ΔVCO2		25.9±2.1	25.8±2.4	26.8±2.8
ΔVO2/ΔWatt	ml/min/watt	8.4±0.8	7.6±1.6*	7.8±1.0

最大運動結束時之前的 30 秒平均, 分析其最大運動量時的參數。值 = mean ± SD。

* P<0.05 和** P<0.01: 與對照組比較。

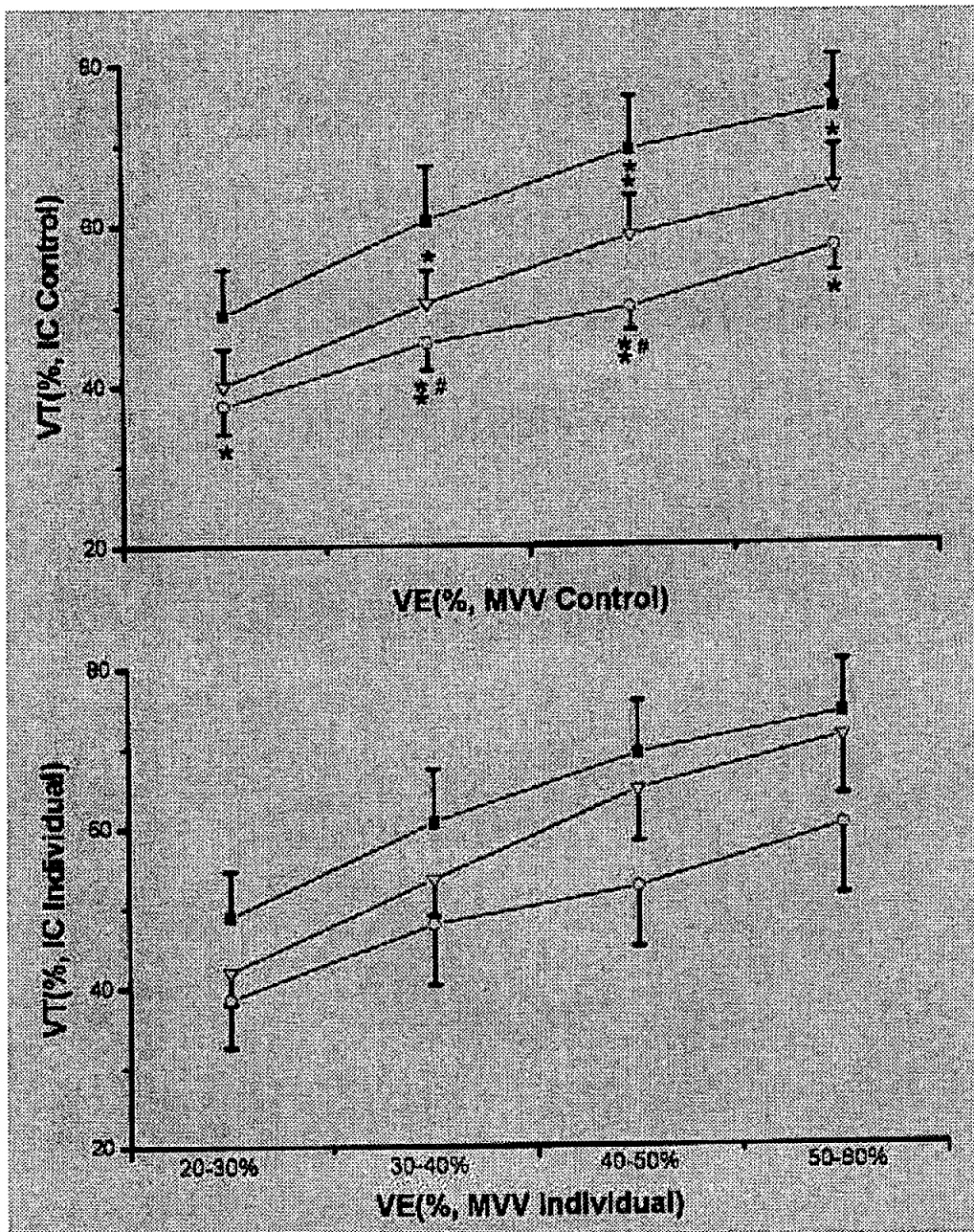


圖 1 漸進式運動中，換氣與潮氣量的關係。三組分別為：未加壓組(方塊■)，加壓腹部組(三角▽)與加壓胸部組(圓形○)。* P<0.05 或** P<0.01 為該組與未加壓組比較，# P<0.01 為加壓胸部與腹部之間的比較。符號表示為：平均值±標準誤。

上圖 VE(% MVV Control):換氣量經未加壓組的 MVV 標準化。VT(% IC Control):為潮氣量經未加壓組的 IC 標準化。

下圖 VE(% MVV Individual):換氣量經各組的 MVV 標準化。VT(% IC Individual):為潮氣量經各組的 IC 標準化。

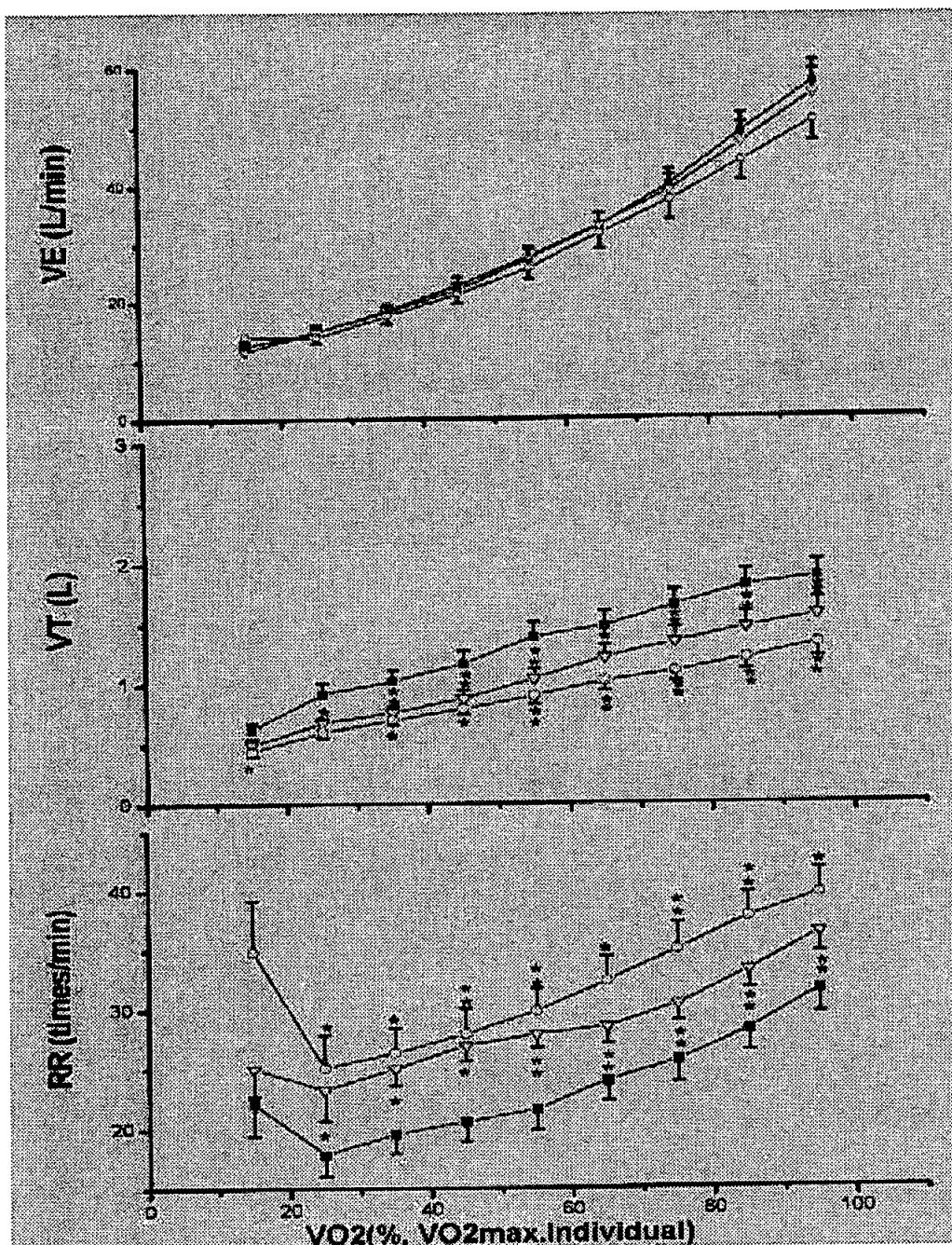


圖 2 比較三組漸進式運動中換氣量與換氣型態的變化。VO2(%, VO2max. Individual)表示攝氧量經個組的最大攝氧量標準化。

上圖 換氣量(VE)隨著運動量增加而增加，但三組間並無差異。

中圖 潮氣量(VT)隨著運動量增加，而限制胸部(圓形)與限制腹部(三角)比未加壓組(方塊)則是有統計上之下降。

下圖 呼吸速率(RR)隨著運動量增加而加快，而限制胸部(圓形)與限制腹部(三角)比起未加壓組(方塊)則是在統計上有意義的上升。

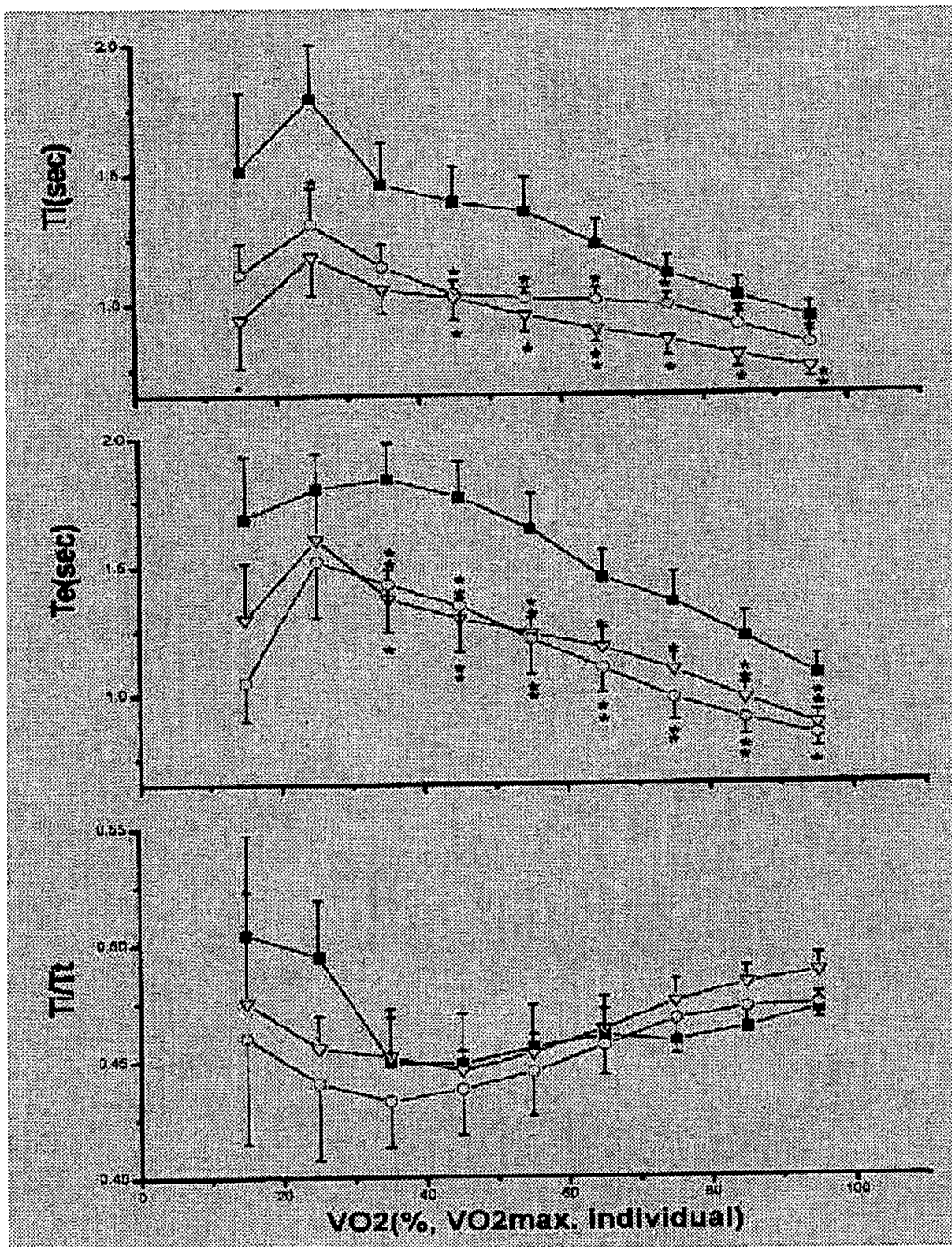


圖 3 比較三組漸進式運動中吸、吐氣時間的變化。

上圖 吸氣時間隨著攝氧量之增加而減少，以加快呼吸速率並維持定量的換氣量。限制胸部與限制腹部之會吸氣時間減少，比起對照組有統計上明顯的差異。

中圖 限制胸部與限制腹部時吐氣時間(Te)減少，與對照組比有統計上明顯的差異。

下圖 Duty cycle 三組之間無顯著差異。

附錄

附錄：實驗同意書

病患參加臨床研同意書

研究題目：於漸進式運動中加壓腹部及胸部對最大運動能力與換氣之
影響

1. 我同意參加由 陳鉞奇 所做的臨床研究，包括以下的研究過程：

於研究開始前進行個人病史調查及介紹測試過程。我授權他們做這些過程，我完全瞭解這是一個實驗，是要試驗此過程對我運動生理之反應。

2. 陳鉞奇 已對我說明研究過程、目的、好處，也說明了可能發生之不適情況。且已對我所有有關疑問，做了很令我滿意的答覆。

3. 我已對這個研究過程完全了解，並願接受這個研究過程。

4. 我知道我可以在任何時間收回同意書，不參加研究。

5. 我已讀過且完瞭解這同意書，簽名前已填好所有的填空部分。

證人簽名：_____ (受試人簽名)：_____

日期：_____ 日期：_____

感謝您撥空參與本研究

再次謝謝您的合作

計畫主持人 陳鉞奇 指導教授 李信達 敬上

民國 年 月 日

博碩士論文授權書

(國科會科學技術資料中心版本，92.6.17)

本授權書所授權之論文為本人在 中山醫學 大學(學院) 醫學研究所
五 組 九十一 學年度第 二 學期取得 碩 士學位之論文。

論文名稱：於漸近式運動中加壓腹部及胸部對最大運動能力與換氣之影響。

同意 不同意 (政府機關重製上網)

本人具有著作財產權之論文全文資料，授于行政院國家科學委員會科學技術資料中心、國家圖書館及本人畢業學校圖書館，得不限地域、時間與次數以微縮、光碟或數位化等各種方式重製後散布發行或上載網路；本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利（未申請者本條款請不予理會）的附件之一，申請文號為：_____，註明文號者請將全文資料延後半年後再公開。

同意 不同意 (圖書館影印)

本人具有著作財產權之論文全文資料，授于教育部指定送繳之圖書館及本人畢業學校圖書館，為學術研究之目的以各種方法重製，或為上述目的再授權他人以各種方法重製，不限地域與時間，惟每人以一份為限。

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。上述同意與不同意之欄位若未夠選，本人同意視同授權。

指導教授姓名：李信達

研究生簽名：陳鉞奇
(親筆正楷)

學號：9002031
(務必填寫)

日期：民國 92 年 7 月 28 日

1. 本授權書(得自<http://sticnet.stic.gov.tw/sticweb/html/theses/authorize.html> 下載或至<http://www.stic.gov.tw/> 首頁右下方下載)請以黑筆撰寫並影印裝訂於書名頁之次頁。
2. 授權第一項者，請確認學校是否代收，若無者，請個別再寄論文一本至台北市(106-36)和平東路二段106號1702室 國科會科學技術資料中心 黃善平小姐。(電話:02-27377606 傳真:02-27377689)
3. 本授權書已民國85年4月10日送請內政部著作權委員會(現為經濟部智慧財產局)修正定稿，89.11.21部份修正。
4. 本案依據教育部國家圖書館85.4.19台(85)圖編字第712號函辦理。