



3-1-2000

Investigation of the Correlation between Neurological Impairment and Fitness in Spinal Cord Injured Patients

Mei-Yun Liaw

Chih-Fang Yang

Pao-Tsai Cheng

Chen-Yin Chen

Ai-Ling Hu

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: <https://rps.researchcommons.org/journal>



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

Recommended Citation

Liaw, Mei-Yun; Yang, Chih-Fang; Cheng, Pao-Tsai; Chen, Chen-Yin; Hu, Ai-Ling; and Lin, Meng-Chih (2000) "Investigation of the Correlation between Neurological Impairment and Fitness in Spinal Cord Injured Patients," *Rehabilitation Practice and Science*: Vol. 28: Iss. 1, Article 3.

DOI: <https://doi.org/10.6315/3005-3846.2090>

Available at: <https://rps.researchcommons.org/journal/vol28/iss1/3>

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.

Investigation of the Correlation between Neurological Impairment and Fitness in Spinal Cord Injured Patients

Authors

Mei-Yun Liaw, Chih-Fang Yang, Pao-Tsai Cheng, Chen-Yin Chen, Ai-Ling Hu, and Meng-Chih Lin

脊髓損傷患者脊髓的損傷程度與其適能之相關性

廖美雲 楊志方 鄭寶釵 陳貞吟 胡瓊玲 林孟志¹

林口長庚紀念醫院復健科 胸腔科¹

脊髓損傷患者因僅留上下肢少數肌肉可做耐力性或爆發力性的運動，其心肺功能較難維持。本研究乃探討此類患者脊髓損傷部位高低、損傷程度與心肺功能、日常生活功能、上肢肌力的相關性。

先收集符合 American Spinal Cord Injury Association (ASIA), impairment scale A.B.C 的脊髓損傷病患，再依 International Impairment Classification (British Medical Research Council, MRC) class IA-6 分類，取其中 class IB-4 級。測試項目包括(1)靜態肺功能：spirometry, 最大自主性換氣量(maximal voluntary ventilation)、肺活量(slow vital capacity)、(2)動態肺功能: continuous graded exercise, arm-cranking ergometry, (3)上肢肌力測試:等速肌力(isokinetic test)及手握力(handgrip power)。在上肢肌力測試方面 Index of overall muscular strength = (elbow flexion + elbow extension + shoulder flexion + shoulder extension) / 4, 日常生活功能以 functional independence measurement (FIM)評估。全部所得結果以 ANOVA, Pearson correlation 分析。

結果共收集脊髓損傷無法行走的患者 63 位, class IB 有 10 位, class 2 (T1~T5)有 10 位, class 3 (T6~T10)有 12 位, class 4 (T11~L3)有 31 位。(1)在上肢手搖機運動方面, IB class 所得的最高攝氧量(peak VO₂)、最高攝氧量預測值百分比[peak VO₂(%, pred)]、最大運動瓦數(peak work rate)、最大運動瓦數預測值百分比[peak work(%, pred)]、最高心率[peak heart rate(HR)]、最高心率預測值百分比[peak HR(%, pred)]、手握力、自我照顧能力(self care)和移動能力(mobility)均較其它 3 組低。(2)以 ANOVA 分析得知肺功能中的用力肺活量(forced vital capacity, FVC), FVC(%, pred), 第一秒最大吐氣量(forced expiratory volume in first second, FEV₁), FEV₁(%, pred), 上肢手搖機運動所得的最高攝氧量、最高攝氧量預測值百分比、最大運動瓦數(peak work rate)、最大運動瓦數預測值百分比[peak work(%, pred)]、最高心率[peak heart rate(HR)]、最高心率預測值百分比[peak HR(%, pred)]、手握力、自我照顧能力和移動能力與脊髓損傷部位的高低有顯著的相關。(3)用力肺活量、第一秒最大吐氣量、最大自主性換氣量、肺活量和等速肌力、最大運動瓦數、最高攝氧量和手握力亦有顯著相關。(4)以 Pearson correlation 分析得知最高攝氧量與等速肌力測試所得的最大力矩(peak torque)、全部功(total work)、平均功率(average work rate)和手握力有顯著的相關性。

故研究得知脊髓損傷患者的動靜態肺功能、等速肌力、功能性能力和握力不僅和脊髓損傷部位有密切關係,而它們彼此之間更是息息相關,故對脊髓損傷患者的完整計劃應包括上述各方面。(中華復健醫誌 2000; 28(1): 19 - 28)

關鍵詞：脊髓損傷(spinal cord injury), 功能獨立量表(functional independence measurement), 心肺功能測試(cardiopulmonary function test), 肌力(muscle strength)

前 言

脊髓損傷的患者日常運動有下肢被動、牽張運動、站立架站立訓練、上肢舉重運動、手搖車上臂運

動、輪椅的運動等，僅留上下肢少數肌肉可做耐力性或瞬間肌力性(或爆發力)的運動，又因軀幹肢體的麻痺無力，靜脈肌肉幫浦不足，在上臂活動時，回心血流減少，氧氣能量不足，代謝物累積因而患者較易疲勞，心肺功能亦較難維持^[1-6]。日積月累的低體能活動更易

投稿日期：88 年 10 月 19 日 修改日期：88 年 12 月 2 日 接受日期：89 年 3 月 3 日

抽印本索取地址：廖美雲，林口長庚紀念醫院復健科，桃園縣 333 龜山鄉復興街 5 號

電話：(03) 3281200 轉 2667 或 2654 傳真：(03) 3281200 轉 2667

引發心臟血管的疾患及糖尿病、肥胖、高血壓、高血脂症、骨質疏鬆等併發症^[1,2]。Haas 曾報告冠狀動脈疾病是脊髓損傷患者受傷一年後自然死因的第二位，發生率更高達一般人的 13 倍^[1]。Drory 發現脊髓損傷患者的心電圖常有非特異性 ST-segment and T-wave 的變化^[5]。Davis 報告脊髓損傷病患，受傷後的存活可達 30 年以上^[6]。脊髓損傷患者心肺功能的研究雖已日漸普遍，^[1-11]然在無法行走脊髓損傷患者其脊髓損傷高低、程度與等速肌力、手握力功能之間的相關性卻鮮有報告^[8]。

功能性獨立量表的評估目前已普遍被應用，然其與脊髓損傷患者心肺功能的關係卻是從未有學者專家研究過，而與脊髓損傷患者使用輪椅患者的上臂肌力心肺功能的關係，或心肺功能與肌力的關係，亦甚少有關研究報告。

根據文獻報告，脊髓損傷病患經數週耐力型上臂運動訓練，可顯著增加功率輸出量 (power output)、最高攝氧量 (peak VO₂)，減少次最大運動量 (submaximal exercise task) 的生理反應如心率、換氣量和氧攝取量，亦可降低血脂肪，因而減少冠狀動脈疾病 20% 的發生率^[1,3,6]。

在台灣脊髓損傷發生率，根據中華民國脊髓損傷協會報告，每年約新增一千人^[12]。由於交通日益繁忙，意外事件頻傳，脊髓損傷發生率可能會逐年增加，而醫藥的發達，更延長這些患者的生命。因此如何快速簡單評估其心肺功能，給予適當上臂肌力、耐力的訓練，使其日常活動及輪椅的行動更有效率，並防止日後心臟血管疾患及其併發症，應是脊髓損傷患者復健重要的一環。

材料與方法

、研究目的：

探討國內脊髓損傷患者受傷部位的高低、嚴重度與心肺功能的相關性，並研究其動、靜態心肺功能與上肢肌力、功能能力之間的相關性。所得的結果與國外之報告比較，尋求其間的異同，作為未來脊髓損傷患者運動處方計畫的參考、預後的評估，以利於有效、安全的心肺功能訓練及增加復健成效、減少日後併發症。

、研究對象：

低位頸髓、胸腰脊髓受傷使用輪椅者需符合下列條件：

(一) ASIA (Americal spinal injury association) impairment

scale A、B、C。^[13]再依 classification of SCI based on Lesion Level assessed on a 0-5 scale, British Medical Reseach Council (MRC)。^[1,7] 其中 class 1A：指脊髓受傷部位在 C6 以上，肱三頭肌肌力 MRC grade < 3；class 1B：受傷部位在 C7 以下，肱三頭肌、腕伸肌及屈肌功能正常，手指肌力小於 MRC grade 3；class 2：脊髓受傷部位 T1-T5，坐立時無法平衡；class 3：脊髓受傷部位在 T6-T10，腹肌無功能能力，肌力在 MRC grade 1-2；class 4：受傷部位在 T11-L3，股四頭肌及臀肌肌力小於 MRC grade 3；class 5：受傷部位在 L4-S2，股四頭肌及臀肌肌力大於 MRC grade 3；class 6：極小的肌力缺失。將患者分成 class 1A to 6 分類，但取 class 1B 至 4 等級共 4 類患者。即頸脊髓損傷病患，須肩及肘屈曲肌、伸展肌肌力在 4 (good) 以上。

(二)患者無肺部疾病如肺炎、血胸、氣胸，無腦部損傷、無代謝異常，無心臟疾患如心律不整、心肌梗塞、心絞痛、心衰竭、大動脈狹窄等，無肩胛骨、上肢、肋骨骨折、無肩及肘關節嚴重攣縮、無上肢關節疾患等。

(三)脊髓受傷或手術後至少 6~12 週以上。

(四)可坐立半小時以上，無呼吸困難、背痛、姿勢性低血壓。

(五)18 歲以上。

、研究方法：

測試前先解釋評估檢查的目的、程序，並簽心肺功能測試同意書，測量身高、體重(以坐立式的體重計測試)，算出體質指數(body mass index)，了解用藥情形，安排心肺功能檢查、上肢等速肌力及手握力測試。

(一)心肺功能測試

測試儀器：MedGraphics Cardiopulmonary Exercise Testing System, Ergometriesysteme, GmbH+CO.KG, Blutdruckmeßgerate 800s, computer ergometer)

1.靜態肺功能測試包括：

(1)Lung mechanics：用力肺活量 (forced vital capacity, FVC)、FVC(%、pred)、第一秒最大吐氣量 (forced expiratory volume in first second, FEV₁)、FEV₁(%、pred)、FEV₁/FVC、肺活量(vital capacity, VC)、maximal expiraory flow、maximal mid-expiratory flow between 25-75% of the volume expired during the forced vital capacity (MMEF 25~75%)。

(2)Lung volumes: 肺活量 (slow vital capacity, SVC)、inspiratory capacity (IC)、expiratory

reserve volume (ERV)。

(3)最大自主性換氣量(maximal voluntary ventilation)。

2.動態肺功能：上臂手搖車運動測試(arm-cranking ergometry、continuous graded exercise)。

測試時間與等速肌力測試相隔 24 小時以上。測試當天禁止抽煙及喝咖啡，並於飯後兩小時後測試。測試方法：以上臂手搖車測試，調整握柄軸心至肩膀高度，手推出最大距離時，上肢略為彎曲。四肢癱瘓者如 class IB 因有的無法握緊上臂手搖車的把手，可先用繃帶固定手部。測試時，以 12 lead 心電圖連續監視。測試前有半小時的休息，坐立 2 分鐘之後先測試靜態時心電圖、血壓，以便獲得基本資料。運動前先有暖身運動(unloaded arm cycling) 1 分鐘，依病人身體狀況而定，儘可能讓患者運動時間能維持在 8~12 分鐘左右。運動強度如 class IB 病患可以 5watt/2min 或 5watt/min 速度增加，class II~IV 患者則以 5watt/min 或 10watt/min 速度增加。速度儘可能維持在 50rpm (revolutions per minute)。測試時，在醫療人員的鼓勵下，儘可能做到最高攝氧量，若無法維持 50rpm、上肢異常酸痛疲勞、呼吸困難、胸部壓迫感或身體不適時，即停止運動，回復至恢復期(unloading cycling)。此過程每兩分鐘測試記錄血壓、Borg scale 各一次。直到血壓、心跳降至原值方停止測試。

運動測試時氣體 breath by breath 被收集，所得的變數如：work rate、 VO_2 、METs、oxygen consumption per body weight (VO_2/BW)、 VCO_2 、oxygen pulse、respiratory exchange ratio (RER)、heart rate (HR)、minute ventilation(V_E)、tidal volume、respiratory rate、ventilatory equivalent for O_2 (V_E/VO_2)、ventilatory equivalent for CO_2 (V_E/VCO_2)、end tidal PO_2 ($P_{ET}O_2$)、end tidal PCO_2 ($P_{ET}CO_2$)，以上運動中氣體交換指數，經電腦處理以每 30 秒平均值來作分析。

無氧閾值(anaerobic threshold)的決定為(1) V_E/VO_2 開始增加，但 V_E/VCO_2 尚未相應增加時。(2) $P_{ET} O_2$ 開始增加，但 $P_{ET} CO_2$ 尚未相應減少時。(3)隨功率增加，換氣量之增加已超越線性模式增加。

(二)上肢肌力測試：等速肌力(Cybex 340 system)

方法：依 Cybex 340 system user's manual 的標準步驟，平躺方式進行測試。測試部位包括：shoulder：flexors + extensors; elbow: flexors + extensors。測試速度為 $60^\circ/sec$ 、 $180^\circ/sec$ 、 $240^\circ/sec$ 。記錄 peak

torque(最大力矩)、total work(全部功)、average power(平均功率)。

(三)手握力測試 (JAMAR hydraulic hand dynamometer)：

方法：患者坐著，上臂自然下垂，肘彎曲約 90° 、左右手交叉測握力各三次。

(四)功能能力以 ASIA functional independence measure (FIM)評估。取其中自我照顧能力 (self-care) 及移動性 (mobility) 作比較。

統計分析

(一)在上肢等速肌力的測試方面，先求出各組記錄最大力矩、全部功、平均功率。分別在 $speed\ 60^\circ/sec$ 、 $180^\circ/sec$ 、 $240^\circ/sec$ 的 index of overall muscular strength，再分析比較各組這些的變異數。

Index of overall muscular strength (peak power, total work, and average power)
= (elbow flexion + elbow extension + shoulder flexion + shoulder extension) / 4。

(二)以 one-way ANOVA, Pearson correlation, 分析各因子間的相關性。

(三)所有值皆以平均值±標準差(mean ± SD)表示，除非加註說明者例外。

結果

自 1996 年初至 1997 年底，共有 63 位脊髓損傷患者參與本研究，有 10 位是四肢癱瘓患者，53 位是下肢癱瘓患者，依 British MRC classification 分類，在 class 1B 有 10 人，其中完全性脊髓損傷(complete SCI)者 6 人，不完全性脊髓損傷(incomplete SCI)者有 4 人；class 2 有 10 人 (complete : incomplete = 8 : 2)；class 3 有 12 人 (complete : incomplete = 11 : 1)；class 4 有 31 人 (complete : incomplete = 20 : 11)。

因 class 1B、2、3 組人數僅分別為 10、10、12 人，所以在統計前我們先將各組完全脊髓損傷和不完全脊髓損傷患者分成兩群，分別在年齡、身高、體重、BMI、心肺功能、肌力測試、手握力、自我照顧能力及移動能力等方面以 t-test 作比較，發現二者在統計學上未有顯著差異。故統計時乃先將各 class 的完全和不完全脊髓病人總合起來作比較。

以 ANOVA 分析

(1)在年齡、身高、體重、體質指數方面，class 1B、2、3、4 各組，不具有統計學上的差異(表 1)。

(2)在靜態肺功能方面隨著脊髓損傷部位提高有下

降趨勢，其中在用力肺活量、用力肺活量預測值百分比、第一秒最大吐氣量預測值百分比的比較，在各組間具有統計學上顯著差異。在 Cardi O₂ test 方面，得知最高攝氧量、最高攝氧量預測值百分比、最大運動

瓦數、最大運動瓦數預測值百分比、最高心率 [peak heart rate (HR)]、最高心率預測值百分比 [peak HR (% pred)]，在各組間具有統計學上顯著差異(表 2, 圖 1)。

表 1. 不同脊髓損傷程度患者各組的特徵

神經部位	1B (C6-C8) (N=10)	2 (T1-T5) (N=10)	3 (T6-T10) (N=12)	4 (T11-L3) (N=31)	ANOVA P value
年齡 (歲)	34.4 ± 12.3	34.2 ± 10.9	33.6 ± 10.5	38.0 ± 12.1	0.55
身高 (公分)	167.2 ± 5.4	160.3 ± 7.6	164.5 ± 9.1	164.0 ± 9.2	0.46
體重 (公斤)	61.9 ± 9.9	56.0 ± 10.2	60.6 ± 9.1	58.6 ± 9.6	0.49
身體質量指數(公斤/平方公分)	22.4 ± 3.7	21.6 ± 2.9	22.4 ± 3.3	21.7 ± 2.7	0.78

BMI: 身體質量指數

組別: 依大不列顛醫學研討會分類

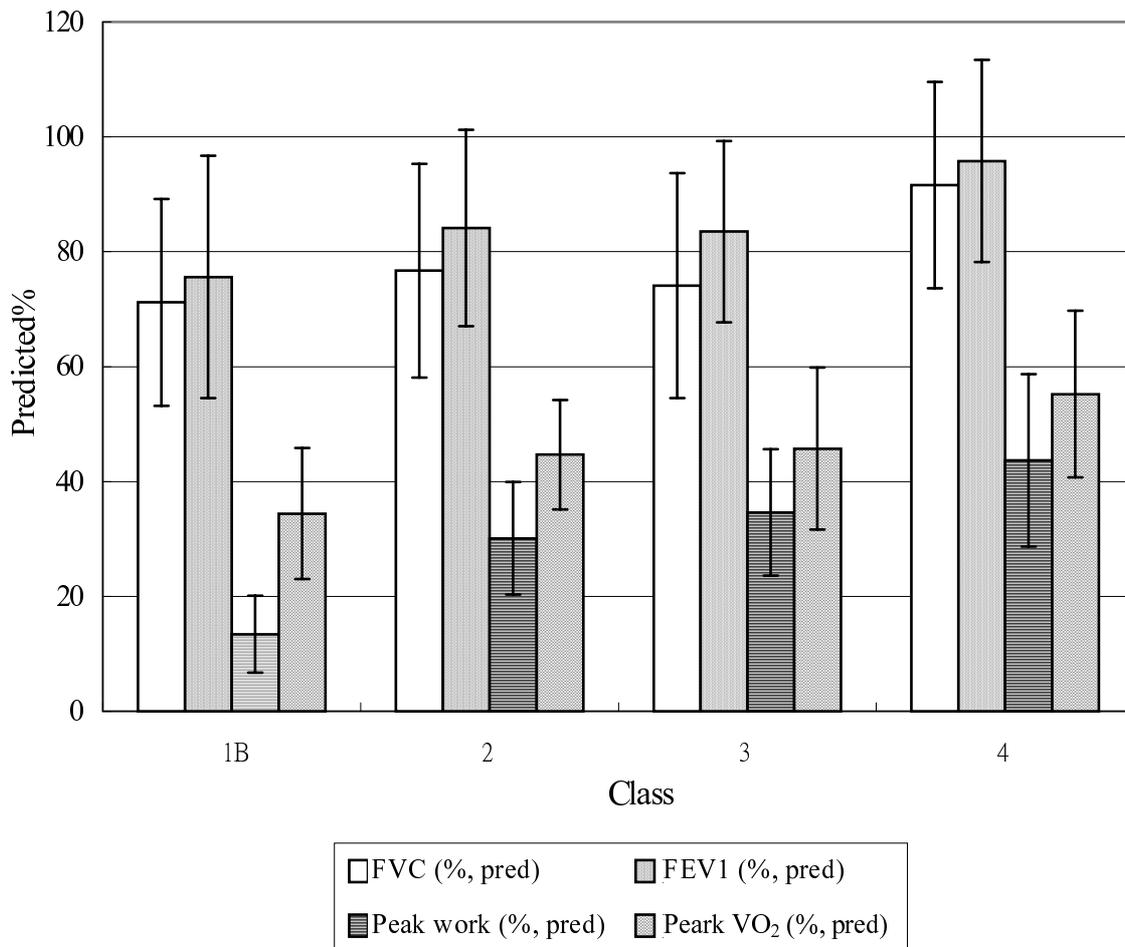


圖 1. 各組脊髓損傷患者的用力肺活量百分比、第一秒最大吐氣量百分比、最大運動瓦數百分比、最高攝氧量百分比

表 2. 不同脊髓損傷程度患者各組的心肺功能測試的結果

組別	1B (n=10)	2 (n=10)	3 (n=11)	4 (n=28)	ANOVA
<i>肺功能測試</i>					
用力肺活量(公升)	2.4±0.6	2.4±0.7	2.4±0.6	3.0±0.8	
用力肺活量預測值百分比	67.5±18.0	76.7±18.6	70.5±17.6	93±18.0	1B,4*; 3,4*
第一秒最大吐氣量(公升)	2.2±0.6	2.2±0.5	2.3±0.5	2.6±0.7	
第一秒最大吐氣量預測值百分比	73.4±21.2	84.1±17.1	80.0±15.8	97.2±17.6	1B,4*
用力肺活量/第一秒最大吐氣量	92.4±8.9	93±6.2	96±5.3	87±7.9	
<i>心肺功能測試</i>					
	(n=10)	(n=9)	(n=12)	(n=31)	
最高攝氧量(毫升/分)	779.2±284.5	925.3±245.5	1008.1±306.1	1119.5±216.0	1B,4**
最高攝氧量預測值百分比	35.9±11.0	44.7±9.5	45.7±14.1	55.2±14.5	1B,4**
最大運動瓦數(瓦特)	24.4±15.1	49.3±22.4	59.2±20.3	62.9±16.1	1B,2*; 1B,3**; 1B,4**
最大運動瓦數預測值百分比	13.9±6.9	30.1±10.5	34.6±11.0	43.7±15.0	1B,2*; 1B,3**; 1B,4**; 2,4**
最高心率(bpm)	115.5±23.9	157.3±20.8	154.2±17.8	152.5±21.9	1B,2**; 1B,3**; 1B,4**
最高心率預測值百分比	61.9±12.7	84.2±11.9	82.4±10.7	83.8±11.7	1B,2**; 1B,3**; 1B,4**

Tukey 統計方法: 各組間之比較. *: p<0.05; **: P<0.01

組別: 依大不列顛醫學研討會分類

表 3. 各組脊髓損傷患者手握力的結果

組別	1B (n=5) x ± SD	2 (n=6) x ± SD	3 (n=10) x ± SD	4 (n=28) x ± SD	ANOVA
右 (kg)	6.4±8.9	37±12.0	42.1±10.5	35.9±12.1	1B,2**; 1B,3**; 1B,4**
左 (kg)	4.0±7.9	34.7±12.7	39.9±8.5	35.7±12.7	1B,2**; 1B,3**; 1B,4**

Tukey 統計方法: 各組間之比較. *: p<0.05; **: P<0.01

組別: 依大不列顛醫學研討會分類

表 4. 各組脊髓損傷患者功能獨立量表中自我照顧能力和移動能力的相關性

組別	1B (n=8)	2 (n=10)	3 (n=12)	4 (n=26)	ANOVA P value
自我照顧	15±8.6	25.9±7.3	27.6±8.7	24.2±5.6	0.0001
移動性	5.7±4.5	10.7±5.7	10.2±5.1	9.7±3.3	0.036

功能獨立量表總計分數: 自我照顧: 30, 移動性: 21.

組別: 依大不列顛醫學研討會分類

(3)等速肌力測試結果顯示各組最大力矩、全部功、平均功率分別在速度 60°/sec, 180°/sec, 240°/sec 的 index of overall muscular strength 在各組間並無統計學上的顯著差異。手握力的比較, 在各組之間則有顯著差異(表 3)。

(4)功能性獨立量表中自我照顧能力和移動能力與脊髓損傷部位的高低有顯著的相關(表 4)。

以 Pearson correlation 分析:

(1)靜態肺功能和上肢在不同速度 60°/sec、180°/sec、240°/sec 等速肌力的各平均值與 Cardi O₂ test 測得最大運動瓦數、最高攝氧量和手握力有顯著的相關性(表 5)。(2)最高攝氧量和等速肌力測得各 index of overall muscular strength、Cardi O₂ test 測得的百分比、最大運動瓦數、最大運動瓦數預測值百分比、最高心率、最高心率百分比、及手握力有顯著的相關性(表 6)。

表 5. 以 Pearson correlation 分析肺功能與不同速度的等速度肌力總和、手握力、自我照顧能力和移動能力的相關性

種類	用力肺活量 (公升)	用力肺活量預測值百分比	第一秒最大吐氣量 (公升)	第一秒最大吐氣量預測值百分比	最大自主性換氣量 (公升)	慢肺活量 (公升)	肺活量預測值	吸氣肺容量 (公升)	吸氣肺容量預測值百分比	呼氣殘餘量 (公升)	呼氣殘餘量預測值百分比
等速肌力測試											
60°/秒	0.61**		0.51**		0.37**	0.54**				0.61**	0.42**
180°/秒	0.52**		0.44**		0.34*	0.45**				0.47**	
240°/秒	0.47**		0.40**			0.42**				0.41**	
心肺功能測試											
最大運動瓦數(瓦特)	0.49**		0.54**	0.31*	0.43**	0.54**	0.29*	0.54**	0.37**		
最大運動瓦數預測值		0.46**		0.45**			0.42**		0.30*		0.33*
最大攝氧量(公升)	0.48**		0.51**	0.27*	0.44**	0.50**		0.50**	0.35**		
最大攝氧量預測值百分比		0.35**		0.4**			0.28*		0.32*		
最高心率(bpm)			0.28*						0.28*		
最高心率預測值百分比				0.37**					0.31*		
手握力測試											
右 (公斤)	0.47**		0.49**		0.46**	0.42**		0.50**			
左 (公斤)	0.50**		0.53**		0.48**	0.47**		0.56**			

表 6. 以 Pearson correlation 分析最高攝氧量與等速肌力總和指數、手握力、自我照顧能力和移動能力的相關性

等速肌力指數	等速肌力測試 (角速度/秒)	體適能分數	手握力	功能獨立量表
最大力矩	60	最大攝氧量預測值百分比	0.59**	自我照顧能力
	180	最大運動瓦數	0.77**	
	240	最大運動瓦數預測值	0.44**	
全部功	60	最高心率	0.58**	移動能力
	180	最高心率預測值百分比	0.50**	
	240			
平均功率	60			
	180			
	240			
等速肌力總和				

等速肌力總和: 在不同速度下等速肌力測試所得的最大力矩, 全部功和平均功率的指數總和

*: p<0.05; **: p<0.01

討 論

脊髓損傷患者心肺功能的研究在國外已日漸普遍^[7,8-11]，Figoni 曾回顧整理 12 篇研究論文發現較高位脊髓損傷的患者有較低的最大耗氧量^[14]，較低位損傷者有較高最大耗氧量。愈高位完全脊髓損傷的患者之運動如功率輸出（power output）、平均收縮壓、舒張壓會比低位損傷的患者低，心率則較高^[5]；意即在同樣的功率或耗氧量的運動時，脊髓損傷的患者會比一般人有較快的心率，而較低位胸髓（below T6）或腰薦髓損傷患者，無論在休息或運動時則無顯著差異^[15,16]。溯其原因可能與高位脊髓損傷患者(T1-T5)可運動的肌肉較少，靜脈血大多滯留於麻痺的下肢、腹腔，因而心輸出量減少、血壓下降、心跳增加^[6,16]。有的學者認為此與內臟血流失去 supraspinal 控制，使血漿內 catecholamine 降低有關^[1,2]。有些學者亦觀察到有些四肢癱瘓的心率反而較高，且會隨著運動量的增加而增加，可能是因抑制迷走神經傳出至心臟所致，或為代償其運動時較低的收縮壓有關^[5,7,9-20]。

有些專家學者以 HR-VO₂ relationship 評估脊髓損傷患者的體能狀態^[16-18]。但也有學者認為心跳速率有時可能不是脊髓損傷患者運動量的指標，尤其在高位完全脊髓損傷患者，因其 supraspinal center 支配心臟血管交感神經的輸出被中斷（T1—T4）最大運動時無法達到以年齡預估的心跳（約至 120-125 bpm）^[1,5]，有的則可能因交感神經失調或反射過度（autonomic dysreflexia or hyperreflexia），運動時反而有血壓升高、心率下降的傾向。而心跳速率因運動量的增加而增加，可能是所謂竇房結迷走副交感神經之撤離（withdrawal of vagal parasympathetic stimulation of SA node）^[1,4]，因此在初次運動時，需仔細偵測心率、血壓的變化，若以心跳速率代表運動量可能會低估真正的代謝速率^[3]。本研究是在運動前、開始運動後的前 2~3 分鐘及運動結束時各測一次血壓，而心率則由心電圖求得。無法持續測量運動時血壓，實肇因於上肢運動測試時，尤其在較高強度的運動下，是難以精確地測得血壓，且會影響或低估受測者之測試結果，因此在運動較高強度時不測血壓。在所有運動測試中，並未發現運動量上升，心率下降之情形。

低位胸髓、腰髓損傷患者因其肌肉健全、心臟交感神經的協調作用是正常的，運動反應類似於一般人。活動力大的脊髓損傷患者又較不活動患者有較高的有氧運動能力^[17]。相同運動量時，心跳速率受過訓練者又較未訓練者低，因此約可由心跳速率及耗氧量

得知其體能狀態。

脊髓損傷患者的靜態肺功能異常是屬於限制型肺疾患表現，其 FEV₁/FVC 應不至於有太大變化。在本研究靜態肺功能測試方面，class IB 與 class 2、3 之間似乎無太大的顯著差異，可能與本研究頸脊髓患者是屬於較低位頸髓受傷有關，在用力肺活量預測值百分比方面，class 1B 與 class 4、class 3 與 class 4 有統計學上顯著差異，第一秒最大吐氣量預測值百分比方面，class 1 與 class 4 亦具有統計學上顯著差異。但動態心肺功能則隨著脊髓損傷部位的降低而逐漸增加。而用力肺活量、第一秒最大吐氣量和肺活量亦與等速肌力、最大功、最高攝氧量和手握力有顯著相關性，顯示脊髓損傷患者，除了與脊髓損傷部位的高低相關外，靜態肺功能和其動態心肺功能、上肢等速肌力、手握力有密切相關。

Hooker^[18]報告，無論高位或低位脊髓損傷患者，其最高心跳速率和攝氧量大致上是不變的。McLean^[19]亦提出四肢癱瘓者之最高心跳速率和攝氧量預測值百分比之間沒有緊密的相關性，因其心跳速率是不隨運動量的增加而增加，亦表示攝氧量和心跳速率之間的關係，在下肢癱瘓和四肢癱瘓是不相同的。在本研究 class IB 患者的最高心跳速率則明顯低於 class 2、3、4（表 2），此發現與 Hass^[1]和 Drory^[5]的推論近似。另一因素是 class IB 的患者是四肢癱瘓患者，四肢肌肉力量的喪失較為廣泛，故運動時無法對整個循環系統造成足夠的緊張度，因而心跳速率無法上升。然本研究 class 2、3、4 患者，其最高心跳速率及最高心跳速率預測百分比卻相似，此和 Drory 的研究有些相異，因 Drory 結果是只有 class 3、4 較相近。

在上肢運動方面，功率輸出變化和攝取氧量變化的相關性(ΔVO₂/ΔWR)亦常被提及，尤其是下肢癱瘓患者^[21]。然而在四肢癱瘓患者二者之間無顯著相關性，主要由於嚴重運動功能障礙、軀幹的穩定度不夠，及功率輸出、氧攝取量的數值太窄之故^[2,23]，或因失去 sympathetic cardiac innervation 心跳速率較低，影響最高氧攝取量的評估。

手搖機(Arm cranking ergometer, ACE) 是目前評估及訓練脊髓受傷患者動態肺功能最為普遍、客觀可靠儀器之一^[1,2,5,6]，且對有心臟病脊髓損傷患者有較低的危險性^[1,5,29,30,31]，所得最高攝氧量、最高心跳、最大心輸出量和最大每分鐘換氣量亦較低。

1991 年 Lasko-McCarthy^[29]以 2 至 8w/min 增加率對各不同受傷程度頸脊髓損害患者進行 ACE 最大攝氧量(VO₂ max)的評估，得知 2-6w/min 增加是最適合的，若是以大於 8w/min 增加將會低估最高攝氧量。本

研究經多次測試後及 Cardi O₂ 此機器軟體的限制，在頸脊髓損傷患者是以每兩分鐘增加 5watt 或每分鐘增加 5watt 測之。而對胸脊髓損傷損傷的患者則以 5 watt/min 或 10 watt/min 的增加測之。

等速肌力測試結果顯示各組最大力矩、全部功、平均功率，在各組間並無統計學上的顯著差異，這可能是因四肢癱瘓病患尤其是四肢完全癱瘓者有的無法以坐姿固定其身體做等速肌力測試。全部病患我們均採用平躺姿勢進行測試，故無法有效地顯示出四肢癱瘓病患與下肢癱瘓病患肌力的差別。

脊髓損傷無法行走患者的靜態、動態肺功能、功能性獨立能力和手握力與脊髓受傷部位的高低有關，且彼此之間亦是息息相關，故對一脊髓損傷患者的復健應包括肌力、耐力、心肺功能等各方面。

致 謝

本研究承蒙行政院國科會 NSC86-2314-B-182A-045 計畫補助，本科研究助理洪維憲及許淑娟小姐協助，在此致謝。

參考文獻

1. Haas F, Axen K, Pineda H. Aerobic capacity in spinal cord injured people. *Cent Nerv Sys Trauma* 1986; 3:77-91.
2. Hoffman MD. Cardiorespiratory fitness and training in quadriplegics and paraplegics. *Sport Med* 1986;3:312-30.
3. Glaser M. Arm exercise training for wheelchair user. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21:S149-57.
4. Figoni SF. Exercise responses and quadriplegia. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:433-41.
5. Drory Y, Ohry A, Brooks ME, et al. Arm crank ergometer in chronic spinal cord injured patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1990;71:389-92.
6. Davis GM. Exercise capacity of individuals with paraplegia. *Med Sci Sport Exerc* 1993;25:423-32.
7. Wicks JR, Oldridge NB, Cameron BJ, et al. Arm cranking and wheelchair ergometry in elite spinal cord-injured athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1983; 15:224-31.
8. Noreau L, Shephard RJ, Simard C, et al. Relationship of impairment and functional ability to habitual activity and fitness following spinal cord injury. *Int J Rehab Res* 1993;16:265-75.
9. Gass GC, Camp EM. The maximum physiological responses during incremental wheelchair and arm cranking exercise in male paraplegics. *Med Sci Sports Exerc* 1984;16:355-9.
10. Hjeltnes N. Cardiorespiratory capacity in tetra- and paraplegia shortly after injury. *Scand J Rehabil Med* 1986;18:65-70.
11. Van Loan MD, McCluer S, Loftin JM, et al. Comparison of physiological responses to maximal arm exercise among able-bodied paraplegics and quadriplegics. *Paraplegia* 1987;25:397-405.
12. 社團法人中華民國脊髓損傷協會會員就業：就養情況調查報告，中華民國脊髓損傷協會；1991。
13. Ditunno JF. Standards for neurological and functional classification of spinal cord injury. *American Paralysis Association*, 1992.
14. Figoni SF. Spinal cord injury and maximal aerobic power. *Am Corrective Ther J* 1984;38:44-50.
15. Cowell LL, Squires WG, Raven PB. Benefits of aerobic exercise for the paraplegic: a brief review. *Med Sci Sports Exerc* 1986;18:501-8.
16. Irizawa M, Yamasaki M, Muraki S, et al. Relationship between heart rate and oxygen uptake during submaximal arm cranking in paraplegics and quadriplegics. *Ann Physiol Anthrop* 1994;13:275-80.
17. Hooker ST, Greenwood JD, Hatae DT, et al. Oxygen uptake and heart rate relationship in persons with spinal cord injury. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25: 1115-9.
18. Yamasaki M, Irizawa H, Ishii K, et al. Work efficiency of paraplegics during arm cranking exercise. *Ann Physiol Anthrop* 1993;12:79-82.
19. McLean KP, Skinner JS. Effect of body training position on outcomes of an aerobic training study on individuals with quadriplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 1995; 76:139-50.
20. Glaser RM. Exercise and locomotion for the spinal cord injured. In: Terjung RL, editor. *Exercise and sports science reviews*. New York: Macmillan, 1985. p.263-303.
21. Dreisinger TE, Londeree BR. Wheelchair exercise: a review. *Paraplegia* 1982;20: 20-34.
22. Coutts KD. Prediction of oxygen uptake from power output in tetraplegics and paraplegics during

- wheelchair ergometry [Abstract]. *Med Sci Sports Exerc* 1983;15:181.
23. Coutts KD, Rhodes EC, McKenzie DC. Maximal exercise responses of tetraplegics and paraplegics. *J Appl Physiol* 1983;55:479-82.
 24. Chambers RS, Nelson AG, Fisher AG. Prediction of upper extremity VO₂max through submaximal arm cranking test [Abstract]. *Med Sci Sports Exerc* 1985; 17:230.
 25. Langbein WE, Maki KC. Prediction oxygen uptake during counterclockwise arm crank ergometry in men lower limb disability. *Arch Phys Med Rehabil* 1995; 76:642-6.
 26. Lin KH, Lai JS, Kao MJ, et al. Anaerobic threshold and maximal oxygen consumption during arm cranking exercise in paraplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74:515-20.
 27. Chen CF, Lien IN, Wu MC. Respiratory function in patients with spinal cord injuries: effects of posture. *Paraplegia* 1990;28:81-6.
 28. Cheng PT, Liaw MY, Lin MC. Pulmonary function following cervical cord injury. *J Rehabil Med Assoc ROC* 1995;23:37-43.
 29. Lasko-McCarthy P, Davis JA. Protocol dependency of VO₂ max during arm cycle ergometer in males with quadriplegia. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23:1097-102.
 30. Connor FJ. Cardiorespiratory responses to exercise and training by persons with spinal cord injuries: a review. *Clin Kinesiol* 1991;summer:13-7.
 31. Sawka MN, Glaser RM, Laubach LL, et al. Wheelchair exercise performance of the young, middle-aged and elderly. *J Appl Physiol* 1981;50:824-8.

Investigation of the Correlation between Neurological Impairment and Fitness in Spinal Cord Injured Patients

Mei-Yun Liaw, Chih-Fang Yang, Pao-Tsai Cheng, Chen-Yin Chen,
Ai-Ling Hu, Meng-Chih Lin¹

Department of Physical Medicine and Rehabilitation,
and Pulmonary and Critical Care Medicine¹,
Chang Gung Memorial Hospital, Chang Gung University, Linkou, Taiwan

The daily activities of patients with spinal cord injury (SCI), especially those of quadriplegics or non-ambulatory SCI patients, are usually inadequate to maintain physical fitness. Lack of participation in a regular activity program may result in a debilitating cycle. Therefore, cardiopulmonary problems rank high in these patients during the acute stage and also the later years.

The purpose of this study is to investigate the correlation between neurological impairment, cardiopulmonary function, upper limbs muscle strength and functional capacity in the patients.

Sixty-three subjects were enrolled according to the American spinal cord injury association (ASIA) impairment scale A,B,C and then separated into 4 groups (classes 1B-4) according to the International Impairment Classification of the British Medical Research Council. There were 10 cases in class 1B, 10 cases in class 2 (T1-T5), 12 cases in class 3(T6-T10) and 31 cases in class 4 (T11-L3).

Fitness measurements included spirometry, slow vital capacity, maximal voluntary ventilation (MVV), peak oxygen uptake (peak VO_2), peak work, peak heart rate (HR) peak torque, average power, total work of upper limb of isokinetic test, handgrip power, and scores of self-care and mobility of functional independence measure.

One-way ANOVA, Pearson correlation and stepwise regression were used for statistical analysis.

The results showed that FVC (forced vital capacity) , FVC (% , pred) , FEV_1 (% , pred) , peak VO_2 (% , pred) , peak work , peak work (% , pred) , peak heart rate (HR) , peak HR (% , pred), handgrip, self-care and mobility were significantly correlated with the level of SCI. And FVC, FEV_1 , MVV and SVC had also correlated with isokinetic muscle strength, peak work, peak VO_2 and hand grip strength. The peak VO_2 was correlated with peak torque, total work, average power, and handgrip strength of bilateral upper limbs.

The results showed close relationship between the SCI level, cardiopulmonary function, isokinetic muscle strength and functional ability. Therefore, it emphasized that a systemic exercise-conditioning program is very important for non-ambulatory SCI patients. (J Rehab Med Assoc ROC 2000; 28(1): 19 -28)

Key words: spinal cord injury, functional independence measurement, cardiopulmonary functional test, muscle strength

