



12-1-1995

Cardiopulmonary Stress Testing in Children with Congenital Heart Disease After Surgery - A Preliminary Report

Chen-Liang Chou

Huey-Ling Yu

Tacho-Jen Liu

Tao-Chang Hsu

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



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

Recommended Citation

Chou, Chen-Liang; Yu, Huey-Ling; Liu, Tacho-Jen; and Hsu, Tao-Chang (1995) "Cardiopulmonary Stress Testing in Children with Congenital Heart Disease After Surgery - A Preliminary Report," *Rehabilitation Practice and Science*: Vol. 23: Iss. 1, Article 14.

DOI: <https://doi.org/10.6315/3005-3846.1975>

Available at: <https://rps.researchcommons.org/journal/vol23/iss1/14>

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 twpmrsc@gmail.com.

兒童先天性心臟病患術後之運動心肺功能評估—初步報告

周正亮 游惠玲 劉作仁 徐道昌

對多數先天性心臟病的兒童而言，其活動空間總是受到限制，影響其正常健康的身心發展。本文即是藉著運動心肺功能測試在探討兒童先天性心臟病患術後運動心肺功能之狀況。

研究結果顯示，受試者肺功能是正常的，運動心電圖不正常比例雖高達53%，但大多數是無症狀，有氣性功能缺損率雖約22%，但無臨床上意義。因此對於先天性心臟病兒童不應過度限制其運動，以期能有較接近正常而健康的身心發展。

關鍵詞：先天性心臟病(congenital heart disease)，運動心肺功能評估(cardiopulmonary stress testing)

前 言

對多數先天性心臟病的兒童而言，無論是否接受手術，其活動量總是或多或少受到限制。因為家長或老師總是擔心在活動時，心臟會有不適的反應因而限制其活動量，甚至在學校不允許其上體育課或競賽活動，剝奪其與同學朋友之間的互動模式，影響日後正常健康的身心發展。

臨床上應用運動心肺功能測試來評估兒童先天性心臟病之運動功能，已經被公認為極有價值之方法[1,2]，而國內卻鮮有此方面之研究報告。本文即是在探討兒童先天性心臟病患者術後之運動心肺功能，並藉此讓家長或老師了解這些兒童之運動功能，儘可能不要過度限制其活動空間而使其能有較接近正常而健康的身心發展。

材料與方法：

一、研究對象

民國82年7月至民國83年2月間共有65位先天性心臟病患童於台北榮民總醫院復健醫學部接受運動心肺功能測試，其中有53位為手術後病患(男性有35位，女性有18位)。本文研究對象即是接受手術治療之病患，其中心室中隔缺損(VSD)有26位(男性18位，女性

8位)，心房中隔缺損(ASD)有9位(男性6位，女性3位)，法洛氏四疊症(T/F)有8位(男性5位，女性有3位)，瓣膜疾病(包括主動脈狹窄之2男1女及肺動脈狹窄之1男1女)共有5位，肺靜脈回流異常(Anomalous Pulmonary Venous Return)有2位(男性有1位，女性有1位)及開放性動脈導管(PDA)有3位(男性2位，女性1位)。其手術時年齡平均為4.8歲(從1至3歲不等)，接受測試時平均年齡為11.8歲(從5至17歲不等)，平均術後6.9年接受運動測試。

二、運動測試

受試者首先在立姿下，用Q-plex肺功能氣體分析測定系統進行肺功能檢查，接著採用Quinton 5000心肺功能測試系統，以電動步道(Treadmill)進行進階式最大運動測試，將運動中呼出的氣體經導管收集分析。測驗程序採用Bruce Protocol。整個運動進行至心率達到預估最大心率(以220減年齡來計算)、或心電圖出現異常(如ST節段下降2mm以上)，或出現不適的症狀或徵兆，則結束本次測驗。

三、儀器及測量

除了用Quinton 5000所記錄之12 lead的運動心電圖外，並將呼出氣體用Q-plex肺功能氣體分析測定系

投稿日期：83年6月30日 覆審日期：83年8月19日 接受日期：83年11月30日

台北榮民總醫院復健醫學部

國立陽明大學復健科

抽印本索取地址：周正亮，台北榮民總醫院復健醫學部

電話：8712121 轉2927

統予以逐次分析(Breath-by-Breath)，測得其攝氧量(VO_2)、二氧化碳呼出量(VCO_2)、換氣量(VE)、潮氣容積(VT)、呼吸交換率(R)、氧換氣當量(VE/VO_2)、二氧化碳換氣當量(VE/VCO_2)、氧脈(O_2 pulse)、呼氣末期氣分壓(PET O_2)、呼氣末期二氧化碳分壓(PET CO_2)，並用Pulse Oximeter來監視血中氧氣飽和濃度(SaO_2)。

Anaerobic Threshold (AT)值的測定是採用"V-slope"分析方式[3,4]，有氧性功能缺損率(% Functional Aerobic Impairment % FAI)[5]是採用下列公式計算：

$$\% \text{ FAI} = \frac{\text{預估最大攝氧量} - \text{觀察最大攝氧量}}{\text{預估最大攝氧量}} \times 10^2$$

結 果

全部運動心肺功能測試結果如【表1】。若以較常見的三種先天性心臟病(VSD, ASD, T/F)來比較，其測試結果如【表2】。就心電圖反應與測試中有否達AT值之間的關係如【表3】。整個運動心肺功能測試

所得的結論如【表4】。在測試過程中，共有8人出現心律不整，而全部均為心室早期收縮(VPC)，其中7位為偶發性VPC，1位為頻發性VPC(持續到運動測試恢復期才逐漸消失)。發生VPC以VSD為最多，共佔5位；ASD有2位，T/F有1位。血壓反應不足(最大收縮壓減去休息時收縮壓之值小於20mmHg[5])共有5人。其中ASD有1人，T/F有1人，主動脈狹窄全部(2人)均有血壓反應不足現象，另1人為肺動脈狹窄。所有受試者，其血中氧氣飽和濃度(SaO_2)均正常。

討 論

以肺功能而言，VC, FEV1及FEV1/FVC均在正常範圍。若與Perrault等人[6]所做的研究報告進行比較，顯示我們的數值偏低，尤其是ASD病患，前者VC及FEV1分別為 $3.37 \pm 0.70\text{L}$ 、 $3.21 \pm 0.4\text{L}$ ，而我們所做的研究為 $1.83 \pm 1.20\text{L}$ 及 $1.69 \pm 1.11\text{L}$ ，此可能是人種差異所造成。且若與東方人的預估值做比較，則仍是在可接受的範圍內。可見開心手術並不會明顯影響往後的肺功能。至於最大呼氣流量(Peak Flow)偏低(為預

Table 1. CardioPulmonary Stress Testing in All Subjects

Sex	M (n=35)		F (n=18)	
PFT	Actual	% Predicted	Actual	% Predicted
VC (L)	2.6 ± 1.1	83.3 ± 20.7	2.1 ± 0.9	90.0 ± 20.9
FEV1 (L)	2.4 ± 0.9	87.7 ± 22.5	1.8 ± 0.8	90.1 ± 21.1
FEV1/FVC (%)	90.0 ± 9.6		87.2 ± 9.2	
Peak Flow (L/Sec)	4.0 ± 1.6	67.0 ± 21.4	3.2 ± 1.4	68.1 ± 23.2
GXT				
HR max (beat/min)	177 ± 23		175 ± 20	
% Predicted HR max	86 ± 12		82 ± 13	
Max V02 (ml/kg/min)	33.2 ± 7.6		33.1 ± 8.0	
MET	9.9 ± 2.4		9.1 ± 2.0	
Time to AT (min)	7.0 ± 2.3		6.2 ± 2.4	
AT at X Max V02	73.4 ± 8.5		76.1 ± 9.1	
X02FAIAT (ml/kg/min)	27.1 ± 4.0		25.8 ± 3.5	
%FAI	23.4 ± 18.2		19.8 ± 14.6	
Total X's time (min)	9.8 ± 2.9		8.6 ± 1.9	

PFT, Pulmonary function test; GXT, Graded exercise test

Table 2. CardioPulmoarY Stress Testing in Sub-groupPs

Pul Function Test	VSD		ASD		T/F	
	Actual	% Predicted	Actual	% Predicted	Actual	% Predicted
VC (L)	2.73 ± 1.06	93.11 ± 24.18	1.83 ± 1.20	86.78 ± 26.17	2.01 ± 0.53	80.63 ± 17.10
FEV1(L)	2.47 ± 0.97	96.77 ± 24.61	1.69 ± 1.11	88.22 ± 26.63	1.85 ± 0.58	81.88 ± 14.77
FEV1/FVC (%)	90.96 ± 7.30		89.78 ± 12.32		87.75 ± 10.33	
Peak Flow (L/Sec)	4.28 ± 1.64	71.50 ± 24.58	3.18 ± 1.40	68.57 ± 22.25	3.77 ± 1.32	67.05 ± 13.22

Exercise Testing

HR max (beat/min)	178 ± 21	170 ± 21	168 ± 25
% Predicted HR max	86 ± 11	81 ± 14	80 ± 12
Max V02 (ml/kg/min)	33.90 ± 8.36	34.74 ± 5.99	30.33 ± 9.05
MET	9.79 ± 2.44	9.93 ± 1.72	8.64 ± 2.59
Time to AT (min)	6.03 ± 2.21	6.72 ± 2.30	7.67 ± 1.88
AT at % Max V02	72.29 ± 12.38	77.80 ± 8.50	76.17 ± 5.67
VO ₂ AT (ml/kg/min)	25.45 ± 3.77	29.06 ± 1.66	24.90 ± 4.67
%FAI	23.92 ± 17.96	18.33 ± 18.11	21.14 ± 14.85
Total X's time (min)	9.16 ± 3.24	8.68 ± 2.85	9.93 ± 0.92

Table 3. Exercise Response in Sub-groups

	VSD			ASD			T/F		
	AT			AT			AT		
	Reached	Not reached	Total	Reached	Not reached	Total	Reached	Not reached	Total
Normal	6	4	10	1	2	3	2	0	2
ECG									
Abnormal	8	8	16	4	2	6	4	2	6
Total	14	12	26	5	4	9	6	2	8

Table 4. Final Results of exercise Testing

	Normal	Abnormal	Inconclusive	Total
VSD	5	15	6	26
ASD	1	4	4	9
T/F	0	4	4	8
Valve	0	2	3	5
PVR	1	1	0	2
PDA	1	2	0	3
Total	8	28	17	53

估值之70%左右), 這一方面可能是受試者未盡全速吸吐氣, 另一方面可能是呼吸肌力量較差所致, 須進一步測其Pi max(最大吸氣壓)及Pe max(最大吐氣壓)來研究探討。

受試者最大心率(HR max)為最大心率預估值(220-Age)的84%左右, 但受試者為幼兒及少數青少年(最小受試者年齡僅5歲), 要達到最大心率預估值是很困難的(受試者中最高心率為204, 只有2人達到最大心率預估值), 且可能增加測試時的危險。所以對先天性心臟病兒童病患而言, 使用Oyen等人[7]所建議的

PWC 170(exercise capacity at HR 170)方式較為可行且安全。

根據Wessel等人[8]之研究，先天性心臟病兒童術後最大攝氧量為 28.7 ± 8.1 ml/kg/min，我們的研究結果與其類似，但明顯低於Perrault等人[6]所做的結果，且Perrault等人之研究結果以T/F的病患最高(37.6 ± 10.0 ml/kg/min)；而我們的結果卻是以T/F的病患最低(24.90 ± 4.67 ml/kg/min)這值得我們更進一步研究與探討。有氧化功能缺損率(% FAI)雖約22%左右，但依分級[5]仍在“無明顯差異”範圍內。

依我們的標準，ST節段只要下降大於2mm即停止運動測試(若休息時心電圖已有ST節段下降，則須ST節段下降程度大於休息時2mm以上才停止運動測試)，並判定其運動心肺功能測試為不平常；在此依據下，受試者心電圖不正常比例相當高(VSD 26人中有16人，ASD 9人中有6人，T/F 8人中有6人)，約為53%，但多數均無症狀(僅3人有喘的現象)。Barber等人[9]研究發現先天性兒童心臟病患者其術後ST節段下降的盛行率偏高(無論是休息或運動時)。在我們的受試者28位不正常中，有16位是在AT值後發生，有12位是在未達AT值之前發生，因此運動是否達AT值均有可能發生明顯的ST節段下降。故就上述而言，僅以ST節段下降未做為停止運動測試時的判讀標準是值得商榷的。

Perrault等人[6]發現其研究對象有較高的動靜脈血氧差(A-V O₂ difference)而依據Fick equation，此將可代償心輸出量的不足。在我們的研究結果顯示雖然有22%左右的FAI，但不具有臨床的意義，此現象與Perrault等人研究的結果有一致性。

有多位作者指出運動時引發的心室早期收縮(VPC)可能增加術後T/F病患猝死的危險性[9,10]，因此對於術後T/F病患在運動心肺功能測試中，若出現VPC，我們應即刻停止測試，以維護測試及病患之安全。血壓反應不足代表左心室功能不足[5,11]，也須停止測試，對於2位主動脈狹窄病患均出現血壓不足的現象，是否意謂存在“outlet obstruction”，這值得我們更深入探討。

在測試結論中，有17位是“inconclusive”，其中有15位為腿酸無力(另2位為喉嚨乾，呼吸不舒服)，因此對於先天性心臟病兒童而言，多鼓勵其運動，以增加其體適能(physical fitness)是有其必要性的，且可促進其身心健全發展。

總之，對於先天性心臟病兒童不應過度限制其活動；藉著運動心肺功能測試，可提供適宜的運動處方，以促進正常的身心發展。

參考文獻

1. Hulya NG, Atila G, Hulya A: Exercise testing in children with congenital heart disease before and after surgical treatment. *Ped Cardiol* 1991; 12: 20-3
2. Rowe RD: Exercise testing. 1st ed. Macmillan. NY, 1991. pp74-80
3. Wasserman K, Beaver WL, Whipp BJ: Gas exchange theory and the lactic acidosis (anaerobic) threshold. *Circulation* 1990; 81(suppl II): II 14-30
4. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ: A new method for detecting the anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 1986; 60: 2020-7
5. Pate RR, Blair SN, Durstine JL, et al: Guidelines for exercise testing and prescription / ACSM. 4th ed. Lea & Febiger. Malvern, 1991 pp29; pp74
6. Perrault H, Drblik SP, Montigny M, et al: Comparison of cardiovascular adjustment to exercise in adolescents 8 to 15 years of age after correction of tetralogy of Fallot, ventricular septal defect or atrial septal defect. *Am J Cardiol* 1989; 64: 213-7
7. Oyen EM, Ingerfeld G, Ignatzy K, et al: Dynamic exercise echocardiography in children with congenital heart disease affecting the left heart. *Int J Cardiol* 1987; 17: 315-25
8. Wessel HU, Benson DW, Braunlin EA et al: Exercise response before and after termination of atrial tachycardia after congenital heart disease surgery. *Circulation* 1989; 7: 630-8
9. Barber G, Danielson GK, Puga FJ, et al: Pulmonary atresia with ventricular septal defect: preoperative and postoperative response to exercise. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7: 630-8
10. Garson A, Gillette PC, Gutgesell IIP: Stress-induced ventricular arrhythmia after repair of tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 1980; 46: 1006-12
11. Dubach P, Froelicher VF, Klein J, et al: Exercise-induced hypotension in a male population. *Circulation* 1988; 78: 1380-7

Cardiopulmonary Stress Testing in Children with Congenital Heart Disease After Surgery - A Preliminary Report

Chen-Liang Chou, Huey-Ling Yu, Tacho-Jen Liu,
Tao-Chang Hsu

Most children with congenital heart disease (CHD) were restricted in their daily activities, which can affect their normal psychosocial development. In this study, we used cardiopulmonary stress testing to evaluate the cardiopulmonary responses of children with congenital heart disease after surgery.

The result showed that the pulmonary function was within normal limit. Though the incidence rate of abnormal ECG during exercise test was 53%, most of the subjects were asymptomatic. The percentage of functional aerobic impairment (FAI) was 22%, but it is clinically insignificant. It is concluded that children with CHD after surgery should not be restricted in their exercise activities, so they may achieve satisfactory physical and psychosocial development.