

本文章已註冊DOI數位物件識別碼

- ▶ 以非侵襲性的心輸出儀（ICON®）監測血液透析病人的心搏功能

doi:10.6340/KD.2013(1).09

腎臟與透析, 25(1), 2013

Kidney and Dialysis, 25(1), 2013

作者/Author：陳建文;陳妙佩;張淑玲;張光世;楊恩智;毛鴻忠;蕭善良;范思善;梁子安

頁數/Page：45-54

出版日期/Publication Date：2013/02

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

[http://dx.doi.org/10.6340/KD.2013\(1\).09](http://dx.doi.org/10.6340/KD.2013(1).09)



DOI Enhanced

DOI是數位物件識別碼（Digital Object Identifier, DOI）的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE



以非侵襲性的心輸出儀(ICON®) 監測血液透析病人的心搏功能

陳建文^{1,2} 陳妙佩¹ 張淑玲³ 張光世^{1,2} 楊恩智^{1,2} 毛鴻忠^{1,2} 蕭善良^{1,2} 范思善⁴ 梁子安⁵

屏基醫療財團法人屏東基督教醫院 腎臟科研究小組¹ 血液透析中心² 心臟血管外科⁴ 麻醉科⁵

元培醫學科技大學 影像醫學研究所³

心血管疾病被認為是腎衰竭病人死亡的主要因素，因為長期體液滯留(fluid overload)，會造成血液透析病人高血壓而導致缺血性心臟病及心臟肥大(心胸比大於50%)；同樣的動靜脈瘻管(A-V fistula)會使血液大量分流回心而增加心臟搏出量及負擔，進而導致心臟肥大、肥厚、心臟衰竭等問題；心臟功能衰竭前會發生代償反應，臨床上可能沒有任何症狀，所以定期心臟搏出功能監測，可做為預防代償失效的必要措施，ICON® (noninvasive cardiac output monitor)是非侵襲性的心輸出監測儀器，可取代傳統的超音波等檢查方式，提供定期床邊即時的非侵襲性心臟搏出功能監測與篩檢。

本實驗共收集106位血液透析病人，平均年齡為 62.3 ± 12.5 歲，男性為40位(佔37.7%)，依量測數據分組顯示，射血前期(PEP) ≥ 110.1 ms者有46位(佔43.4%)，C/T ratio $\geq 55.1\%$ 者有23位(佔21.7%)，Ejection fraction $< 50\%$ 者有13位(佔12.3%)，且這13位左心搏出率功能(EF) $< 50\%$ 病人之中，只有8位C/T ratio $> 55\%$ ，因此心胸比並無法提供心輸出功能數據及判別心臟肥大的方式，且血液透析病人，因腎功能衰竭所以有水份滯留的問題，長期會造成高血壓，在此研究中病人的透析前收縮壓 148.6 ± 26.5 mmHg，有49位(45.8%)高於150 mmHg，而高血壓心臟病及缺血性心臟病等也會造成心臟瓣膜病變(狹窄或閉鎖不全)及心臟功能異常。

利用ICON®所紀錄的參數，不僅可作為血液透析病人定期的心臟功能監測工具，亦可提早檢測評估心臟代償的方式，並進一步預防心臟衰竭的發生。

關鍵詞：血液透析，非侵襲性的心輸出監測儀器，心胸比

受文日期：101年3月12日

接受刊登日期：101年4月18日

通訊作者：張光世 醫師

電子信箱：hdr001@ptch.org.tw

前言

尿毒症病人慢性發炎物質累滯產生大量活性氧物質而加速動脈硬化，故長期血液透析的病人罹患心血管疾病機率高於正常人。心血管疾病被認為是尿毒症病人死亡的主要因素，約佔40%至50% [1-3]。長期體液滯留(fluid overload)，會造成透析病人高血壓而導致缺血性心臟病及心臟肥大(心胸比大於50%) [4]；同樣的動靜脈瘻管(A-V fistula)會使血液大量分流回心而增加心臟搏出量及負擔，進而導致心臟肥大、肥厚、心臟衰竭等問題。高血壓性心臟病及缺血性心臟病等也會造成心臟瓣膜病變(狹窄或閉鎖不全)，使心臟搏出功能異常。在心臟功能衰竭前會發生代償反應，臨床上可能沒有任何症狀，所以定期心臟搏出功能監測，是防止進一步代償失效的必要措施。

ICON® (noninvasive cardiac output monitor) 是非侵襲性的心輸出監測儀器，應用表面電極組測量胸腔生物電阻抗(Thoracic electrical bioimpedance; TEB)，特別是心動週期的生物電阻抗變化[5-6]。在病人5~10分鐘休息後，利用四個心電圖電極片進行心臟電流阻抗(Impedance cardiography; ICG)測量，收集血流量、收縮頻率、流體狀態和血流動力學參數及測量最大變化的阻抗率，包括主動脈血液加速的最大波峰幅度，來推導出其收縮指數，相關係數達到90%以上，具安全方便、快速準確及符合經濟效益的特性，於體檢、門診、透析、手術、重症加護、兒科等領域均適用[6-9,19]。通常透析病人的心臟搏出功能的追蹤需藉由傳統心臟超音波，甚至使用到心臟電腦斷層掃描(cardiac computed tomography)和心臟核磁共振(cardiac magnetic resonance; CMR) [10,20]，因需心臟科醫師或專業技術人員操作而降低可親近性。而ICON®的操作簡便可由透析中心技術

師或腎臟科病房護理人員操作，對於透析病人心臟搏出功能的追蹤方面，可取代傳統的檢查方式，提供定期床邊即時的非侵襲性心臟輸出量功能監測篩檢。

我們利用ICON®紀錄參數來評估透析病人的心臟搏出功能；同時分析透析前血壓、心胸比(C/T ratio)、年齡、透析齡、Hct、KT/V、高血脂等與心臟輸出參數的相關性，期使未來能對血液透析病人心臟搏出功能的評估與心臟衰竭預防有進一步的幫助。

材料與方法

排除血液透析未滿一年及ICON®數據完整性(signal quality indicator; SQI) < 80%的患者，共有106位血液透析病人參加，(男；40；女：66)，年齡範圍是34至93歲(平均 62.3 ± 12.5)，以ICON® (Osypka Medical, Inc. Berlin Germany) 來紀錄心搏速率(Heart Rate; HR)、心搏出量(Stroke Volume; SV)、心輸出量(Cardiac Output; CO)、心搏量變異率(Stroke Volume Variation; SVV)、射血前期(pre-ejection period; PEP)、左心室射血時間(LVET)、心收縮指數(ICON)、收縮時間比(Systolic Time Ratio; STR)等參數，配合根據2010年6月例行檢驗之血液生化參數，及胸部X-ray之心胸比，進行血液透析病人心臟功能的相關性分析，統計學方法採用SPSS 19.0來進行分析，實驗結果以mean \pm SD表示， $p < 0.05$ 表示達統計學顯著意義，本研究經屏東基督教醫院人體試驗審查委員會核准及病人知情同意下進行。

結果

本實驗共收集106位血液透析病人，平均年齡為 62.3 ± 12.5 歲，男性為40位(佔37.7%)，平均Hct為 $32.4 \pm 2.3\%$ ，白蛋白 4.0 ± 0.3 g/dl，

鈣磷乘積 $51.0 \pm 14.1 \text{ mg}^2/\text{dl}^2$ ，副甲狀腺素 546.2 pg/ml ，Kt/V 1.77 ± 0.3 ，透析齡為 77.7 ± 44.0 月，透析前收縮壓 $148.6 \pm 26.5 \text{ mmHg}$ ，透析前舒張壓 $81.3 \pm 15.1 \text{ mmHg}$ ，透析後收縮壓 $145.4 \pm 27.0 \text{ mmHg}$ ，透析後舒張壓 $79.5 \pm 13.4 \text{ mmHg}$ ；而評估心臟功能之心跳速率(HR) 80.6 ± 11.4 次/分，心搏出量(SV) $66.3 \pm 19.6 \text{ ml/次}$ ，心輸出量(CO) $5.3 \pm 1.7 \text{ L/min}$ ，心輸出指數(Cardiac Index; CI) $3.3 \pm 0.9 \text{ L/min.m}^2$ ，心搏量變異率(SVV) $14.2 \pm 5.2\%$ ，射血前期(PEP) $107.7 \pm 21.4 \text{ ms}$ ，左心室射血時間(LVET) $277.6 \pm 22.9 \text{ ms}$ ，心收縮指數(Index Of Contractility; ICON) 47.8 ± 17.0 ，心胸比(C/T ratio) $51.0 \pm 5.3\%$ ，基本生化資料詳如表1。然

而，在心搏出參數之基本資料分佈，依量測數據分組顯示，射血前期(PEP) $\geq 110.1 \text{ ms}$ 者有46位(佔43.4%)，C/T ratio $\geq 55.1\%$ 者有23位(佔21.7%)，Ejection fraction $< 50\%$ 者有13位(佔12.3%)，詳如表2。

討論

心臟正常狀況下(如圖4)的搏出功能將足以提供全身的血液循環，透析病人因長期慢性發炎反應會影響紅血球的生成及壽命縮短而導致貧血[3]，將無法提供足夠的血液給週邊代謝所使用，此時身體會發生代償反應，即是藉由增加心輸出量(cardiac output)。若經各種的

表1. 血液透析病人之基本資料與實驗室數值

Item	All patients (n=106)	Item	All patients (n=106)
Age (years)	62.3 \pm 12.5	HR	80.6 \pm 11.4
Sex (male, %)	40 (37.7)	SV	66.3 \pm 19.6
Hct (%)	32.4 \pm 2.3	CO	5.3 \pm 1.7
Albumin (mg/dl)	4.0 \pm 0.3	TFI	35.1 \pm 10.0
Cholesterol (mg/dl)	164.7 \pm 35.1	SI	41.0 \pm 10.4
Triglyceride (mg/dl)	118.1 \pm 70.4	CI	3.3 \pm 0.9
Glucose [AC] (mg/dl)	119.1 \pm 68.5	SVV	14.2 \pm 5.2
Ca (mg/dl)	9.3 \pm 0.8	VIC	19.8 \pm 10.4
P (mg/dl)	5.4 \pm 1.4	EF	0.6 \pm 0.09
Kt/V	1.77 \pm 0.30	STR	0.4 \pm 0.09
透析齡 (months)	77.7 \pm 44.0	PEP	107.7 \pm 21.4
透析前收縮壓(mmHg)	148.6 \pm 26.5	LVET	277.6 \pm 22.9
透析前舒張壓(mmHg)	81.3 \pm 15.1	*SQI	97.1 \pm 6.0
透析後收縮壓(mmHg)	145.4 \pm 27.0	ICON	47.8 \pm 17.0
透析後舒張壓(mmHg)	79.5 \pm 13.4	C/T ratio	51.0 \pm 5.3

*SQI(signal quality indicator): $> 80\%$ 表示操作數據可接受

SVV, stroke volume variation; VIC, contractility index variation; STR, systolic time ratio;

PEP, Pre Ejection Period; LVET, Left Ventricular Ejection Time

表2. 血液透析病人心臟搏出參數之基本資料分佈

項目	正常值	量測數據分組		
射血前期 (PEP) (ms)	100~110	≤99.9	100~110	≥110.1
N (%)		35 (33)	25 (23.6)	46 (43.4)
SI (stroke volume index)	35~65	≤34.9	35~65	≥65.1
N (%)		33 (31.1)	68 (64.2)	5 (4.7)
心收縮指數ICON(contractility index)	40~60	≤40.1	40~60	≥60.1
N (%)		41 (38.7)	44 (41.5)	21 (19.8)
C/T ratio (%)	≤50.0%	≤50.0%	50.1~55%	≥55.1%
N (%)		52 (49.1)	31 (29.2)	23 (21.7)
心搏量變異率(SVV %)	10.1~15%	5~10.0%	10.1~15%	≥15.1%
N (%)		30 (28.3)	31 (29.2)	45 (42.5)
左心室射血時間 (LEVT)(ms)	280~300	≤279	280~300	≥301
N (%)		54 (50.9)	34 (32.1)	18 (17.0)
Ejection fraction (%)	≥50%	<50%	≥50%	-
N (%)		13 (12.3)	93 (87.7)	-
Systolic time ratio (STR)	0.3~0.5	≤0.29	0.3~0.5	≥0.51
N (%)		16 (15.1)	77 (72.6)	13 (12.3)

代償現象(如心跳加速、心肌肥大、心臟容積變大…)，仍無法有效提供週邊代謝所需的血液循環，便產生心臟衰竭，多數病人會衍生心臟病變，持續發生左心室擴張、肥大和導致收縮功能障礙[11]。腎功能不全患者都有極大的心血管疾病危險，是相對應年齡的正常族群的10~20倍死亡率。證據顯示腎功能不全的患者血紅蛋白需維持在10~12 g/dl，可保持心臟健康和最佳的生活品質，尤其是在尚無心臟疾病症狀的患者。故左心室的質量和體滯是末期腎病患者的晚期死亡率預測的指標[11]。根據文獻指出75.7%透析病人心臟超音波顯示有左心室肥大(Left ventricular hypertrophy; LVH)，其

中離心性肥大(eccentric hypertrophy)占41.7%；向心性肥大(concentric hypertrophy)占34.0% [12]。

代償反應是心臟功能衰竭發生前，為防止心輸出(Cardiac output)進一步減少的必要措施，代償反應的強度與心臟功能衰竭發生速度以及嚴重程度密切相關。根據Frank-Starling定律，心肌收縮力和心搏出量在一定範圍內隨心肌纖維(Myocardial fibers)中的粗和細肌絲相互重疊狀態而定。當心肌肌節(sarcomere)小於2.2 μm時，隨著肌小節長度的增加，心肌收縮力逐漸增強，達到2.2 μm時，粗、細肌絲處於最佳重疊狀態，有效橫橋數目最多[13]，收縮力

最大，這個心肌肌節長度為最適長度，但過度的代償作用，心輸出量可能無法增加，而體內的過多液體會蓄滯與低心輸出量導致臨床症狀的產生，其主要發生的原因是心臟無法有效充填或排空左心室的血液。當心室舒張末壓力大到使心肌肌節長度增加到 $2.0 \sim 2.2 \mu\text{m}$ ，此時心肌收縮力較大，搏出量增多。但當心室舒張期末壓力大到使肌節超過最適長度，心肌收縮力反而下降，心搏出量減少稱為代償失調。

左心室肥厚(LVH)發生在生理和病理條件下的血流動力學超負荷，早期的心肌肥大是由於心肌細胞肥厚性生長使心臟適應性肥大具有代償效益；心肌肥大晚期，心臟出現非適應性肥大或病理性肥大，由有效代償轉為代償失調以致心臟功能衰竭。根據心室舒張末期容量及心室厚度的變化，可以將心肌肥大分為兩種類型[14]，離心性肥大(eccentric hypertrophy)與向心性肥大(concentric hypertrophy) (如圖1)。離心性肥大是心臟重量增加，心室腔擴大(心室

壁些微肥厚)，而心室壁厚度與心室腔直徑的比值 \leq 正常，由於心臟長期容量負荷過度，使心室舒張末期容量增加，室壁應力增加，是肌節串聯性增生所致。向心性肥大是心臟重量增加，心室壁增厚(心腔容滯稍大或正常)，而室壁厚度與室腔直徑之比大於正常，多由心臟長期壓力負荷過度，使收縮期心室壁應力增加。向心性代償性心肌肥大的主要意義：(1)心臟泵血功能加強：由於心肌總量增加，心肌總收縮力加強，心臟的泵血功能加強；(2)依據Laplace定律心肌肥大，室壁厚度增加，可降低室壁張力而減少心肌的耗氧量。

透析病人假使長期體液過度滯留(fluid overload)，會造成高血壓而導致缺血性心臟病及心臟肥大(心胸比大於50%) [4]；同樣的AV fistula使血液大量分流回心均會使心臟肥大肥厚，心臟功能異常、心臟衰竭等。血液透析病人之例行胸部X-ray之心胸比(C/T ratio)僅能明瞭心臟是否有變大，但對於透析病人體內水

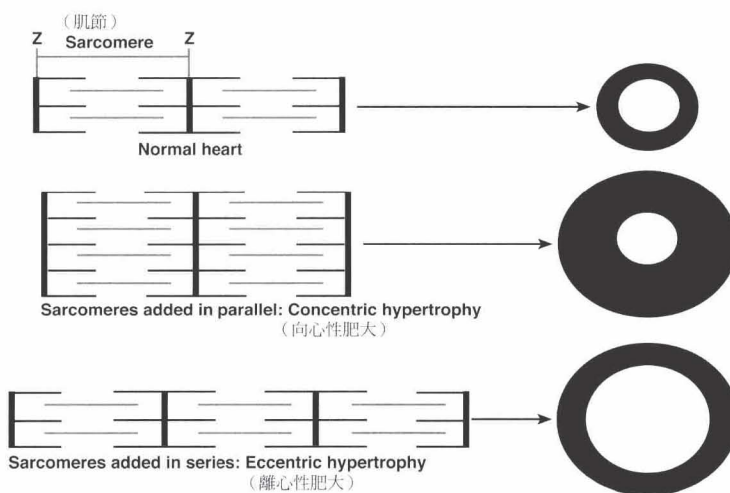


圖1. 向心性肥大與離心性肥大之示意圖[14]

分多寡並無法提供精確的參考數據，因為這些病人常有心臟肥大的問題。研究調查有13位左心室搏出分率(Left ventricular ejection fraction; EF) < 50%，但只有8位C/T ratio > 55%，因此心胸比並無法提供心輸出功能數據及判別肥大的方式。對於病患體液量，Thoracic Fluid Index (TFI)是一個很好的參考數據，體液滯留越多則TFI越高。

血液透析病人有水份滯留的問題，長期會造成高血壓，研究中病人的透析前收縮壓 148.6 ± 26.5 mmHg，有49位(45.8%)高於150 mmHg，因為高血壓性心臟病及缺血性心臟病等也會造成心臟瓣膜病變(狹窄或閉鎖不全)及心臟功能異常。當二尖瓣受損時，可能造成關閉不全，讓擠出去的血液逆流回左心房，原本該進入體循環的血液停留在左心房，再加上肺靜脈的血液流入左心房，導致左心房的血液比正常的還多，而回流的血液使肺靜脈血量增加造成肺高壓，臨床上可能沒有任何症狀；輕微會有胸痛，呼吸困難，心悸等等；嚴重的瓣膜逆流，導致肺水腫，呼吸困難。隨著年齡上升使血管硬化增加，誘發單純的收縮性高血壓，增加中老年人心血管疾病的發病率和死亡率。而收縮性高血壓與肺動脈收縮壓(pulmonary artery systolic pressure; PASP)有密切的關聯，肺動脈收縮壓也直接影響左心房充填壓力。隨著患病年齡增加心肺疾病率的增加，也導致肺血管變硬和肺動脈收縮壓增加 [15]。根據Lam et al.調查1413個患者(年齡 63 ± 11 歲；43%為男性)肺動脈收縮壓，年齡調整肺動脈收縮壓的危險比為血壓每上升10毫米汞柱死亡率增加2.74倍($P < 0.016$) [15]。

左心室搏出分率(Left ventricular ejection fraction; EF)被用來評估左心室收縮功能，作為患者是否心臟衰竭(heart failure; HF)的指標，可藉由經食道心臟超音波或經胸廓心臟超音

波來測量左心室射出率(Left ventricular ejection fraction) [16-17,18]，但對需要頻繁或定期追蹤的透析病人並不符合成本效益與便利性。阻抗心動圖(Impedance cardiography; ICG)是一種低成本，用非侵入性方法來紀錄心臟收縮期間阻抗的變化，可測試左心室搏出實際功能及受損程度。左心室搏出分率受到心輸出量、全身血管阻力、和射血前期(pre ejection period; PEP)及左心室射血時間等的影響[16]。射血前期就是心室去極化(QRS波)開始到主動脈瓣(aortic valve)打開的這段時間(如圖2)。也就是由心房收縮的起點(Q波)算到主動脈瓣打開左心室射血的起點(B)。射血前期的正常範圍為100~110 ms。射血前期(PEP)對於心臟功能的改變相當的敏感。當心臟衰竭時，左心室需要花較多的時間產生足夠的壓力來打開主動脈瓣，所以射血前期會延長。射血前期這段時間會受到心臟收縮力及後負荷(after-load)影響。透析病人的血管阻力會上升，會增加血壓及心臟的後負荷，PEP會延長以維持心輸出量。研究中有45.8%病人透析前收縮壓高於150 mmHg，有43.4%病人的PEP ≥ 110.1 ms，我們認為這兩者有相關聯。對於高血壓合併射血前期延長的病患，可以使用鈣離子阻斷劑來降低週邊血管阻力以減少心臟負擔。因此定期床邊即時的非侵襲性心臟搏出功能監測就顯得重要。

心搏出功能不能單以每分鐘搏出血量(stroke volume)來評估，因為每個人的體型不一，需以心輸出指數(Cardiac Index; CI)考量比較客觀，心輸出指數是每分心輸出量(cardiac output)除以體表面積(m^2)，反映每分鐘心臟搏出量供應係數。正常值 $2.5 \sim 4.0$ L/min. m^2 ；若CI < 2.5 L/min. m^2 表示心衰竭。本研究中有22人CI < 2.5 L/min. m^2 ，其中有12位C/T ratio > 50.0% (其中有4位 > 55.0%)，但心收縮時間比(Systolic time ratio ; STR)僅有1人 < 0.5，其餘

11人皆在的正常範圍內，表示大部份病人心臟功能經由代償機轉運作可提供有效的循環而保持平衡。許多慢性腎臟病患者可能沒有症狀，但長期心臟工作負荷增加會慢慢導致代償失衡，利用ICON[®]的快速篩檢及長期監控患者的代償機轉，及判別代償失衡與適時的醫療介入。

左心室射血時間(LVET)就是主動脈瓣打開左心室射血的起點(B)算到主動脈瓣關閉(X)的時間(如圖2)，這段時間會受到心肌收縮力及心臟腔室體滯影響。當心臟衰竭時，心收縮力下降，心臟即無法維持足夠的壓力，主動脈瓣就會提早關閉，所以左心室射血時間會下降。另一方面左心室射血時間也代表著前負荷

(preload)。左心室射血時間(LVET)的正常範圍為280~300 ms。正常射血前期與左心室射血時間有一定的比率，稱為收縮時間比(Systolic time ratio; STR)=PEP/LVET=0.3~0.5，因為心衰竭時射血前期(PEP)會增加而左心室射血時間(LVET)會下降，所以收縮時間比(STR)會增加。在我們的研究中，有16 (15.1%)位病人STR≤0.29；有13 (12.3%)位STR≥0.51。有趣的是，有18 (17.0%)位病人的左心室射血時間(LVET)≥301 ms，但是左心搏出率功能(EF)都大於50%，這代表說這些病人藉由增加preload來維持正常的左心搏出率功能。假如PEP正常而左心室內腔體滯增加則LVET會延長，會導致STR≤0.29，推測病人為離心性肥大；相

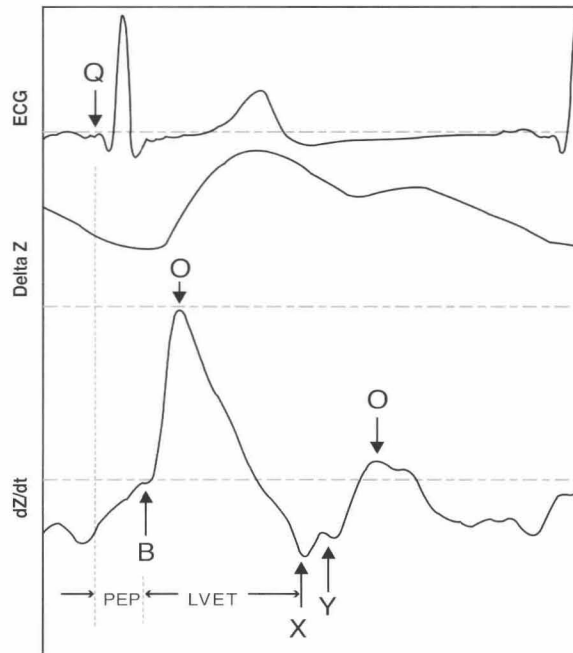


圖2. 心電圖(ECG)和2個阻抗心動波形：描述LVET及PEP[16]

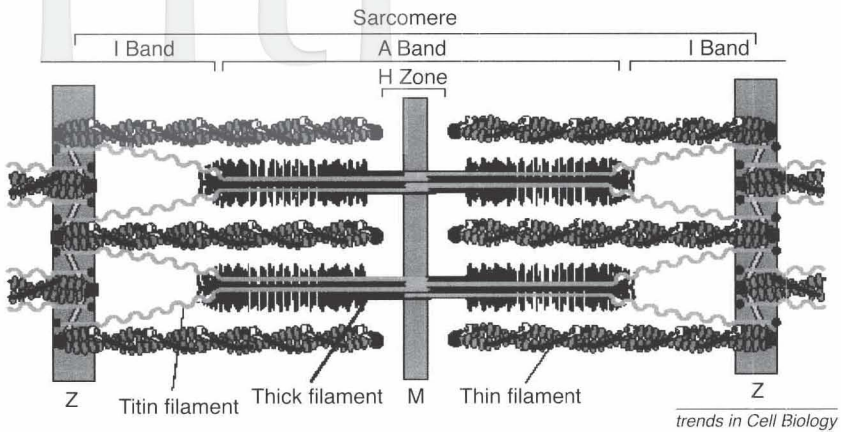


圖3. 肌節(sarcomere)中粗肌絲(thick filament)和細肌絲(thin filament)的結構[13]. I band，明帶；A band，暗帶；H zone，H帶

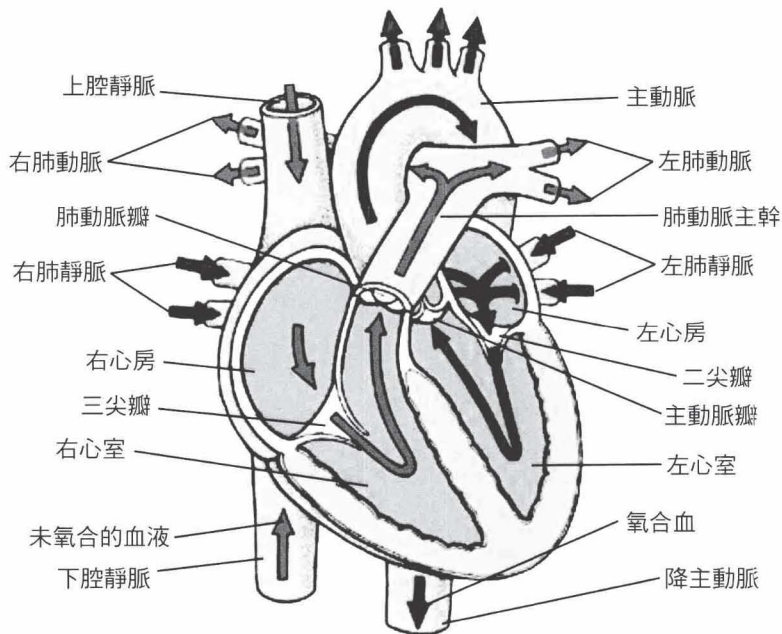


圖4. 心臟瓣膜與血流方向(摘自:Http://www.babyheart999.com)

反PEP正常而左心室心肌肥厚內腔體滯不變則LVET不會延長，推測病人為向心性肥大。對於心收縮力下降以至心衰竭的病患，可以考慮使用毛地黃等強心劑來治療。因此ICON®所紀錄參數不僅可作為血液透析病人心臟代償方式的評估，亦可做為治療方針的參考且影響用藥的選擇。

舒張性心衰竭(diastolic heart failure) [6,23]，特點是心臟收縮功能維持正常，但有舒張功能異常，可能是左心室舒張異常、填充(filling)異常引起[21,23]，理論上可應用電流阻抗心臟圖來測量。長期血液透析患者40%有冠狀動脈疾病(coronary artery disease, CAD)，其中75%是左心室肥厚(left ventricular hypertrophy, LVH)和36%是鬱血性心臟衰竭[25]，臨床症狀難以區分舒張性心衰竭或是收縮性心衰竭[24,23]，通常需要心臟功能的評估包括心臟超音波、核子醫學掃描或是侵襲性心導管檢查[22,23]。左心室的舒張功能則以等容滯鬆弛時間(Isovolumic relaxation time; IVRT)，即是主動脈瓣關閉(X)到二尖瓣開放(O)時間間隔，心臟收縮功能指數(ICON; contractility index)，當病人的IVRT > 0.125ms且ICON > 25推測為舒張性心衰竭[23]。

我們建議於洗腎日使用ICON®，因為我們想藉由測量胸部體液含量(thoracic fluid content, TFC)來得知病人體內水分的多寡。在我們的研究當中，我們在進行透析前使用ICON®進行測量。我們並無測量透析前後或是透析當中的參數變化。在Wynne JL等人的研究中[26]，有35個病人在進行血液透析過程中使用Impedance cardiography (ICG)進行分析。他們發現胸部體液含量(thoracic fluid content, TFC)和水分的移除有相關，但其他參數並沒有相關。Impedance cardiography (ICG)是一個操作簡單，非侵入性的監測。它除了可以評估體液容積狀態，

還可以提供連續性的血液動力學參數，有助於臨床上的處置。

結論

雖然本篇ICON®並無測量等容滯鬆弛時間(Isovolumic relaxation time; IVRT)的功能，另一個限制因為ICON®測EF是由收縮時間比換算而來，我們未進行比較心臟超音波的EF和ICON®測的EF是否符合。需有更多的臨床數據驗證ICON®測的和心臟超音波測量值相近，才能肯定ICON®可以取代心臟超音波。但ICON®仍可作為腎衰竭患者心臟功能的快速篩檢、監控代償機轉，與給予適時的醫療介入及調整治療方式的指標工具。

參考文獻

1. Balsam A, El Kossi MM, Lord R, El Nahas AM: Cardiovascular disease on hemodialysis: predictors of atherosclerosis and survival. *Hemodialysis International* 2009; 13: 278-85.
2. Himmelfarb J, Stenvinkel P, Ikizler TA, Hakim RM: The elephant in uremia: Oxidant stress as a unifying concept of cardiovascular disease in uremia. *Kidney International* 2002; 62: 1524-38.
3. Stenvinkel P, Bárány P: Anemia and rHuEPO resistance and cardiovascular disease in end-stage renal failure; links to inflammation and oxidative stress. *Nephrol Dial Transplant* 2002; 17: 32-7.
4. 林大維，楊五常：慢性透析病人的心臟血管疾病，腎臟與透析 2005; 17: 30-42。
5. Khan FZ, Virdee MS, Pugh PJ, Read PA, Fynn SP, Dutka DP: Non-invasive cardiac output measurements based on bioreactance for optimization of atrio- and interventricular delays. *Europace* 2009; 11: 1666-74.
6. 馬立業：新型心臟血流動力學監儀研製與應用，*International J Cardiovasc Med* 2009; 10: 11。
7. Osypka Medical, Inc. 510(k) Summary K082242: p1-3.
8. Treister N, Wagner K, Jansen PR: Reproducibility of impedance cardiography parameters in outpatients with clinically stable coronary artery disease. *Am J Hypertens* 2005; 18: 44-50.
9. Sanford T, Treister N, Peters C: Use of Noninvasive Hemodynamics in Hypertension Management. *Am J Hypertens* 2005; 18: 87-91.
10. Oh JK: Echocardiography in heart failure: Beyond diagnosis. *Eur J Echocardiogr* 2007; 8: 4-14.
11. Donne RL, Foley RN: Anaemia management and cardiomyopathy in renal failure. *Nephrol Dial Transplant* 2002; 17: 37-40.

12. 桑曉紅, 馬昆, 彭鈺: 尿毒症患者心臟結構功能及相關危險因素分析. *Chinese Journal of Blood Purification* 2005; 4: 431-4.
13. Winslow RL: Integrative modeling of the cardiac ventricular myocyte. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Systems Biology and Medicine* 2011; 392-413.
14. Garcia JA, Incerpi EK: Factors and mechanisms involved in left ventricular hypertrophy and the anti-hypertrophic role of nitric oxide. *Arq Bras Cardiol* 2008; 90: 409-16.
15. Lam CS, Borlaug BA, Kane GC, Enders FT, Rodeheffer RJ, Redfield MM: Age-associated increases in pulmonary artery systolic pressure in the general population. *Circulation* 2009; 119: 663-70.
16. Thompson B, Drazner MH, Dries DL, Yancy CW: Systolic Time Ratio by Impedance Cardiography to Distinguish Preserved vs Impaired Left Ventricular Systolic Function in Heart Failure *Congest Heart Fail.* 2008; 14: 261-5.
17. Chen TT, Su J, and Wu CL: Review of Pulmonary Arterial Hypertension Management. *J Intern Med Taiwan* 2009; 20:19-29.
18. Williams LK, Frenneaux MP, Steeds RP: Echocardiography in hypertrophic cardiomyopathy diagnosis, prognosis, and role in management. *Eur J Echocardiogr.* 2009; 10: 9-14.
19. Styron JF, Jois-Bilowich P, Starling R, Hobbs RE, Kontos MC, Pang PS, Peacock WF: Initial emergency department systolic blood pressure predicts left ventricular systolic function in acute decompensated heart failure. *Congest Heart Fail.* 2009; 15: 9-13.
20. McLure LE, Peacock AJ: Imaging of the heart in pulmonary hypertension. *Int J Clin Pract* 2007; 156: 15-26.
21. Sherazi S Zareba W: Diastolic heart failure: predictors of mortality. *Cardiol J* 2011; 18: 222-32.
22. Caudron J, Fares J, Bauer F, Dacher JN: Evaluation of left ventricular diastolic function with cardiac MR imaging. *Radiographic* 2011; 31: 239-59.
23. Summers RL, Kolb JC, Woodward LH, Galli RL: Differentiating systolic from diastolic heart failure using impedance cardiography. *Acad Emerg Med* 1999; 6: 693-9.
24. 余文鍾: 舒張性心衰, *臨床醫學* 2004; 53: 318-9.
25. 黃麗雲, 黃建鐘: 末期腎病患者鬱血性心臟衰竭的處置, *腎臟與透析* 2004; 16: 150-6.
26. Wynne JL, Ovadjie LO, Akridge CM, Sheppard SW, Vogel RL, Van de Water JM: Impedance cardiography: a potential monitor for hemodialysis. *J Surg Res* 2006; 133: 55-60.