

心臟衰竭的機械輔助

王水深、柯文哲、周迺寬、許榮彬、陳益祥、林芳郁、朱樹勳

台大醫院心臟血管外科

摘要

心臟外科在本世紀的最大成就莫過於成功的以外科手術治療心臟衰竭，其中包括心臟移植和機械輔助循環等。目前常用的機械輔助有主動脈內氣球幫浦(intra-aortic balloon pump, IABP)，葉克膜體外維生系統(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)和心室輔助器(ventricular assist device, VAD)等。

最廣泛也最簡單使用的輔助循環是主動脈內氣球幫浦(IABP)，將氣球導管放到降胸主動脈內，當心臟收縮時，氣球就塌陷，可以減輕心臟的後負荷；當心臟舒張時，氣球膨脹，可以把血液壓回升主動脈，增加冠狀動脈灌流。台大醫院在開心手術後病人使用 IABP 的經驗顯示冠狀動脈性心臟病併心因性休克的病人較瓣膜性或先天性心臟病有較好的成績，男性較女性好，約 67%可斷離主動脈內氣球幫浦。

葉克膜體外維生系統(ECMO)將血液由股靜脈引出，經幫浦流經氧合器，再流入股動脈，以減輕心臟和肺臟負擔，可在病床邊快速裝置完成，馬上輔助循環。台大醫院曾對擴張性心肌症、冠狀動脈性心臟病、先天性心臟病、瓣膜性心臟病和急性心肌炎等原因引起心臟衰

竭病人使用 ECMO，52.6% 病人可成功斷離此維生系統，其中以急性心肌炎的成功率最高，達 80%。

心室輔助器(VAD)將血液自心房或心室引流到幫浦內，然後再打回動脈內，可減輕心臟的作功。無論突發急性心肌梗塞造成心臟衰竭，或慢性心臟衰竭等待換心，或開心手術後急性心臟衰竭，在 IABP 輔助下仍無改善時，便可使用 VAD。嚴重心臟衰竭只用左 VAD 病人約有 20% 持續右心衰竭，所以右心房壓力太高(如 $> 20\text{mmHg}$)或肺動脈阻力太大(如 > 5 Wood Units)或右心收縮力太差(如 $\text{RVEF} < 10\%$)者，不要單獨使用左 VAD，需再裝上右 VAD。台大醫院曾成功使用 Thoractec VAD 心室輔助器做右心和雙心輔助成功的讓病人有機會接受心臟移植而有 100% 移植成功率，也曾用 HeartMate VAD 左心室輔助系統幫助生產後心肌症病人 287 天以及擴張性心肌症病人 222 天再成功做心臟移植手術，亦有 100% 移植成功率。

前言

心臟外科在本世紀的最大成就莫過於成功的以外科手術治療心臟衰竭。心臟衰竭是心臟功能異常，無法輸出足夠的血液，以應付身體代謝的需要之病態生理狀態，臨床症狀包括端坐呼吸或陣發夜間呼吸困難、頸部靜脈怒張、肺部囉音、心臟擴大、急性肺水腫、異常之

第三心音、肝頸回流等⁽¹⁾。心臟衰竭的病人，除要暫時休息，限制鹽類和輸液攝取，給與氧氣促進氧化作用，除去致病因子(如冠狀動脈疾病需做冠狀動脈擴張術或冠狀動脈繞道手術，僧帽瓣狹窄需做分離術或置換術，肺部栓塞需做栓塞切除術，心包填塞需要緊急引流)，此外心律不整應該矯正，亦需降低後負荷，改善前負荷，增加心臟收縮力。必要時要用心臟輔助循環。目前常用的機械輔助循環有主動脈內氣球幫浦(intra-aortic balloon pump, IABP)，葉克膜體外維生系統(extra-corporeal membrane oxygenation, ECMO)和心室輔助器(ventricular assist devices, VAD)等。

主動脈內氣球幫浦

最廣泛也最簡單使用的輔助循環是主動脈內氣球幫浦(IABP)，將氣球導管放到降胸主動脈內，當心臟收縮時，氣球就塌陷，可以減輕心臟的後負荷，增加心臟輸出量，使血液較易供應全身；當心臟舒張時，氣球膨脹，可以把血液壓回升主動脈，經冠狀動脈供應心臟血液，增加冠狀動脈灌流。放置氣球導管的方法，目前大都直接穿皮插入股動脈，經腹主動脈到降胸主動脈靠近左鎖骨下動脈開口處。導管前端之氣球，在氣體進來充氣時就膨脹，當氣體被主機吸走，氣球就塌陷。使用的氣體，以前使用 CO₂，分子量有 44，流動速度較慢，心跳大於每分鐘 150 次時便不能正常運作，現在改用氦氣，分子量只有 4，

能快速進出氣球。氣球的膨脹或塌陷，可由心電圖(自出現 T 波頂尖時開始膨脹)或壓力圖(自主動脈複脈凹痕出現時開始膨脹)或機器內設值來控制(心電圖是心臟的電氣變化，壓力圖是心臟做功施力的變化，IABP 做功要靠氣球膨脹，以主動脈複脈凹痕開始膨脹為準，即用心電圖出現 T 波頂尖時做初步調節，然後再用動脈壓力圖精細調節)，在主動脈瓣關閉後心臟舒張時，氣球充氣膨脹，在主動脈瓣打開前，Q 波出現之際，主機器將氬氣抽離氣球使其塌陷。IABP 使用的時機主要是心因性休克(收縮壓低於 90mmHg，肺微血管楔壓高於 20mmHg，心臟輸出指數低於 1.8 l/min/m^2 並有低心臟輸出症候)，無論是因為急性心肌梗塞，或慢性心臟衰竭，或手術中無法斷離人工心肺機，或手術後的心臟衰竭皆可使用，但有嚴重主動脈瓣閉鎖不全，開放性動脈導管，主動脈剝離或主動脈瘤的病人，應禁止使用，以防其弊。在 IABP 有效輔助下，病人自己的收縮壓會下降(可降 40%)，舒張壓會上升(可升 70%)，左心室末舒張壓會下降(可降 40%)，肺微血管楔壓會下降(可降 20%)，心臟後負荷會減輕，冠狀動脈血流會增加，心臟輸出量會增加(可增 40%)，腎臟及腦部血流亦會增加。台大醫院在開心手術後病人使用 IABP 的經驗顯示冠狀動脈性心臟病併心因性休克的病人較瓣膜性或先天性心臟病有較好的成績，男性較女性好，約 67%可斷離主動脈內氣球幫浦^(2、3)，併發症以下肢缺血最常見，

其他如血管穿破、出血、感染、栓塞、偽動脈瘤等都會發生。

葉克膜體外維生系統

葉克膜體外維生系統(ECMO)將血液由股靜脈引出，經幫浦流經氧合器(oxygenator)，再流入股動脈，以減輕心臟和肺臟負擔，可在病床邊快速裝置完成，馬上輔助循環。裝置的方法，在成人通常在局部麻醉下，直接將靜脈導管穿皮插入股靜脈，另將動脈導管直接穿皮插入股動脈。在 10 歲以下的小孩或新生兒往往需要全身麻醉，找出右側內頸靜脈和總頸動脈，再分別插入靜脈導管和動脈導管。若已經開胸切開胸骨，亦可自右心房將靜脈血液引流出來，由主動脈打入血液。必要時可將左心房的血液一齊引流出來。常用的幫浦有滾軸式(roller pump)和離心式(centrifugal pump)兩種，由於離心式幫浦之溶血較滾軸式幫浦輕微，且較少管線破裂的危險，故除非小孩子血流量在每分鐘 1 升以下者使用滾軸式幫浦外，例行使用離心式幫浦。並注射肝素以維持活化凝血時間(activated clotting time, ACT)在 150 到 200 秒以上，同時維持血小板在 $50,000/\text{mm}^3$ 到 $100,000/\text{mm}^3$ 以上，血色素在 12g/dl 或血比容在 40% 以上。氧合器全部使用膜式氧合器(membrane oxygenator)以減少對血球的傷害。雖然目前可以把進口導管、幫浦、氧合器和出口導管，整個系統都覆蓋肝素，但仍需維持 ACT 在 120 秒至 150 秒以上，以免發生栓塞。故有頭部外傷顱內出

血可能者，最好不裝置 ECMO。台大醫院曾對擴張性心肌症、冠狀動脈性心臟病、先天性心臟病、瓣膜性心臟病和急性心肌炎等原因引起心臟衰竭病人使用 ECMO，52.6% 病人可成功斷離此維生系統⁽⁴⁾，其中以急性心肌炎的成功率最高，達 80%。但 ECMO 通常只能短期使用，使用一星期以上時，溶血、感染等併發症便接踵而來，要長期使用便要用 VAD。

心室輔助器

心室輔助器(VAD)將血液自心房或心室引流到幫浦內，然後再打回動脈內，可減輕心臟的作功。無論突發急性心肌梗塞造成心臟衰竭，或慢性心臟衰竭等待換心，或開心手術後急性心臟衰竭，在 IABP 輔助下仍無改善時，便可使用心室輔助器。但是全身性感染，癌症末期病人，精神不正常病人或多器官衰竭病人則不推薦使用。嚴重主動脈閉鎖不全者，需先處理主動脈瓣膜的問題，心房中隔或心室中隔缺損者，需先將缺損修補。嚴重心臟衰竭只用左心室輔助器病人約有 20% 持續右心衰竭⁽⁵⁾，所以右心房壓力太高(如 $> 20\text{mmHg}$)或肺動脈阻力太大(如 > 5 Wood Units)或右心收縮力太差(如 $\text{RVEF} < 10\%$)者，不要單獨使用左心室輔助器，因嚴重右心衰竭會使左心室輔助器無法有效運作，需要趕快再裝上右心室輔助器。在使用雙心輔助時，為避免肺水腫，通常將右心輔助的流量調得較左心輔助流量稍低。通常輔

助器可以三種方式來激發其輔助功能，第一種是填充式(fill-to-empty mode)或自動式(automatic mode)，即血液流入輔助器填滿後就排空，排空後再充填，隨著心房或動脈壓力不同，充填或排空速率就不同，每分鐘輔助的次數就不一樣。是最常使用的方式。由於完全排空，等於把輔助器徹底清洗，減少血液淤塞，較少在幫浦內產生血栓。第二種是固定式(fixed-rate mode)，設定每分鐘固定跳動速率，通常只在雙心輔助要限制右心室輔助器的輸出量時才使用。第三種是同步式(synchronous mode)，和 IABP 以心電圖激發的原理類似，利用病人自己的心電圖之 R 波來激發幫浦排空血液，常用在斷離 VAD 時，設定 1:2 或 1:3，觀察病人能否忍受，有些病人可以斷離 VAD 而不必做心臟移植。此外在機械故障或要做診斷時，尚可以手動方式(manual mode)操作。目前國內有進口 HeartMate 和 Novacor 兩者為左心輔助系統，另有 Thoractec VAD 可供左心、右心或左右雙心輔助。Thoractec VAD 是氣動式幫浦，幫浦有隔膜(生醫用聚胺酯製成)區隔成血液室和空氣室兩部份，藉空氣進出空氣室，而把血液自心臟推向動脈以利血液循環，代替心室功能。幫浦放置體外，藉著管線連接驅動主機，每次打出的最大血量為 65 ml，一分鐘最多可輸出 7 升。為避免幫浦本身及其進出口之機械瓣膜(Bjork-Shiley concavo-convex tilting disc valve)發生血栓，需用肝素或 warfarin 等抗凝血劑。HeartMate 左心

室輔助系統有氣動式和電動式兩種。血液由左心室頂尖流入幫浦，幫浦的血液介面較特別，一面為生醫用聚胺酯製成，另一面為特殊處理的鈦金屬製成，和血液接觸後會長出新的內膜，含有梭狀細胞、多核細胞和造血細胞等⁽⁶⁾，可分泌基質預防栓塞形成。幫浦之進出口使用生物瓣膜(25mm porcine xenograft)，通常不必長期使用抗凝血劑，只需使用低劑量的阿斯匹靈即可，幫浦每次打出的最大血量為 83 ml，每分鐘最大輸出量，在電動式為 10 升，在氣動式為 12 升。幫浦埋在體內，可以放在腹膜外的腹壁，亦可放在腹膜腔內，其驅動主機原本重 33 公斤，最近改良的可攜帶主機只有 8.5 公斤，而幫浦做功不變。Novacor 心室輔助器雖在幫浦的進出口亦使用生物瓣膜(22mm Carpentier-Edward porcine xenograft)，但因幫浦有栓塞可能，故需使用抗凝血劑，其幫浦的驅動方式為電動式，每次打出的最大血量為 70 ml，一分鐘最多可輸出 12 升；和 HeartMate 心室輔助器一樣只供左心輔助之用。我們自己研發的台大一號心室輔助器是葉輪式離心型幫浦⁽⁷⁾，包含馬達的重量只有 0.11 公斤，在 100 mmHg 壓力下，每分鐘最多可輸出 8 升，小牛的實驗已證實可安全有效的輔助循環，可供左心、右心和雙心輔助，正擬進行人體試驗。台大醫院曾成功使用 Thoractec VAD 做右心和雙心輔助成功的讓病人有機會接受心臟移植而有 100% 移植成功率⁽⁸⁾，病人在移植後目前過著健康快樂的日子。

我們也曾用 HeartMate 左心室輔助系統幫助生產後心肌症病人 287 天以及擴張性心肌症病人 222 天再成功做心臟移植手術⁽⁹⁾，亦有 100% 移植成功率。

隨著生醫科學的進步，VAD 的生體相容性提高，長期使用的 VAD 將不斷問世。可供永久使用的 VAD 將一勞永逸而有效的治療心臟衰竭的病人。

參考資料：

1. McKee PA, Castell WP, McNamara PM, et al : The natural history of congestive heart failure, the Framingham Study. N Engl J Med 1971;285:1441-6.
2. Wang SS, Chu SH : Current status of heart assist and replacement in Taiwan. Artif Organs.1996;20:1325-9.
3. Wang SS, Chu SH, Tsai CH, et al : Intraaortic balloon pump for myocardial failure in cardiac surgical patients. Acta Cardiol Sin 1993;9:218-23.
4. Wang SS, Chen YS, Ko WJ, et al : Extracorporeal membrane oxygenation support for postcardiotomy cardiogenic shock.. Artif Organs 1996;20:1287-91.
5. Frazier OH, Rose EA, Macmanus Q, et al : Multicenter clinical evaluation of the HeartMate 1000 IP left ventricular assist device.

Ann Thorac Surg 1992;53:1080-90.

6. Rafii S, Oz MC, Seldomridge A, et al : Characterization of hematopoietic cells arising on the textured surface of left ventricular assist devices. Ann Thorac Surg 1995;60:1627-32.
7. Wang SS, Chu SH, Chou NK, et al : The pulsatile impeller pump for left ventricular assist. Artif Organs 1996;20:1310-13.
8. Wang SS, Chu SH, Ko WJ, et al : Ventricular assist as a bridge to heart transplantation. Transplant Proc 1998;30:3401-2.
9. Wang SS, Chu SH, Ko WJ, et al : Heart transplantation after mechanical circulatory support. Transplant Proc 2000;32(in press)