

## 植入型腎臟替代療法， 可成為未來改變透析洗腎 的方式

龍恩診所 / 李穗倫 醫師

我當醫生出道 50 年了，當我是 Intern 的時候就有碰到慢性腎衰竭尿毒症的病人，我們先用藥物治療，延緩腎臟病的惡化，再不然就做腹膜透析，那個時候台北只有榮總跟台大有洗腎機，但是費用非常的昂貴，畢業後服完部隊役，我被分發到高雄 802 總醫院，終於等到了洗腎機的來臨，可是軍醫署發給我們的確實是一種 Redy 洗腎機，體積小用水量比較省，他利用 Organon Teknika 再循環透析系統，可以使用用過的透析液，再變成新的透析液，所以只要 6 公升的水就可以進行，也不需要水處理器，也不用裝置排水管，只要有電源的地方，就可以做透析，不過這種透析系統，平常很少人使用，主要是大災難水供應斷絕，需要透析治療時才派上用場，這一套透析液再生系統，就如圖所表示的簡單說明，就可以了解，這是一套專利的設備，不容別人仿製造。

服役 10 年終於退伍，我回到了故鄉台南 - 逢甲醫院繼續工作，醫院裡面有兩台洗腎機，沒有特定的人士在接管，於是我就自告奮勇接手洗腎的工作，而那時候幫助我最大的就是靠譚柱光老師所著的人工腎臟，可以說是最早也是最詳細的一本洗腎寶典，靠著它洗腎時碰到的難題，都能迎刃而解，又過了一陣，奇美企業接管逢甲醫院，改名為奇美醫學中心，我又遇到了一位貴人，許文龍董事長的姐姐 - 楊許仙菊，她的兒子叫楊德元，是 UCLA 的副教授，工



作地點在加州 Sepulveda VA，服務於腎臟科，發給我 J1 的交換學者簽證護照，讓我有機會到國外走一趟，學習一點新知識，1991 年我已經是中年人了，我又遇到一個貴人 - Dr. Martin Roberts，他就是研發 Redy 洗腎機，跟那個有專利的吸附劑的發明團隊之一，那個年代血液透析機，CAPD 都已經很普及了，美加地區幅源廣大，若是一個洗腎的病人每隔 1 天，要長途跋涉到達都市的洗腎中心來洗腎，實在是不划算，所以 CAPD 在美加地區還是有佔了很高的比率，雖然 CAPD 將洗腎透析液輸入腹腔內，可以有設到 6 小時行動的時間，然後再放液重新輸液，總是不能百分百的滿意，那個時候這些團隊就已經想到了，要將透析的方式帶著走，希望能夠持續性的在腹腔內做腹膜透析，而不必放下工作，做交換液體的工作。

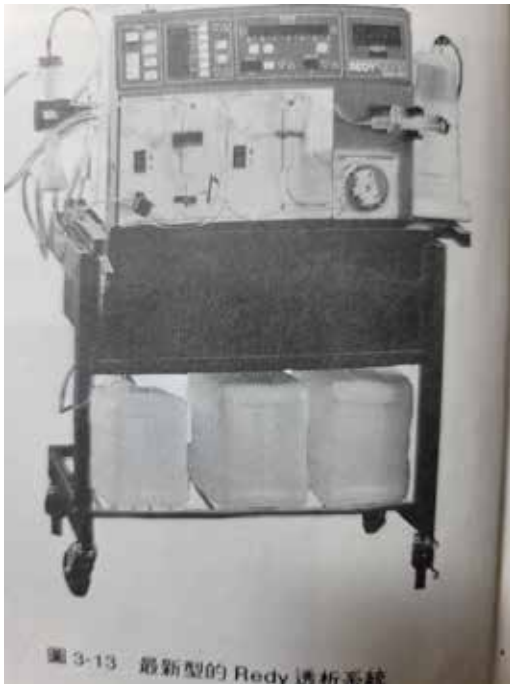
我就參加了這個團隊，首先碰到的問題就是透析液要能循環使用，幸好有我們自家所產的特殊的吸附劑，能吸附使用過後的透析液內的毒素（如圖所示），然後必須要注意經過吸附劑的透析液的流速要固定，而生成淨化出來新的透析液，要與原來新的透析液成份要完全相同，我就是負擔這一部分的工作，每天早晨到不同的病人家中收集用過後的藥液帶回工作室，接上小的輸送馬達幫浦，由吸附劑的底部層層的往上，流經不同的層面，就吸收不同的廢物，然後在出口的地方，我就要用量杯收集流出來的新的液體，手握碼表算好時間（2、4、6、8、10 分鐘），收集到的淨化液體容量，一定要是上一個時間，所收集量的倍數，如果錯了就得再重新來一遍，外國人做實驗很龜毛，再將這些標本送生化檢查，分析裡面的電解質成分，然後再換另外一個病患的透析液，照這種方式做下去，這樣子到底經過了多少日子我也忘記了，然後這些大數據就交給老闆，他們會去統計。

時間來到了一九九二年，我進修的時間已經期滿了，被台灣醫院叫回去，所以就暫停了這一項工作，教授們他們自己接手，也成功找到了有志願者，做成了一些穿戴型的器具，首先，有腹膜透析的出水管連結到小型的鋰電池幫浦馬達，將過濾出來的洗腎液，經由特殊迷你型的吸附劑桶底部，往上輸送到頂部，在接上原本的腹膜透析的入水口的管，回到腹腔內，管路接縫中，有一些溢出的洗腎液我們也有漏斗收集液體，沿着一條小管線到一個瓶小瓶試管中，綁在病人的小腿上，腹腔裡面的洗腎液如果有減少，我們就讓病患自己喝水，就會經過小腸腸系膜分泌到腹腔

內，所以不必額外補充正規的洗腎液，至於那個小型的吸附器（Sorbent），大約 1 週更換一次，本來我們也是用穿戴型的人工腎臟命名（WAK），但是這個名稱，在美國人的用語上是不雅的名稱，所以他們就改成連續、行動性、再生透析，簡稱 C.A.R.D.，1992 年底美國腎臟醫學會開會，這一項研究成果，也提出在會中報告，教授們把我的名字也列在其中著作群，讓我與有榮焉，回到台灣我就將這一項研究成果用中文發表在血液淨化醫學會的地方會議，提出報告，聽講者都覺得蠻有興趣，我也曾經跟百特的代理商研究過，他們也很贊同我這一項研究成果，但是他們自己也已經有自動腹膜透析 APD，就是白天病患可以自由活動上班行走，然後晚上睡覺的時候就將 4 袋或和 6 袋的腹膜透析液先準備好，百特公司再提供給他們一種自動定時切換開關，每兩小時將一袋腹膜透析液輸入到腹腔內，下一個兩小時放出透析液，再輸入第二袋腹膜透析液，如此類推，也達到了病患在日間，可以行動自由的目的。在沒有任何奧援之下，我一個人實在無法再發揚光大，我只好繼續做我個人的血液透析，這個研究一擱就是 30 年。



(圖 1) 由這一張圖可以簡單地看到，這一種專利的吸附劑 (Sorbent) 能夠清除使用過的透析液的廢物及毒素。



Redy 洗腎機

什麼是可穿戴人工腎？

(Wearable artificial kidney)

時間又來到了 2022 年 6 月，令人盼望的基層醫療透析協會也開始徵求投稿，現在最夯的投稿文件，不外乎新冠肺炎 COVID-19，就在我尋找資料的時候，無意中看到了蔡鑑任醫師的一篇轉載資料 - 洗腎帶著走，讓我的眼睛一亮，真沒有想到 30 年前我的構想研發成就作品，得到了認可，這種可穿戴式的人工腎臟原型機，簡稱 WAK，在 2014 年底獲得了美國 FDA 批准進入臨城試驗階段，也許兩年後可以看到。

台灣洗腎人口超過 9 萬人，創下全球新高，造成健保支出沉重負擔，病患的健康和生活品質也大受影

響。要免去洗腎之苦，目前只能換腎，但器官捐贈僧多粥少、緩不濟急。透析方式的改變也是在所必行，如果按每人每次血液透析 4 小時，透析液流速 500 毫升 / 分計算，每分鐘就需要用約 1 升的市政供水來準備透析液，4 小時的透析需要消耗 240 升市政供水。此外，血液透析的電力消耗也非常大，每年全球血液透析估計消耗 27.5 億千瓦時電力。

可穿戴人工腎 (WAK™) 是由國際知名腎臟專家、內科醫生維克多·古拉博士創立的。

**可穿戴式人工腎**

- 一個腔用于血液，另一個腔用于透析液
- 重 5kg，穿戴于腰間
- 可以持續工作 4-8 小時
- 血液流速：59ml/min
- 透析液流速：47ml/min
- 尿素清除率：23ml/min
- 肌酐清除率：21ml/min

1. Ronco G, et al. *Nephrology* 2011;16(1):9-15.  
2. Gura V, et al. *AGF Insights*. 2019;1(1):e00007



WAK™ 是一種小型透析機，它重約 11 磅 (5kg)，但它每周提供 168 小時的血液過濾，就像

原生腎臟一樣。而且它適用於電池，只需要約 400ml 的水，無需連接到電源插座。

我沒有直接看到成品，只能從圖片上去猜測，比我 30 年前那一種行動式的腹膜透析要複雜得多（可惜當時的幻燈片早已經損毀了，不能提供給大家），這種新型的 WAK，應該是血液透析，在病患穿帶的右側，是他的血液可能是從雙腔的導管 (double lumen catheter) 流出來的血液，靠迷你型的 pump 動力（擁有可充電的電池），經過（迷你型的人工腎臟 AK，使用傳統的人工腎臟 (dialyzer)，型號是 Gambro Polyflux 6H），做透析的工作，左側有三個圓筒、還有以吸附劑為主的透析液再生系統 (sorbent system)，此裝置以兩套分開的管路來分別驅動血液及透析液，使用三個連接在一起的吸吸附劑槽來再生透析液 (Dialysate Regeneration)。

我那時候的行動式的腹膜透析，外表只有小型 pump 將用過透析液，送到吸附劑 (Sorbent)，然後再淨化回到腹腔內，繼續做腹膜透析，我不需要 AK，因為腹膜就代替了 AK，做透析的工作，當我看到文獻這一段的時候，我個人的感覺就是太多太重的



圖片取自網路

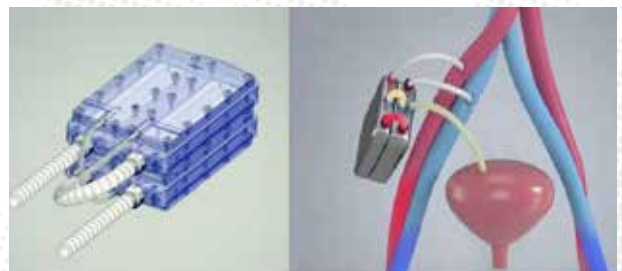
器具，綁在人體的腰上，並不舒服，而且它是血液長期都在體外循環，再回到體內，中間如果是有血液外溢，或是感染發炎，都是我們不願意見到的併發症，而且據說病人可以戴著睡覺洗澡，我實在不敢苟同，所以我認為僅止於研究實驗的性質，不可以能取代傳統洗腎機的功能。

#### 植入型腎臟替代療法

#### (Implantable Kidney Replacement Therapy)

看到文獻的最後最讓我驚訝的，現在加州大學舊金山分校 (UCSF) 的研究團隊，剛剛展示了一種人工腎臟，它可以植入身體裡，與患者共存，也不需要更換電池，相當理想。

這個新型裝置植入到體內的髂窩 (iliac fossa)，使用兩階段的透析系統達到療效，第一階段是高效率的矽奈米孔洞透析模 (silicon nanopore membranes)，該設備由兩個主要部分組成。血液過濾器：由矽半導體膜組成，可以去除血液中的廢物。與此同時，生物反應器還包含人工版本的腎小管細胞，可調節水量、電解質平衡和其他代謝功能。離子交換膜則是保護這些設備免受患者免疫系統的攻擊。



舊金山大學發明的人工腎臟，可植入身體，不需給藥，不需電力。（圖 / 加州大學舊金山分校）

第二階段，生物人工腎會連接到患者體內的兩條主要血管，與主動脈血管相接會獲得要過濾的血液，輸送到儀器內，另一條管路將過濾後的血液輸送到靜



脈裡，還有一條以連接到膀胱，在那裡廢液就以尿液的形式累積。利用生物科技的腎小管細胞 (bioreactor of kidney tubule cells)，而過多的體液則直接排入到膀胱成為尿液，來維持電解質平衡，利用心臟搏動的能量作為驅動，所以不需要任何的電池裝置。

在概念驗證階段時，研究團隊還發現，這顆人工腎臟在普通血壓的推擠下即可自然工作，無需外接泵浦與外部電源，腎小管細胞在整個測試過程中，都能持續繼續發揮作用。

我曾經寫過，利用幹細胞，是否能夠修復受損的腎臟，腎小管，腎絲球，讓慢性腎衰竭的病人能夠起死回生，不過並沒有引起共鳴，如今看到的還有新的改變洗腎的方法，可真是我的一生懸命，不論這個成果能不能夠實現，或者上市，但是總是讓我這一個洗腎界的老兵，看到了春天，我雖然沒有這個能力創造新的東西，但是看到後生晚輩青年才俊，能夠發展出

植入式的人工腎臟，讓我實在太興奮了。我也希望我的命能長一點，讓我能看到新的人工腎臟植入法，能夠造福到將近十萬人的腎衰竭洗腎的腎友們。希望將來能夠普及，就像是心律調節器 (pacemaker) 一樣，植入體內，只要不要產生過敏的反應，總是對洗腎的腎友們的一線希望。

參考資料：

- 1.Nina Hojs, William H. Fissell and Shuvo Roy. Ambulatory Hemodialysis-Technology Landscape and Potential for Patient-Centered Treatment. CJASN January 2020, 15 (1) 152-159; DOI: <https://doi.org/10.2215/CJN.01970219>
- 2.洗腎帶著走？蔡鎧任醫師整理
- 3.CJASN 2020 年的 Ambulatory Hemodialysis-Technology Landscape and Potential for Patient-Centered Treatment
- 4.文章來源：Bioartificial kidney prototype acs lab tests could replace dialysis
- 5.血液透析、人工腎臟，譚柱光教授

