

血液淨化術

Blood Purification Techniques

林永昇

Yung-Sheng Lin

在人類疾病治療上，血液處理佔了醫療行為極大之比例。隨著醫療科技之發展，人們處理血液的技術也趨於成熟，能在短時間內有效地將不健康之血液還原為健康狀態而重新輸回人體使用。本文對於當今血液淨化技術做一詳細回顧整理，內容主要從血漿移除術、細胞移除術及血液吸附術等三大方向來逐一介紹其血液淨化原理及使用狀況。血漿移除術的目的在於移除帶有疾病原的血漿，並保留血球回收再使用，而細胞移除術之目的則是移除血液中的致病血球細胞，至於血液吸附術的目的是利用吸附作用，將血液中的疾病原移除。期望藉由本文的介紹，能幫助讀者對血液淨化技術有所認識。

In human disease treatment, blood treatment has governed a considerable proportion in medicine behavior. With the development of medicine technology, the skill that human beings deal with the blood is getting more and more mature. It can be efficient and timesaving for the transfusion blood to recover from the unhealthy condition. This article provides an overview of the theory and status of the blood purification technology in recent times, containing plasmapheresis, cytophoresis and blood adsorption. The purpose of plasmapheresis is to remove pathogeny-contained plasma and keep blood cells recycling. The aim of cytophoresis is to eliminate pathogenic cells in blood, while blood adsorption is to discard pathogeny in blood by adsorption action. It hopes that the introduction by this article can equip readers with primary acknowledge of blood purification technology.

一、血液組成

介紹血液淨化術前，吾人必須對人體血液之組成有基本認識。人體血液量約為體重的十三分之一，統計指出一般成年男性約有 5-6 公升之血液，而女性的血量較少，只有 4-5 公升。血液可分為血球和血漿兩大部分，血球約佔血液的 45%，主要為紅血球 (99% 以上)、白血球及血小板；血漿佔血液的 55%，其成分主要約為 90% 的水，其餘約有 7% 的血漿蛋白及 3% 的細胞營養物

(無機鹽、葡萄糖、酵素、荷爾蒙、抗體) 及廢物。

血液一旦離開人體後，會經由一連串複雜的蛋白質酶反應，使纖維蛋白原 (fibrinogen) 活化產生凝血纖維 (fibrin) 而開始凝血，因此醫療行為採血時，常需加入抗凝劑以防凝血現象之發生。血液若加入抗凝劑，離心分離血球後所得液體部分稱為血漿 (plasma)；若不加抗凝劑，則凝血後分離血凝塊所得之液體稱之為血清 (serum)。醫療上常見之抗凝劑如：肝素 (heparin)、檸檬酸鹽 (citrate) 及 EDTA 等。

二、血液淨化術

血液淨化乃利用過濾、吸附等技術，將血液中之疾病原從血液分離出來，進而達到治療或預防疾病之最終目的。傳統血液淨化大多用於洗腎方面，所以用途侷限於尿毒症或血球方面之治療，然隨著科技之發達，目前血液淨化已可廣泛應用於其他疾病之治療，例如免疫抗體失調、輸血時白血球所造成的不良反應、營養過剩所造成的高血脂問題等，皆會在本文有所介紹。

血液淨化術可大致區分為血漿移除術 (plasmapheresis)、細胞移除術 (cytapheresis) 及血液吸附術等三大類。血漿移除術的目的是移除帶有疾病原的血漿，並保留血球回收再使用，而細胞移除術的目的則是移除全血中的某些特定致病血球細胞，至於血液吸附術的目的是利用吸附原理，將血漿或全血中的某些特定疾病原移除。茲將此三種血液淨化術之概況整理於表 1，並分述如下。

1. 血漿移除術

血漿移除術從 1952 年第一次臨床使用至今⁽¹⁾，隨著過濾膜與相關設備的發展與進步，現在已是非常成熟及實用的臨床技術。在移除相當量的不健康血漿後，加入新鮮的血漿或其替代品，如 5% 白蛋白 (albumin) 溶液、澱粉類溶液、血漿衍生物 (如 cryosupernatant) 及 crystalloids (如 0.9% 生理鹽水及 Ringer's lactate) 等⁽²⁾，即可得健康之血液而重新使用，也因此被稱為血漿置換術 (plasma exchange)。此技術常使用於高蛋白質結合率的毒

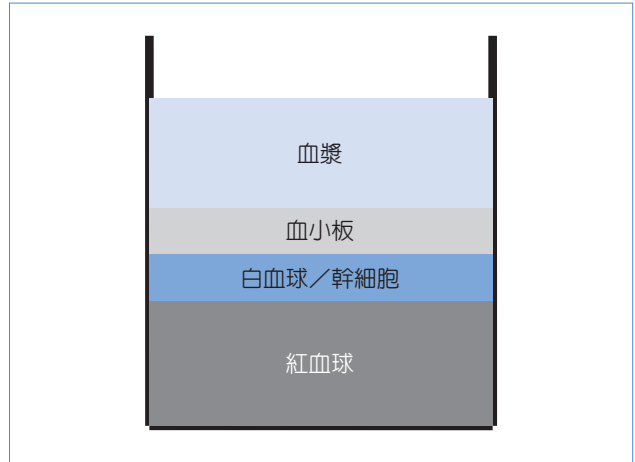


圖 1. 血液組成成分在離心後的層次分布圖。

藥物中毒情況 (常見者如鉻酸及重鉻酸鹽急性中毒)、Goodpasture 氏症候群、紫斑症等，而此療程約四個小時內交換三到四公升的新鮮血漿。血漿移除術可依其作用原理而分為如下所列之離心法、單一過濾法及雙過濾法三種。

(1) 離心法

離心法為目前最普遍常見將全血分離為血漿與血球的方法，除可作為全血移除血漿之用外，它也是醫學上收集血漿來檢測判讀疾病常用到的技術，主要原因是為了避免血球影響血漿成分檢測之準確性。離心法之原理乃利用物質之密度差異以達分離效果，圖 1 簡單示意血液中各種不同物質在離心後的層次分布，而表 2 為血液各種成分之密度整理。血漿是血液成分中密度最低者，因此離心後之血液

分類	目的	技術名稱	原理	抗凝劑	優點	缺點
血漿 移除 術	移除帶 有疾病 原之血 漿	離心法	離心作用	檸檬酸鹽	處理速度快	價格昂貴
		單一過濾法	過濾作用	肝素	設備裝置簡單	處理速度慢
		雙過濾法	過濾作用	肝素、nafamostat mesilate	醫療費用便宜	處理速度慢
細胞 移除 術	移除血 中之致 病血球 細胞	離心法	離心作用	檸檬酸鹽	處理速度快	價格昂貴
		鹽水洗滌法	離心作用	檸檬酸鹽	純度高	價格昂貴
		吸附過濾法	吸附作用	肝素	純度高	處理速度慢
		光照法	破壞 DNA	檸檬酸鹽	安全有效	醫療費用昂貴
血液 吸附 術	移除血 中之疾 病原	血漿吸附法	吸附作用	肝素、檸檬酸鹽	低血液相容性要求	需分離步驟
		血液灌流法	吸附作用	肝素	無分離步驟	高血液相容性要求

表 1.
血液淨化術之
比較。

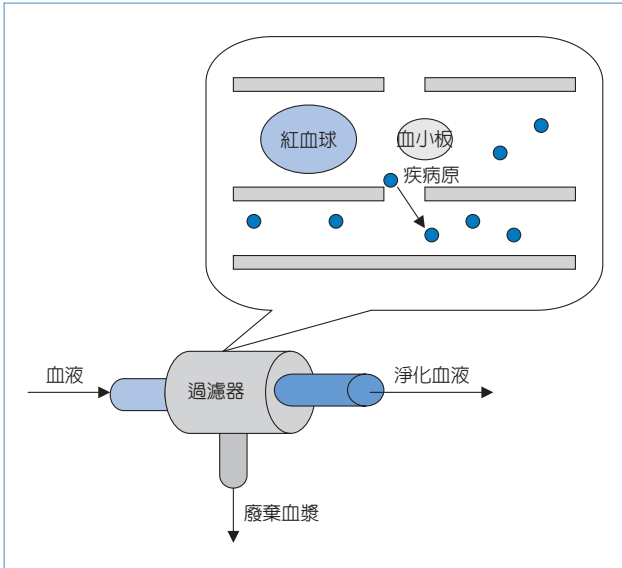


圖 2. 單一過濾法原理示意圖。

成分分布，其最上層部分即為血漿。

離心法中所使用的離心力大小與離心時間皆會影響血漿與血球分離的品質。假如離心力過小或離心時間過短，則血漿中容易殘留血球細胞，尤其是密度較小的血小板。但是若離心力過大或離心時間過長，則容易造成血球細胞的破裂，而細胞內容物溶入血漿的結果，會使所得血漿成分大異於原始血漿成分。

離心力之大小與離心機之離心半徑 (r) 及轉速 (n) 有關，其數學換算式為：

$$\begin{aligned} \text{G-force (relative centrifugal force)} \\ = 11.18 \times r \times (n/1000)^2 \end{aligned}$$

其中 r 之單位為 cm ，而 n 之單位為 RPM (revolutions per minute)。臨床上常用較佳的血液離心條件為 1000 g 的離心力，其離心時間為 10 分鐘。

離心方式又可依動作時間分為間歇式及連續式兩類。間歇式離心的優點有：操作簡單、機器輕便可攜式及單一靜脈穿刺即可，而其缺點為處理血液時間過長（經常需超過 4 小時）及較大的體外血液需求（大於 225 mL ）。相對地，連續式離心的血液處理速度較快，所需處理時間較短，而機器的操作

大都已自動化是其另一優點，然而其缺點在於費用昂貴、機器無法機動性之移動、雙靜脈穿刺或需插入雙腔導管⁽²⁾。

離心法中常見的抗凝血劑為檸檬酸鹽，而離心法從全血中移除不健康血漿後，保留之血球若再搭配白蛋白溶液、澱粉類溶液或另一乾淨血漿溶液，即可重生回類全血使用。相較於下文的兩種過濾法而言，離心法最大優點在於具有可移除各類細胞的多功能性，其缺點則需額外具備一個分離機器，增加設備成本，以及其血小板損失率較高等。目前臨床上常見的離心機及其製造商如表 3 所示。

(2) 單一過濾法

單一過濾法之原理如圖 2 所示，當全血進入過濾器時，過濾膜的 5 nm 孔洞通常只容許尺寸小於白蛋白的物質通過，因此，過濾回收所得之血液，可大量移除引起尿毒症等疾病之小尺寸有毒物質。為增加過濾速度，當過濾膜的孔洞增大至接近血球尺寸的 $0.45\text{--}0.6 \mu\text{m}$ 範圍時，血液中之物質除血球外幾乎全可被過濾掉，亦即除疾病原被順利移除外，血液中有用之大尺寸物質如血漿蛋白等亦會被犧牲移除掉。有別於離心法中常用之抗凝血劑，單一過濾法移除血漿的抗凝血劑通常選用肝素⁽²⁾，而

表 2. 血液成分之密度比較。

血液成分		密度 (g/mL)
血漿		1.025 – 1.029
血球	血小板	1.040 – 1.058
	淋巴球	1.055 – 1.075
	單核球	1.055 – 1.075
	顆粒球	1.087 – 1.092
紅血球		1.093 – 1.096

表 3. 離心機廠商及機型。

廠牌	型號
Baxter	ALYX, AMICUS
Fresenius HemoCare	AS104
Gambro BCT	COBE Spectra [®]
Haemonetics	PCS [®] 2

經過濾回收之血液，由於所含鹽類及血漿蛋白大為減少，此時為避免低張溶液 (hypotension) 及血液灌注不足 (hypoperfusion) 等現象，約需以 1:1 體積比與乾淨血漿溶液或其替代液混合，其後即可即時線上重新輸回人體使用，整個系統架構如圖 3 所示，典型常用的血液流速為 50–200 mL/min，而血漿移除速率約為 30–50 mL/min (血液流速 100 mL/min 條件下)，且整個療程約在三小時內。

過濾法較常見的缺點包括濾材所引發的補體 (complement) 及白血球之活化反應、為得適當血液流速而需大尺寸之靜脈導管、缺乏移除各類細胞的多功能性、需觀察膜上壓 (transmembrane pressure) 以避免溶血、血流需具足夠高的切變率 (shear rate)，以避免血漿離開時血球被拉引至濾膜表面等問題。至於過濾法的優點有：極少血球損失、設備裝置簡單等好處。

過濾膜之材質為符合臨床之使用，其必備之特性為：親水性、適當孔洞結構、適度機械強度、生物相容性、無致病原、可消毒滅菌等特質。常用的過濾膜材料包括醋酸纖維素 (cellulose acetate)、聚乙烯醇 (polyvinyl alcohol)、聚烯類 (polyolefins) 如：聚乙烯 (polyethylene)、聚丙烯 (polypropylene)、聚甲基丙烯酸甲酯 (polymethyl methacrylate)、聚碳酸酯 (polycarbonate)、聚氯乙烯 (polyvinyl chloride) 等⁽³⁾。

適當過濾條件之操控可增加過濾分離效果。高溫過濾係指過濾環境溫度高於人體生理溫度 (典型之操作溫度為 38 °C)，在此高溫條件下，物質間之差異性會較常溫時為大，且可避免過濾器常發生的凝膠問題，因此可增加過濾分離效果，例如分離低密度脂蛋白 (low-density lipoprotein, LDL) 及非常低

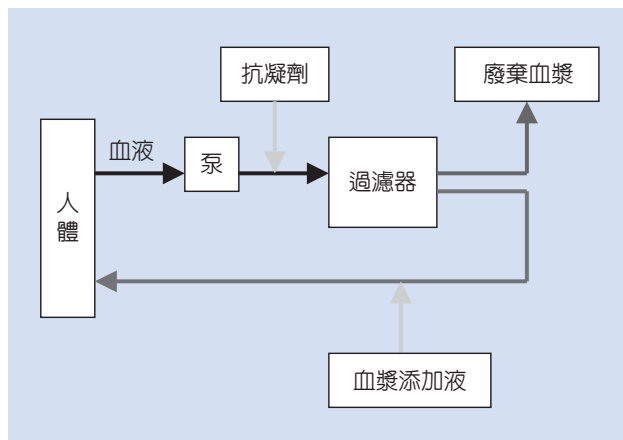


圖 3. 線上單一過濾法系統架構示意圖。

密度脂蛋白 (very-low-density lipoprotein) 與高密度脂蛋白 (high-density lipoprotein, HDL) 時，以此法可得非常顯著之效果，而風濕性關節炎之治療亦是其應用之一例。低溫過濾常使用於 10 °C 以下之低溫環境 (典型之操作溫度為 4 °C)，然不可低於血液之凝固溫度，此法適合用於移除非常大尺寸或較易形成凝聚物之溶質，如 cryoglobulin⁽³⁾。

表 4 整理目前市上常見單一過濾法的設備及其製作廠商 (Asahi 於 2004 年 10 月 1 日改名為 Asahi Kasei)。此外，結合離心法與過濾法來作血漿過濾分離，可有離心與過濾雙重效果整合的好處，亦即可減小離心所需 g 值，而過濾膜面積亦可縮小。提供此類型之機器如德國 Miltenyi Biotech 公司所開發的 Life-18[®] 血漿移除機，在結合離心法與過濾法的原理下，將血液導入以磁場來旋轉的儲槽裝置，而此儲槽裝置內具過濾膜，進而可達血漿過濾分離之效果。

廠牌	型號	材質
Asahi Kasei Medical	Plasmaflo™	Cellulose diacetate
Baxter	CPS-10	Polypropylene
Cobe	Centry	Polypropylene
Dideco	Hemaplex-BT900	Polypropylene
Fresenius	Plasmaflux	Polypropylene
Kaneka	Sulflux®	Polysulfone
Kuraray Medical	PlasmaCurePE, EverCure	Ethylene vinyl alcohol
Toray	Plasmax	Polymethylmethacrylate

表 4. 單一過濾法之過濾器及其製造廠商。

血液透析 (hemodialysis) 為過濾法之延伸應用，其目的除了移除代謝廢物及有毒物質外，病人體內多餘的水分亦是其移除對象，因此系統除使用過濾設備來移除廢物外，尚需有產生超過濾 (ultrafiltration) 作用的設備來幫忙移除水分。

(3) 雙過濾法

單一過濾法之廢棄血漿成分除了有有毒物質外，維持身體正常運作的小分子成分如白蛋白或凝血因子等亦占極大比例，為使這些有用物質能回收繼續利用，雙過濾法在此即發揮了它的重要價值，不僅費用比需額外添加血漿添加劑的離心法及單一過濾法較便宜外，其封閉循環式血液處理系統可減少血液被感染或污染之機會。

圖 4 簡要說明雙過濾法之原理。簡而言之，第一過濾器之功能與單過濾法中之過濾器相同，唯獨第一過濾器處理完之廢液會繼續運送到第二過濾器做進一步過濾，將體內有用的小分子回收再利用。

表 5. 雙過濾法系統及其製造廠商。

廠牌	型號
B. Braun	Diapact CRRT System
Fresenius	Plasmaflux System
Asahi Kasei Medical	CascadeFlo™ System
Diamed	Hamomat-Plasmomat System
Dideco	BT 985
Kuraray Medical	KM8800

因此，經過此二過濾器處理後之血液，只需額外再輸入少許血漿及物質即可重新輸回人體使用，整個血液處理系統架構如圖 5 所示，而表 5 為常見可提供雙過濾法的廠商整理。

臨床上雙過濾法常用的抗凝血劑為肝素或 nafamostat mesilate⁽⁴⁾，而其常應用的疾病治療如：高乳糜血症、冷凝球蛋白血 (cryoglobulinemia)、免疫抗體失調及高黏度血等。

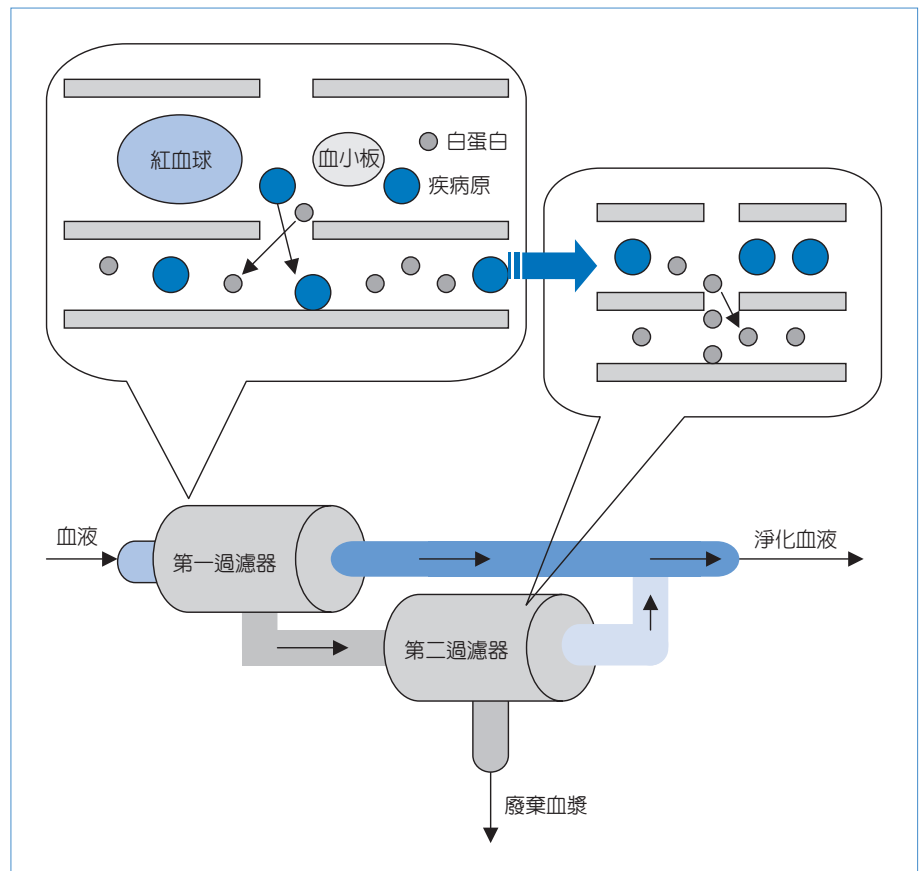


圖 4. 雙過濾法原理示意圖。

2. 細胞移除術

細胞移除術乃設計用來移除血液中之特定血球細胞，此可治療這些特定血球細胞所引起之疾病，常見者如：紅血球增多症 (erythrocytosis)、血小板增多症 (thrombocytosis)、白血球增多症 (leukocytosis)、皮膚性 T 細胞淋巴瘤 (cutaneous T-cell lymphoma) 等。細胞移除術可依處理技術方式分為離心法、鹽水洗滌法、吸附過濾法及光照法四種。

(1) 離心法

如同血漿移除術中之離心法，血液中之血球細胞可以離心法分離之。由表 2 之血球密度可知，離心後之血球層次分布，血小板位居於最上層，白血球居中，而紅血球位於最底層。為特殊用途而需移除血液中之某特定血球時，離心法是相當簡易及方便的選擇，唯獨其單一種類血球之純度可能無法很高。

美國 Hemonetics 公司的 MCS3P 產品，設計以非連續式流體離心分離器將紅血球從血液中移除，對於治療紅血球增多症的病人具有不錯之治療效果，而體積小及可攜性是其主要特色⁽⁵⁾。其他具有此類離心法的產品如 Gambro BCT 公司的 COBE Spectra[®] 系統、Baxter 公司的 CS-3000、Fresenius HomeCare 公司的 AS104 等。

(2) 鹽水洗滌法

醫院輸血之血液需將白血球去除，用以減少白血球或白血球釋放之細胞激素 (cytokines) 所引起的不良反應，例如：非溶血性發燒反應 (non-hemolytic febrile transfusion reaction)、血小板輸注無效 (platelet refractory)、免疫修飾作用 (immune modulation)、異體免疫作用 (allo-immunization)、移植物對抗宿主疾病 (graft versus host disease)、病毒傳染 (transmission of virus)、輸血相關急性肺部傷害 (transfusion related acute lung injury) 等。以離心法將血液中大部分白血球去除後，若再搭配鹽水重複洗滌及離心，可進一步去除上述離心法中殘餘之白血球，文獻報導其效果可達 99 %⁽⁶⁾。

(3) 吸附過濾法

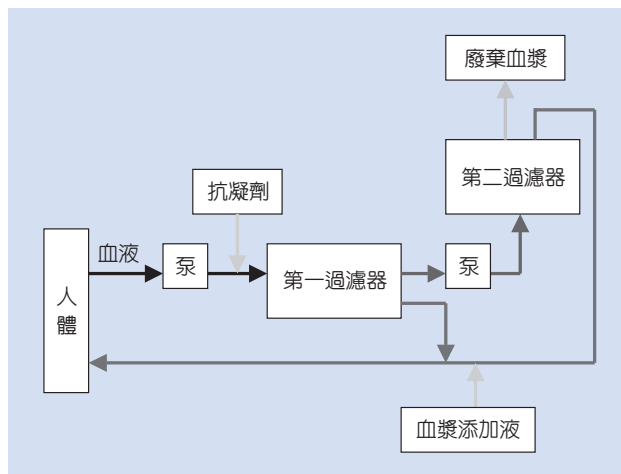


圖 5. 線上雙過濾法系統架構示意圖。

以吸附過濾法來移除血球細胞具有較佳之專一細胞性。以白血球過濾器為例，在血液進入吸附過濾器處理後，白血球如淋巴細胞 (lymphocyte)、顆粒細胞 (granulocyte) 及單核細胞 (monocyte) 等，皆會因專一吸附特性而被濾材吸附停留於過濾器內，至於過濾出來的血漿及其他血球則可繼續迴流引入體內使用。此類處理在臨床醫學上可用於潰瘍性結腸炎、局部性迴腸炎及風濕性關節炎等疾病之治療。製造此白血球過濾器的廠商有日本的 Asahi Kasei Medical 及 Otsuka Pharmaceuticals 等，而以此方式移除白血球之效果可達 99.9%⁽⁶⁾。

(4) 光照法

此處之光照法係指 1987 年美國 FDA 核准之體外光照移除術 (extracorporeal photopheresis)⁽⁷⁾，可用來移除恶性細胞 (malignant cell)，而其系統架構如圖 6 所示。血液首先從人體引出後，經由離心方式將含有白血球、惡性細胞及部分血漿的血液進一步做光照處理，而光照處理前必須先添加 8-methoxy-psoralen (Therakos 之 UVADEX[®]) 之光活化劑⁽⁸⁾，用以增加白血球及惡性細胞對光照之活化性。在波長 365 nm 的 ultraviolet-A 光照射處理後，添入離心回收的紅血球及血漿，並於 3 小時內輸回人體使用。

光照法移除恶性細胞之作用原理，乃利用 8-methoxy-psoralen 活化後嵌入細胞之 DNA 而造成惡性細胞死亡 (apoptosis)，並引發樹突細胞

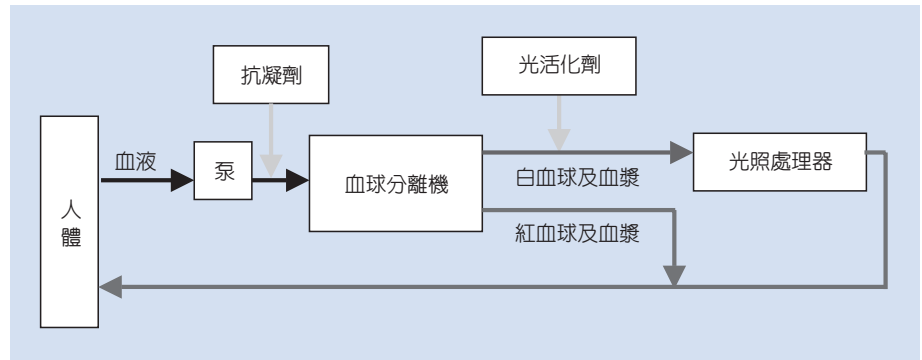


圖 6. 線上光照法系統架構示意圖。

(dendritic cell) 在功能上之成熟，進而進行吞噬死亡之惡性細胞。隨後，吞噬細胞上抗原之表現 (antigen presentation) 可引發 CD8 T 細胞辨識惡性細胞之能力，進而大量進行惡性細胞之摧毀⁽⁹⁾。此光照法目前可用來治療皮膚性 T 細胞淋巴瘤、自體免疫疾病、移植物對抗宿主疾病等⁽⁹⁾。目前商業化此光照術的有美國 Johnson & Johnson 所屬 Therakos 公司出產的 UVAR[®] XTS[™] 及法國的 Vilbert-Lourmat 系統⁽¹⁰⁾。

3. 血液吸附術

血液吸附術目前廣泛使用於高血脂及自我免疫疾病之治療，也是臨床上最常使用於治療急性中毒之血液淨化技術。此血液吸附術可依處理血液種類分為血漿吸附法 (plasma adsorption) 及血液灌流法 (hemoperfusion) 兩大類，而其吸附疾病原之原理不外是利用物化性吸附或生物性吸附這兩類。物化性吸附如疏水性作用力之吸附及異性電間之電性吸附等，而生物性吸附如抗體與抗原間之專一吸附。

血液吸附術除可具專一性移除疾病原外，其另一大優點在於處理完血液後，不必像血漿移除術需再回補血漿替代品於處理完之血液，因此可在較低成本情況下移除血液中之疾病原。此法疾病原之清除率 (clearance) 計算式為：

$$\text{清除率} = QB(I - O)/I$$

其中 QB 為血液流速， I 為未處理前血中疾病原之濃度， O 為處理後血中疾病原之濃度。影響清除率的因素有：血液流速、吸附劑的材質及數量、疾病

原特性、過濾膜特性、血漿蛋白質結合狀況、血液處理量等。

(1) 血漿吸附法

血漿吸附法是利用吸附劑與血漿中疾病原之吸附而將疾病原從血漿中移除。以德國 B. Braun 公司的 HELP (heparin-mediated extracorporeal LDL/fibrinogen precipitation) 系統為例，當全血從體內引入此吸附器時，首先需經具 $0.55 \mu\text{m}$ 孔洞之過濾器將血球與血漿分離，然後在血漿中連續加入每毫升含 100 U 肝素之 0.3 M sodium acetate 生理食鹽水。由於帶負電的肝素會吸引低密度脂蛋白膽固醇及脂蛋白中的正電 apoprotein B，並與纖維蛋白原形成網狀沈澱物而被濾膜濾除，至於過多之肝素則可以陰離子交換管柱將其移除。最後調整處理後之血漿 pH 值，以透析或超過濾將多餘流體移除，並將分離之血球混入，即可重新形成乾淨血液而流回病人使用。此系統可在 2 小時內，將 3 公升血漿中的低密度脂蛋白、脂蛋白及纖維蛋白原含量降低 60–70 %⁽¹¹⁾。

除 HELP 系統之外，低密度脂蛋白除去法如 LDL 抗體免疫吸附法 (immunoadsorption) 及葡萄糖聚醣硫酸鹽吸附法 (dextran sulfate adsorption) 等，均可以高度專一性來移除血漿中之低密度脂蛋白。而此血漿吸附法較常用之抗凝劑為肝素或肝素與檸檬酸鹽同時使用。

表 6 整理現今各類常見血漿吸附法之資訊。分析可知，此法吸附處理目標以膽固醇類、免疫抗體及內毒素為主，而吸附作用原理包含物化性吸附及生物性吸附。即使是物化性吸附，亦可有兩種物化

表 6. 各類血漿吸附法之整理。

廠牌	型號	吸附劑	處理標的	治療疾病
Fresenius HemoCare	PROSORBA [®]	Protein A	IgG and circulating immune complexes	Rheumatoid Arthritis, Idiopathic Thrombocytopenic Purpura
Kaneka	Liposorber [®] LA-15	Dextran sulfate	All cholesterol containing apolipoprotein-B	Hypercholesterolemia
Miltenyi Biotec	LDL-TheraSorb [®] , Ig-TheraSorb [®]	Immunoadsorber	LDL-cholesterol and Lp(a), immunoglobulins / immune complexes / antibody fragments or fibrinogen	Hypercholesterolemia, Autoimmune diseases
Asahi Kasei Medical	Immusorba [™]	Immunoadsorber	Antibodies, immune complexes and other pathogenic substances	Autoimmune diseases
Pocard	Lipopak	Anti-apoprotein B antibody	LDL-cholesterol and Lp(a)	Hypercholesterolemia
Toray Medical	Toraymyxin	Polymyxin B	Endotoxin and cytokine	Endotoxemia or suspected gram-negative infection

性吸附機制同時存在同一吸附系統，例如以 Asahi Kasei Medical 公司的 Immusorba[™] 系統為例，在聚乙烯醇的膠體表面接上含有色胺酸 (tryptophan) 及苯丙胺酸 (phenylalanine) 兩類胺基酸基團時，可同時利用其疏水性作用力及異電性作用力來吸附免疫抗體或膽紅素等。

(2) 血液灌流法

血液灌流法用於移除血液中之疾病原已有相當久的歷史，其處理標的物有內毒素或低密度脂蛋白等。血液灌流法是直接讓全血與吸附劑接觸，使有毒物質被吸附劑吸附而從血液中分離出來，由於此

法之吸附劑直接與血液接觸，因此比血漿吸附法更能有效清除脂溶性有毒物質。然而，血液灌流法中所用之吸附劑需比血漿吸附法之吸附劑更具有較佳之血液相容性及平滑表面之特質。如圖 7 所示，在血液灌流法的毒物吸附方式中，血球細胞會直接接觸吸附劑，而血漿吸附法則將血球隔離於過濾膜之外，只有血漿會與吸附劑接觸進行除毒反應，因此不會有血球細胞接觸吸附劑所引發的後續生理生化問題。

血液灌流法中常見的吸附劑含有活性碳、離子交換樹脂及非離子交換樹脂等，而其常用的抗凝劑為肝素，凝固時間控制在 20—30 分鐘，文獻報導

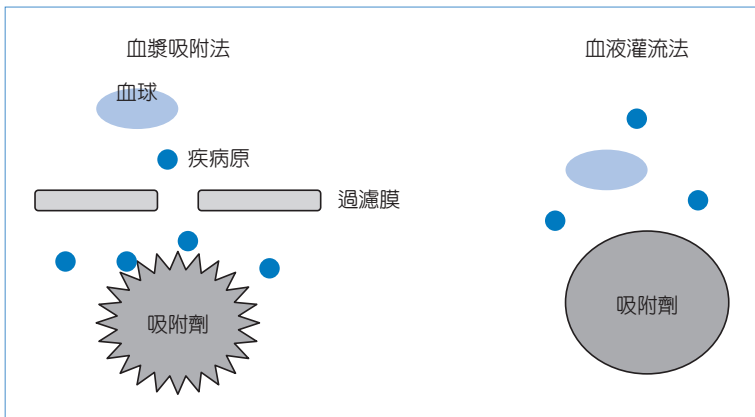


圖 7.

血漿吸附法與血液灌流法之比較示意圖。

表 7. 各類血液灌流法之整理。

廠牌	型號	吸附劑	處理標的	治療疾病
Fresenius	DALI	Polyacrylate	LDL-cholesterol and Lp(a)	Hypercholesterolemia
Kaneka	Liposorber DL	Dextran sulfate	LDL-cholesterol and Lp(a)	Hypercholesterolemia
Kaneka	Lixelle	Cellulose having hexadecyl groups	β_2 -microglobulin	Dialysis-related amyloidosis
Matisse	MATISSE [®]	Albumin	Endotoxin	Gram-negative sepsis

較有效率的血液淨化流速為 300 mL/min。表 7 為目前各類常見血液灌流法之整理，其吸附處理目標仍以膽固醇類、免疫抗體及內毒素為主，有時也用於農藥、精神科等藥物中毒之治療⁽¹²⁾，而其吸附原理與血漿吸附法所使用之原理相同。

三、結語

隨著科技之發達，血液淨化不再只侷限於洗腎，對於各類血液疾病，聰明的人類總能發展其對應最適之淨化處理方式。本文回顧整理現今臨床上使用之血液淨化術，主要從血漿移除術、細胞移除術及血液吸附術等三大方向，探討血液淨化術之原理及使用狀況，期望經由本文的介紹，能幫助讀者對血液淨化術如何治療各類血液疾病有所認識。

參考文獻

1. <http://www.asahi-kasei.co.jp/medical/en/product/plasmatherapy/history.htm> (accessed 2005).
2. H. R. Brady and C. S. Wilcox, *Therapy of Nephrology and Hypertension*, 2nd ed. Philadelphia: W. B. Saunders, 123 (2003).
3. P. S. Malchesky, *Ther. Apher.*, **5**, 270 (2001).
4. Y. Ohtake, H. Hirasawa, T. Sugai, S. Oda, H. Shiga, K.

- Matsuda, and N. Kitamura, *Contrib. Nephrol.*, **93**, 215 (1991).
5. G. Pollari, V. Antonini, A. Izzo, G. Moreschini, M. Serraino, V. Tonelli, A. D'Angiolino, and M. Migliaccio, *Clin. Hemorheol. Micro.*, **21**, 353 (1999).
6. <http://www.blood.org.tw/index-info-detail.php?id=139#> (accessed 2005).
7. N. Apisarn, R. Tarpur, and M. Duvic, *Am. J. Clin. Dermatol.*, **3**, 193 (2002).
8. <http://www.therakos.com/> (accessed 2005).
9. C. L. Berger, D. Hanlon, D. Kanada, M. Girardi, and R. L. Edelson, *Transfus. Apher. Sci.*, **26**, 205 (2002).
10. M. C. Jacob, O. Manches, P. Drillat, M. J. Richard, J. Plumas, L. Chaperot, H. Hegelhofer, F. Garban, R. Gressin, M. Favrot, J. C. Bensa, and M. Pernollet, *Transfus. Apher. Sci.*, **28**, 63 (2003).
11. B. R. Jaeger, *Ther. Apher.*, **5**, 207 (2001).
12. 曾明吉, 血液淨化裝置作業技術規範, 初版, 台北: 晟暉, 44 (2000).

• 林永昇先生為國立陽明大學醫學工程博士，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心副研究員。

• Yung-Sheng Lin received his Ph.D. in biomedical engineering from National Yang-Ming University. He is currently an associate researcher at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.