

影像學檢查 顯影劑 在心導管手術之運用

血管內造影劑新選擇 CO₂ 造影劑

『染』的醫學延伸

顯影劑進階運用

| 紀乃宇醫師
高雄市立大同醫院心臟內科醫師

| 許柏超醫師
高雄醫學大學附設中和念醫院心臟內科醫師

前言

二氧化碳，在大自然環境裡的正常含量是0.04%（400 PPM）。二氧化碳的發現，首見於17世紀比利時化學家——揚·巴普蒂斯塔·范·海爾蒙特（Jan Baptista van Helmont）。他發現在密閉容器內燃燒木棒，除了碳化的木棒外，還有一種“氣體”存在，他稱之為“森林之精”^{〔1〕}。從此，人們漸漸在日常生活中利用二氧化碳：例如食品業中，飲料添加二氧化碳，可增加飲用時口感，罐裝食品充填二氧化碳可做為保存劑；工業上包含滅火器原料、焊接、植物肥料、酒品釀；製鹼工業或是化工業，也常見二氧化碳使用。此外，固態二氧化碳（乾冰）也可用於人造雨、冷凍食品、或是製造舞台煙霧效果。由此可見，二氧化碳與人類日常生活密不可分。

二氧化碳造影劑發展沿革

二氧化碳原本就存於生物體中，二氧化碳分壓(人體內為35~45mmHg)對維持呼吸中樞的基本功能更是必需的。對生物而言，血液裡的低濃度二氧化碳不具毒性、也不會有導致"過敏"問題。利用二氧化碳作為醫療影像的顯影劑，最早發展於西元1920年，做為腹膜後器官(retroperitoneal structures)的成像。西元1950年後，動物試驗中利用靜脈注射二氧化碳於右心房，藉以觀察心包膜積液^[2]。然而受限於影像成影及電腦軟體後製技術，當時的二氧化碳尚未能成為血管影像的造影劑。二氧化碳吸收放射線的能力，相較血液和血管壁弱，因此可做為血管成像的對比劑。西元1970年，霍金斯博士(Dr. Hawkins)於美國佛羅里達醫學院，在腎功能不全合併碘離子過敏的病患身上，成功利用二氧化碳完成血管影像攝影，二氧化碳正式成為血管影像顯影劑的選項^[3]。西元1980年後，數位血管減像攝影(digital subtraction angiography, DSA)及影像增強技術進步，二氧化碳成像的血管攝影品質大幅提升，更奠定二氧化碳作為血管影像顯影劑的基石^{[4][5]}。

二氧化碳造影劑的特色

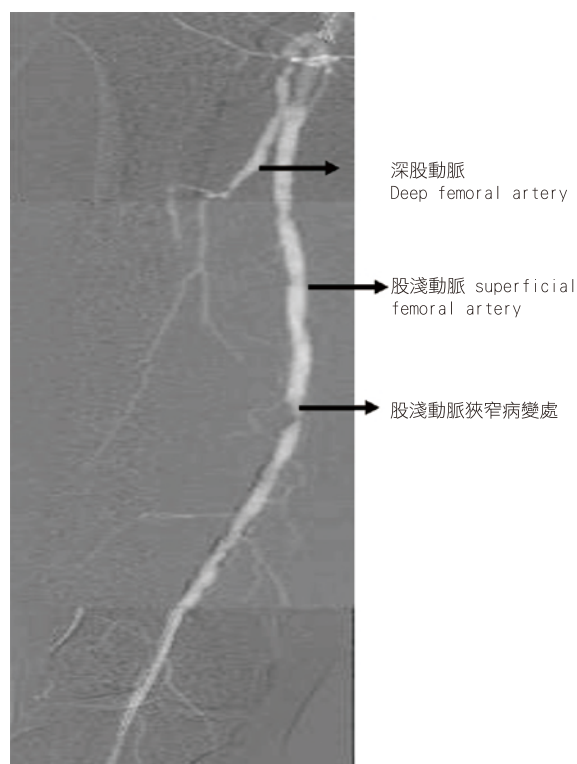
因二氧化碳不具腎毒性(Renal toxicity)，在人體也不會造成過敏反應(Anaphylactic response)，所以對腎功能不全或造影劑過敏的患者可做為替代造影劑。二氧化碳的黏稠度(Viscosity)僅是一般顯影劑的400分之1，使用小號針頭(3Fr)即可進行注射。正常呼吸下，患者可排除注射進入的二氧化碳造影劑，因此間隔2至3分鐘的二氧化碳顯影劑注射，沒有劑量上的限制。

二氧化碳注射需要特殊的注射系統，使用注射系統的目的有三：

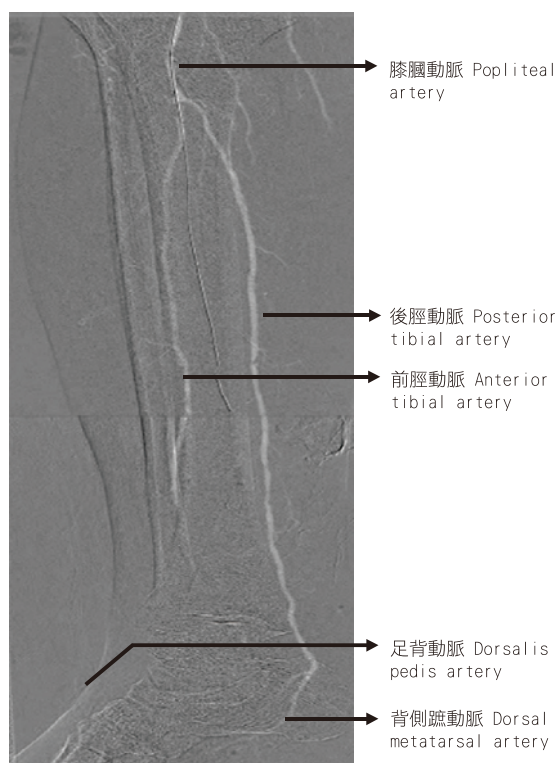
第一、防止其他氣體混入導致氣體栓塞形成，發生的氣體栓塞會導致生命危險，我們稱之為air contamination^[6]。

第二、壓縮氣體後，再注入血管，當氣體釋放進入血管後，壓力變小、體積變大，有較佳的對比，可得到更佳的作品質。

第三、提供穩定且較低注射壓力，使用徒手注射一般顯



(上圖) 高醫心臟內科臨床上，利用二氧化碳造影劑治療病人膝上血管的真實成像。



(下圖) 高醫心臟內科臨床上，利用二氧化碳造影劑治療病人膝下血管的真實成像。

影劑 (hand-held syringe method)，注射壓力可高達975毫米汞柱 (mmHg)，而注射系統使用的壓力，約只有30至600毫米汞柱，除了減輕疼痛感外，可降低血管破裂風險^[7]。

臨床應用

二氧化碳造影劑的安全性有科學基礎。臨床上，過量的二氧化碳潛在的神經毒性和可能造成心肌缺血^[8-9]，因此不建議注射在胸主動脈 (thoracic aorta)、冠狀動脈 (Coronary artery) 及對腦部血管檢查。對於氣體栓塞 (gas embolism) 的預防，二氧化碳在血液中的溶解度是氧氣的28倍、氮氣的54倍。根據研究，當5毫升 (mL) 二氧化碳氣體栓塞進入右心房中，約45秒內溶解；患者仰臥時，肺靜脈內5毫升二氧化碳氣體栓塞約15秒內可消失^[10]。所以使用在"正確部位" (橫膈膜以上的靜脈及橫膈膜以下的動、靜脈) 及"適量注射"，並不會因氣體栓塞導致生命危險。

臨床上，心臟科針對腎功能不佳患者 (腎絲球過濾率 estimated Glomerular filtration rate 小於60 ml/min) 可以利用二氧化碳造影劑來診斷血管病兆及血管介入治療，包含腹腔內器官的動脈造影 (腹主動脈、腎動脈、腸系膜血管等)；下肢動靜脈造影、血管成形術、支架置入術以及導管溶栓治療。除了腎功能疑慮的病患外，針對顯影劑腎病變 (contrast-induced nephropathy, CIN) 高風險族群 (糖尿病、體容積不足、心衰竭、肝硬化、腎功能不全、併用其他可能造成腎損傷的藥品者) 亦可考慮使用二氧化碳造影劑來取代傳統一般顯影劑。



| 紀乃宇醫師
長庚醫學大學畢業
高雄市立大同醫院心臟內科主治醫師



| 許柏超醫師
高雄醫學大學醫學研究所臨床醫學組博士
高雄醫學大學內科學科助理教授
高雄醫學大學附設中和紀念醫院心臟內科主治醫師

此外，對於出血點偵查或是血管梗塞處 (斷端處)，因為二氧化碳無法溶解於血液中，二氧化碳氣泡呈現未溶解狀態，所以較一般顯影劑有較敏感的成像品質^[10]。

在南台灣中，高醫體系多年前已引進二氧化碳造影劑及注射系統，也完成多例二氧化碳造影劑的血管治療 (影像如附圖所示)。但仍要強調的是，在臨床使用上，二氧化碳造影劑仍需要搭配少量一般影劑使用，以提供完整成像，二氧化碳造影劑並非完全取代一般影劑，而是相輔相成，大大減少一般顯影劑的使用劑量。

結論

二氧化碳確實在人類體內及生活中扮演重要的角色。利用其生物及化學特性，二氧化碳顯影劑提供了安全、不過敏、無劑量上的限制、更是保護腎功能的新選擇!!

參考文獻

- [1] Holmyard, Eric John (1931). *Makers of Chemistry*. Oxford: Oxford University Press. pp. 121.
- [2] Scatliff JH, Kummer AJ, Janzen AH. The diagnosis of pericardial effusion with intracardiac carbon dioxide. *Radiology* 1959;73:871-883
- [3] Irvin F Hawkins 1, Kyung J Cho, James G Caridi. Carbon Dioxide in Angiography to Reduce the Risk of Contrast-Induced Nephropathy. *Radiol Clin North Am*. 2009 Sep;47(5):813-25
- [4] Hawkins IF. Carbon dioxide digital subtraction arteriography. *AJR Am J Roentgenol* 1982;139:19-24.
- [5] Cho KJ, Hawkins IF. Carbon. In: Cho KJ, Hawkins IF, editors. *Carbon dioxide angiography: principles, techniques, and practices*. New York: Informa Healthcare; 2007.
- [6] Cho KJ, Hawkins IF Jr. Discontinuation of the plastic bag delivery system for carbon dioxide angiography will increase radioccontrast nephropathy and life-threatening complications. *AJR Am J Roentgenol* 2011;197:W940-W941
- [7] Ivan Corazza, Pier Luca Rossi, Giacomo Feliciani, et al. Mechanical aspect of CO₂ angiography. *Physica Medica* 2013; 29:33-38
- [8] Kozlov DB, Lang EV, Barnhart W. Adverse cerebrovascular effects of intraarterial CO₂ injections: development of an in vitro/in vivo model for assessment of gas-based toxicity. *J Vasc Interv Radiol* 2005;16:713-726
- [9] Kyung Jae Cho. Carbon Dioxide Angiography: Scientific Principles and Practice. *Vasc Spec Int* 2015;31(3):67-80
- [10] Cho KJ, Cho DR, Hawkins IF Jr. A simple DSA method to detect air contamination during CO₂ venous studies. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2006;29:642-645.

邀稿 | 陳彥旭