

光電科技於消化道醫療之應用

翁昭啟

一、消化道內視鏡的起源

消化道內視鏡的發展可追溯到十九世紀中葉，最早的構想來自於馬戲團的吞劍特技表演，一根五、六十公分的直通硬式管子，若能順利地放進食道，在有光源照明的條件下，或許可以讓我們有機會看到胃部的構造，1864年Kusmaul所設計的內視鏡原型就是這種構想的代表。這些早期的儀器之使用經驗，讓我們了解到若是直通的管子在前端能有稍許的彎折，對於像袋子形狀之胃部的觀察，會有相當的改進。而且若是能在檢查過程當中，隨需要而打入或抽出空氣，那對於胃部的觀察就會更方便。1881年Mikulicz所設計的有角度硬式內視鏡就是此類改良型的代表，相關的設計理念在一百多年後的今天，仍然應用在目前廣汎使用的腹腔鏡及膀胱鏡上。

直線進行的光線會因曲折鏡面而轉彎，在中空的管腔填塞以各式的透鏡，可以操控光源及影像的進行方向。二十世紀初期內視鏡設計的改進，主要在於側視型式以及電燈光源的應用，至於管體的可曲性則是在1932年Schindler的半可曲式胃鏡問世才開始。雖然號稱半可曲式，它能夠彎曲的程度其實相當有限，因而在二十世紀中期以前的胃鏡檢查，仍然具有特技表演的氣氛，對於病人、醫師或是助手都是一件很難受的工作。

二、胃照相機

後期內視鏡設計的進一步改進，則來自於光纖的問世。利用光纖能將光源導入到內視鏡的先端，這是讓內視鏡能夠以比較柔軟型式出現的重大技術突破。開始時由於光纖只負擔光源的傳導，影像的觀察尚無法利用光纖傳導，所以當Olympus的第一款纖維內視鏡問世時，是將影像的觀察工作，交給位於內視鏡頂端的照相機，這種將迷你化的相機底片裝在內視鏡頂端之胃照相機，能讓操作者以一系列經過設定好之固定的深度位置與角度，將正片底片曝光，待檢查結束後，再取出底片經過沖洗，就可判讀的間接觀察方式，曾經被延續使用到七十年代的後期。

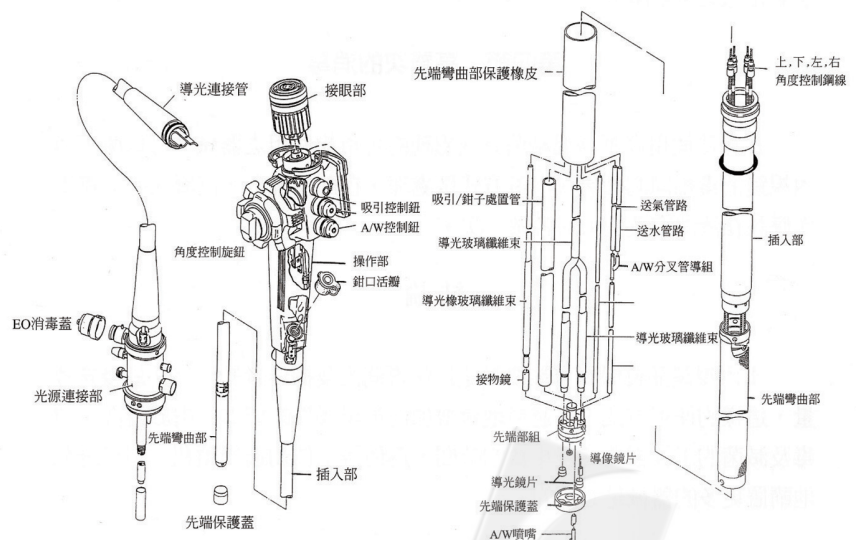
三、光纖內視鏡

利用行列定點對應之光纖排列，可以在光纖兩端做忠實的影像重現。當光纖技術被發展到可以傳導影像時，直視式的纖維內視鏡之問世，就不令人意外了。由於光纖的容易斷裂，斷裂光纖的所在會在影像中呈現黑色的斑點，當這些黑色斑點的密度達到一個程度時，就必需更換光纖。在這個時期內視鏡的使用壽命一直是個受關切的話題。

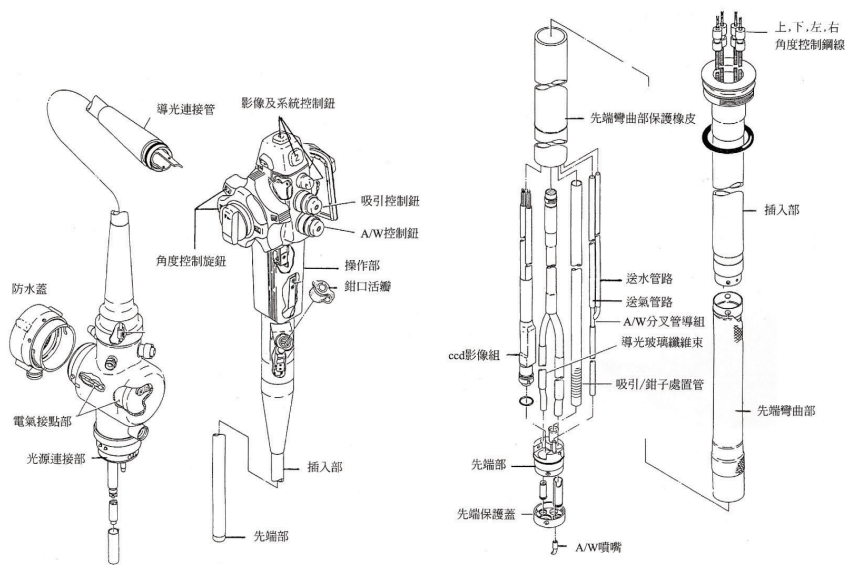
四、內視鏡治療術與內視鏡輔助器械

由於可直接觀察，再加上光纖的細微化，在不算粗大的內視鏡管徑結構中，確實就有足夠空間來置

內視鏡基本結構



圖一 腸胃型纖維內視鏡



圖二 腸胃型電子內視鏡

入一個比較大口徑的操作管路，從最基本的組織切片操作開始，一系列的檢查與治療發展就經由這個管路被建立起來了。早期的內視鏡治療的發展是從高週波電氣燒灼術開始。這種利用高電阻產生熱能，以進行組織凝固或切割的應用，從突起有柄的息肉病灶之切除，漸漸推展到黏膜切除術。其基本原理不外乎，利用導電線圈綁住要切割分開的組織，最小的接觸導電截面積，會有最高的電阻，電流的通過因而產生最多的熱能，這熱能會將接觸的組織凝固，已經凝固的組織在受到機械力擠壓時會碎裂而分離，因而達到類似刀子切割的效果。這類電刀原理的靈活應用，有多種發展方向。其中的最大進步在於注射液態藥物，撐起平坦的黏膜病灶，配合掛在內視鏡前端的吸引環，所進行的黏膜切除術。後續在最近發展的內視鏡黏膜下剝離術，

更是應用前端包覆絕緣體之尖端絕緣電刀、配合針狀電刀，進行肌肉層上的塊狀黏膜及黏膜下病灶的完整切除，已經將內視鏡術推展到內視鏡手術的境界。

應用熱探子燒灼的止血術，仍然是屬於電刀原理應用的例子。而經由操作管路，置入注射針具，將血管收縮劑或硬化劑打入出血病灶以達到止血目的之操作，也只是基本操作的例子。然而經由操作管路，進行狹窄管徑的擴張，甚至管徑支架的施放，包括結石的震碎、碾碎，金屬止血夾施放，線圈或是橡皮筋施放，也都是內視鏡治療術。這些內視鏡輔助器械的產值，並不低於內視鏡器材本身之產值。

五、電子內視鏡

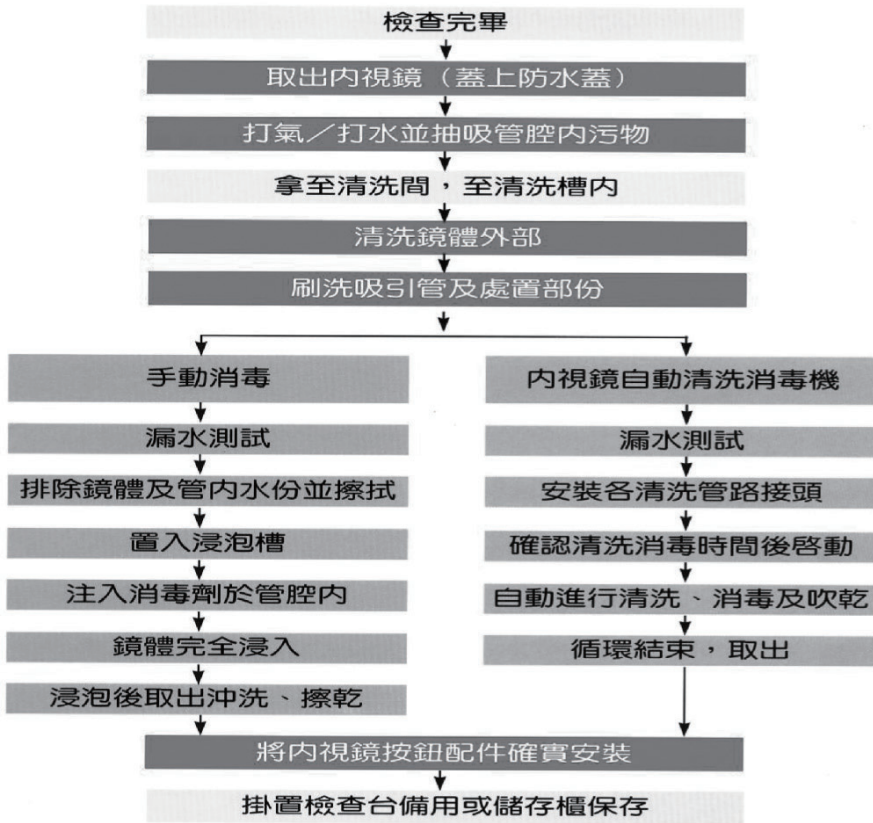
電子晶片技術近年來有著快速的進步，感光晶片的大小隨著技術的演化成功地被微小化，當感光晶片小到可以放在內視鏡的前端時，

電子內視鏡的問世就是理所當然。剛問世的電子內視鏡解析度並不怎麼令人滿意。然而感光晶片取代了容易斷裂的影像光纖，除了耐用性的考量以外，可以呈現在螢光幕上的即時影像是電子內視鏡最令人激賞的特色。為了改善電子內視鏡的解析度，從第一代的產品開始，Olympus大膽採用灰階單色感光晶片的設計，這種編號為2開頭的型號所使用之彩色影像觀察機制，是一種紅、綠、藍三原色光線的序列照射，再將紅、綠、藍三原色影像結合重組的原理。這種序列式三原色掃描灰階晶片，對比於全彩感光晶片，同樣大小之灰階單色感光晶片會有四倍的解析度。在目前奈米技術的時代，這四倍的解析度的障礙並不難超越，然而早期的技術領先，可能仍然是目前高市場佔有率的原因。然而這種序列性彩色機制的電子內視鏡也不是沒有缺點的，在觀察時目標之移動，會造成三原色影像之位移，會導致靜態影像記錄上的輝影，會造成相當的困擾。

六、膠囊內視鏡

奈米及無線通訊時代的來臨，加上LED技術的進步，造就膠囊內視鏡的問世。一個膠囊狀的機體包含了電池、LED光源、微小全彩感光晶片、及無線通訊套組。除了沒有操作管路及打氣裝置外，電子內視鏡的要件幾乎都齊備了。也是由於沒有打氣裝置，目前膠囊內視鏡的用途局限在食道與小腸的檢查。檢查

內視鏡清洗、消毒流程表



圖三 內視鏡清洗、消毒流程表

時病人從嘴巴將膠囊狀之無線內視鏡吞下，此時LED光源開始閃爍，也啟動傳送感光晶片所記錄的影像檔案到黏貼於腹壁的天線，並記錄在隨身攜帶的記錄器上。整個過程是設定六小時，電池的壽命約有六至八小時。一次用完就拋棄。目前的設計只能進行影像的記錄。較進步的機型可隨時看到即時的影像，不過一般的作法是將龐大的影像記錄檔案在電腦程式上自動篩選後，再由專家判讀。早期的專家判讀未經篩選之影像，一個案例可能就耗費兩個鐘頭以上。

七、窄頻電子內視鏡系統

自從腸胃內視鏡問世以來，就開始有一些從光源操控、黏膜染色、或影像處理的嚐試，希望能夠讓醫師看得更清楚，臨床判斷更為準確。早期的以紅外線為光源的電子內視鏡設計曾經宣稱可以加強顯現黏膜下的微細血管影像，卻無法普及。最近在Olympus公司重新推出新的紅外線電子內視鏡系統中，對於這方面的設計，重新做了兩點定義，一是需先靜脈注射一種會吸收紅外線的染料藥劑。另外是將光線頻譜設定為790-820nm/905-970nm兩窄頻段落。除了重新推出新的紅

外線電子內視鏡系統，Olympus公司也推出一套窄頻電子內視鏡系統(NBI)。這套新系統是使用兩段可見光區的窄頻段落，一段是藍色光區的390-445nm窄頻段落，另一段是綠色光區的530-550nm窄頻段落。這兩段可見光區的窄頻段落之能量具有容易被血紅素吸收的特性，可以加強黏膜表層微血管的影像，及強化黏膜表面的細緻紋路，可以強化早期癌症病灶的影像。類似的應用是被稱呼為自發螢光影像系統的設計，這是應用390-470nm窄頻波段的激發光源，去激發黏膜組織中包括膠原蛋白在內結構成份的自發螢光，再配合540-560nm窄頻波段的影像，組合成強化腫瘤與正常黏膜之色彩差異之自發螢光影像。

八、從管腔內或管腔外開始的治療施作

由最基本的組織切片操作開始，內視鏡治療術的發展，伴隨著腹腔鏡手術器械的開發，最近十幾年有著顯著的進步，不論是黏膜腫瘤的切除，出血病灶的止血，狹窄管徑的擴張到管徑支架的施放，愈來愈多的疾病病灶處置已經不用傳統剖腹外科手術，常常需要做決定的，是要從管腔內用內視鏡治療術處理，或是要從管腔外用腹腔鏡手術處理，或者同時從管腔內外一起處理。

本文作者為

臺大醫院內科部主治醫師、
臺大醫學工程學研究所副教授