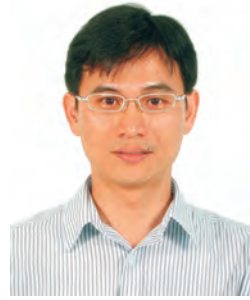


淺談牙科數位放射線影像系統

■ 作者：陳木熊^{1,2} 黃耀德¹

1.台大醫院牙科部 醫事放射師

2.中華民國口腔顎顏面放射線學會 理事



陳木熊



黃耀德

引言

數位放射線影像(Digital radiography ; DR)在牙科發展已超過20年，目前也逐漸被國內的牙醫師所採用。有鑒於牙科數位式的直接與間接攝影操作方法與成像原理有些許不同，所涉及到的檢查時間、有效劑量、感染控制、影像品質乃至於成本效益將成為考量的因素。此篇文章簡要的介紹數位影像系統的分類及相關技術，讓牙醫師有更進一步的認識，並做為未來選用的參考。

數位放射線影像系統的分類

現今牙科有兩種數位放射線影像系統:(1)直接數位系統(Direct Sensor systems)可分為：Charged-Coupled Device (CCD)、Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS)。(2)間接數位系統(Indirect systems)，主要是光激磷光板系統(Photo Stimulable Phosphor system ; PSP)又稱為 Storage Phosphor Sensors (SPS)或 Imaging Plate System (IPS)，而此兩種數位系統需要特別的硬體組件並透過影像處理軟體進行操作。

直接數位系統簡稱為“Sensor”，大部分的直接數位系統是以CCD技術，另外，有些是以CMOS為技術基礎。CCD系統利用覆蓋一層矽晶片(silicon)做為放射線影像的感應器(sensor)，透過一條連接電腦的訊號線將感應器放在病患口中。在感應器接受輻射線後，因X射線撞擊矽表面而發射光電子，電子訊號被收集後會產生電荷並轉換為灰階圖像(gray scale image)，並即時於電腦螢幕顯現出影像。從外觀上來，CMOS和CCD是一樣的，CMOS和CCD之技術原理並無太大差異，最主要的差異在於兩者間晶片的細微結構。CMOS晶片上有較多的電子元件控制光子能量轉換成電子訊號，CMOS具有低能源需求，因此簡化了生產過程，降低了生產成本，但CMOS常常有雜訊和擷取影像的區域比較小的缺點。最近由於半導體晶片發展，有廠商也生產無線傳輸的直接數位影像感應器(wireless system)，如CMOS-APS(active pixel sensor)，APS不需要電荷轉移，可增加sensor的可靠性和壽命，美中不足的是無線感應器的厚度比有線感應器更厚。

PSP系統利用感光板(Imaging Plate ; IP)做為放射線影像的感應器，此感光板的表面附著一層金屬氧化物的磷光晶體層(phosphor layer)，經輻射線曝射後可儲存能量，透過影像擷取系統之雷射掃描後獲得數位影像。

數位放射線影像系統的特性

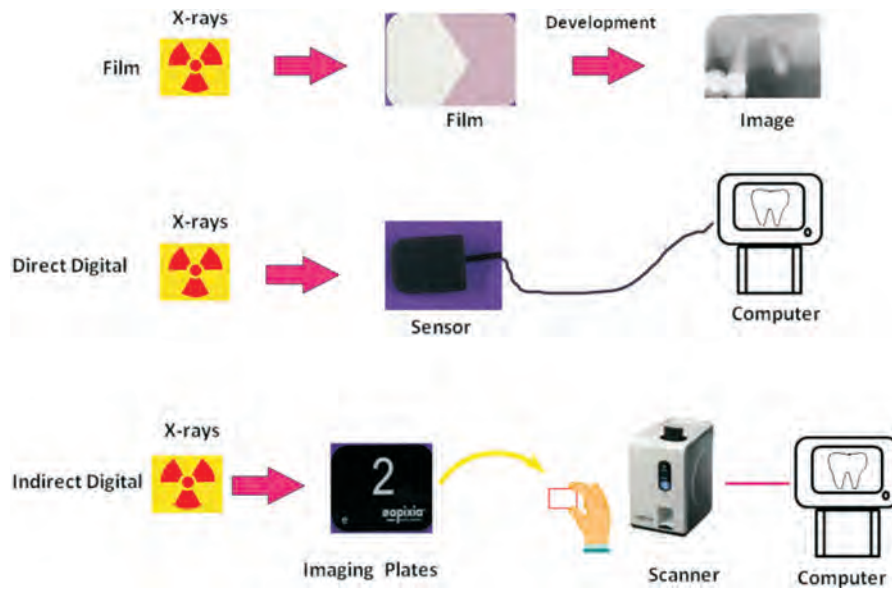
在數位放射線影像的對比解析度(contrast resolution)上能夠捕捉12 bit以上影像(2^{12} gray levels)，但在電腦上只有8 bit影像(2^8 gray levels)可被顯示，在肉眼的分辨上不具差異性。在空間解析度(spatial resolution)上，定義為單位距離所能分辨的線對(line pairs/mm)，雖然數位影像比起傳統類比底片的影像所呈現的線對數較少，但也高於人類肉眼的可分辨性，因此不會因為使用數位放射線影像之直接、間接系統而喪失影像診斷的能力。寬容度(latitude)是指在接受不同劑量的情形下，依舊能正常顯像的範圍區間，亦即傳統底片容易因暴露過多或不足需要重照，數位放射線影像尤其是PSP有較大的相容能力，減少了需要重新照射的問題。靈敏度(sensitivity)是影響劑量的主要關鍵，數位化由於接受器的能力只需要些微的輻射即可成像，也包含了寬容度的因素，相較於傳統片大幅減少了輻射劑量。

數位放射線影像系統的優點及比較

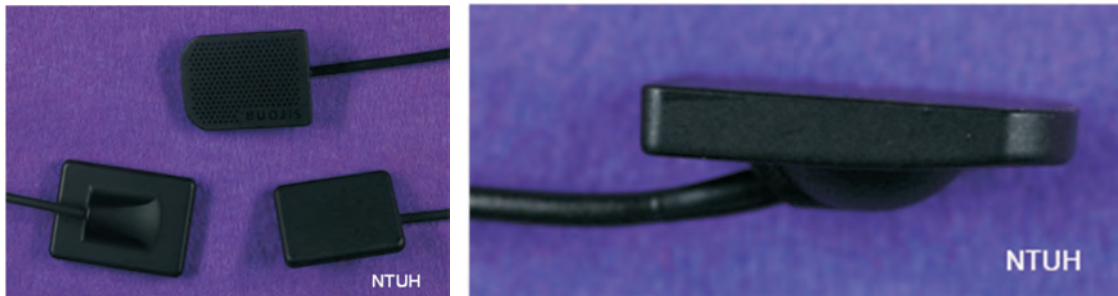
數位影像系統可大幅降低病患之輻射劑量，不需化學藥劑及底片的使用，可以排除顯、定影液及鉛片對於環境的污染，也減少因清洗洗片機、泡製藥水及針對暗房品保(Quality Assurance；QA)所花的時間。影像的快速呈現不需要像X光片沖洗後，還須將X光片裝入片套及貼上病患基本資料的標籤；因此，縮短病患等候時間，也可讓病患直覺到醫療院所具有現代化的數位醫療科技，對於病患的教育及治療計畫的說明也可透過電腦螢幕說明。傳統X光片需要空間儲存及人力管理，且當病患需要多科會診時，常會遺失X光片而需要重照影像，透過數位放射線影像系統，可以快速的傳輸、儲存、搜尋及影像強化等處理，方便管理日益增加的影像，大幅提升效益。(表一)

(表一)數位放射線影像系統的差異

分類	Direct digital radiography		Indirect digital radiography
通用術語	Charged-Coupled Device	Complementary Metal Oxide Semiconductor	Photo-Stimulable Phosphor
簡稱	CCD	CMOS	PSP
影像呈現方式	即時呈現於電腦螢幕		感光板(IP)需經過數秒鐘掃描後，才會呈現於電腦螢幕
外型	厚且硬		具有與傳統底片相似厚度及相同尺寸的IP
訊號線	有(部分廠商生產無線)		無
定位攝影輔助器	需使用廠商所設計輔助器的尺寸		可與傳統底片的定位攝影輔助器共用
潛在損害	Sensor及訊號線較脆弱		人為操作、機械磨損引起IP刮痕
與X光作用的區域	只有部分Sensor的表面有作用		整塊IP的表面皆有作用
空間解析度	CCD = CMOS > PSP		
寬容度	PSP >> CCD = CMOS		



▲ (圖一)傳統底片及直接、間接數位影像系統成像流程圖



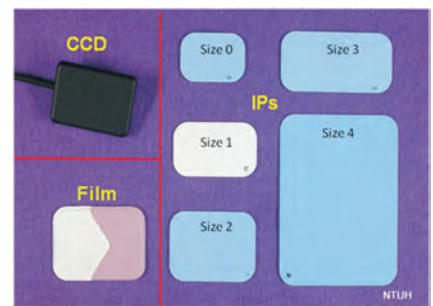
▲ (圖二) CCD 之感應器及訊號線 (Sensor 具有厚度)

透過直接數位系統，牙齒之影像能即時在電腦螢幕呈現出來(圖一)。對於根管治療過程中，需要以不同放射線角度檢測牙髓腔根管影像時，在拍攝完第一張後，不需將感應器由口內移開，只需將cone打角度即可再拍攝第二張X光片。為了能將sensor固定於口內及利用平行法技術(paralleling technique)，大多數的數位影像系統製造商會提供定位攝影器(film holders)輔助拍攝。但直接數位影像相較於底片及間接數位系統PSP來的硬且厚(圖二)，於照射口內X光時，常因sensor放置困難且較耗時，對於小孩病患的耐受性較差，而遇到palate較窄的病患，film holders放置較困難則改用分角線法照射技術(bisecting technique)，造成部分牙齒並非為平行之影像；連接電腦的訊號線會干擾sensor的放置及增加病患的不舒服，反而增加口內放射線攝影的困難度，因此比起傳統底片及PSP，其重照率相對增加，產生不必要的輻射劑量。Versteeg研究指出，sensor在臼齒區域常發生水平放置的錯誤；而造成前牙的incisal edge被切掉(cutoff)或後牙區的牙根尖(apices)未照到，常是因垂直角度的擺放錯誤(圖三)。Sommers等學者的研究發現，以27位學生拍攝全口根尖片時，使用CCD和傳統



▲ (圖三) CCD所拍攝的影像，常無法顯現牙根尖之影像

底片需要重拍的人數分別為10位及3位。CCD相較於傳統底片會有較多技術上的錯誤，且產生的影像滿意度較低。用CCD最易造成的錯誤是垂直角度的問題 (vertical angulation) 和錐切 (cone cut)，而用傳統底片最易造成的錯誤是放置的位置和水平角度的問題 (horizontal angulation)。該研究團隊也發現，因CCD的重拍變得簡單，相對於傳統底片來說，使得整體重照X光的頻率會顯著性的增加。另外的研究也發現，CCD對於拍攝垂直咬翼片 (vertical bitewings) 的技術是一項很大的挑戰，除了引起病患不舒服外，亦會傷害訊號線。此外，sensor的表面並不是完全與X光反應，有部分的區域是電子組件所佔用的，因此接收到影像的區域比傳統底片來得小，可能只佔整個sensor的60%，並依據sensor的大小而有不同的比例，故有時需要增加額外的影像來觀看未照到的區域。雖然有些較先進的sensor可提供不同尺寸大小的口內影像，但至目前為止，筆者尚未於市面上看見廠商生產咬合片大小 (occlusal film) 的直接數位影像系統，加上CCD使用訊號線與電腦連結，因此使得此種儀器及傳輸線較易受損，更換所需費用也較為昂貴。由於CCD的寬容度較PSP小，因此當由傳統底片轉換成CCD系統時，應該特別小心攝影條件的轉換，CCD常因過度曝光造成“cervical burnout”而影響影像的診斷，因此使用PSP系統相較有利。



▲ (圖四) 口內放射線攝影用之CCD(左上)、傳統底片(左下)及各種尺寸影像板(右)



▲ (圖五) 塑膠保護套包覆Sensor及訊號線

PSP具有與牙科傳統X光片相同尺寸的影像板 (Imaging Plate ; IP) (圖四)，IP的厚度與傳統底片相仿。比起直接數位影像的sensor來說，較有彈性、輕薄及無訊號線的干擾。根據國外的研究報告及筆者臨床測試發現，當拍攝下顎骨第三大臼齒時，使用IP比CCD更易操作，且病患也較舒適。IP的操作方式與傳統底片相似，在照相及掃描IP時必須特別小心處理，才不會因操作過程不當讓IP受損或是產生刮痕造成影像假影 (artifacts)，進而影響影像品質。由於IP可重複使用，因此會增加影像板的耗損，建議可用已曝光底片或其他輔助器材的保護來延長IP之壽命 (圖五)。當IP從保護套移出至掃描之前若暴露於太亮的燈光照明環境下時，可能會造成部分IP上的潛像訊號消退 (deterioration)，因此建議在照射完X光後，應立刻將IP放入影像擷取系統掃描。

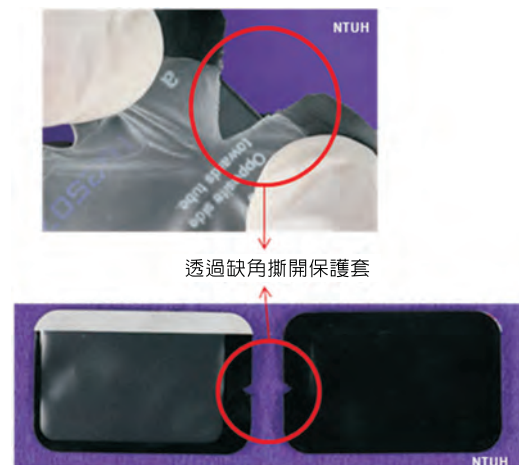
感染控制

感染控制對於操作者來說也是很重要的一環，由於sensor不能以高壓消毒的方式，所以需要將整個sensor至訊號線部分以合適的密封塑膠保護套包覆(圖六)，照相過程中，必須更加地小心，避免塑膠保護套被病人牙齒或XCP holder破壞，防止讓病人的體液或血液接觸到sensor和訊號線而產生交叉感染。美國疾病控制與預防中心(Centers for Disease Control and prevention)建議使用雙層的保護套將sensor和訊號線包覆。

另外，IP亦無法完全消毒，有學者指出，顧及病患對於影像儀器和交叉感染的疑慮，除了病患傾向使用PSP系統外，採用簡單的標準衛生流程，也可使交叉感染的機率降低。根尖攝影若使用夾鏈袋當保護套，將IP自袋子取出時會有交叉感染之虞，筆者建議使用單面避光可撕式之保護套以減少感染控制與消光的問題(圖七)。



▲(圖六) 使用已曝光之底片前後保護IP後，再放入保護套內



▲(圖七) 單面避光之保護套

結論

數位化醫學影像早已運行多年，整體流程改善、服務品質提升、病患劑量降低等好處大大增進了臨床效率的優質化。比較了數位放射線影像的優缺點之後，普及化已經是銳不可擋的趨勢，數位影像除了可以排除暗房，還可以大量減少環境污染問題及儲存空間安排的問題，加上方便備份及拷貝攜出等優點，在現今牙醫診所百家爭鳴的時代，為患者提供更好及更快速的醫療設備不但能增加醫病雙方的選擇性，還能加速業務的拓展及成本的回收，無意間也有更多學習的空間，何樂而不為呢？

參考文獻

1. Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for infection control in dental healthcare settings 2003. *MMWR* 2003;52(RR-17):1-68.
2. Bedard A, Davis TD, Angelopoulos, C. Storage phosphor plates: How durable are they as a digital dental radiographic system? *J Contemp Dent Pract* 2004;5:057-069.
3. Bahrami G, Hagström C, Wenzel A. Bitewing examination with four digital receptors *Dentomaxillofac Radiol* 2003;32:317-21.
4. Wenzel A, Frandsen E, Hintze H. Patient discomfort and crossinfection control in bitewing examination with a storage phosphor plate and a CCD-based sensor. *J Dent* 1999;27:243-46.
5. Edwin T. Parks, Gail F. Williamson. Digital radiography : An overview *J Contemp Dent Pract* 2002;3:1-13.
6. Sommers TM, Mauriello SM, Ludlow JB, et. al. Pre-clinical performance comparing film and CCDbased systems. *J Dent Hyg.* 2002 Winter;76(1):26-33.
7. Wallace JA, Nair MK, Colaco MF, et. al. A comparative evaluation of the diagnostic efficacy of film and digital sensors for detection of simulated periapical lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001 Jul;92(1):93-7.
8. Versteeg CH, Sanderick GC, van Ginkel FC, et. al. An evaluation of periapical radiography with a charge-coupled device. *Dentomaxillofac Radiol.* 1998 Mar;27(2):97-101.
9. Sanderink GC, Miles DA. Intraoral Detectors. In: Miles DA, editor. *Applications of Digital Imaging Modalities for Dentistry.* *Dent Clin North Am.* 2000 Apr;44(2):249-55, v.
10. Paurazas SB, Geist JR, Pink FE, et. al. Comparison of diagnostic accuracy of digital imaging using CCD and CMOS-APS sensors with E-speed film in the detection of periapical bone lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000 Mar;89(3):356-62.
11. Wenzel A, Moystad A. Experience of Norwegian general dental practitioners with solid state and storage phosphor detectors. *Dentomaxillofac Radiol.* 2001 Jul;30(4):203-8
12. Wenzel A. Digital radiography and caries diagnosis. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999 Jan;27(1):3-11.
13. Migliorati CA, Casiglia J, Epstein J, Jacobsen PL, Siegel MA, Woo SB. Managing the care of patients with bisphosphonate associated osteonecrosis: an American Academy of Oral Medicine position paper. *J Am Dent Assoc* 2005; 136(12): 1658-68



顯微根管治療

作者：陳志平 醫師

桃園全方位牙醫診所

4D顯微根管治療專科

若能有適當的照顧和維護，大部分已接受過根管治療的牙齒都可以保留得和其他健康牙齒一樣長久，並擔負起一定的咀嚼功能。

不過，在有些案例中，接受過根管治療的牙齒仍有持續性的疼痛症狀或其原先之病灶仍然有無法癒合的情形發生。甚至有些時候，已緩解疼痛的牙齒在經過原本認定已獲致成功根管治療後的數個月或數年，又出現了令人苦惱的疼痛或不舒服的症狀。如果這是一顆隸屬口腔中重要戰略地位的牙齒在經過根管治療後，仍然無法恢復應有的健康狀態，或又有新的問題產生，請考慮施行顯微根管治療，或許有機會能夠再次挽救該顆病痛牙，讓它免於遭受被拔除的噩運。

為什麼還需要再接受一次根管治療？

- 有時候經過常規的根管治療後，原先的病痛牙齒並無法如我們預期的模式恢復健康，以下為其可能的原因：
- 在首次根管治療時，原本細窄或彎曲的根管並沒有被徹底地清創、封填。
- 前次根管治療時，複雜多變的根管系統並沒有被察覺到。

於根管治療後，該牙並沒有儘快套上贗復假牙或填補上適當的復形物，或雖已填補復形物而卻又發生填補邊緣滲漏縫隙，造成根管治療好的牙齒內部再度受到污染。

日常門診有為數不少的案例，即使以前根管治療成功的牙齒，也可能因為又有新的問題產生而危害到正逐步恢復健康的牙齒，例如：

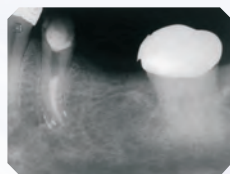
- 新的齲蝕現象，會使原本已封填好的根管再次暴露到充滿細菌的口腔環境中，因而造成已恢復健康的牙齒再度受到感染。
- 疏鬆、有裂隙或斷裂的牙冠結構或復形物會使成功根管治療後的牙齒，再度遭受新的感染。

CASE 1 (Fig1A~D)

病友乃是轉診醫師自己的母親，其左下小白齒因舊有牙冠邊緣發生滲漏現象，而導致有急性齒髓炎的症狀。據轉診醫師描述母親原本不舒服的情況，因其施行了根管清創、封填後，確已改善許多。然而，仍時常會抱怨該牙有間歇性悶痛感，尤其總是在夜深人靜時，不自覺發作。由於轉診醫師相當認同Dr.Schilder的理念，於是親自帶著母親前來求診，並詳細說明該根管之根尖側已清創至ISO#40，而封填之長度已是他竭盡所能到達之深度(Fig1A)。經過重新施行根管清創、修形後，由最後封填之結果，赫然發覺該根管於根尖側有一中度彎曲型態，而且就在主根管彎折處，兩側皆各有一側分枝(lateralbranches)，充分顯現出該牙原本複雜的根管系統(Fig1B, 1C)。重要的是：於後續的追蹤檢查時，該病痛牙前述提及的不舒服、悶痛感已全然消除。相信日後經由適當地牙橋贗復體製作後(Fig1D)，該牙依然能夠負擔起必要的咀嚼功能。而且也由於該牙複雜的根管系統重新被徹底地清創、修形與封填，對置放於其上贗復體功能的發揮與維繫也將更有信心。



▲ Fig 1A



▲ Fig 1B



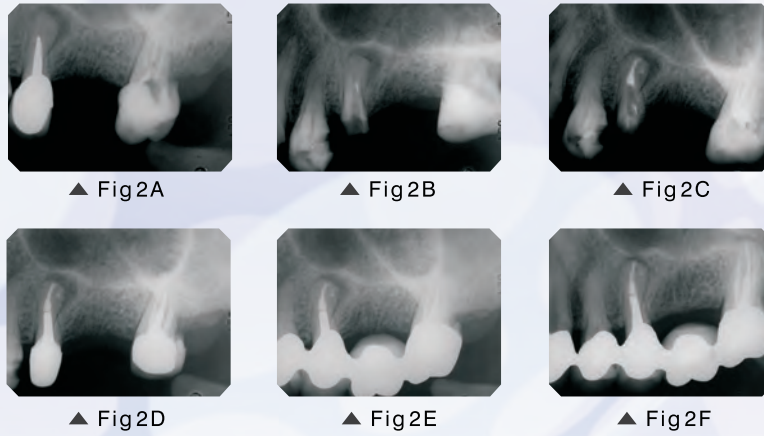
▲ Fig 1C



▲ Fig 1D

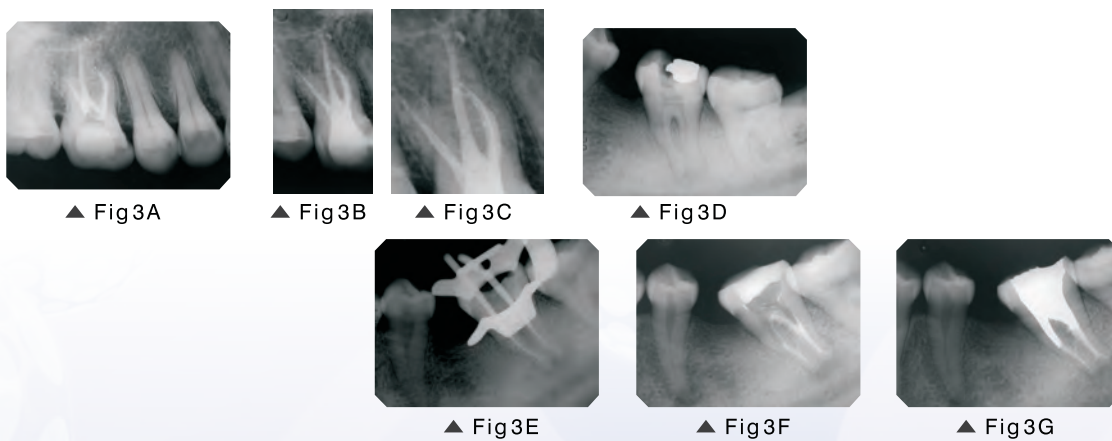
CASE 2 (Fig2A~F)

左上第二小白齒(Fig 2A、B)，其牙根在根尖處有一鼓起來，呈現類似球狀莖(bulbos root tip)的結構，且根尖周圍有放射線透射影像(radiolucency)之病灶。經重新施行正規的根管治療之後，於封填術後的X光片影像中(Fig 2C)，可以發現就在根尖鼓起的球狀莖處有複雜的側根管分枝出現。經過常規六個禮拜(Fig 2D)、三個月(Fig 2E)、半年(Fig 2F)的追蹤檢視，發覺原有根尖病灶正慢慢變小，顯示正逐漸癒合復原中。但這樣還不夠，最終每一病例總希望能夠可以持續追蹤兩年、三年以上，必須觀察到原有病灶完全癒合復原為止，這樣才是4D根管治療所追尋的終極目標。



CASE 3 (Fig 3A~G)

總結來說，每顆牙齒的牙根，可能各在不同的位置，會自主根管延伸出不同的分岔，也都各有不同的側根管型態(Fig 3A、B、C)。因此，必須於術前充分尊重每一個複雜的根管系統，時刻想著側根管的的存在，這就是所謂的expect the unexpected。也就是說，只要在根管治療的每一步驟都遵照著應有的準則去施行，那麼往往在術後X光的影像檢視中會充滿著許多的驚喜，而這些再再都是回應紀錄著醫師及病友彼此曾一起努力的成果，在原先(即術前)無從預先判斷得知的部位出現經緻密充填後的完美影像。有如左下這顆第二大臼齒(Fig 3D)，當X光檢視時，其根管影像除了在型態看起來比較彎曲外(Fig 3E)，絲毫看不出有什麼特異性存在。而其牙根尖周圍也呈現有放射線透射區的病灶(radiolucent shadow)，因此，於術前就會預判到可能在根尖處的根管系統將會很複雜。經過適當的清創、修形與充填之後，赫然發現該牙之近心牙根與遠心牙根的主根管中都有白中帶白的影像(Fig 3F)。而且，從遠心牙根主幹的中段有一根管間交通枝(intercanal communication)連接至近心牙根的主幹區。雖然在二度空間平面的X光影像中，有時候於術前不易察覺出來，但重點是只要根管治療的每一步驟都按部就班操作，即使原本就很複雜的根管系統還是會被我們完整緻密的封填出來。同樣的，此一病例經過定期的追蹤，可以看到原有的根尖病灶已經慢慢縮小、癒合復原(Fig 3G)。



試試顯微治療，讓複雜的根管系統不再是問題。

