

行政院原子能委員會 委託研究計畫研究報告

IMRT 反算式電腦計畫系統劑量研究暨醫用加速器
多葉式準直儀控制技術研究

計畫編號：932001INER011

受委託機關(構)：中華民國醫學物理學會

計畫主持人：葉健一

報告日期：中華民國九十三年十一月二十九日

目 錄

	頁次
一、中文摘要	2
二、英文摘要	3
三、計畫目的	4
四、計畫緣起	5
五、執行方法與進度說明	6
六、結論與建議	15
七、參考文獻	17

一、中文摘要

傳統三度空間順形放射治療使用多葉式準直儀之主要目的，在於產生不規則形狀的照野，因為位移的誤差與照野大小比較是微不足道，所以縱使多葉式準直儀位移有1~2 mm的誤差，也不致造成劑量及臨床結果的影響。然而，當多葉式準直儀用在強度調控放射治療(IMRT)技術時，由於該技術係利用許多狹窄的片段照野組合成不同強度分布之大照野，若多葉式準直儀位移僅產生幾個mm的誤差，對於狹窄的照野而言，將會造成極大的劑量誤差。為了解多葉式準直儀位移誤差對於IMRT劑量及該技術品質保證的影響，本計劃於93年度將評估直線加速器多葉式準直儀之定位誤差及研擬相關之品保作業程序。另外，如何測量病患給予劑量的準確性並研擬IMRT病人劑量查驗程序，也列為計畫的重點工作。

93年度計劃預定完成的工作項目包括：1) IMRT多葉式準直儀定位研究。2)IMRT多葉式準直儀定位誤差容許範圍之研究與訂定。3) IMRT病人劑量查驗程序之訂定。

關鍵字：多葉片準直儀、強度調控放射治療、品質保證

二、英文摘要

In conventional 3D conformal radiotherapy, the multi-leaf collimator is used as the aperture of the field shape. An error of 1~2 mm in leaf position dose not actually affect the dose output or clinical result, since the error is so small compared with the actual field size. The multi-leaf collimator, used in intensity modulated radiotherapy (IMRT) as a tool of creating intensity modulation, produce the narrow segmental field which can build up a fluence pattern by adding together many segments. Several investigators have shown that, for a narrow beam width, error of a few tenths of a millimeter in leaf position can cause dose uncertainties of several percent.

In order to understand the influence of the dose accuracy in IMRT by the multi-leaf collimator, we are planning to evaluate the general issues of IMRT delivery system by using MLC and to make some recommendations in the issues of quality assurance for IMRT in the this project. Another important issue will be focused on the specified patient's dose, we will also make some recommendations in the patient's dosimetry in IMRT.

The contents of project will be following: 1) The study of MLC positional accuracy 2) The study and initiation for the tolerance value of MLC position error. 3) The initiation of the procedure for patient's dose verification in IMRT.

Keywords : Multi-leaf collimator, Intensity modulation radiotherapy,
Quality assurance

三、計畫目的

本計畫在92年度完成的IMRT研究工作如下：

- 1.反算式最佳化原理探討及臨床電腦治療計劃應用
- 2.IMRT臨床治療使用案例分析
- 3.劑量驗證作業程序探討
- 4.劑量分析電腦軟體的撰寫

該年度曾詳細探討IMRT技術於國內外臨床的使用情形及結果，並且也確實得到下列的結論：

- 1.IMRT可以提高治療劑量，增加腫瘤治癒率。
- 2.IMRT可以有效減少正常組織的傷害，降低放射治療所造成的併發症。
- 3.對於非常不規則形狀及靠近重要器官的腫瘤，IMRT確實可以得到優於三度空間順形治療的效果，但相對需要精密昂貴的治療設備與花費更多的人力時間，才能維持治療品質。

然而，要確保IMRT的治療成效，也必須依賴嚴格謹慎的品質保證作業，因此本計畫於93年度，將針對IMRT原理，研擬出相關的品保作業程序。預定完成的工作項目包括：

- 1.IMRT多葉式準直儀定位研究
- 2.IMRT多葉式準直儀定位誤差容許範圍之研究與訂定
- 3.IMRT病人劑量查驗程序之訂定

四、計畫緣起

目前國內已有多家醫院相繼引進IMRT技術，但相關品保作業程序僅靠各醫院自我制定，仍未有任何參考基準，而國外也僅有少數醫院或學術單位針對IMRT技術提出一些執行建議。因此深入探討IMRT技術原理，並研擬出相關品保作業程序建議，藉此以強化該技術在國內臨床使用的品質保證，將是本計畫的執行重點與目標。

五、執行方法與進度說明

1. IMRT 多葉準直儀定位研究

三度空間順形放射治療使用多葉式準直儀取代傳統鉛塊的主要原因，是多葉式準直儀可依治療部位的形狀，藉由電腦操控產生不規則形狀的照野，不但變化快速且可以重覆使用，不會有任何鉛污染的問題(圖一)。因為位移的誤差與治療照野大小比較是微不足道，所以即使多葉式準直儀位移有 1~2 mm 的誤差，也不致造成劑量及臨床結果的影響，此外，醫師在臨床放射治療界定腫瘤位置時也必須考慮腫瘤在體內的位移因素。

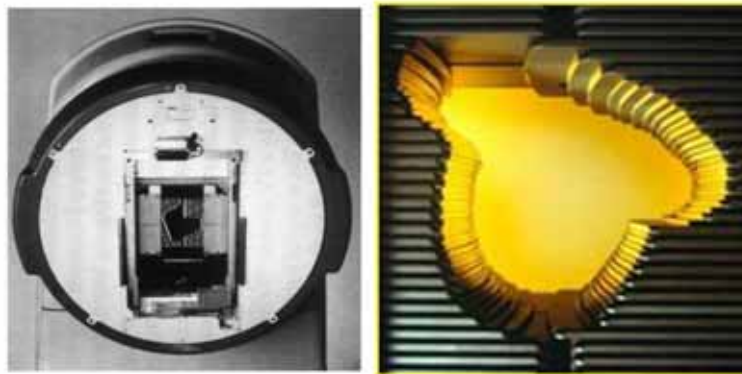


圖一、多葉式準直儀與傳統鉛塊結構之比較

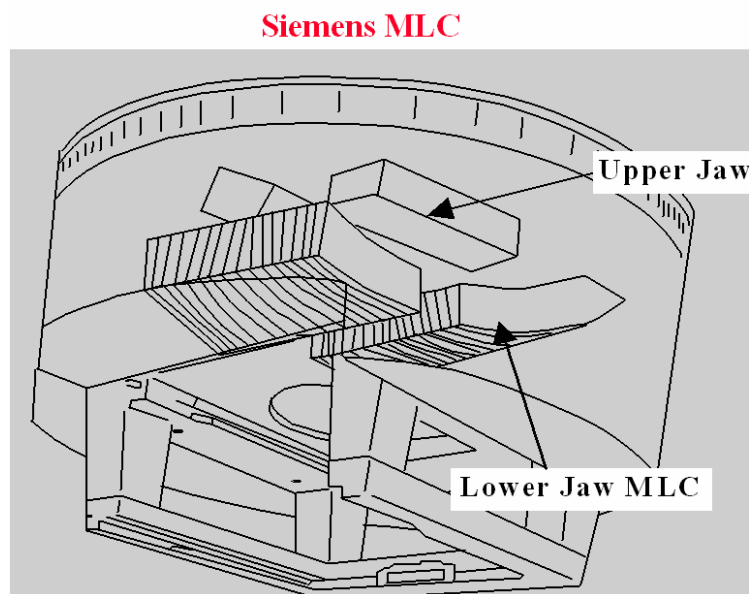
然而，當多葉式準直儀用在 IMRT 技術時，因為是利用許多狹窄的片段照野(Segmental fields)組合成不同強度分布的大照野，若多葉式準直儀位移產生幾個 mm 的誤差，對於狹窄的照野而言，將會造成極大的劑量誤差。為了解多葉式準直儀位移誤差對於強度調控放射治療劑量的影響，本計畫在 93 年度針對與多葉式準直儀定位有關的品保項目進行分析研究，其中包括：(1)多葉式準直儀旋轉。(2)多葉式準直儀的 X 光照野與燈光照野的一致性。(3)多葉式準直儀之滲漏劑量測量。

(1)多葉式準直儀旋轉

直線加速器內的多葉式準直儀裝置一般是附加於機頭外(如：Varain 廠牌，圖二)，或是取代機頭內原有的準直儀(如：Elekta 及 Siemens 廠牌，圖三)。由於放射照野的強度調控是完全依賴多葉式準直儀裝置來達成，因此多葉式準直儀的品質保證是非常重要的。

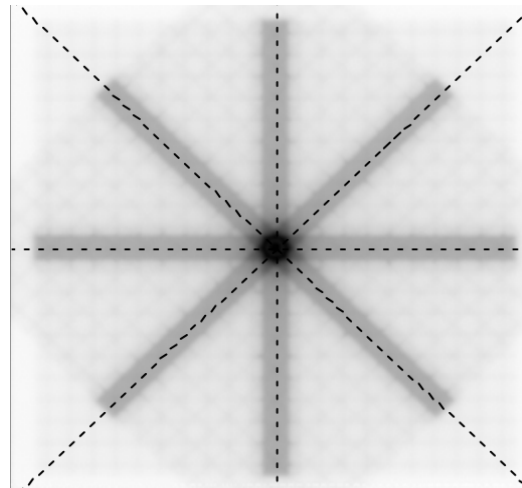
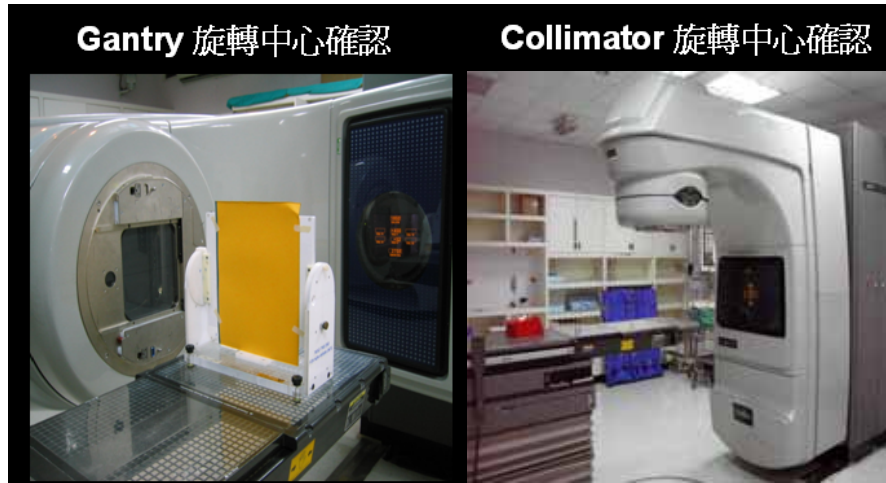


圖二、Varain 加速器內的多葉式準直儀裝置



圖三、Elekta 及 Siemens 直線加速器內的多葉式準直儀裝置

利用傳統測試準直儀的星狀照射技術(Star shot, 圖四), 將多葉式準直儀縮至最小的照野範圍, 並利用 X 光底片測試 Gantry 及 Collimator 旋轉中心位置的準確度。依據一般直線加速器的品保要求, 兩項的旋轉中心位置誤差不得超過 1 mm 以上的半徑範圍。

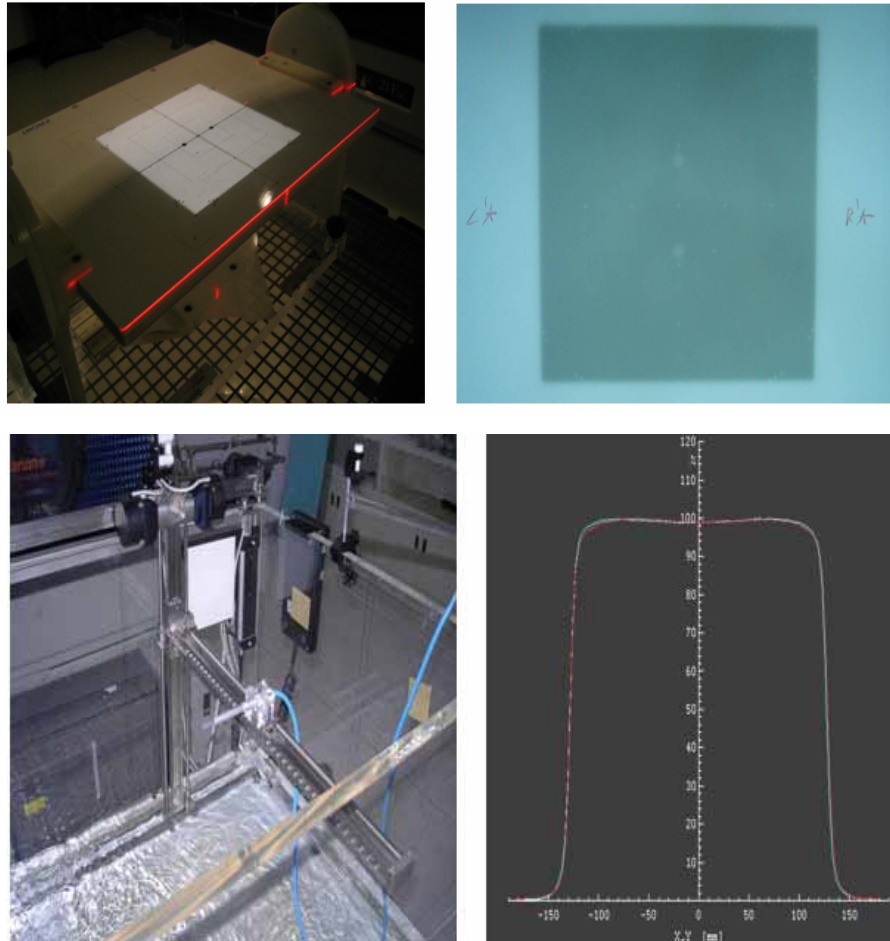


圖四、多葉式準直儀旋轉中心測量

(2)多葉式準直儀的 X 光照野與燈光照野的一致性

由於多葉式準直儀取代機頭內原有一邊的準直儀, 因此除了要確認它所圍成的燈光照野大小是正確外, 同時 X 光照

野也必須與燈光照野是一致的。在照野一致性的測量驗證上可以使用 X 光底片或游離腔(如圖五)，誤差值不得超過 2 mm。



圖五、多葉式準直儀 X 光照野與燈光照野的一致性驗證

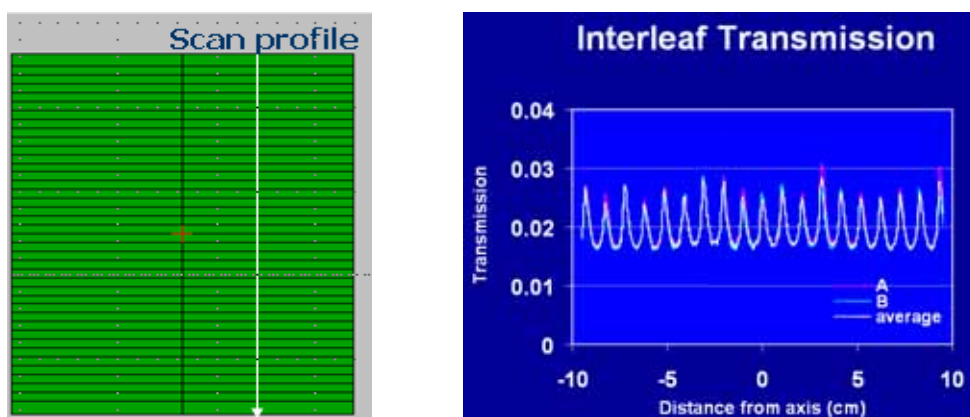
(3)多葉式準直儀之滲漏劑量測量

因為 IMRT 照野的強度調控是由許多狹窄的片段照野組合，所以大部份的射線會受到多葉式準直儀的阻擋，因此為了要準確計算劑量分佈必須將滲漏射線劑量考慮進去。參考目前國內醫院使用之 Varian、Elekta 及 Siemens 三種不同廠牌直線加速器的多葉式準直儀規格(表一)，依據其硬體設計分析，的確有不同的滲漏射線劑量。

表一、不同廠牌直線加速器之多葉式準直儀規格

	Varian	Elekta	Siemens
Jaw replacement	tertiary	upper	lower
# of leaves	26/40/60 x 2	40 x 2	29 x 2
Leaf width	1.0 /0.5 cm	1.0 cm	1.0 cm
Over travel	14.5 cm	12.5 cm	10.0 cm
Leaf transmission	< 2%	< 2%	< 1%
Leaf focusing	single	single	double

多葉式準直儀滲漏劑量的測量，可以將多葉式準直儀完全關閉(如圖六左)，利用 X 光底片取得影像，並以光密度掃描儀偵測滲漏劑量百分比及相鄰近多葉式準直儀所產生的 Tongue & Groove effect 劑量百分比(如圖六右)。多葉式準直儀滲漏劑量的測量，主要是提供電腦放射治療計畫系統的劑量計算用途，以確保計算結果的準確性。

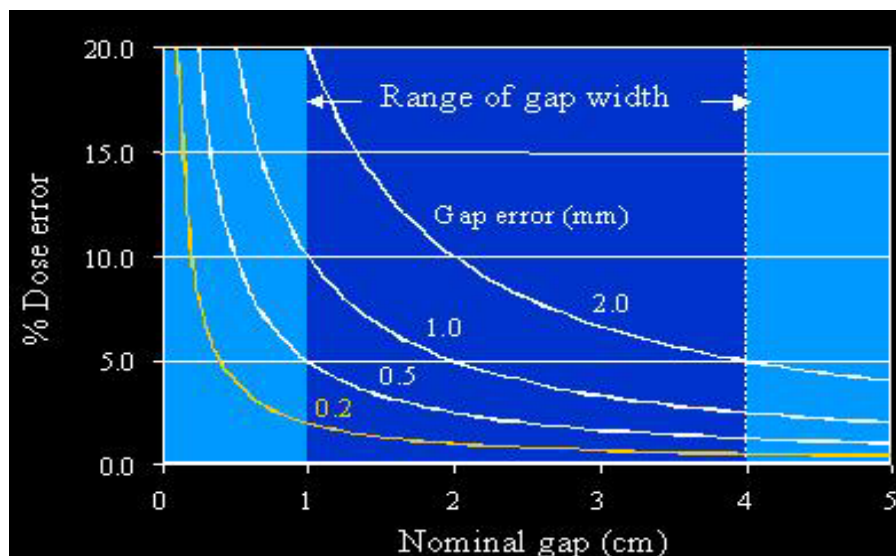
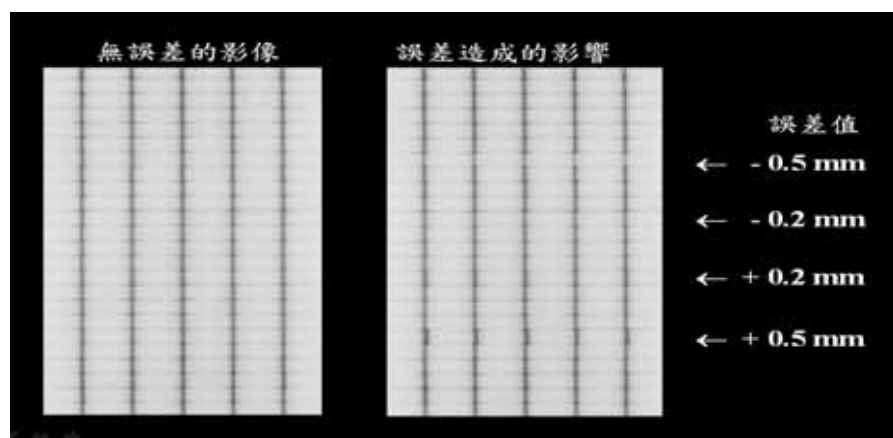


圖六、多葉式準直儀滲漏劑量測量

2.IMRT 多葉片準直儀定位誤差容許範圍之研究與訂定

此項測量是 IMRT 多葉式準直儀定位品保項目中非常重要

的一項，這是因為放射照野的強度調控必須利用許多狹窄的片段照野組合，因此，任何片段照野細微位置的誤差將會造成最後累積劑量上的錯誤。多葉式準直儀定位誤差的評估方式，可以利用多葉式準直儀產生~1 mm 寬度的小照野，採用強度調控 Step & Shoot 的技術，刻意在 X 光底片上造成條狀影像(圖七上)，如此可以很清楚分析出每一根多葉式準直儀的誤差度，並作適當的修正。定位誤差評估結果小於 2 mm。



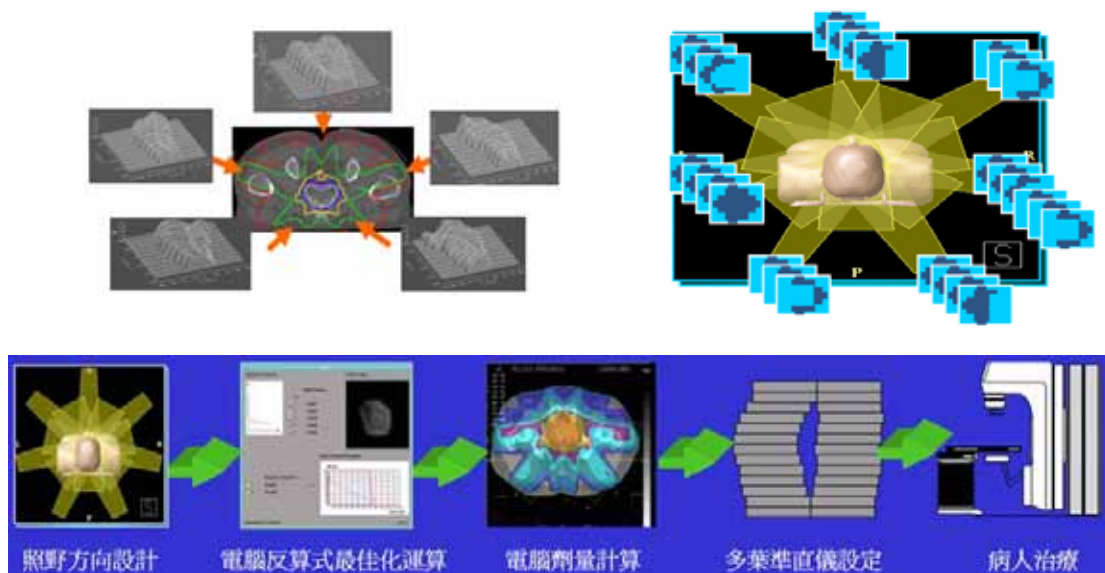
圖七、多葉式準直儀定位準確度分析

此外，也必須在直線加速器不同 Gantry angle 下測量多葉式準直儀的位移準確度，以避免因重力造成多葉式準直儀的位移。

如果醫院使用 Sliding window 的技術作強度調控治療，則對於多葉式準直儀位移準確度的要求必須更嚴謹，因為多葉式準直儀在 Sliding window 過程中是動態式的移動位置，些微的誤差可能會造成較高劑量的變化(如圖七下)，因此定位的誤差不可超過 1 mm 以上。

3.IMRT 病人劑量查驗程序之訂定

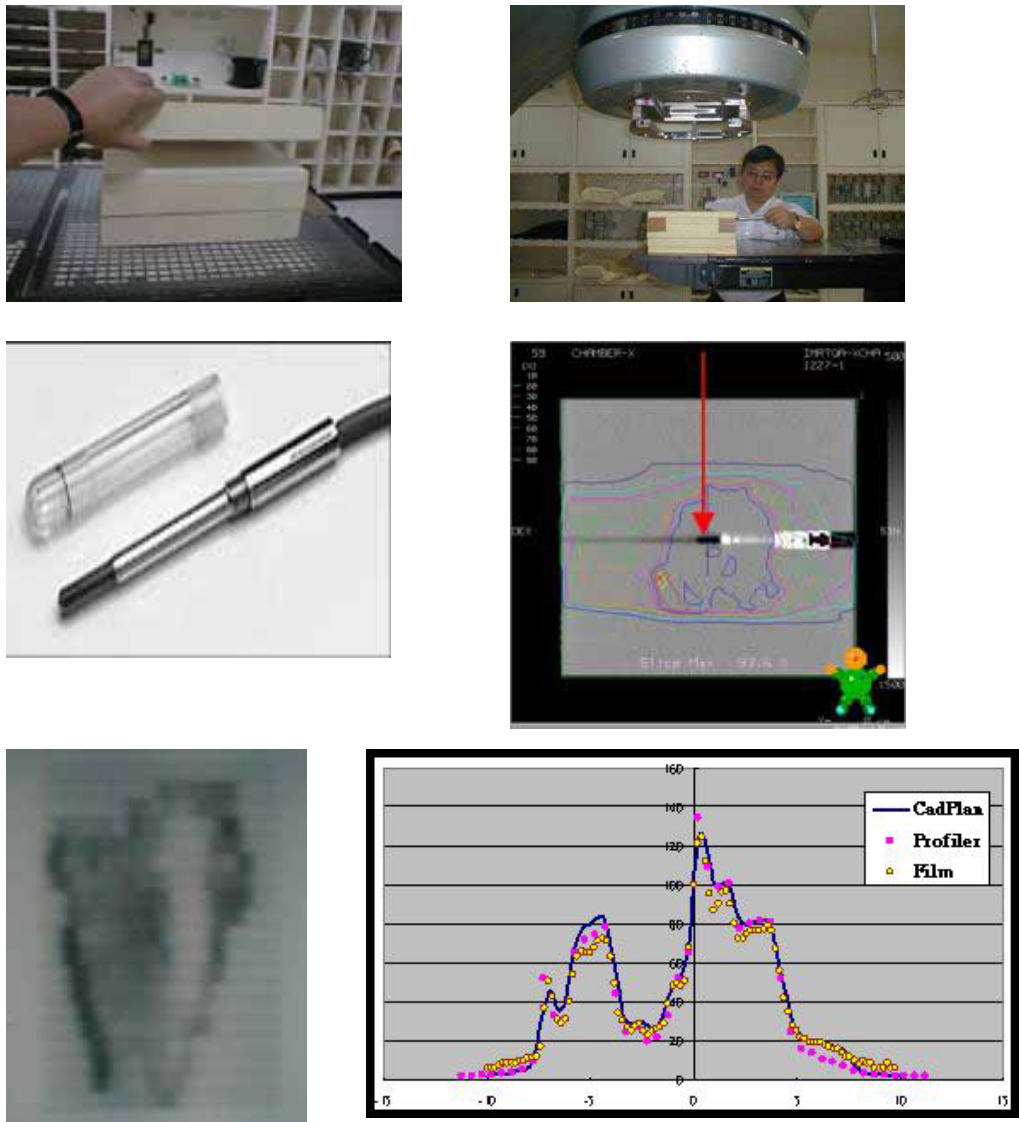
IMRT 技術係利用許多狹窄的片段照野(Segmental fields)組合成所需要的強度分佈照野(圖八)，為了要使劑量分布能夠順著不規則的腫瘤形狀及儘量減少重要正常器官的劑量，至少需要 5~9 個由不同入射角度的照野來達成。IMRT 技術明顯完全依賴反算式最佳化原理的計算及配合快速移動的多葉式準直儀裝置，由於該技術過程的複雜性，因此臨床治療時可能產生劑量上的誤差需藉由實際測量才能得到。



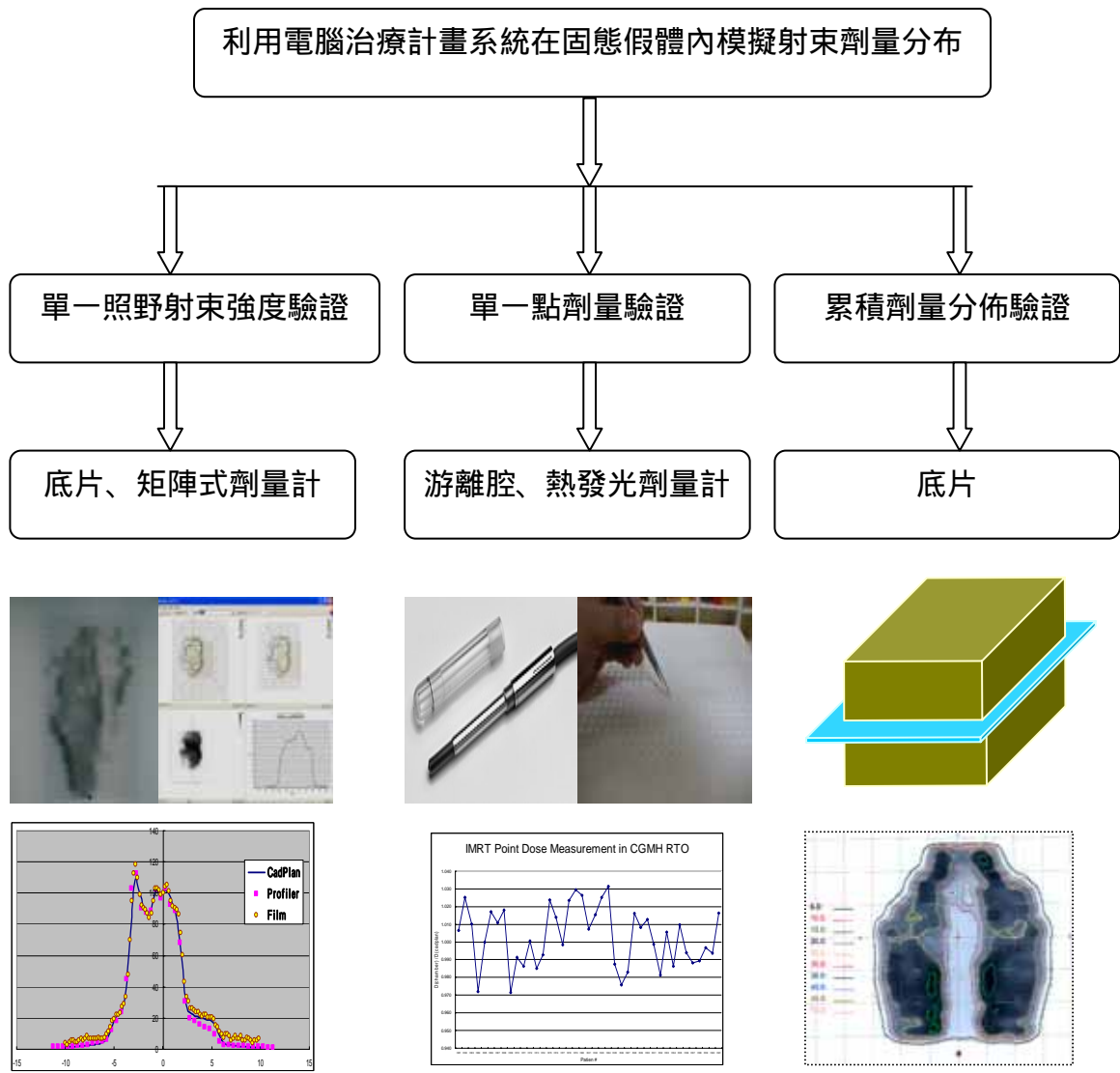
圖八、IMRT 技術方法及流程

一般劑量的測量分為兩項：絕對劑量及相對劑量。絕對劑量與相對劑量測量目的是在於評估實際給予的劑量與電腦治療計

劃處方劑量(Prescribed dose)的一致性，以確保治療的品質，並達到腫瘤治癒的效果及降低正常器官併發症的發生。由於臨床上無法實際在病人體內測量，因此可以使用固態假體(Solid phantom)來模擬人體，將病人照射條件用於假體上，並利用游離腔、熱發光劑量計或 X 光底片作劑量的驗證(圖九)。IMRT 劑量驗證流程表如圖十。



圖九、IMRT 劑量驗證使用之假體及各類儀器設備



圖十、IMRT 病人劑量查驗程序示意圖

六、結論與建議

IMRT 確實能使高劑量平均分布在腫瘤內，提高腫瘤治療效果，並且降低正常組織的併發症，目前國內醫院已有許多的放射治療部門陸續引進該技術。為確保 IMRT 的治療品質，造福更多的癌症病患，本計畫研究成果可以提供國內各醫院作為執行 IMRT 品質保證的參考，建議執行品保使用的相關設備、作業項目及容許值如下：

- 1.游離腔
- 2.電量計或劑量計
- 3.壓力計
- 4.溫度計
- 5.水平儀
- 6.X 光底片
- 7.底片掃描儀或光密度儀
- 8.固態假體
- 9.其他配合測試所需特殊儀器或器材。

多葉式準直儀品保作業項目及容許值

項次	實施項目	頻次	建議容許值
1	多葉式準直儀位移準確度	每週	小於 2 mm 小於 1 mm (Sliding window 技術)
2	多葉式準直儀的 X 光照野與燈光照野的一致性	每月	小於 2 mm
3	多葉式準直儀之滲漏劑量	每年	一致性小於百分之三
4	多葉式準直儀旋轉中心	每年	小於直徑 2 mm 圓形範圍

病人劑量查驗品保作業項目及容許值

項次	實施項目	建議容許值
1	假體內單一點或多點絕對劑量準確度	小於百分之五
2	假體內單一照野射束強度或相對劑量準確度	與電腦治療計畫劑量百分比曲線圖的比較小於 3 mm 位移/或小於百分之五

七、參考文獻

- 1.Chui CS, Chan MF, Yorke E, Spirou S, Ling CC, “Delivery of intensity-modulated radiation therapy with a conventional multileaf collimator : Comparison of dynamic and segmental methods”, Med. Phys. 28(12), 2441-2449, 2001.
- 2.LoSasso T, Chui CS, Ling CC, “Comprehensive quality assurance for the delivery of intensity modulated radiotherapy with a multileaf collimator used in the dynamic mode”, Med. Phys. 28(11), 2209-2219, 2001.
- 3.LoSasso T, Chui CS, Ling CC, “Physical and dosimetric aspects of a multileaf collimator system used in the dynamic mode for implementing intensity modulated radiotherapy”, Med. Phys. 25(10), 1919-1927, 1998.
- 4.Webb S, “The physics of conformal radiotherapy”, IOP publishing Ltd, 1997.
- 5.Ezzell GA, Galvin JM, Low D, Palta JR, Rosen I, Sharpe MB, Xia P, Xiao Y, Xing L, Yu CX, “Guidance document on delivery, treatment planning, and clinical implementation of IMRT : Report of the IMRT subcommittee of the AAPM radiation therapy committee”, Med. Phys. 30(8), 2089-2115, 2003.