

# 核能安全委員會

## 112 年研究計畫期末暨結案報告

計畫名稱：111至112年度放射治療設備之醫療曝露品質保證管制作業及項目精進研究

計畫編號：AEC11012048L

計畫期程：多年期計畫，共 2 年，本年度為第 2 年

執行期間：111 年 2 月 15 日至 112 年 12 月 31 日

執行機構：中華民國醫學物理學會

計畫主持人：李紳豪

共同主持人：蕭安成，許世明

計畫參與人員：劉明祥，陳合興，林妙蓉，曾珉珉，陳昱璉，  
連可宇，莊佩娟，許琇婷，陳昕麟，馮真如，  
羅仕詠，楊雅茹，鄧中鑫

中 華 民 國 112 年 12 月 18 日

\* 本研究報告僅供參考，不代表本會意見 \*

# 核能安全委員會

## 112 年研究計畫期末暨結案報告

計畫名稱：111至112年度放射治療設備之醫療曝露品質保證管制作業及項目精進研究

計畫編號：AEC11012048L

計畫期程：多年期計畫，共 2 年，本年度為第 2 年

執行期間：111 年 2 月 15 日至 112 年 12 月 31 日

執行機構：中華民國醫學物理學會

計畫主持人：李紳豪

共同主持人：蕭安成，許世明

計畫參與人員：劉明祥，陳合興，林妙蓉，曾珉珉，陳昱璉，  
連可宇，莊佩娟，許琇婷，陳昕麟，馮真如，  
羅仕詠，楊雅茹，鄧中鑫

中 華 民 國 112 年 12 月 18 日

\* 本研究報告僅供參考，不代表本會意見 \*

# 目錄

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 壹、 綜合資料.....                           | 1  |
| 貳、 計畫摘要.....                           | 2  |
| 一、 中文摘要.....                           | 2  |
| 二、 英文摘要.....                           | 3  |
| 參、 計畫內容.....                           | 5  |
| 一、 研究主旨.....                           | 5  |
| 二、 計畫第一年（111 年）之執行成果概要.....            | 6  |
| 三、 本計畫第二年（112 年）之目標.....               | 8  |
| 四、 執行方法與步驟.....                        | 10 |
| 五、 預定進度.....                           | 16 |
| 六、 執行進度.....                           | 17 |
| 七、 結論與建議.....                          | 48 |
| 八、 研究績效.....                           | 50 |
| 附件一 放射治療設備輻射安全及醫療曝露品保作<br>業檢查執行步驟..... | 51 |
| 附件二 兩年全期計畫執行成果統整.....                  | 64 |

## 壹、綜合資料

|                |                                                                                                                                               |              |                              |                                     |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------|-------------------------------------|
| 一、綜合資料         |                                                                                                                                               |              |                              |                                     |
| 計畫名稱           | 中 文：111 至 112 年度放射治療設備之醫療曝露品質保證管制作業及項目精進研究                                                                                                    |              |                              |                                     |
|                | 英 文：2022 – 2023 project: Study the quality assurance control operation and project improvement on medical exposure of radiotherapy equipments |              |                              |                                     |
| 計畫性質           | <input type="checkbox"/> 行政及政策類 <input checked="" type="checkbox"/> 科學及技術類                                                                    |              |                              |                                     |
| 委託單位           | 核能安全委員會                                                                                                                                       |              | 受委託單位                        | 中華民國醫學物理學會                          |
| 執行期限           | 自 112 01 01 起                                                                                                                                 |              | 自 111 2 15 起                 |                                     |
|                | 本年度計畫： 年 月 日<br>至 112 12 31 止                                                                                                                 |              | 全程計畫： 年 月 日<br>至 112 12 31 止 |                                     |
| 主 持 人          | 姓名                                                                                                                                            | 職稱           | 本 年 度 參 與 台 電 計 畫            |                                     |
|                |                                                                                                                                               |              | 有                            | 否                                   |
|                | 李紳豪                                                                                                                                           | 理事長          |                              | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 共 同<br>主 持 人   | 蕭安成                                                                                                                                           | 常務理事         |                              | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                | 許世明                                                                                                                                           | 國立陽明交通大學 教授  |                              | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 聯 絡 人          | 姓 名：林妙蓉 電話：(公) 02-2263-0588 轉 2621 (宅) 02-2263-0588 轉 2621                                                                                    |              |                              |                                     |
|                | 通訊地址：333 桃園市龜山區文化一路 15 號 林口長庚醫院 放射腫瘤科                                                                                                         |              |                              |                                     |
| 經 費<br><br>概 算 | 全 程 計 畫 經 費                                                                                                                                   |              | 5,050,000 元                  | 備 註                                 |
|                | 本<br>年<br>度<br>計<br>畫<br>經<br>費                                                                                                               | 人事費用         | 2,177,760 元                  |                                     |
|                |                                                                                                                                               | 國 外 差 旅 費    | 元                            |                                     |
|                |                                                                                                                                               | 設備費 (含資訊設備費) | 元                            |                                     |
|                |                                                                                                                                               | 消耗性器材藥品費用    | 71,301 元                     |                                     |
|                |                                                                                                                                               | 其他研究有關費用     | 275,939 元                    |                                     |
|                |                                                                                                                                               | 合計           | 2,525,000 元                  |                                     |
| 主 持 人          | 李紳豪                                                                                                                                           |              | 申請日期                         | 111 年 2 月 15 日                      |

## 貳、計畫摘要

### 一、中文摘要

放射治療的目的在於增加腫瘤組織劑量，達到減少腫瘤組織或抑制其增生；並降低正常組織劑量，避免產生副作用，抑或降低其發生的機率。因此，放射治療劑量給予的準確性，將影響治療成效。為確保放射治療劑量所給予劑量的準確性，應進行放射治療設備之醫療曝露品質保證，而輻射品保作業的執行，需要結合臨床實際查核與劑量驗證。透過持續且完整的檢視，將可提昇放射治療的品質與維護安全性。本研究計畫，其目標如下：1、國內放射治療設備，輻射安全與醫療曝露品保作業檢查；2、檢視新型放射治療技術（放射治療用低能量影像導引系統、低分次高劑量技術、無整平濾片技術）品質保證作業執行方式與成效；3、提升國內醫療院所放射治療輻射醫療曝露品保人員專業能力。本計畫將針對全國放射治療的設備進行檢查，以確保治療病患的輻射安全與治療品質。

111 年共完成 112 台放射治療設備品保作業之現場查核工作，所有檢測結果皆符合法規規範，並實地訪查 41 台放射治療設備檢視影像導引系統其品質保證作業精進與臨床可行性評估。本計畫收集國內外醫學物理師甄審及考核之相關規範，亦完成拍攝醫用直線加速器及含放射性物質之遙控後荷式近接治療設備之品質保證作業示範教學影片。

112 年共完成 105 台放射治療設備品保作業之現場查核工作，所有檢測結果皆符合法規規範，並實地訪查 20 台低分次高劑量技術劑量驗證及品質保證作業現況訪查和 20 台無整平濾片技術品質保證作業精進與臨床可行性評估研究。本年度亦完成拍攝電腦斷層治療機、電腦刀與加馬刀之品質保證作業示範教學影片。

關鍵詞：輻射品保、輻射安全、放射治療劑量

## 二、英文摘要

The purpose of radiation therapy is to increase the dose to the tumor tissue to reduce tumor growth or inhibit it while reducing the dose to normal tissue to avoid side effects or reduce their probability. Therefore, the accuracy of the radiation therapy dose delivery affects its effectiveness. To ensure the accuracy of the radiation therapy dose, medical exposure quality assurance of radiation therapy equipment should be conducted, and radiation protection operations require clinical verification and dose verification. Continuous and comprehensive review can improve the quality of radiation therapy.

The goal of this research project is as follows: 1. Inspection of radiation therapy equipment nationwide to ensure radiation safety and medical exposure quality assurance. 2. Examination of the quality assurance procedures and effectiveness of new radiation therapy techniques (such as low-energy image-guided system for radiotherapy, hypofractionation and flattening filter-free techniques). 3. Enhancement of the professional capabilities of radiation therapy medical exposure quality assurance personnel in medical institutions throughout the country.

In 2022, 112 radiotherapy equipment were measured and all of them were within the acceptance criteria. radiotherapy equipment with image-guided radiotherapy systems were audited, the results were analyzed in statistical graphs. The information of examination and assessment of medical physicists in different organizations were collected, and the videos of quality assurance procedures for linear accelerator and brachytherapy were made.

In 2023, a total of 105 radiation therapy equipment quality assurance operations were conducted. All test results complied with legal regulations. Additionally, 20 low fractionation high dose technique dose verification and quality assurance operation status checks were performed, as well as 20 quality improvement and clinical feasibility evaluation studies for techniques of flattening filters free. In the current year, instructional videos for quality assurance operations were also completed for computed tomography therapy machines, CyberKnife, and Gamma Knife.

Key word: radiation quality assurance, radiation safety, radiation therapy dose

## 參、計畫內容

### 一、 研究主旨

本計畫為提昇我國輻射醫療之品質，減少病人可能接受之不必要曝露，依我國游離輻射防護法，第十七條制定輻射醫療曝露品質保證標準，該法明確規範放射治療設備品質保證作業之項目，這些設備包括，醫用直線加速器、含放射性物質之遙控後荷式近接治療設備、電腦斷層治療機、電腦刀及加馬刀…等；國內放射治療單位例行性的執行每日、每月及年度的品質保證校驗作業。臨床放射治療單位主要遵循美國醫學物理學會（American Association of Physicists in Medicine，AAPM）於 1983 年發表的 TG-21 與 1999 年發表的 TG-51 議定書，或國際原子能總署（International Atomic Energy Agency，IAEA）於 2000 年發表的 TRS 398 號報告，進行臨床劑量校驗工作。

隨著放射治療的蓬勃發展，放射治療設備與技術不斷推陳出新，因此，需檢視輻射醫療曝露品質保證標準現況，精進修正品質保證項目；針對各類新型技術，亦必須擬定其輻射曝露品質保證作業程序與規範。放射治療劑量給予的準確性將影響治療成效，輻射品保作業的執行，需要結合臨床實際查核與劑量驗證，透過持續且完整的檢視，方能使管制面與執行面密切結合，讓品保作業落實，提昇品保作業的品質，同時提昇放射治療的品質。

因此，本計畫旨在針對全國放射治療的設備進行檢查，以確保治療病患的輻射安全與治療品質。透過檢查作業，得知數據並進行綜合分析，以檢視現有品保標準之品質保證作業成果、確保國內放射治療之輻射安全及治療品質；並收集國外有關醫學物理師甄審及考核之相關規範，以作為未來將醫學物理師資格認定辦法予以法制化之參考。



## 二、 計畫第一年（111 年）之執行成果概要

本計畫 111 年度總計收集共計 77 台醫用直線加速器、17 台遙控式後荷近接治療機、12 台電腦斷層治療機、4 台加馬刀及 2 台電腦刀之品保項目實測資料，完成 112 台設備的品保項目現場檢查。各設備品保作業的方法、劑量校驗儀器及流程等，均請臨床端提供完整資料作為書面審查及現場檢查之參考。現場檢查項目，在遠隔治療機方面，主要為輸出劑量、射束能量、射束一致性及對稱性、多葉準直儀葉片遷移速度與多葉準直儀葉片位置準確度；在遙控式後荷近接治療系統則主要包括傳輸速率、輻射源強度、停留位置及時間。

綜合整理分析全國治療設備的品保校驗資料，作為未來提供精進醫療曝露品質保證之參考。在執行結果的部分，過程中藉由書面資料收集並討論修正，同時依循臨床單位所制訂的程序書執行品保作業，其受檢項目結果皆符合「輻射醫療曝露品質保證標準」的規定。

本計畫在新型放射治療技術劑量驗證及品質保證作業現況訪查與研究的部分，111 年度執行項目為「國內臨床放射治療用低能量影像導引系統，其影像品質與導引位置準確性」，總計收取 41 台低能量影像導引系統品質保證作業結果，包含 36 台直線加速器及 5 台電腦斷層治療儀，操作執行皆以原能會(現核能安全委員會)與本學會在 105 年擬訂之品質保證程序為準則。於執行研究結果部分，111 年度計畫歷經研究計畫資料蒐集、人員訓練，驗證 105 年研訂之品質保證程序與導則應用於國內放射治療設備之執行狀況與可行性，並據以精進、提出放射治療用低能量影像導引系統納入醫療曝露品保法規有效可行之建議。

本計畫亦收集國外對醫學物理師甄審及考核之相關規範，並與目前國內醫學物理師之甄審制度進行比較，分析兩者異同，以作為未來將其法制化之參考，藉以提升放射治療輻射醫療曝露品保人員專業能力。

在研究績效的部分，111 年度計畫完成如下成果：

(一) 完成論文投稿共二篇：

1. Study the quality assurance control operation on medical exposure of radiotherapy equipment ; 22nd Asia-Oceania Congress on Medical Physics , e-poster 發表
2. The quality assurance of image-guided radiotherapy survey in Taiwan ; 22nd Asia-Oceania Congress on Medical Physics , e-poster 發表

(二) 博士生培育一人；碩士生培育一人。

(三) 培訓放射治療品保作業專業人員三人。

(四) 完成教育訓練課程：111 年 3 月 26 日，111 至 112 年度放射治療設備之醫療曝露品質保證管制作業及項目精進研究訪查事前說明會。

(五) 品保作業示範教學影片共 2 支：

1. 醫用直線加速器
2. 含放射性物質之遙控後荷式近接治療設備。

### 三、 本計畫第二年（112 年）之目標

計畫第二年（112 年）之研究目標如下：

1. 持續進行國內所有使用中放射治療設備的輻射安全與醫療曝露品保作業檢查：

放射治療設備包含，醫用直線加速器、含放射性物質之遙控後荷式近接治療設備、電腦斷層治療機、電腦刀與加馬刀之輻射安全與醫療曝露品保作業檢查，以利於核能安全委員會進行放射治療品質保證作業之管控。

2. 檢視新型放射治療技術品質保證作業執行方式與成效：

- (1) 低分次高劑量技術劑量驗證及品質保證作業現況訪查與研究

對國內臨床實際採取單次劑量大於 4 戈雷之治療方式，或以少分次大劑量之治療方式之醫療院所，至少抽樣 20 台設備進行實地訪查，瞭解臨床單位對於此技術治療計畫的劑量驗證程序，同時分析單次大劑量治療方式的劑量特性，並就臨床多元的劑量驗證方式進行差異比較，綜合參考國內外文獻，提出臨床通用之劑量驗證作業程序。

- (2) 無整平濾片技術品質保證作業精進與臨床可行性評估研究

對國內具備無整平濾片技術（flattening filter free, FFF）之放射治療設備，至少抽樣 20 台設備進行實地訪查，瞭解國內具此技術放射治療設備之醫療曝露品保現況、分析，並綜合參考國內外文獻，據以提出精進其品保作業項目之建議。

3. 品保作業示範教學影片：

依現行輻射醫療曝露品質保證標準規範，製作可供國內臨床參考使用之放射治療設備之品質保證作業示範教學影片。111 年已完成醫用直線加速器及含放射性物質之遙控後荷式近接治療設備，其品保作業示範教學影片；112 年分配製作之設備類別為電腦斷層治療機、電腦刀與加馬刀。

#### 四、執行方法與步驟

本年（第二年，112 年）的計畫，進行放射治療設備輻射安全及醫療曝露品保作業檢查與品質提升，及新型放射治療技術劑量驗證與其品質保證作業精進與臨床可行性評估研究。針對全國使用中的放射治療設備，藉由書面資料蒐集及現場實地訪查，檢視推行輻射醫療曝露品質保證標準的成效，並提出精進醫療曝露品保法規之建議。針對新型的臨床治療設備及技術，對國內具備無整平濾片技術之設備，進行抽樣實地訪查，以確認現行對該技術之品質保證項目是否有精進空間，同時對少分次大劑量治療計畫之劑量驗證方式進行分析、比較，故將進行現況訪查，收集相關數據，以提出臨床通用之劑量驗證程序。本計畫 112 年度所規劃進行之 2 大工作項目下：

##### 工作項目 1.

##### 放射治療設備輻射安全及醫療曝露品保作業檢查與品質提升

此項目為延續 111 年之工作內容，將完成全國放射治療設備輻射安全及醫療曝露品保作業檢查，其執行步驟與細節，如附件一所示。

(1) 分析上述檢查結果，並參考國際趨勢，提出精進醫療曝露品保法規之建議。

(2) 品保作業示範教學影片

依現行輻射醫療曝露品質保證標準規範，製作可供國內臨床參考使用之放射治療設備之品質保證作業示範教學影片，112 年分配製作之設備類別為電腦斷層治療機、電腦刀與加馬刀。

## **工作項目 2.**

### **新型放射治療技術劑量驗證及其品質保證作業精進與臨床可行性評估研究**

#### **(1) 低分次高劑量技術劑量驗證及品質保證作業現況訪查與研究**

對國內臨床實際採取單次劑量大於 4 戈雷之治療方式，或以少分次大劑量之治療方式之醫療院所，至少進行實地訪查 20 台設備，瞭解臨床單位對於此技術治療計畫的劑量驗證程序，同時分析單次大劑量治療方式的劑量特性，並就臨床多元的劑量驗證方式進行差異比較，綜合參考國內外文獻，提出臨床通用之劑量驗證作業程序。

#### **(2) 無整平濾片技術品質保證作業精進與臨床可行性評估研究**

對國內具備無整平濾片技術之放射治療設備，至少進行實地訪查 20 台設備，瞭解國內具此技術放射治療設備之醫療曝露品保現況、分析，並綜合參考國內外文獻，據以提出精進其品保作業項目之建議。

##### **i. 資料蒐集**

以問卷方式調查國內臨床治療中，例行低分次高劑量技術治療計畫劑量驗證的作業頻次、執行方法與步驟、結果評估標準、容許誤差值、以及若超出容許值之處理方式。

調查及彙整國內所有使用具有無整平濾片功能之醫用直線加速器的基礎資料，包含廠牌名稱、機型、使用之光子射束能量、劑量校驗使用方法及其詳細參數、劑量校驗假體、品保使用設備、游離腔及電量計校驗報告。

## **ii. 現場訪查表格**

問卷回收後，規劃勾選同意參與實地訪查醫院之訪查時間表，陸續聯繫單位負責人排定訪查時間。並於現場訪查前提供訪查單位表格，表格內容含低分次高劑量技術劑量驗證紀錄、無整平濾片射束剖面劑量分佈一致性校驗（beam profile consistency）、無整平濾片射束 MU 值線性度（output constancy）、不同機頭角度下之無整平濾片射束輸出一致性、無整平濾片射束劑量率輸出一致性等。

## **iii. 現場訪查步驟**

於臨床單位現場訪查開始進行前，本計畫研究人員於 112 年 4 月 9 日行前工作會議中，初步討論新型放射治療技術劑量驗證之作業流程如下：

### **(1) 低分次高劑量技術劑量驗證及品質保證作業現況訪查與研究**

#### **A. 假體電腦斷層影像建立**

- 使用既有之劑量量測假體（例如：均質假體、2D 陣列式偵檢器與假體、類似設備）以切片厚度 2.0 ～ 3.0 mm，螺旋式掃描的方式於電腦斷層模擬定位儀掃描得到影像。
- 掃描完成的 DICOM 檔案傳送至電腦治療計劃系統（treatment planning system，TPS）作為治療計畫品質保證之用。

#### **B. 治療計畫轉植於假體**

- 選擇需要執行治療計畫品質保證的低分次放射治療病患的治療計畫（DICOM RT plan）轉植於假體。

- 訂定出假體的品質保證劑量量測中心且調整治療計畫中心位置(GTV 或 CTV)於假體點劑量及平面劑量量測之位置。
- 不改變治療計畫參數，僅於 TPS 重新計算劑量。

### C. 劑量測量

- 將量測假體以雷射及光照野十字線 (crosshair) 對位，使其置於治療床之量測位置。
- 使用單位既有之劑量計 (例如：小體積游離腔、EBT 膠片劑量系統，或類似設備) 進行點劑量或 2D 平面劑量量測。

### D. 結果評估

- 依各臨床單位採用之結果評估標準對量測結果進行分析。點劑量量測結果可與 TPS 計算之劑量相互計算得出劑量差異，2D 平面劑量量測結果使用 global normalization in absolute dose 進行計算，以  $\gamma$  criteria 及  $\gamma$  passing rate 所呈現。

## (2) 無整平濾片技術品質保證作業精進與臨床可行性評估研究

### A. 無整平濾片光子射束劑量率輸出一致性

- 將劑量量測設備 (例如：水假體系統或類似設備) 擺設妥當並置於固定位置。
- 直線加速器機頭角度  $0^\circ$ ，射源與等中心點之距離 (source-axis-distance, SAD) 為 100 公分，校驗量測深度為 5 公分。以 100 MU，固定劑量率 400 MU / min 及照野大小 (例如： $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ) 進行量測，並將此時的讀值作為基準值。



- 改變劑量率，分別以 600 MU / min、800 MU / min、1000 MU / min……等，逐漸調高進行量測，參考基準值，計算量測值與基準值之差異。
- 記錄分析結果，確認是否符合建議容許值。

#### **B. 無整平濾片光子射束於不同角度時劑量輸出**

- 將單位既有之劑量計（例如：Farmer 式游離腔搭配增建套、CHECKMATE，或類似設備）置於量測位置。
- 旋轉直線加速器機頭角度至 0°，以 100 MU，固定劑量率及照野大小（例如：10 × 10 cm<sup>2</sup>）進行量測，並將此時的讀值作為基準值。
- 改變機頭角度，分別以 45°、90°、135°……等，共七個角度進行量測，參考基準值，計算量測值與基準值之差異。
- 記錄分析結果，確認是否符合建議容許值。

#### **C. 無整平濾片光子射束 MU 值線性度**

- 將劑量量測設備（例如：水假體系統或類似設備）擺設妥當並置於固定位置。
- 直線加速器機頭角度 0°，射源與等中心點之距離為 100 公分，校驗量測深度為 5 公分。以 100 MU，固定劑量率及照野大小（例如：10 × 10 cm<sup>2</sup>）進行量測，並將此時的讀值作為基準值。
- 改變 MU 數值，分別以 50、200、300……等，逐漸調高進行量測，參考基準值，計算其值是否呈線性趨勢。
- 記錄分析結果，確認是否符合建議容許值。

#### D. 無整平濾片射束剖面劑量分佈一致性校驗

- 加速器旋轉臂置於鉛垂向下方向（ $0^\circ$ 或 $180^\circ$ ）。加速器準直儀置於 $0^\circ$ 或 $180^\circ$ 。
- 設定射源至假體表面距離（source-surface-distance，SSD）為90公分或100公分，校驗量測深度為10公分。
- 設定照野為校驗參考照野（例如： $20 \times 20 \text{ cm}^2$ ）。
- 將劑量量測設備（例如：水假體系統、膠片劑量量測系統、Beam profiler 或 Mapcheck 等）擺設妥當並置於固定位置。
- 量測所有無整平濾片能量的射束，逐一量測沿中心軸之橫切面方向〔transverse(cross-plane)〕及縱切面方向〔longitudinal (in-plane)〕的射束劑量分佈（beam profile）。分別記錄 $20 \times 20 \text{ cm}^2$ 照野範圍中，兩側80%及20%照野範圍的相對劑量讀值（歸一化至中心軸）。
- 參考基準值，計算量測值與基準值之差異。
- 記錄分析結果，確認是否符合建議容許值。

## 五、 預定進度

| 預定進度：112 年                                                                                                                                                                               |                                                                                                                   |        |     |     |     |     |     |     |        |        |     |      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|--------|-----|------|----|
| 月<br>工作項目                                                                                                                                                                                | 1                                                                                                                 | 2      | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9      | 10     | 11  | 12   | 備註 |
| 研究計畫資料蒐集                                                                                                                                                                                 | →                                                                                                                 |        |     |     |     |     |     |     |        |        |     |      |    |
| 人員訓練                                                                                                                                                                                     | →                                                                                                                 |        |     |     |     |     |     |     |        |        |     |      |    |
| 製訂單次大劑量無整平<br>濾片技術及品保作業                                                                                                                                                                  |                                                                                                                   | ※<br>→ |     |     |     |     |     |     |        |        |     |      |    |
| 製作品質保證精進作業<br>示範教學影片                                                                                                                                                                     |                                                                                                                   | →      |     |     |     |     |     |     |        |        |     |      |    |
| 辦理教育訓練課程                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                   | →      |     |     |     |     |     |     |        |        |     |      |    |
| 現場訪查、量測                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                   | ※<br>→ |     |     |     |     |     |     |        |        |     |      |    |
| 數據分析整理                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                   | →      |     |     |     |     |     |     |        |        |     |      |    |
| 編寫單次大劑量及無整<br>平濾片技術品保教材                                                                                                                                                                  |                                                                                                                   |        |     |     |     |     |     |     | ※<br>→ |        |     |      |    |
| 研究論文撰寫                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                   |        |     |     |     |     |     |     |        | →      |     |      |    |
| 年度結案報告                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                   |        |     |     |     |     |     |     |        | ※<br>→ |     |      |    |
| 工作進度估計百分比<br>( 累 積 數 )                                                                                                                                                                   | 5%                                                                                                                | 10%    | 15% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70%    | 80%    | 90% | 100% |    |
| 預定查核點                                                                                                                                                                                    | 第 1 季：資料蒐集及現場查核工作紀錄製作完成。<br>第 2 季：現場查核工作完成 40%以上。<br>第 3 季：現場查核工作完成 60%以上。<br>第 4 季：現場查核工作完成 80%以上。撰寫研究論文及年度結案報告。 |        |     |     |     |     |     |     |        |        |     |      |    |
| 說明：1.工作項目請視計畫性質及需要自行訂定。預定進度以粗線表示其起迄日期。<br>2.「工作進度百分比」欄係為配合管考作業所需，累積百分比請視工作性質就以下因素擇一估計訂定：(1) 工作天數，(2) 經費之分配，(3) 工作量之比重，(4) 將達成目標之具體數字。<br>3.每季之「預定查核點」，請在條形圖上標明※符號，並在「預定查核點」欄具體註明關鍵性工作要項。 |                                                                                                                   |        |     |     |     |     |     |     |        |        |     |      |    |

## 六、 執行進度

### (一) 人員訓練

- 上課時間：112 年 2 月 25 日（六）09：00 ～ 17：00
- 上課地點：國立陽明交通大學（陽明校區）生醫工程館 1 樓 134 室
- 授課教師：蕭安成醫學物理主任
- 授課內容：

新型放射治療技術劑量驗證及其品質保證作業精進與臨床可行性評估研究，如圖 1、2 所示。

(1) 低分次高劑量技術劑量驗證及品質保證作業現況訪查與研究

(2) 無整平濾片技術品質保證作業精進

- 簽到單

**111 至 112 年度放射治療設備之醫療曝露  
品質保證管制作業及項目精進研究  
112 年行前教育訓練 簽到表**

時間：112 年 2 月 25 日（六）09：00～17：00

地點：國立陽明交通大學（陽明校區）生醫工程館 1 樓 134 室

授課教師：蕭安成醫學物理主任

授課內容：

新型放射治療技術劑量驗證及其品質保證作業精進與臨床可行性評估研究

(1) 低分次高劑量技術劑量驗證及品質保證作業現況訪查與研究

(2) 無整平濾片技術品質保證作業精進

| 簽到  | 備註 | 簽到  | 備註 |
|-----|----|-----|----|
| 蕭安成 |    |     |    |
| 黃如解 |    |     |    |
| 簡于鈞 |    |     |    |
| 林振崑 |    |     |    |
| 曾淑淑 |    |     |    |
| 連可宇 |    | 林妙蓉 |    |
| 陳昱璵 |    | 許世明 |    |

➤ 會議照片



圖 1、行前教育訓練授課實際情況



圖 2、行前教育訓練人員合照

(二) 教育訓練課程－112 年行前工作訓練會議

- 會議時間： 112 年 4 月 9 日（日）10：00 ～ 12：00
- 上課地點：國立陽明交通大學（陽明校區）生醫工程館 1 樓 134 室
- 報告者：主持人－李紳豪
- 會議內容：112 年品保作業以及新型放射治療技術劑量驗證之作業流程，總結本年度之目標，如圖 3、4 所示。

➤ 簽到單

111 至 112 年度放射治療設備之醫療曝露

品質保證管制作業及項目精進研究

112 年行前工作訓練會議 簽到表

時間：112 年 4 月 9 日（日）10：00 ～ 12：00

地點：國立陽明交通大學（陽明校區）生醫工程館 1 樓 134 室

內容：112 年品保作業以及新型放射治療技術劑量驗證之作業流程，總結本年度之目標。

| 簽到  | 備註 | 簽到 | 備註 |
|-----|----|----|----|
| 劉明福 |    |    |    |
| 陳金鳳 |    |    |    |
| 林妙雲 |    |    |    |
| 李鍾象 |    |    |    |
| 邱仁明 |    |    |    |
| 曾永祥 |    |    |    |
| 馮真如 |    |    |    |
| 陳昱堯 |    |    |    |
|     |    |    |    |

➤ 會議照片



圖 3、行前工作訓練會議討論實際情況



圖 4、行前工做訓練會議人員合照

### (三) 教育訓練課程—112 年行前說明會

- 會議時間：112 年 4 月 22 日（六）10：00 ～ 12：00
- 報告者：主持人—李紳豪
- 會議內容：於中華民國醫學物理學會舉辦之 4 月份線上月會，報告 112 年度放射治療設備之醫療曝露品質保證管制作業及項目精進研究訪查事前說明會。

### (四) 111 年度行政院原子能委員會委託研究計畫成果發表會

- 時間：112 年 5 月 24 日（三）13：30 ～ 14：00
- 地點：核能研究所
- 報告者：主持人—李紳豪
- 報告內容：於行政院原子能委員會（現核能安全委員會）舉辦之 111 年度委託研究計畫成果發表會，報告 111 年度放射治療設備之醫療曝露品質保證管制作業及項目精進研究成果發表，如圖 5、6 所示。

➤ 會議照片



圖 5、委託研究成果發表實際情況（一）



圖 6、委託研究成果發表實際情況（二）

**（五） 中華民國醫學物理學會學術研討會**

- 時間：112 年 8 月 19 日（六）08：50 ～ 17：30
- 地點：國立成功大學成杏校區醫學院二樓
- 發表內容：

- （1） Study the Quality Assurance Control Operation and Project Improvement on Medical Exposure of Radiotherapy Equipments (2022-2023)



## (2) 不同機頭角度下之無整平濾片射束輸出劑量一致性評估

發表照片，如圖 7 所示



圖 7 (a) Study the Quality Assurance Control Operation and Project Improvement on Medical Exposure of Radiotherapy Equipments (2022-2023) 海報；(b) 不同機頭角度下之無整平濾片射束輸出劑量一致性評估海報；(c) 發表人員（陳昱璵）與發表海報合影；(d) 發表人員（曾珉珉）與發表海報合影

## **(六) 112 年訪查結果**

### **1. 放射治療設備輻射安全及醫療曝露品保作業檢查與品質提升**

全台總計共 150 台醫用直線加速器、33 台遙控式後荷近接治療機、20 台電腦斷層治療機、9 台加馬刀及 5 台電腦刀，總共 217 台放射治療設備，本計畫將分兩年完成臨床品保作業，111 年已完成 112 台。112 年完成放射治療設備現場查核工作共 105 台，包含 73 台醫用直線加速器、16 台遙控式後荷近接治療機、8 台電腦斷層治療機、5 台加馬刀及 3 台電腦刀，已完成所有放射治療設備現場查核工作。

#### **(1) 直線加速器之劑量校驗方法與劑量校驗假體**

根據各醫療單位所提供放射治療設備基本資料之結果統計，各醫療單位直線加速器以 AAPM TG-21 報告做為劑量校驗方法者，佔 51 %，使用 AAPM TG-51 報告之比例為 43%，少部分單位使用 TRS 398 號報告為劑量校驗之方法，佔比為 6%，如圖 8 所示。劑量校驗使用之等效水假體種類繁多，包含 Water、Plastic Water (PSW)、Standard Grade Solid Water (GSW)、Virtual Water (VSW)、RW3、Blue phantom 2 (BP2)、SP34，臨床使用於劑量校驗的等效水假體種類，其比例如圖 9 所示。

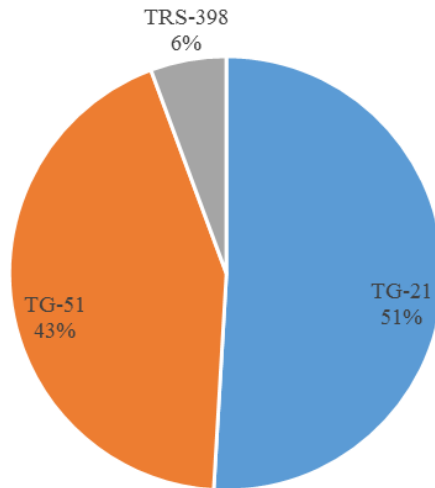


圖 8、醫療單位之直線加速器劑量校驗方法

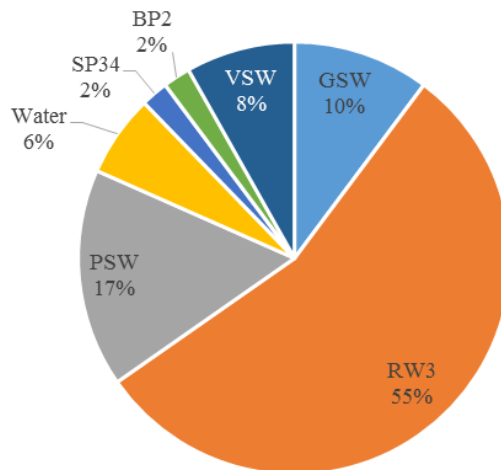


圖 9、劑量校驗使用之等效水假體

## (2) 射束輸出劑量準確性

醫用直線加速器包含光子與電子射束，臨床使用中之光子能量包含 4、6、10、15 MV，電子能量包含 4、6、8、9、10、12、15、18 MeV，檢查結果皆能符合所規範之輸出劑量準確性於  $\pm 2.0\%$  以內。結果如圖 10 所示，高達 79.9 % 的光子射束，與 86.7 % 的電子射束，其輸出劑量準確性在  $\pm 1.0\%$  以內。

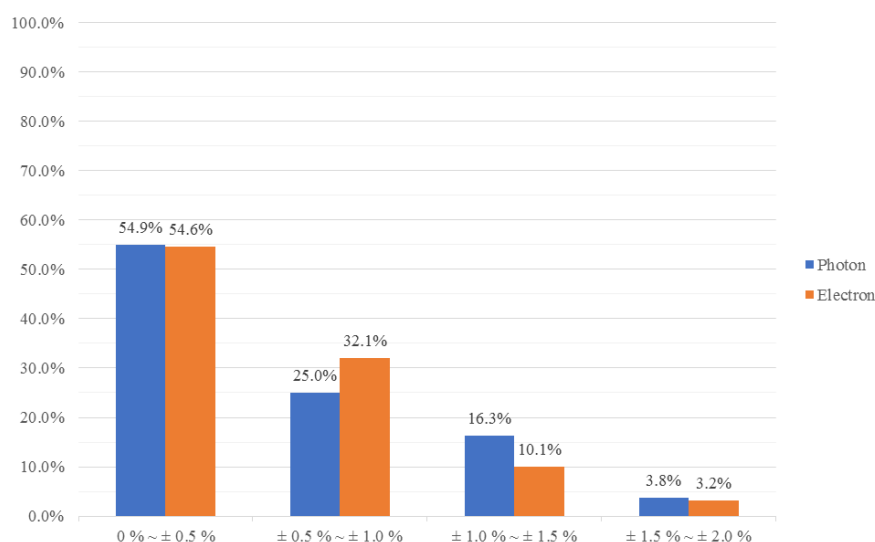


圖 10、醫用直線加速器射束輸出劑量準確性校驗結果

### (3) 射束中心軸於治療深度之劑量參數

醫用直線加速器光子射束中心軸於治療深度之劑量參數，其量測值與基準值之差異皆符合法規  $\pm 2.0\%$  以內之規範，電子射束中心軸於治療深度之劑量參數，其量測值與基準值之差異也皆符合  $2\% / 2\text{ mm}$  以內之規範。總計  $95.1\%$  光子射束與  $60.6\%$  電子射束，其射束中心軸於治療深度之劑量參數差異在  $\pm 1.0\%$  以內，結果如圖 11 所示。

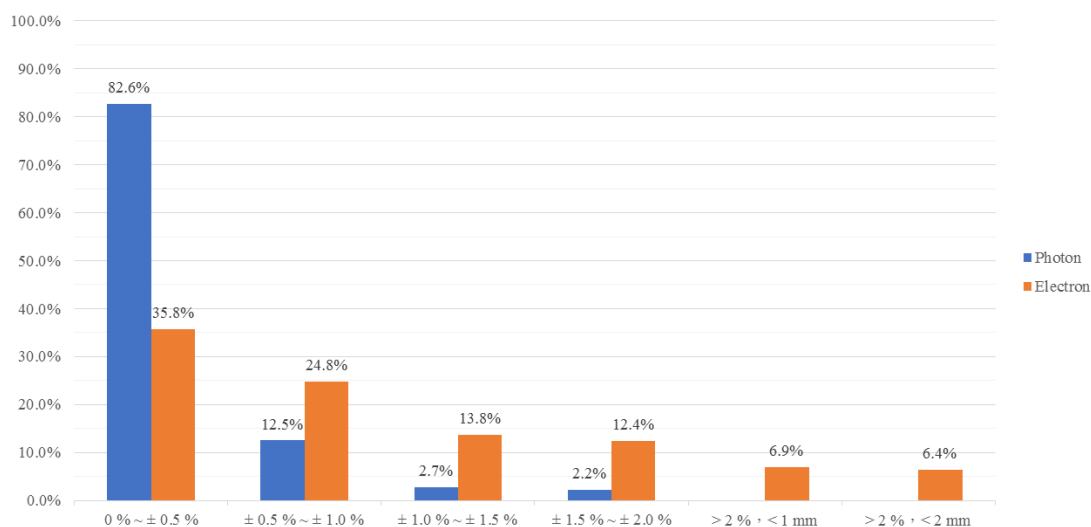


圖 11、醫用直線加速器射束中心軸於治療深度之劑量參數之結果

#### (4) 射束剖面劑量分佈一致性與對稱性

量測橫切面及縱切面的射束劑量分佈圖，記錄 80 % 照野範圍內之射束剖面劑量分佈一致性數據及對稱性數據。醫用直線加速器之射束剖面劑量分佈一致性如圖 12 所示，95.1 % 之光子射束與 91.1 % 之電子射束，其射束剖面劑量分佈一致性的差異在  $\pm 1.0\%$  以下，其餘光子射束皆符合法規規範之  $\pm 2.0\%$  以內，而電子射束亦皆符合法規規範之  $\pm 3.0\%$  以內。醫用直線加速器之射束對稱性則如圖 13 所示，81.5 % 之光子射束與 86.5 % 之電子射束，其射束對稱性差異小於  $\pm 1.0\%$ 。

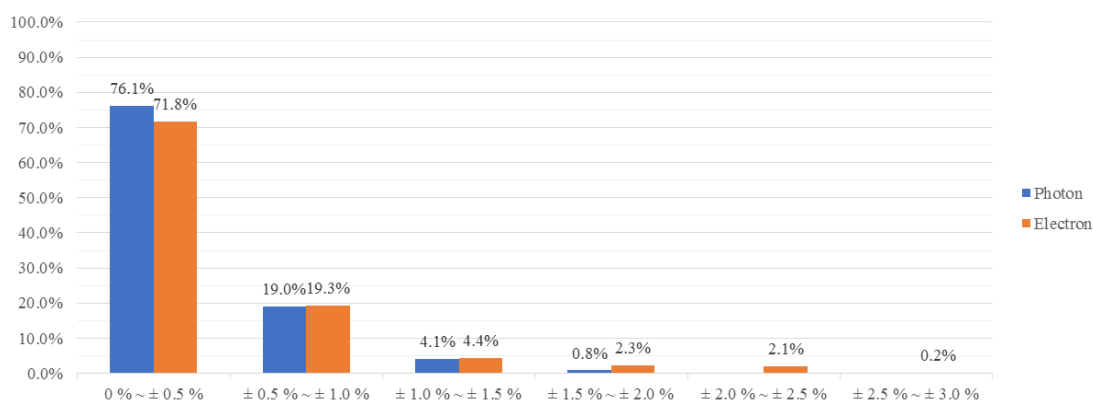


圖 12、醫用直線加速器射束剖面劑量分佈一致性檢查結果

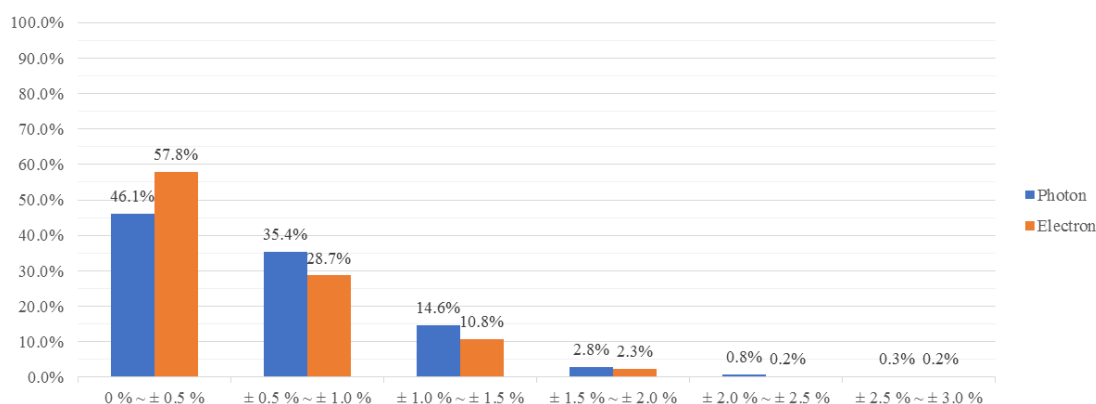


圖 13、醫用直線加速器射束對稱性檢查結果

## (5) 品保作業示範教學影片

### A. 電腦斷層治療機

拍攝地點：台中榮民總醫院

影片截圖：如圖 14 所示。



圖 14、電腦斷層治療機影片截圖

### B. 電腦刀

拍攝地點：台中榮民總醫院

影片截圖：如圖 15 所示。



圖 15、電腦刀影片截圖



### C. 加馬刀

拍攝地點：衛生福利部雙和醫院

（委託臺北醫學大學興建經營）

影片截圖：如圖 16 所示。



圖 16、加馬刀影片截圖

## 2. 新型放射治療技術品質保證作業執行狀況與可行性

在新型放射治療技術劑量驗證及其品質保證作業精進與臨床可行性評估之部分，針對國內臨床實際採取單次劑量大於 4 戈雷之治療方式，或以少分次大劑量之治療方式之醫療院所，至少抽樣 20 台設備進行實地訪查。另外，也針對國內具備無整平濾片技術之放射治療設備，至少抽樣 20 台設備進行實地訪查。

### 實地訪查

在各臨床單位配合下，本年度已收取共計 40 台新型放射治療技術劑量驗證及其品質保證作業結果納入數據，包含低分次高劑量治療方式之放射治療設備 20 台及 20 台無整平濾片技術之直線加速器，達到 112 年度現場查核工作目標。

## 臨床單位對低分次高劑量及無整平濾片技術治療計畫的劑量驗證程序

### (1) 意願調查問卷回覆情形

本研究對全台之臨床單位進行問卷調查，已回收 47 家醫療院所之回覆，包含醫學中心及地區醫院等。以問卷收集各單位是否進行直線加速器之低分次高劑量技術劑量驗證或無整平濾片技術品質保證作業、低分次高劑量技術劑量驗證方式、使用之電腦治療計畫系統、臨床使用之無整平濾片射束能量、是否執行無整平濾片射束剖面劑量分佈一致性校驗等資料。結果如圖 17 至 22 所示。

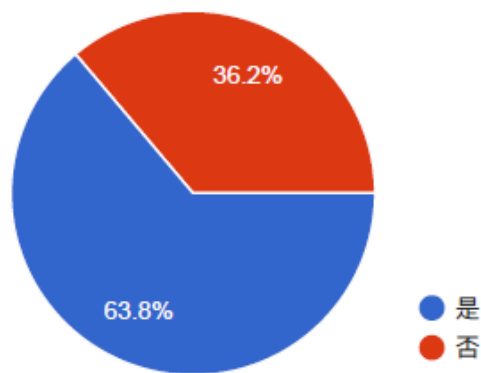


圖 17、是否執行低分次高劑量技術劑量驗證及品質保證作業

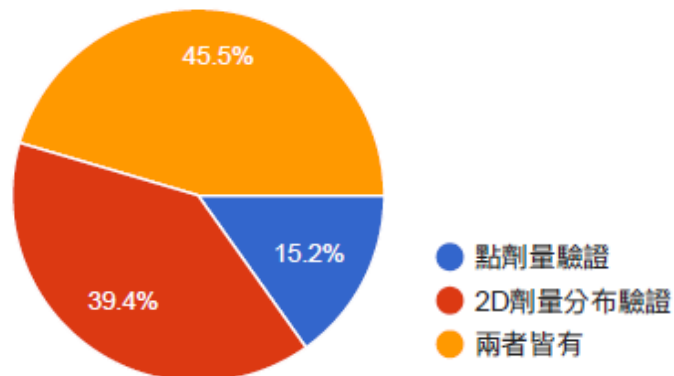


圖 18、執行低分次高劑量技術劑量驗證方式



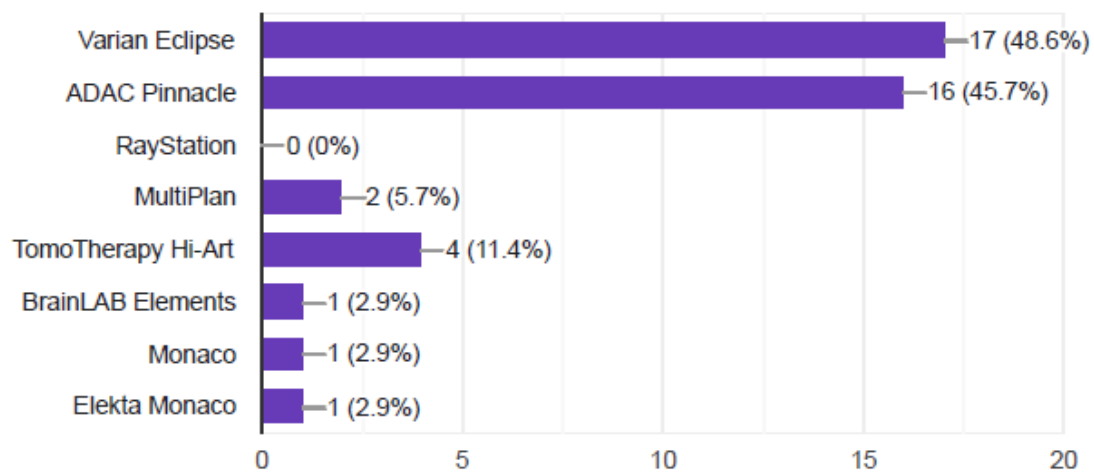


圖 19、使用之電腦治療計畫系統

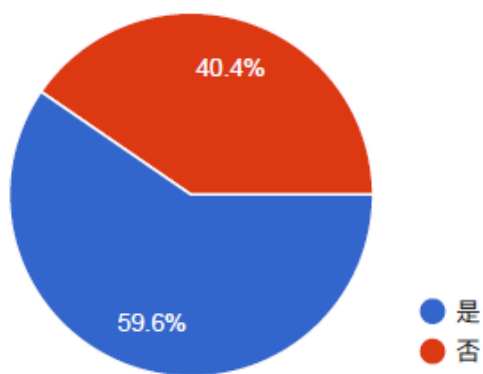


圖 20、是否執行無整平濾片射束品質保證作業

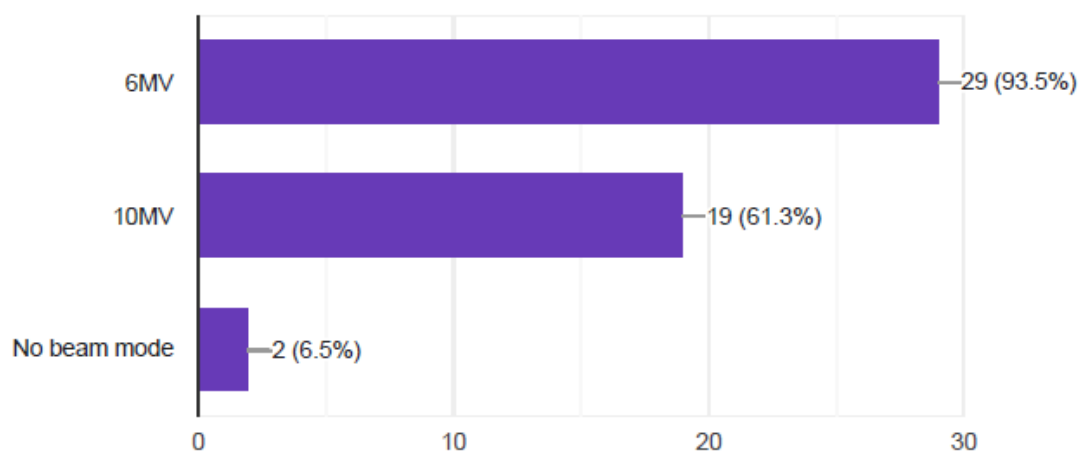


圖 21、臨床使用之無整平濾片射束射束能量

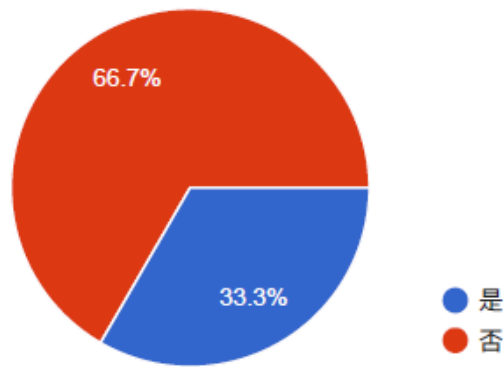


圖 22、是否執行無整平濾片射束剖面劑量分佈一致性校驗

### 分析單次大劑量治療方式劑量特性及劑量驗證方式進行差異比較

#### (2) 現場訪查情形

本年度共訪查 40 台新型放射治療技術之設備，地點遍布北、中、南部，囊括地區醫院或醫學中心等醫療院所。訪查單位皆以 TG-142 為量測結果建議容許值，配合臨床單位實際使用之低分次高劑量技術及無整平濾片技術完成紀錄表格。

#### A. 低分次高劑量技術劑量驗證及品質保證作業現況訪查與研究

112 年度實地訪查國內共 20 台有執行低分次高劑量放射治療技術之醫用放射治療設備，遍布國內 17 個醫療院所，兩廠牌 Varian 及 Elekta 各佔一半台數。

##### a. 低分次高劑量技術劑量驗證方法統計

在收集到的 20 台放射治療設備劑量驗證資料中，8 台設備之劑量驗證方法皆包括 2D 劑量分布驗證及點劑量量測，8 台設備進行 2D 劑量分布驗證，少部分只進行點劑量量測，其比例呈現於圖 23。

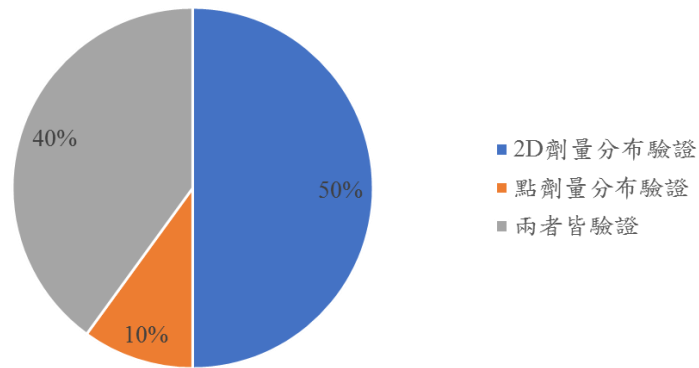


圖 23、低分次高劑量技術劑量驗證方法統計

#### b. 低分次高劑量技術劑量驗證治療部位統計

放射治療設備低分次高劑量技術劑量驗證資料中，最多之治療部位為頭部，其次為肺臟，其比例呈現於圖 24。

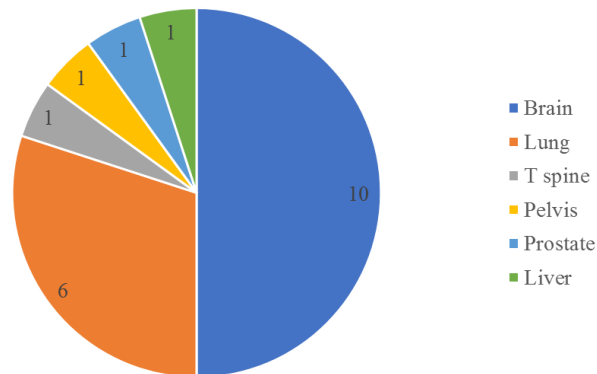


圖 24、低分次高劑量技術劑量驗證治療部位統計

#### c. 點劑量驗證結果統計

10 台放射治療設備低分次高劑量技術點劑量驗證結果中，除設備 G 之量測值與 TPS 計算之劑量差異在  $\pm 3.0\%$  以外，其餘結果皆在其內，如圖 25 所示。又設備 G 之量測結果符合其單位所規範，點劑量量測結果視腫瘤大小需在  $\pm 3.0 \sim 5.0\%$  內。

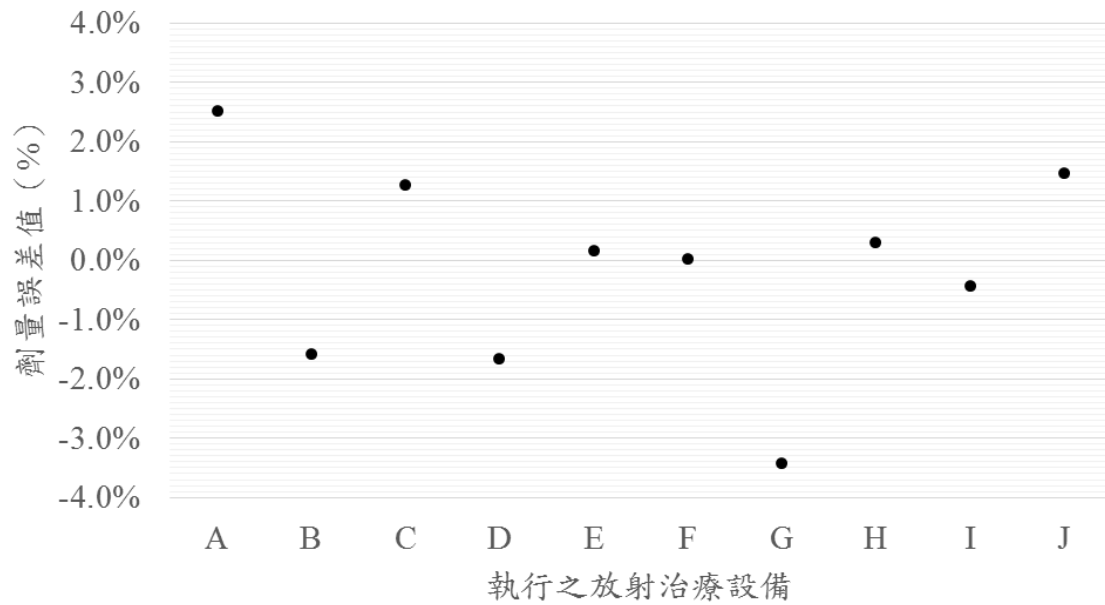


圖 25、點劑量驗證結果統計

#### d. 2D 劑量分布驗證結果評估標準

15 台醫用直線加速器執行低分次高劑量技術 2D 劑量分布驗證結果中，若為 SBRT 技術大部分之 gamma criteria 採用 3 % / 3 mm 作為評估標準，若為 SRS 技術大部分之 gamma criteria 採用 2 % / 2 mm 作為評估標準，如圖 26 所示。

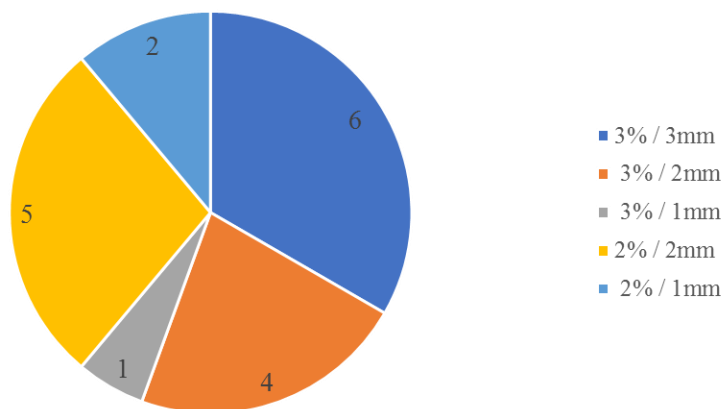


圖 26、2D 劑量驗證結果評估標準

**e. 2D 劑量分布驗證 gamma 通過率統計**

15 台醫用直線加速器執行之低分次高劑量技術 2D 劑量分布驗證結果中，所有量測結果之 gamma 通過率皆大於 90 %，如圖 27 所示。

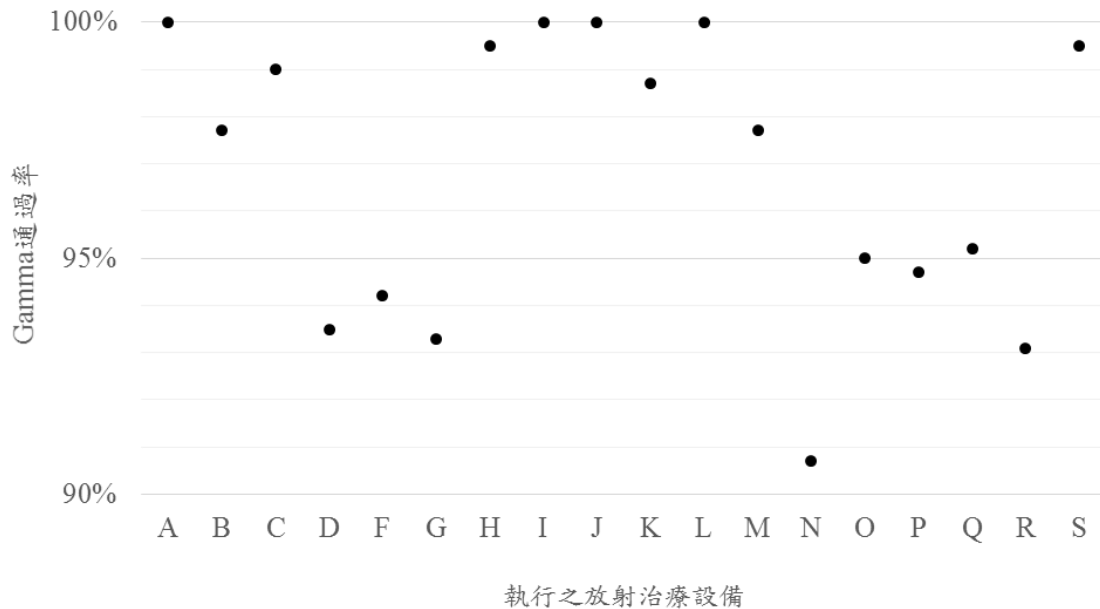


圖 27、2D 劑量分布驗證結果統計

**綜合參考國內外文獻，提出臨床通用之劑量驗證作業程序**

**f. 臨床通用劑量驗證程序**

根據臨床單位所回傳現場訪查紀錄表格，表格內紀錄各單位對於低分次高劑量技術劑量驗證及品質保證作業，依照各自所擁有儀器設備有不同程序。另於訪查當下，臨床執行程序之醫學物理師所提出疑問及建議，與研究團隊討論，並調整起初所提出之劑量驗證程序。調整後臨床之通用劑量驗證程序如下：

#### 甲、假體電腦斷層影像建立

- 使用既有之劑量量測假體（例如：均質假體、2D 陣列式偵檢器與假體、類似設備）以切片厚度 2.0 ~ 3.0 mm，螺旋式掃描的方式於電腦斷層模擬定位儀掃描得到影像。
- 掃描完成的 DICOM 檔案傳送至電腦治療計劃系統（treatment planning system，TPS）作為治療計畫品質保證之用。
- 或使用原廠提供之虛擬假體影像匯入治療計劃系統，並且在系統中將假體的相對電子密度設定為建議值。

#### 乙、治療計畫轉植於假體

- 選擇需要執行治療計畫品質保證的低分次放射治療病患的治療計畫（DICOM RT plan）轉植於假體。
- 訂定出假體的品質保證劑量量測中心且調整治療計畫中心位置（GTV 或 CTV）於假體點劑量及平面劑量量測之位置。
- 不改變治療計畫參數，僅於 TPS 重新計算劑量。
- 完成後將放射治療劑量和放射治療計畫的 DICOM 檔案輸出。

### 丙、劑量測量

- 開始量測前需確認當日機器輸出劑量準確性符合法規規範。
- 將量測假體以雷射及光照野十字線（crosshair）對位，使其置於治療床之量測位置。
- 若使用小體積游離腔，需先和 Farmer type 空氣游離腔做校正因子轉換，並在量測前先進行 CBCT 掃描確認其位置是否在中心點，與基準影像比對後修正治療床位置。
- 使用單位既有之劑量計（例如：小體積游離腔、EBT 膠片劑量系統，或類似設備）進行點劑量或 2D 平面劑量量測。
- 讀取劑量計偵測到的量測值（約 3 次，待量測值穩定後則接受該值成為測量值）並記錄於表格。

### 丁、結果評估

- 依各臨床單位採用之結果評估標準對量測結果進行分析。點劑量量測結果可與 TPS 計算之劑量相互計算得出劑量差異，2D 平面劑量量測結果使用 global normalization in absolute dose 進行計算，以  $\gamma$  criteria 及  $\gamma$  passing rate 所呈現。

- 若量測結果超出容許值則會回頭檢視是否存在量測設備之擺放位置誤差、確認多葉式準值儀位置是否異常、使用其他量測設備再次驗證。同時檢視超出閾值之範圍是否落在高劑量區，若是如此，則需評估是否重做治療計劃。

## B. 無整平濾片技術品質保證作業精進與臨床可行性評估研究

112 年度實地訪查國內共 20 台具無整平濾片技術之醫用直線加速器，遍布國內 17 個醫療院所。此外，訪查之無整平濾片技術能量統計結果如圖 28 所示。

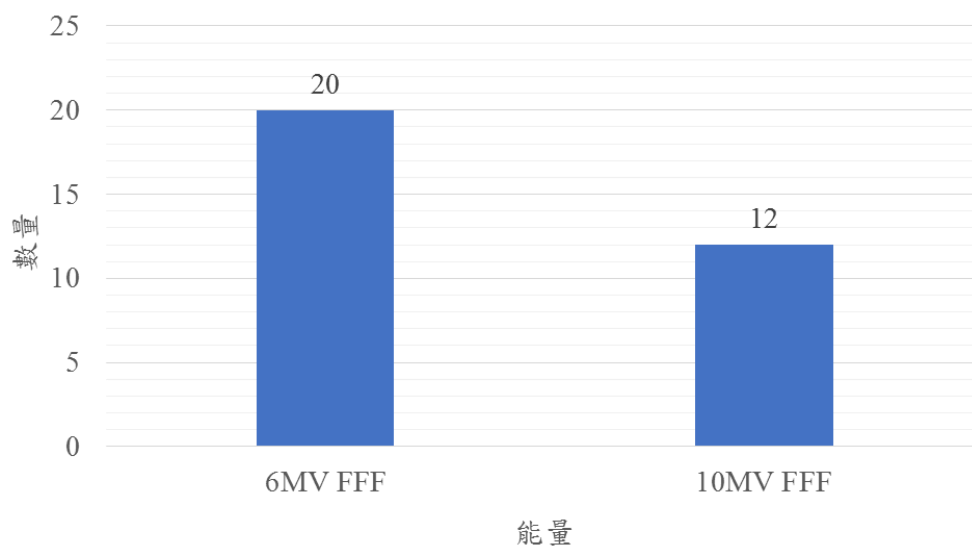


圖 28、無整平濾片技術實地訪查能量統計



a. 無整平濾片光子射束劑量率輸出一致性

此量測項目之容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ 。

因訪查之直線加速器廠牌不同使改變劑量率的操作方式各異，將其量測結果分別以廠牌分類呈現。

Varian 廠牌及 Elekta 廠牌之醫用直線加速器 6 MV 無整平濾片光子射束量測結果皆符合容許誤差值，如圖 29、30 所示。醫用直線加速器 10 MV 無整平濾片光子射束量測結果皆符合容許誤差值，如圖 31、32 所示。

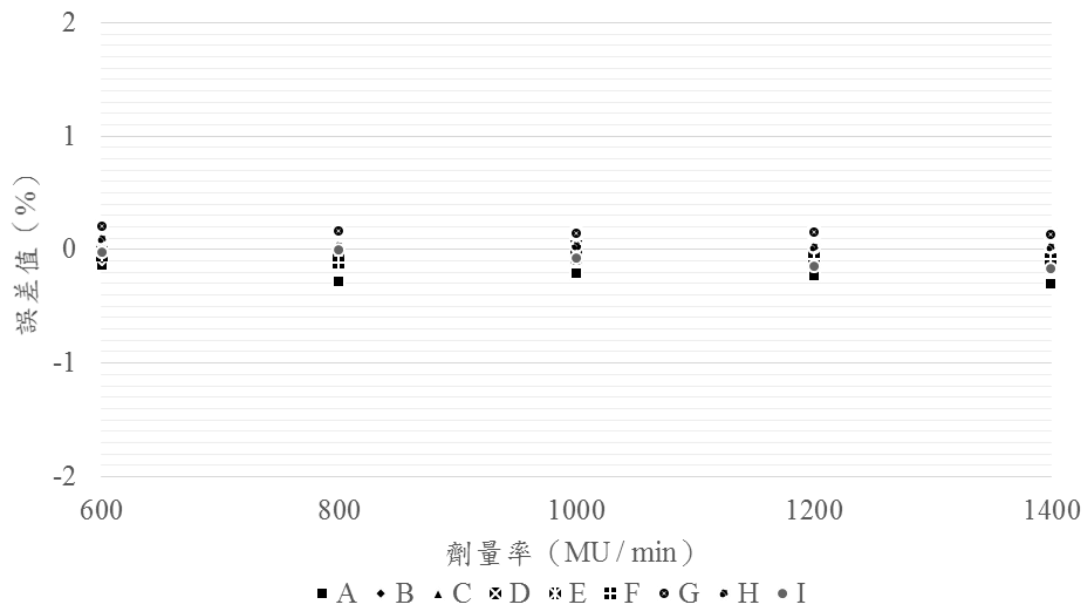


圖 29、6 MV 無整平濾片光子射束劑量率輸出一致性 (Varian)

(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

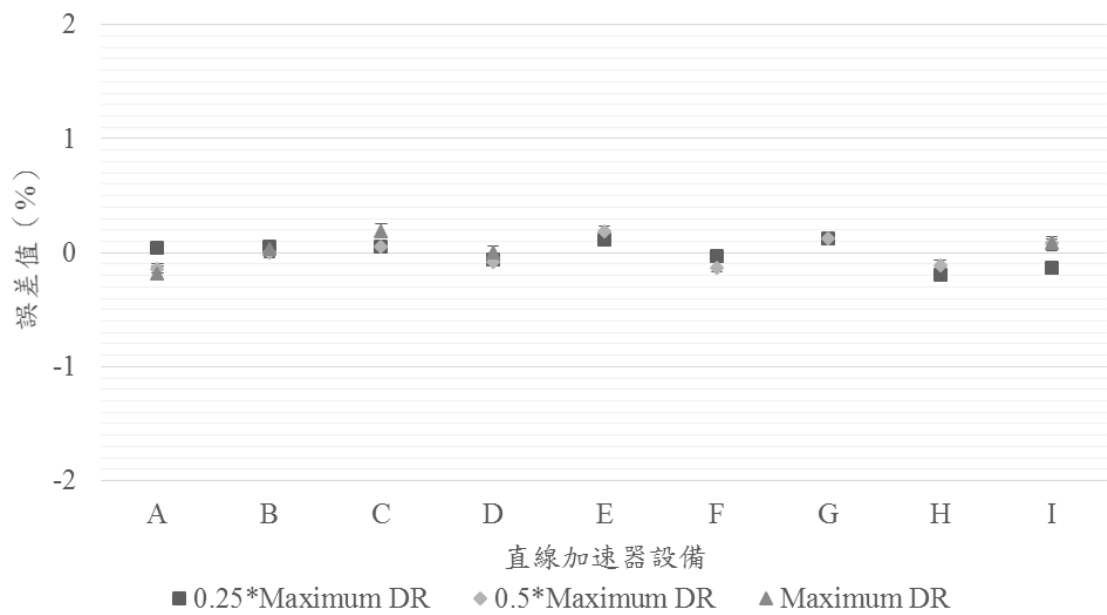


圖 30、6 MV 無整平濾片光子射束劑量率輸出一致性 (Elekta)

(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

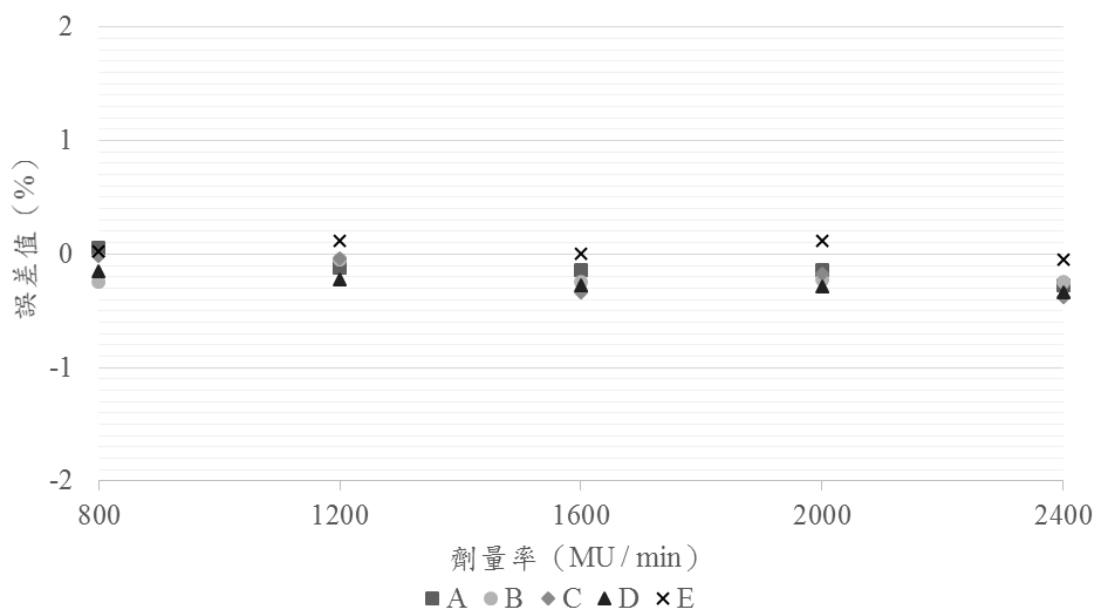


圖 31、10 MV 無整平濾片光子射束劑量率輸出一致性 (Varian)

(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

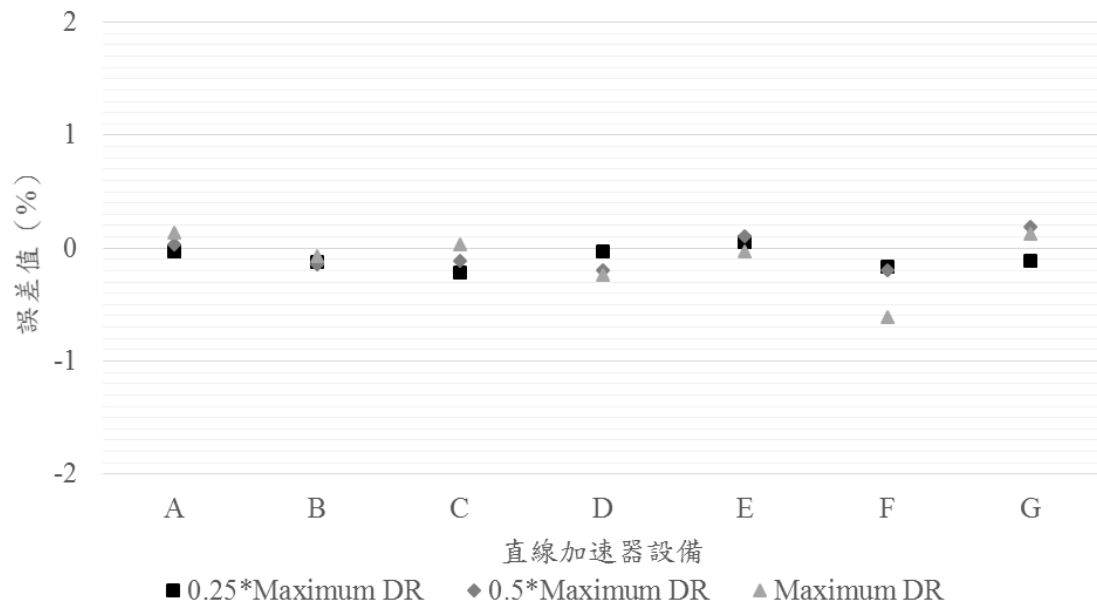


圖 32、10 MV 無整平濾片光子射束劑量率輸出一致性 (Elekta)

(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

#### b. 無整平濾片光子射束於不同角度時劑量輸出

6 MV 無整平濾片光子射束之量測結果除編號 B、J、K、L 之直線加速器外，其餘皆符合容許誤差值，如圖 33 所示。又編號 B 之直線加速器量測結果在機頭角度 135 度、180 度、225 度有較低之量測值乃因其量測假體之特性使其射束路徑經過較多衰減物質所致。而編號 J、K、L 之機台在機頭角度 180 度及 135 度小幅度偏離容許誤差值建議值  $\pm 1.0\%$ ，其原因可能為量測游離腔之架設誤差所致。

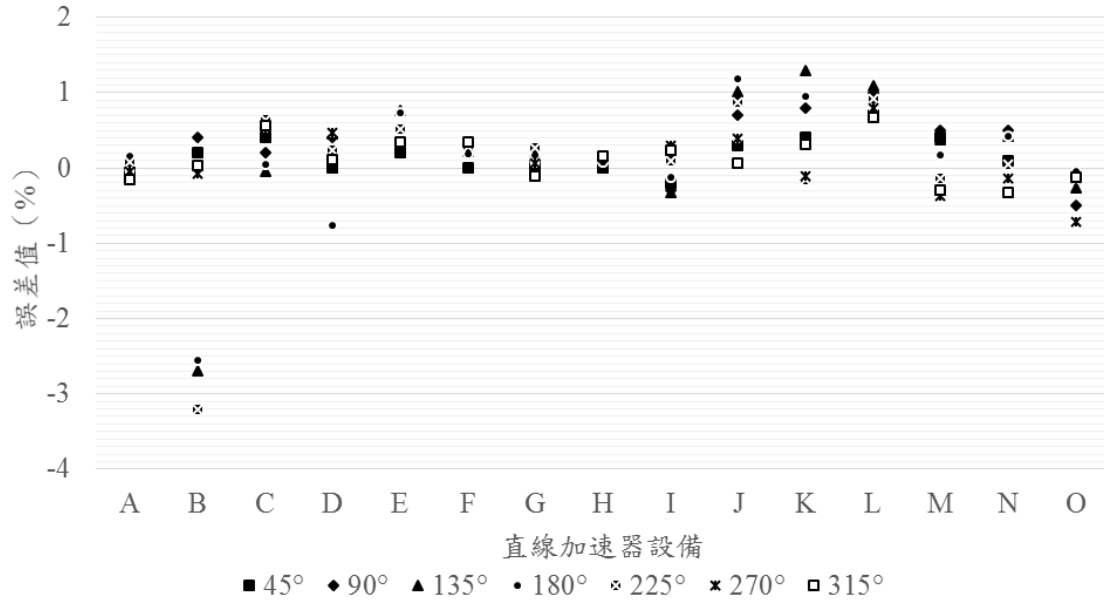


圖 33、6 MV 無整平濾片光子射束於不同角度時劑量輸出誤差  
(容許誤差值建議應為  $\pm 1.0\%$ )

10 MV 無整平濾片光子射束之量測結果除編號 A、B、G 之直線加速器外，其餘皆符合容許誤差值，如圖 34 所示。又編號 A 之直線加速器量測結果在機頭角度 135 度、180 度、225 度有較低之量測值乃因其量測假體之特性使其射束路徑經過較多衰減物質所致。而編號 B、G 之機台分別在機頭角度 225 度及 180 度小幅度偏離容許誤差值建議值  $\pm 1.0\%$ ，其原因可能為量測游離腔之架設誤差所致。

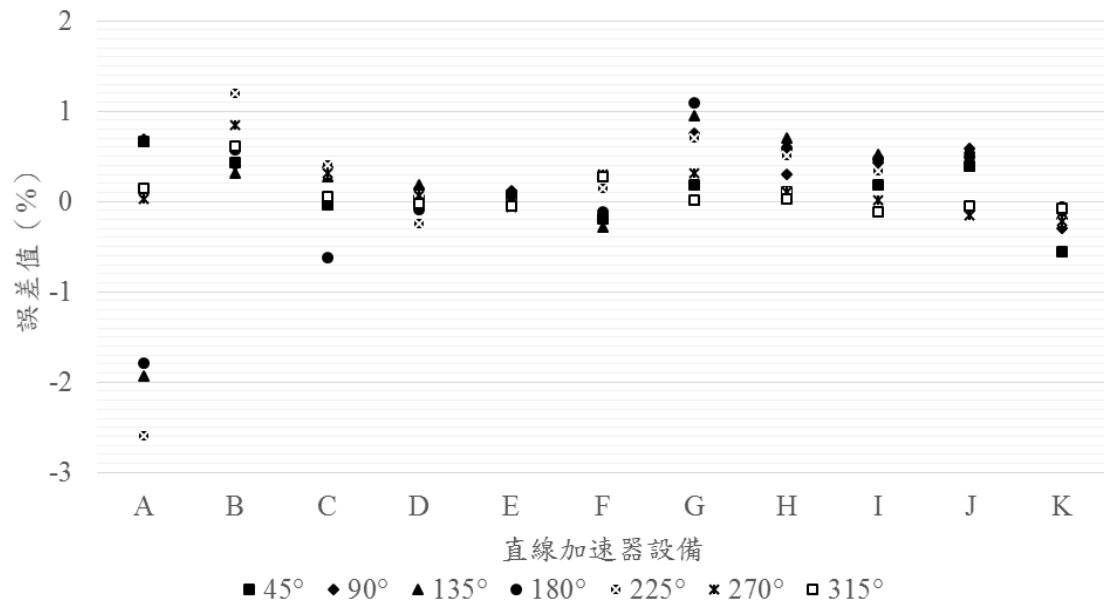


圖 34、10 MV 無整平濾片光子射束於不同角度時劑量輸出誤差  
(容許誤差值建議應為  $\pm 1.0\%$ )

### c. 無整平濾片光子射束 MU 值線性度

此項目之 6 MV、10 MV 無整平濾片技術 MU 值線性度量測結果皆符合容許誤差值建議  $\pm 2.0\%$ ，如圖 35、36 所示。

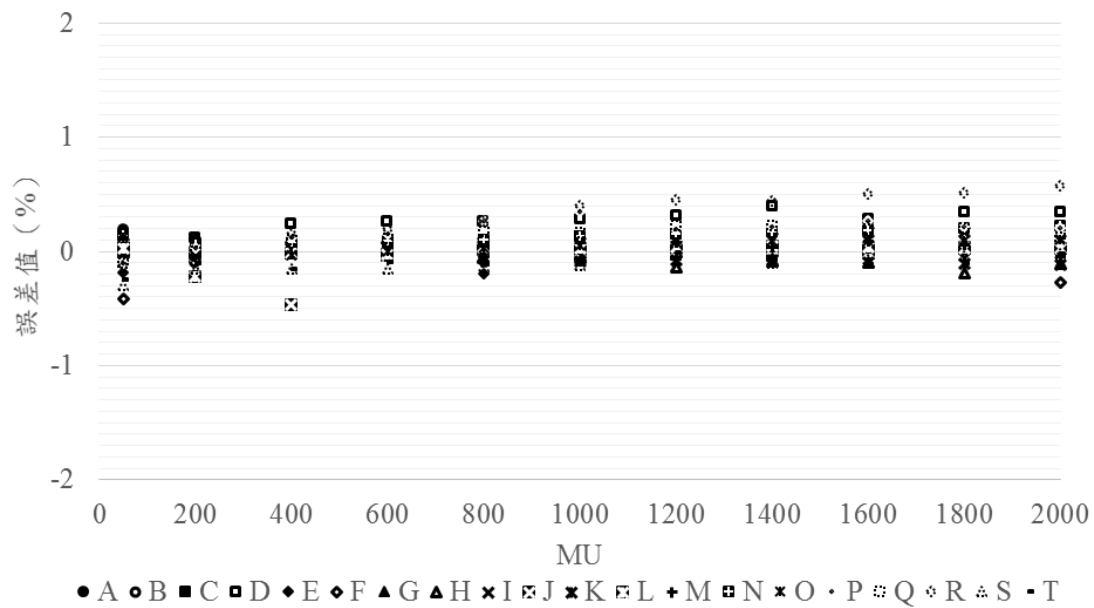


圖 35、6 MV 無整平濾片光子射束 MU 值線性度量測結果

(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

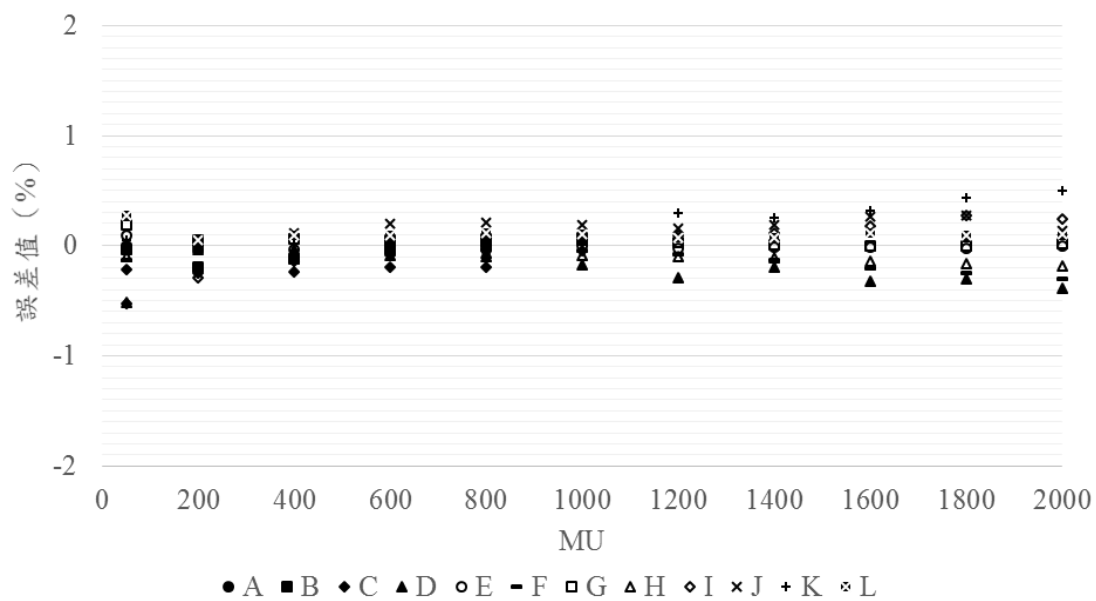


圖 36、10 MV 無整平濾片光子射束 MU 值線性度量測結果

(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

d. 無整平濾片射束剖面劑量分佈一致性校驗

6 MV、10 MV 無整平濾片技術之橫切面、縱切面劑量剖面對稱性量測結果如圖 37、38 所示。6 MV 無整平濾片技術之橫切面劑量剖面分佈一致性、縱切面劑量剖面分佈一致性量測結果皆符合容許誤差值建議  $\pm 2.0\%$ ，如圖 39、40 所示。10 MV 無整平濾片技術之橫切面劑量剖面分佈一致性、縱切面劑量剖面分佈一致性量測結果皆符合容許誤差值建議  $\pm 2.0\%$ ，如圖 41、42 所示。

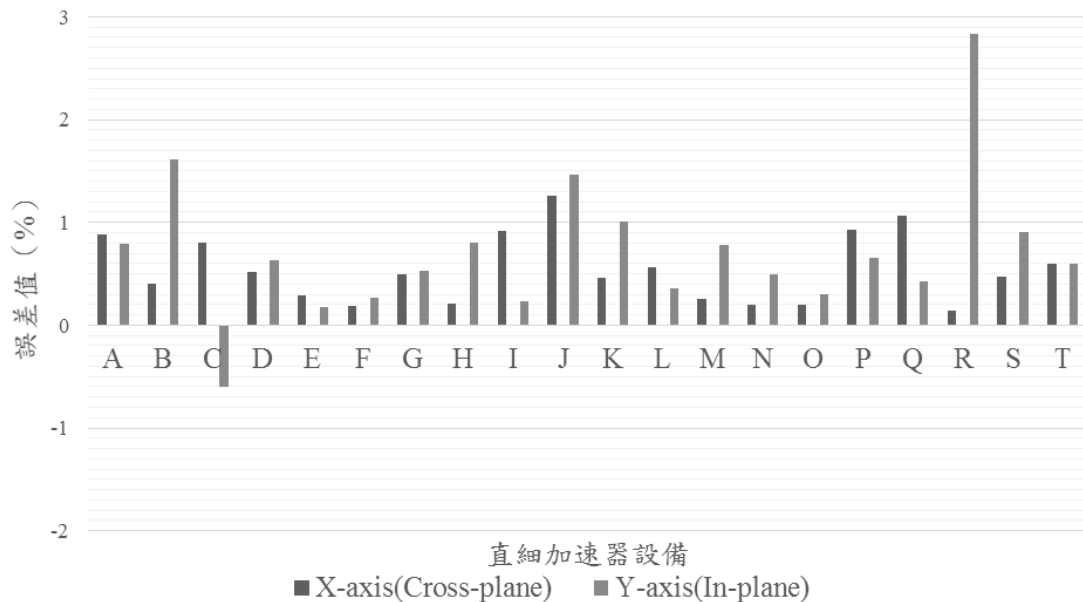


圖 37、6 MV 無整平濾片光子射束劑量剖面對稱性

(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

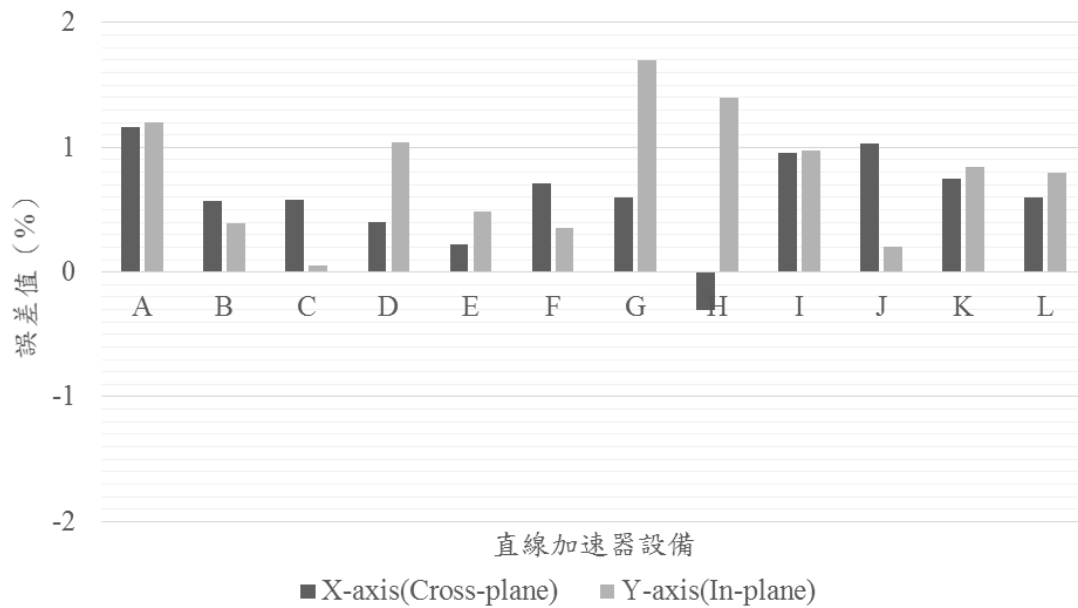


圖 38、10 MV 無整平濾片光子射束劑量剖面對稱性  
(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

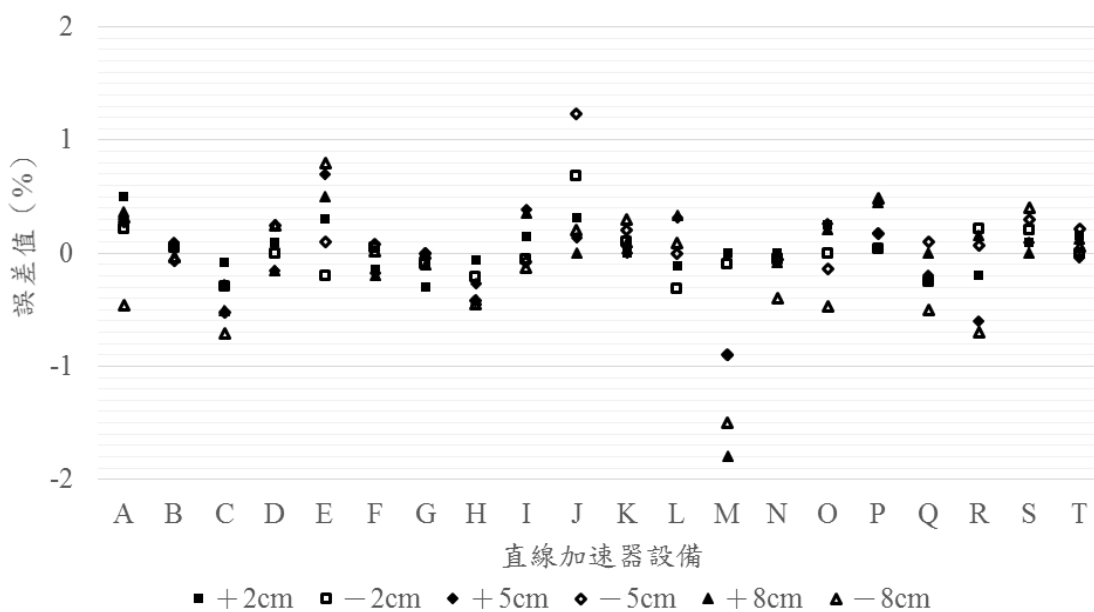


圖 39、6 MV 無整平濾片光子射束橫切面劑量剖面分佈一致性  
(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )



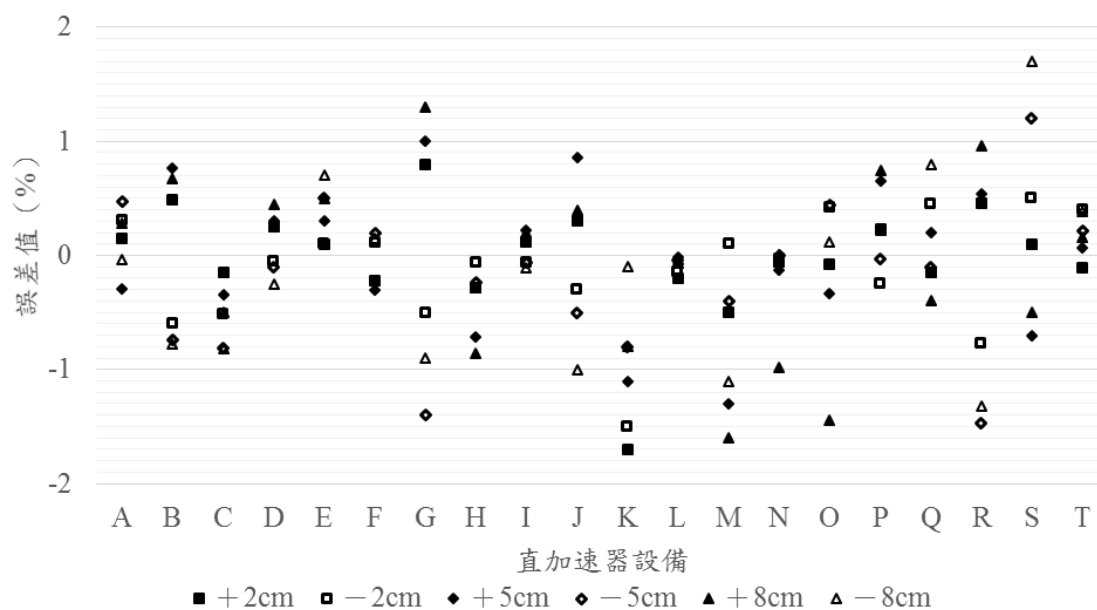


圖 40、6 MV 無整平濾片光子射束縱切面劑量剖面分佈一致性

(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

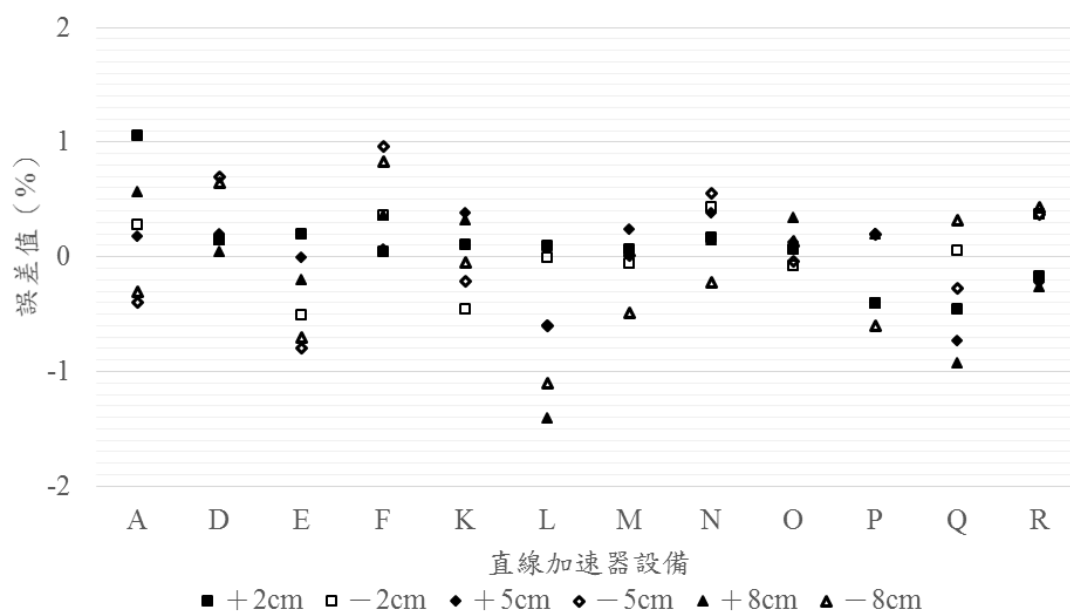


圖 41、10 MV 無整平濾片光子射束橫切面劑量剖面分佈一致性

(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

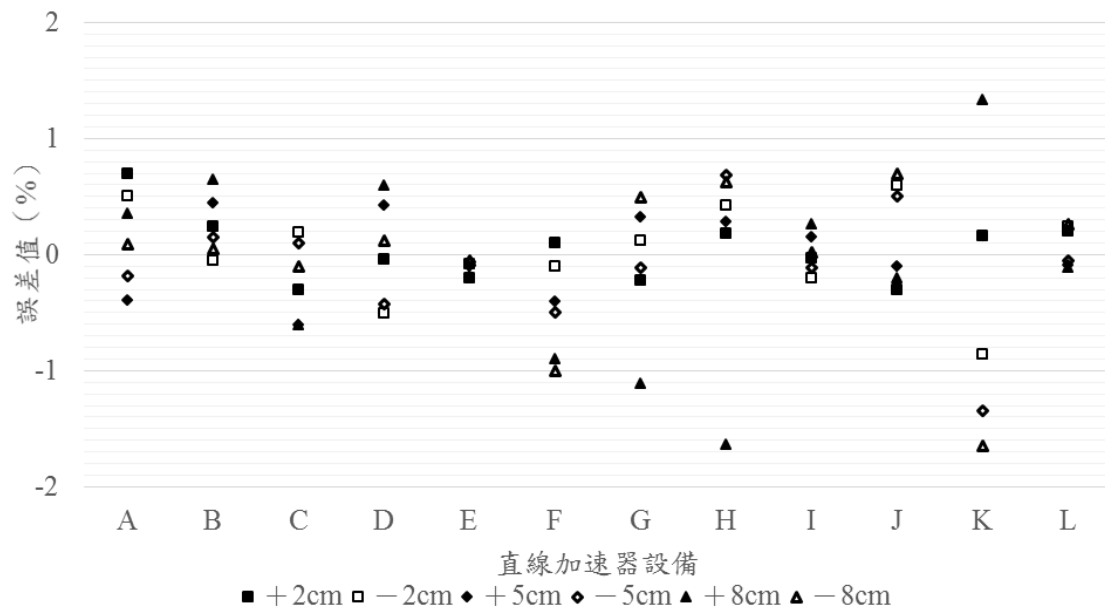


圖 42、10 MV 無整平濾片光子射束縱切面劑量剖面分佈一致性

(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

## 七、 結論與建議

- (一) 112 年完成 105 台使用中放射治療設備，包含醫用直線加速器、含放射性物質之遙控後荷式近接治療設備、電腦斷層治療機、電腦刀與加馬刀之輻射安全與醫療曝露品保作業檢查。兩年完成執行國內所有使用中放射治療設備，受檢項目皆符合輻射醫療曝露品質保證標準的規定。依目前現場訪查結果，臨床單位所使用之放射治療設備，皆可符合現行輻射醫療曝露品質保證標準規範，因此現行標準規範較可貼近臨床單位進行和達到輻射醫療曝露。
- (二) 完成依現行《輻射醫療曝露品質保證標準》規範製作電腦斷層治療機、電腦刀與加馬刀之品質保證精進作業示範教學影片，以供國內臨床參考使用。
- (三) 完成新型放射治療技術劑量驗證及其品質保證作業精進與臨床可行性評估，其中包含 20 台低分次高劑量技術劑量驗證及品質保證作業現況訪查與研究和 20 台無整平濾片技術品質保證作業精進與臨床可行性評估研究，共計 40 台。
- (四) 低分次高劑量技術劑量驗證及品質保證作業根據問卷調查結果顯示，在有執行此劑量驗證之單位中，多數單位皆以點劑量及 2D 劑量分布兩種驗證方式在其治療計畫開始前進行測量，且點劑量量測結果評估標準為與 TPS 計算值之劑量差異  $\pm 2.0\%$ ，視為通過；2D 劑量分布驗證結果評估標準訪查單位，多數訂定為 SBRT 技術 gamma criteria 3 % / 3 mm，gamma passing rate  $\geq 95\%$  視為通過。

現況訪查表格結果顯示，此一治療技術大多用在治療部位為頭部、肺臟、肝臟的癌症病患，且在治療過程中皆會搭配影像導引技術以修正誤差。臨床單位依研究人員草擬出之初版臨床通用劑量驗證作業程序，並搭配單位各自所擁有不同驗證程序完成現場訪查，且提出相關問題與建議，而後本計畫研究團隊提出修正，建議臨床之通用劑量驗證作業程序。然而，低分次高劑量技術劑量驗證及品質保證作業尚未納入我國品保法規，故並非所有醫院皆會執行，若此劑量驗證程序能普及國內臨床單位，將可提升放射治療之品質，增進病患之福祉。

- (五) 無整平濾片技術已有劑量一致性品保作業納入我國品保法規，其項目訪查結果皆符合規範容許誤差值  $\pm 2.0\%$ 。本計畫其他品質保證作業項目，如無整平濾片光子射束 MU 線性度 (monitor unit linearity) 及無整平濾片光子射束劑量率輸出一致性 (dose rate output constancy) 容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ ；不同機頭角度下之無整平濾片光子射束劑量輸出一致性容許誤差值建議應為  $\pm 1.0\%$ 。

前段所述之無整平濾片光子射束 MU 線性度、不同機頭角度下之無整平濾片光子射束劑量輸出一致性及無整平濾片光子射束劑量率輸出一致性等，尚未納入我國品保法規，各臨床單位皆以科內既有之劑量量測設備進行操作，故量測結果可能因其設備而有所差異，但仍能從同單位定期操作之紀錄觀察到劑量輸出結果之變化，可作為此技術之品質保證參考依據。若臨床操作人員較不熟悉操作流程，抑或是缺少實作經驗，建議訪查單位可與設備廠商及其他臨床單位進行意見交流及經驗分享。

## 八、 研究績效

112 年度計畫完成如下成果：

(一) 完成論文投稿共二篇：

1. Study the Quality Assurance Control Operation and Project Improvement on Medical Exposure of Radiotherapy Equipments (2022-2023)；2023 中華民國醫學物理學會第 10 屆第 1 次會員大會暨學術研討會，海報論文發表。
2. 不同機頭角度下之無整平濾片射束輸出劑量一致性評估；2023 中華民國醫學物理學會第 10 屆第 1 次會員大會暨學術研討會，海報論文發表。

(二) 博士生培育一人；碩士生培育一人。

(三) 完成教育訓練課程：112 年 2 月 25 日，新型放射治療技術劑量驗證及其品質保證作業精進與臨床可行性評估研究。

(四) 品保作業示範教學影片共 3 支：

1. 電腦斷層治療機。
2. 電腦刀。
3. 加馬刀。

本計畫為兩年期，全期計畫之統計及其餘執行成果，可參考附件二。

## 附件一 放射治療設備輻射安全及醫療曝露品保作業檢查執行步驟

此項目為延續 111 年之工作內容，將完成全國放射治療設備輻射安全及醫療曝露品保作業檢查，其執行步驟與細節，如以下所示。

進行全國使用中醫用直線加速器之醫療曝露品質保證作業檢查，於二年期內完成既有使用中直線加速器之檢查作業，檢查數據每 2 週彙整後送核能安全委員會；並分析上述檢查結果，參考國際趨勢，提出精進醫療曝露品保法規之建議；工作流程如圖 1 所示。

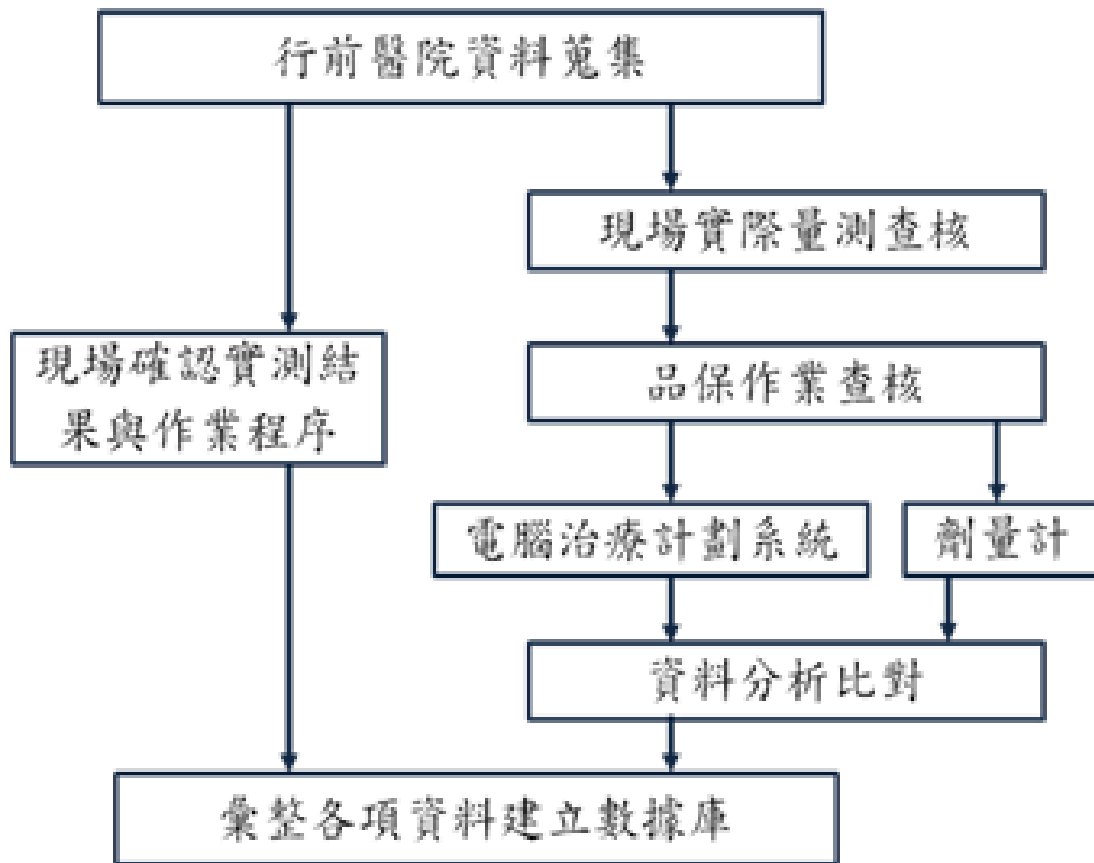


圖 1、治療設備輻射安全及醫療曝露品保作業檢查與品質提升之工作流程。

## 1. 資料蒐集

### (1) 放射治療設備之詳細資料彙整

蒐集國內所有使用中之放射治療設備機型的詳細資料，設備包括，醫用直線加速器、含放射性物質之遙控後荷式近接治療設備、電腦斷層治療機、電腦刀及加馬刀；詳細資料包含各醫療單位之基本資料、設備／物質執照號碼，有效日期（撤廢日期，停用截止日期，查封日期）、廠牌、型號、裝設日期、光子射束能量、電子射束能量、MLC 型號、MLC 最大及最小寬度、IGRT 系統型號、電腦治療計畫系統型號。

### (2) 品保作業之詳細資料彙整

彙整國內所有放射治療醫療單位執行品保作業的完整資料，包括劑量校驗使用方法及其詳細參數、劑量校驗假體、品保使用設備、游離腔及電量計校驗報告、環境偵檢器校驗報告、設備品保作業人數…等。依醫療業務單位所使用之方法，蒐集 AAPM TG-21、TG-51、TG-148、TRS-398 載有詳細參數資料之工作表格，取得校驗報告的校正參數後方能依循議定書的步驟執行劑量量測。

### (3) 「輻射醫療曝露品質保證標準」作業內容資料

檢閱每年、每月執行品保作業之情形、品保作業操作程序書、品保作業校驗項目實施頻次及容許誤差值、輻射醫療曝露品質保證組織專業人員表。

## 2. 書面審查

研究團隊依據蒐集的資料，討論各放射治療業務單位執行品保作業的正確性與適當性。若發現有明顯失當之處，將立即與該單位聯繫，確認問題所在，並立即尋求解決的方法。

## 3. 品保作業實測檢查之查核項目

- (1) 醫用直線加速器檢查項目：包含光子及電子輸出劑量、光子及電子束中心軸於治療深度之劑量參數、光子及電子射束剖面劑量分佈一致性、光子及電子對稱性、多葉準直儀葉片遷移速度、多葉準直儀葉片位置準確度。
- (2) 含放射性物質之遙控後荷式近接治療設備檢查項目：包含輻射源速率、輻射源強度、輻射源停留位置及時間。
- (3) 電腦斷層治療機檢查項目：包含光子輸出劑量、光子射束中心軸於治療深度之劑量參數、確認射束長軸及橫軸剖面劑量之穩定性、治療床垂直升降、前進後退及水平測試。
- (4) 電腦刀檢查項目：包含光子輸出劑量、光子射束中心軸於治療深度之劑量參數、光子對稱與平坦性、治療床移動準確性及影像導引系統準確性、葉片位置準確度。
- (5) 加馬刀檢查項目：包含輸出劑量、治療計畫系統中心位置與量測中心位置之準確性、計時器準確性及輻射與機械中心點吻合測試、病患定位系統與治療系統機械中心點的一致性。



#### 4. 品保作業實測檢查操作程序

##### (1) 醫用直線加速器

###### I. 光子及電子射束輸出劑量

- 醫用直線加速器旋轉臂，置於鉛垂向下方向（ $0^\circ$ 或 $180^\circ$ ）。開至參考照野（如：光子射束照野  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ，電子射束錐筒照野  $15 \times 15 \text{ cm}^2$ ）。
- 將劑量測量設備（例如：Farmer 式游離腔、固態假體及精密電量計等），擺設妥當並置於固定位置（例如：光子射束，射源至中心軸距離為 100 公分；電子射束，射源至表面距離為 100 公分，游離腔密合置入固態假體中，光子射束量測位置為等水深度 5 公分，電子射束量測位置為射束中心軸最大劑量深度）。如圖 2 所示。

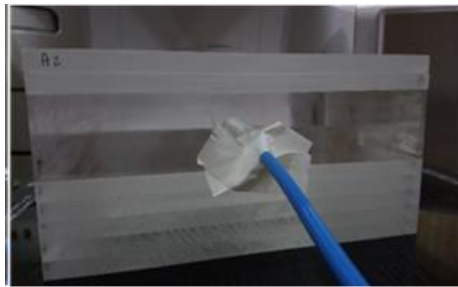


圖 2、醫用直線加速器光子射束輸出劑量之測量

- 量測所有能量的光子及電子射束，逐一照射固定的監測單位（monitor unit，MU）值，記錄量測值並作溫壓修正。
- 參考 AAPM TG-21 或 TG-51 議定書的方法，將量測值換算為劑量值。
- 劑量值與基準值作比較，並記錄其差異值。

## II. 光子及電子射束中心軸於治療深度之劑量參數

光子射束：

- 使用組織假體比（tissue-phantom ratio，TPR）的量測技術。
- 量取某一參考照野不同深度的 TPR 值（如：照野  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ，深度 5 公分及 15 公分）。與基準值比較，記錄其差異值。

電子射束：

- 使用百分深度劑量的量測技術。
- 量取某一參考照野臨床治療深度（如：照野  $15 \times 15 \text{ cm}^2$ ，80 % 劑量深度）的 PDD 值，與基準值比較，記錄其差異值。

## III. 光子及電子射束之一致性與對稱性

- 加速器旋轉臂置於鉛垂向下方向（ $0^\circ$  或  $180^\circ$ ）；加速器準直儀置於  $0^\circ$  或  $180^\circ$ 。
- 開至射束平坦性及對稱性校正之參考照野（如：光子射束照野  $20 \times 20 \text{ cm}^2$ ，電子射束錐筒照野  $20 \times 20 \text{ cm}^2$ ）。
- 將劑量測量設備擺設妥當並置於固定位置（如：SSD = 100 公分，光子射束量測深度 10 公分，電子射束量測中心軸最大劑量深度位置）。
- 量測所有能量的射束，逐一量測沿中心軸之橫切面方向及縱切面方向的射束劑量分布圖。參考一致性及對稱性計算公式，記錄 80 % 照野範圍內之射束一致性及對稱性數據。

## IV. 多葉準直儀葉片遷移速度（此項作業適用於使用動態強度調控與動態弧形強度調控治療技術的加速器）

- 使用儀器廠商內建檔案或自行設定之多葉準直儀葉片遷移序列檔案。

- 加速器旋轉臂分別置於水平方向  $90^\circ$  及  $270^\circ$ ，執行設定的強度調控多葉準直儀葉片遷移序列檔案，計算多葉準直儀葉片遷移速度。
- 記錄分析結果，確認符合建議容許值。

#### V. 多葉準直儀葉片位置準確度

- 使用儀器廠商內建檔案或自行設定之多葉準直儀葉片位置準確度校驗檔案（例如：picket fence 檔案）。
- 加速器旋轉臂置於  $0^\circ$  或  $180^\circ$  或  $90^\circ$  或  $270^\circ$ （每月執行不同方向），SSD 設定為 100 公分。
- 開啟光照野系統使照野形狀投影在輻射成像膠片或方格紙上。以光照野或輻射照野分析葉片位置準確度。
- 記錄分析結果，確認符合建議容許值。

### (2) 含放射性物質之遙控後荷式近接治療設備

#### I. 輻射源速率

- 將裝療管（applicator）連接到近接治療設備。
- 操作機器使射源前進至最大距離位置，藉由監視系統觀察近接治療設備射源搖桿的轉動狀態，以計時器記錄所需時間並與基準值作比較，記錄其差異值。

#### II. 輻射源強度

- 以校正過的井型游離腔（well-type chamber）實測射源活度，查驗與射源輸入文件上所載經衰變修正後之射源強度，記錄其差異值。如圖 3 所示。



圖 3、透過井型游離腔實測射源活度。

- 列印出當時射源強度值，與射源置入時活度經衰減的計算值相比對，觀察其是否符合標準。

### III. 輻射源停留位置

- 連接裝療管與近接治療設備後，於裝療管上平貼輻射變色軟片，同時在裝療管頂部位置處做記號。
- 操作設備使用步距 2.5 毫米、5.0 毫米於射源位置 1，10，20 處停留曝露輻射。
- 量測輻射變色軟片上黑化區中心處距離及位置，記錄其差異值。

### IV. 輻射源停留時間

- 連接裝療管與近接治療設備。
- 操作機器，使射源停留固定時間（例如：60 秒）。
- 藉由監視系統觀察近接治療設備射源搖桿的轉動狀態，量測實際射源停留的時間。比較實際量測與電腦設定值，記錄其差異值。

### (3) 電腦斷層治療機

#### I. 輸出劑量

- 治療儀照射角度設定於鉛垂向下方向 ( $0^\circ$ )，開至參考照野 ( $5 \times 40 \text{ cm}^2$ )。
- 將劑量量測設備 (游離腔、固態假體及電量計等) 擺設妥當並置於固定位置 (SAD 或 SSD 為 85 公分，游離腔密合插入固態假體中，量測位置為等水深度 1.5 公分)。
- 量測光子射束，照射固定時間，如：1 分鐘。記錄量測值並作溫壓修正。
- 參考 AAPM TG-21 或 TG-51 或 TG-148 號議定書的方法將量測值換算為劑量值。
- 劑量值與基準值作比較，並記錄其差異值。

#### II. 光子射束中心軸於治療深度之劑量參數

- 使用組織假體比或百分深度比的量測技術。
- 量取某一參考照野不同深度的 TPR 值 (如：照野大小  $5 \times 40 \text{ cm}^2$ ，深度 1.5 公分及 10 公分)。與基準值比較，記錄其差異值。

#### III. 確認射束長軸及橫軸剖面劑量之穩定性

- 架設水假體來量測縱軸及橫軸剖面劑量，並與接收測試時的基準值比較，記錄其差異值。
- 量測照野大小  $5 \times 40$ 、 $2.5 \times 40$ 、 $1.0 \times 40 \text{ cm}^2$  之縱軸及橫軸剖面劑量圖，與基準值比較，記錄其差異值，在平坦區需小於  $\pm 2.0\%$ ，在梯度區需小於 2 毫米。

#### IV. 治療床垂直升降、前進後退及水平測試

- 治療床上放置尺，並將床高移至定位雷射之橫面（SAD = 85 公分）。
- 操作治療床垂直升降，將治療床上下各移 10 公分，移動時觀察位置位移變化情形，差異需小於  $\pm 2.0\%$ 。
- 治療床上放置尺，並將床高移至定位雷射之橫面（SAD = 85 公分）
- 操作治療床前進後退移動，各方向 10 公分，移動時觀察位置位移變化情形，差異需小於  $\pm 2.0\%$ 。
- 將水平儀放置在治療床的四個角落，量測治療床橫向及縱向之水平。
- 量測時將治療床遠離治療機，觀察各位置水平變化情形，並記錄之。

#### (4) 電腦刀

##### I. 輸出劑量

- 在 SAD 為 800 毫米下架設假體，裝上初始校正時的準直錐筒（cone）。
- 將游離腔裝置於初始校正時深度（如：1.5 公分）。
- 依 AAPM TG-21 或其他報告書作業，進行劑量測量，並計算劑量值。

##### II. 光子射束中心軸於治療深度之劑量參數

- 在 SAD 為 800 毫米下架設固態水假體，裝上 6 公分的準直錐筒。

- 分別將游離腔裝置於最大劑量深度及 10 公分深處，施予照射及計讀。
- 將計讀的 PDD (10 cm) 值與初始驗收時的 PDD 值相比對，確保其差異值小於  $\pm 2.0\%$ 。

### III. 光子對稱與平坦性

- 在 SSD 為 800 毫米下架設固態水假體，裝上 6 公分的準直錐筒。
- 將游離腔裝置於最大劑量深度。
- 移動治療床，分別計讀中心點及其前、後、左、右 2 公分處等共 5 個點的劑量值。
- 以中心點值為分母，前、後、左、右 2 公分處值為分子，求出 OCR (off-center ratio) 值。
- 將此 OCR 值與初始驗收時的 OCR 值相比對，確保其值正常。
- 上述作業也可用輻射變色軟片或 Beam Profiler 代替。

### IV. 治療床移動準確性及影像導引系統(target locating system, TLS) 準確性

- 在 SSD 為 800 毫米下將方格紙置於治療床上，分別移動治療床上、下、前、後、左、右各 10 公分，檢視其顯示是否正確。
- 先取得假體的一組電腦斷層影像，透過電腦治療計劃系統完成此假體兩組分別為 45 度及 315 度方向的數位重組影像。
- 將假體置於電腦刀的治療床上，以 kV-X 光機先取得一組數位影像 (digital radiography, DR)，再與電腦治療計劃的 DRR (digitally reconstructed radiograph) 實際比對其頭顱的相對位置。

- 透過具有比對功能的軟體，治療床會自動移動至包括 5 度以內上下旋轉角的正確的治療位置，但是治療床左右旋轉角（順／逆時鐘）則需要手動調整。
- 待治療床調整完畢後，TLS 系統再依據移動數據和實際的量測值計算出靶區平移軸（translation）、旋轉軸（rotation）的誤差。

#### V. 葉片位置準確度

- 於電腦刀控制室電腦（UCC）選取 Physics 至 MLC collimator 選項，執行 MLC 初始化（Initialization）。
- 機頭鎖上原廠提供之 LWFH build-up（Light Weight Film Holder build-up）假體，仔細將依據 LWFH 模板裁剪過之膠片（例如：EBT film）黏貼於 LWFH back scatter 假體上後組合 LWFH back scatter 假體與 LWFH build-up 假體。
- 在電腦刀控制室電腦中選取 Picket Fence 照射程序確認照射參數（如表 2）後執行照射。

表 2、Picket Fence Test 照射參數表

| 項目           | 設定值      |
|--------------|----------|
| Strip Width  | 10 mm    |
| Gap          | 0 mm     |
| MU Per Strip | 170      |
| Direction    | X1 to X2 |

- 每月輪流照射機頭角度分別為 0 度、90 度、270 度之影像。
- 使用膠片品保分析軟體（例如：Radiological Imaging Technology，RIT），記錄分析結果，確認符合建議容許值。



## (5) 加馬刀

### I. 輸出劑量

- 選用 18 毫米之準直儀，配合已校正之小型游離腔，置於半徑 8 公分之假體中，並架於治療機上量測中心點之讀值，並記錄環境溫度壓力。
- 歸零電量計並待其穩定後，所有人員離開治療室關上治療室門。
- 量測前暖機數分鐘，每次照射 1 分鐘，記錄至少五次的讀值，平均後經溫壓與校正因子修正，計算劑量輸出（cGy / min），與預期值比較得其百分誤差。誤差需在  $\pm 2.0\%$  內。

### II. 輻射與機械中心點吻合測試

- 將輻射變色軟片剪成適當之大小後置於直徑 8 公分之球形假體中，並於中心點進行標記。
- 將假體球架在治療機上對球中心點給予足夠之劑量使輻射變色軟片黑化。
- 使用輻射變色軟片掃描儀掃描輻射變色軟片，以輻射變色軟片劑量之分析軟體畫出兩個中心軸之劑量剖面分布。
- 分析針洞與劑量剖面中心之位置差異是否小於容許值。

### III. 治療計畫系統中心位置與量測中心位置之準確性

- 臨床在不利用輻射變色軟片及假體之情況下，多採用本身電腦系統座標之（100，100，100）與內部偵測點進行觀測。
- 偵測點由外部慢慢進入治療機中心位置，當兩者之位置符合時偵測點之量測值將與電腦治療計畫系統劑量一致，且此時顯示座標位置則可知中心位置之準確性。

#### IV. 計時器準確性

- 以經校正過的計時器比對加馬刀軟體之計時準確性，誤差需在 0.01 分鐘內。

#### V. 病患定位系統與治療系統機械中心點的一致性

- 進入加馬刀控制系統中品質保證畫面，選取焦點精確度檢查（focus precision）。
- 於治療室裝設 QA 工具，並與頭架接合器相接至機器上固定位置（如固定病患般）。
- QA 工具接好纜線後，於控制室按下開始按鈕，由系統自動執行。
- 焦點精確度偵測完會自動顯示於名目位置(nominal position)、計算偏移（calculated deviation）和結果（result）區域內。焦點精確度的計算偏移與系統中儲存的位置相比較，結果為通過（passed）或失敗（failed）。
- 按下儲存（save）鍵，儲存本次焦點精確度檢查日期與結果。

## 附件二 兩年全期計畫執行成果統整

### 一、放射治療設備輻射安全及醫療曝露品保作業檢查與品質提升

全台總計共 150 台醫用直線加速器、33 台遙控式後荷近接治療機、20 台電腦斷層治療機、9 台加馬刀及 5 台電腦刀，總共 217 台放射治療設備，本計畫將分兩年完成臨床品保作業，如下表 1。111 年完成放射治療設備現場查核工作共 112 台，包含 77 台醫用直線加速器、17 台遙控式後荷近接治療機、12 台電腦斷層治療機、4 台加馬刀及 2 台電腦刀；112 年完成放射治療設備現場查核工作共 105 台，包含 73 台醫用直線加速器、16 台遙控式後荷近接治療機、8 台電腦斷層治療機、5 台加馬刀及 3 台電腦刀。

表 1、放射治療設備現場訪查數量

| 年度  | 臨床單位 | 直線加速器<br>(台) | 含放射性物質之遙控後荷式近接治療設備<br>(台) | 電腦斷層治療機<br>(台) | 加馬刀<br>(台) | 電腦刀<br>(台) | 總計<br>(台) |
|-----|------|--------------|---------------------------|----------------|------------|------------|-----------|
| 111 | 38   | 77           | 17                        | 12             | 4          | 2          | 112       |
| 112 | 52   | 73           | 16                        | 8              | 5          | 3          | 105       |
| 總計  | 89   | 150          | 33                        | 20             | 9          | 5          | 217       |

#### (一) 射束輸出劑量準確性

醫用直線加速器包含光子與電子射束，臨床使用中之光子能量包含 4、6、10、15 MV，電子能量包含 4、6、8、9、10、12、15、18 MeV，檢查結果皆能符合所規範之輸出劑量準確性於  $\pm 2.0\%$  以內。結果如圖 1 所示，高達 81.9 % 的光子射束，與 84.6 % 的電子射束，其輸出劑量準確性在  $\pm 1.0\%$  以內。

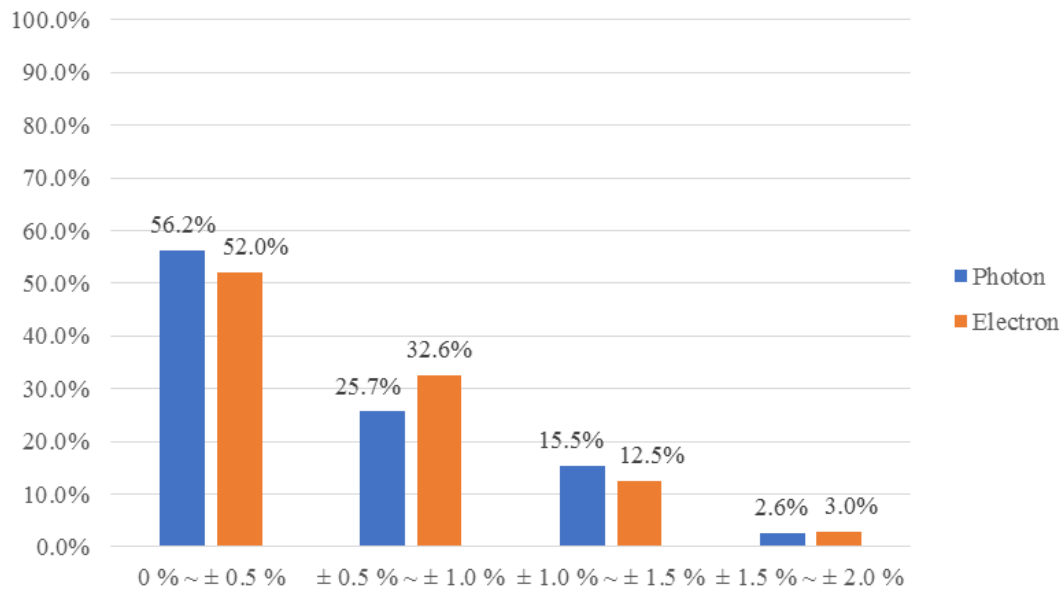


圖 1、醫用直線加速器射束輸出劑量準確性校驗結果。

## (二) 射束中心軸於治療深度之劑量參數

醫用直線加速器光子射束中心軸於治療深度之劑量參數，其量測值與基準值之差異皆符合法規  $\pm 2.0\%$  以內之規範，電子射束中心軸於治療深度之劑量參數，其量測值與基準值之差異也皆符合  $2.0\% / 2\text{ mm}$  以內之規範。總計  $96.6\%$  光子射束與  $61.2\%$  電子射束，其射束中心軸於治療深度之劑量參數差異在  $\pm 1.0\%$  以內，結果如圖 2 所示。

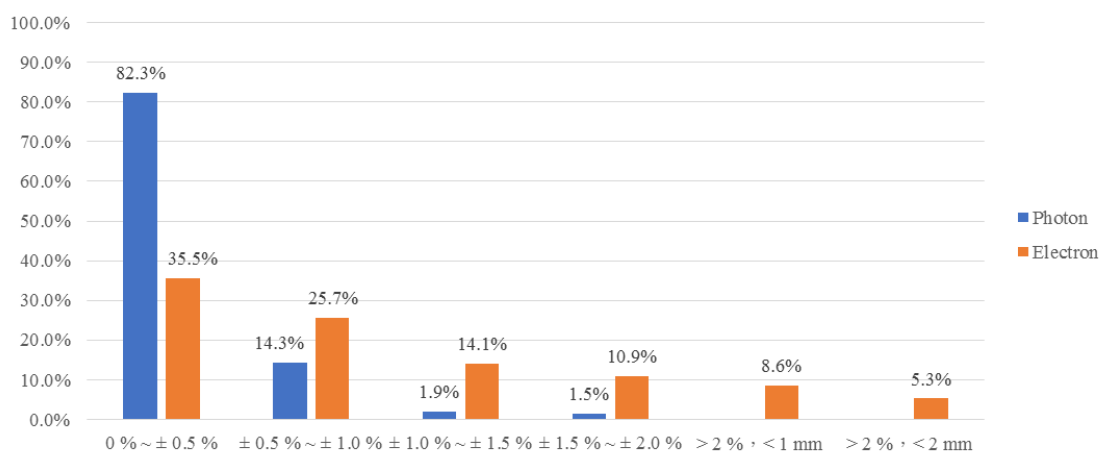


圖 2、醫用直線加速器射束中心軸於治療深度之劑量參數之結果。

### (三) 射束剖面劑量分佈一致性與對稱性

量測橫切面及縱切面的射束劑量分佈圖，記錄 80 % 照野範圍內之射束剖面劑量分佈一致性數據及對稱性數據。醫用直線加速器之射束剖面劑量分佈一致性如圖 3 所示，94.8 % 之光子射束與 91.3 % 之電子射束，其射束剖面劑量分佈一致性的差異在 $\pm 1.0\%$  以下，其餘光子射束皆符合法規規範之 $\pm 2.0\%$  以內，而電子射束亦皆符合法規規範之 $\pm 3.0\%$  以內。醫用直線加速器之射束對稱性則如圖 4 所示，81.7 % 之光子射束與 84.7 % 之電子射束，其射束對稱性差異小於 $\pm 1.0\%$  。

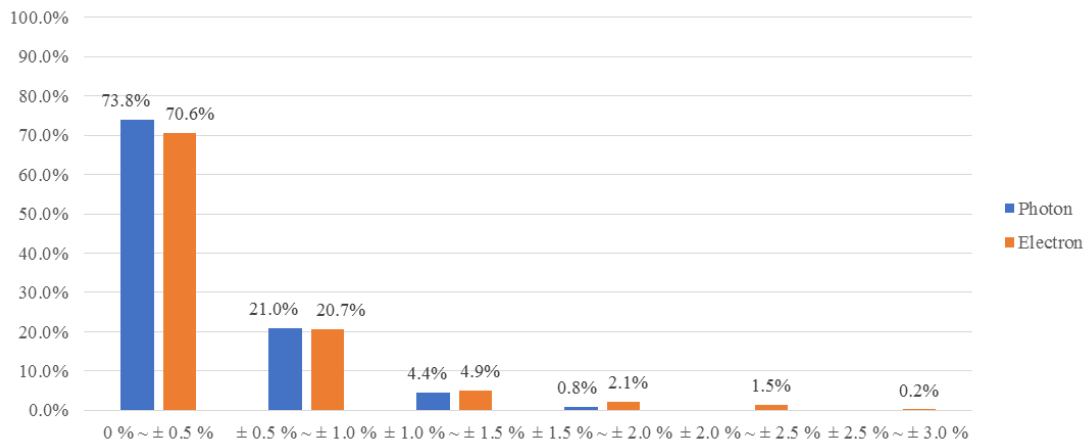


圖 3、醫用直線加速器射束剖面劑量分佈一致性檢查結果。

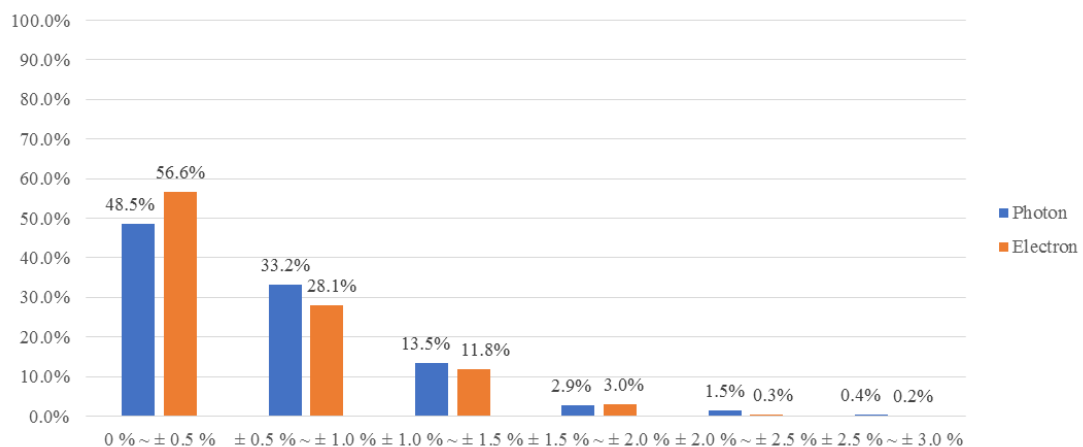


圖 4、醫用直線加速器射束對稱性檢查結果。

#### (四) 遙控後荷式近接治療機品保訪查結果

射源強度之結果如圖 5 所示，使用井型游離腔量測，與原廠活度相比之誤差皆小於  $\pm 5.0\%$ ，符合法規之規範，而計算值之誤差則皆小於  $\pm 1.0\%$ 。遙控後荷式近接治療機之其他項受檢項目，包括輻射源傳輸速率、輻射源停留位置及輻射源停留時間，其誤差皆符合法規規範之誤差容許值。

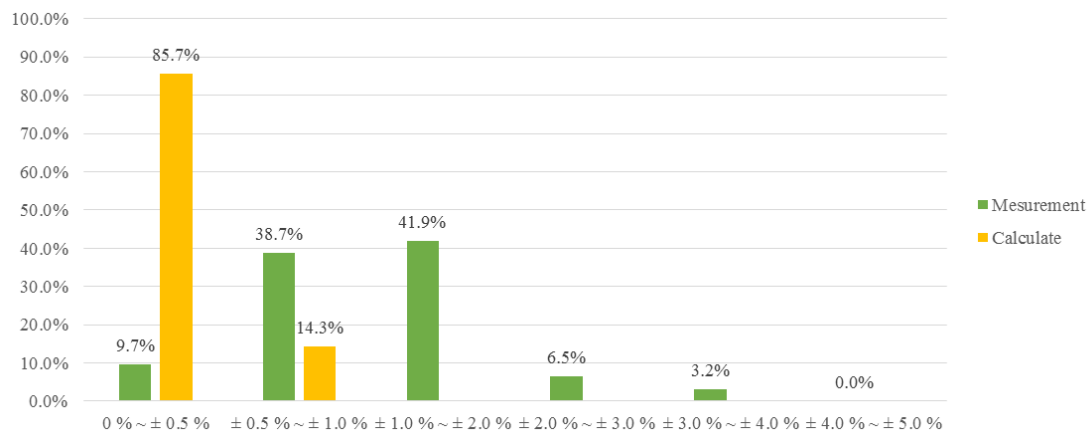


圖 5、含放射性物質之遙控後荷式近接治療設備輻射源強度統計結果。

## 二、 新型放射治療技術劑量驗證及其品質保證作業精進與臨床可行性評估研究

### (一) 111 年度—放射治療用低能量影像導引系統

針對國內臨床放射治療用低能量影像導引系統，其影像品質與導引位置準確性等相關品保項目，訪查設備進行分析。111 年度收取共計 41 台低能量影像導引系統品質保證作業結果，包含 36 台直線加速器及 5 台電腦斷層治療儀。操作執行之物理師皆以 105 年擬訂之 IGRT QA record worksheet 為準則。

## 1. 醫用直線加速器

### A. CBCT 影像導引治療床位移準確性

X 軸向及 Y 軸向誤差值皆符合誤差容許值建議：非立體定位放射手術（治療） $\leq 2.0$  mm，立體定位放射手術（治療） $\leq 1.0$  mm，結果如圖 6 所示。此外，Z 軸向誤差值結果 95 % 以上皆符合誤差容許值建議。

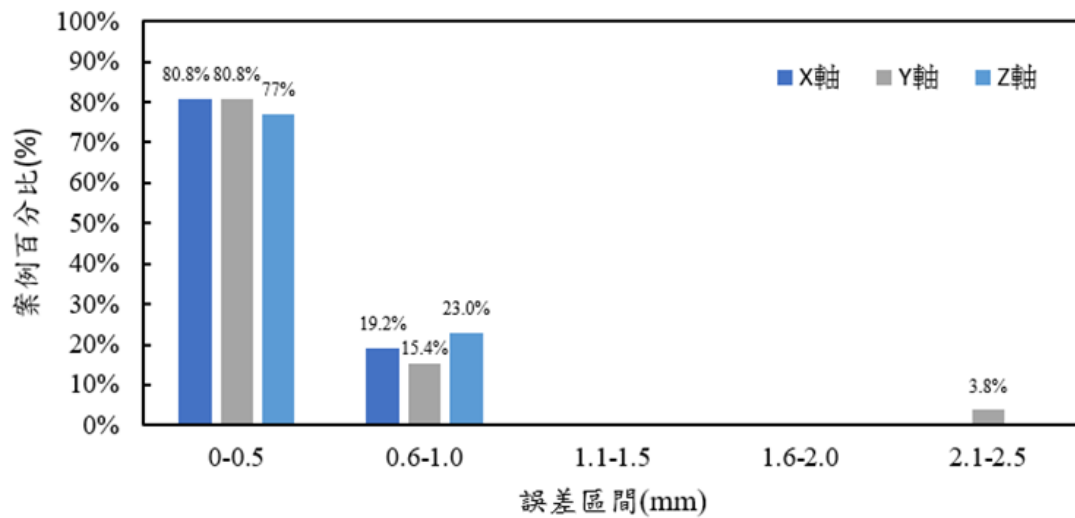


圖 6、直線加速器 CBCT 影像導引治療床位移準確性訪查結果

### B. 2D kV 影像方向準確性

誤差值皆符合誤差容許值建議：非立體定位放射手術（治療） $\pm 1^\circ$ ，立體定位放射手術（治療） $\pm 0.5^\circ$ ，結果如圖 7 所示。

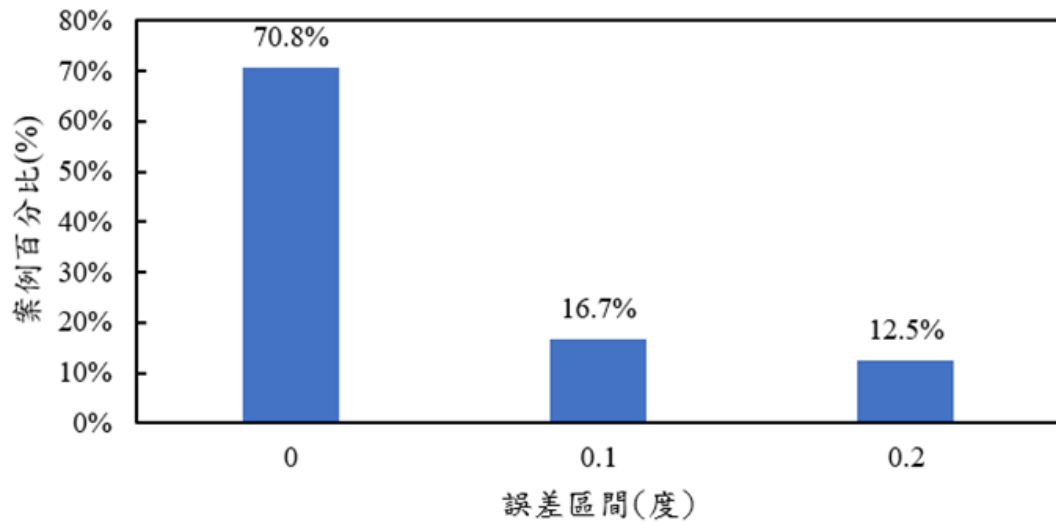


圖 7、2D kV 影像方向準確性訪查訪查結果

### C. CBCT H&N 高對比（空間）解析度

所使用之影像校驗假體為 Catphan phantoms，使用型號依各單位配備不同包含 model 503、504、604。誤差值統計結果 75 % 以上皆符合誤差容許值建議：CBCT 影像  $\geq 5$  line pair / cm，結果如圖 8 所示。

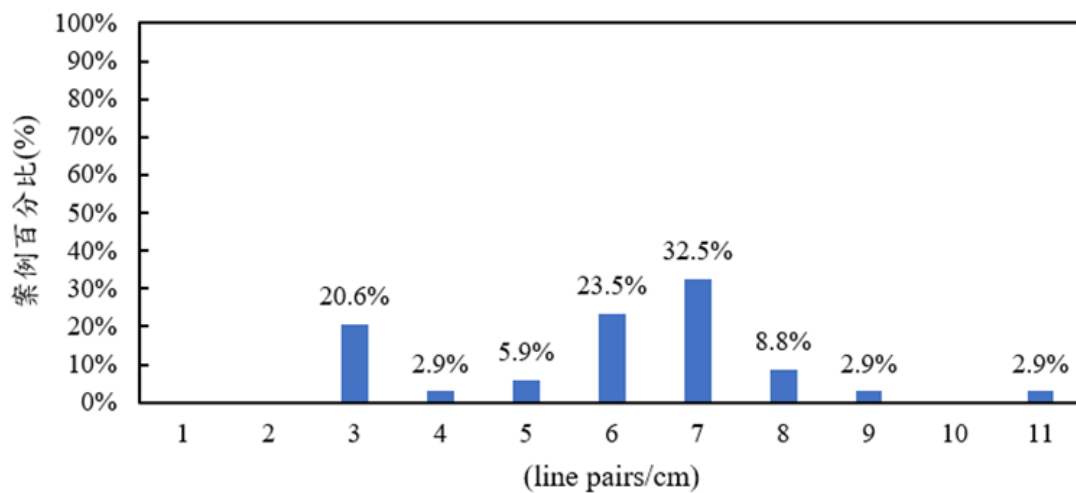


圖 8、CBCT H&N 高對比（空間）解析度訪查結果



#### D. 2D kV 低對比影像偵測度

所使用之影像校驗假體皆為 TOR 18-FG，其誤差值 80 % 皆符合誤差容許值建議：kV 平面影像  $\geq 12$  Discernable Disk，結果如圖 9 所示。

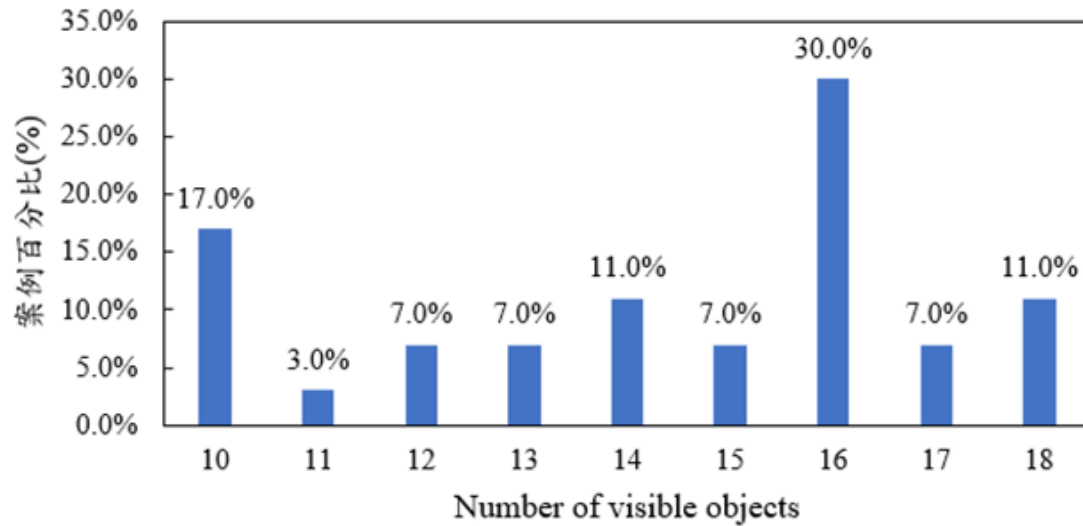


圖 9、2D kV 低對比影像偵測度訪查資料統計

## 2. 螺旋刀

### A. MVCT 影像方向準確性

量測軸向包含影像中 Pitch、Roll、Yaw 三軸，其誤差值皆符合誤差容許值建議：非立體定位放射手術（治療） $\pm 1^\circ$ ，立體定位放射手術（治療） $\pm 0.5^\circ$ ，結果如圖 10 所示。

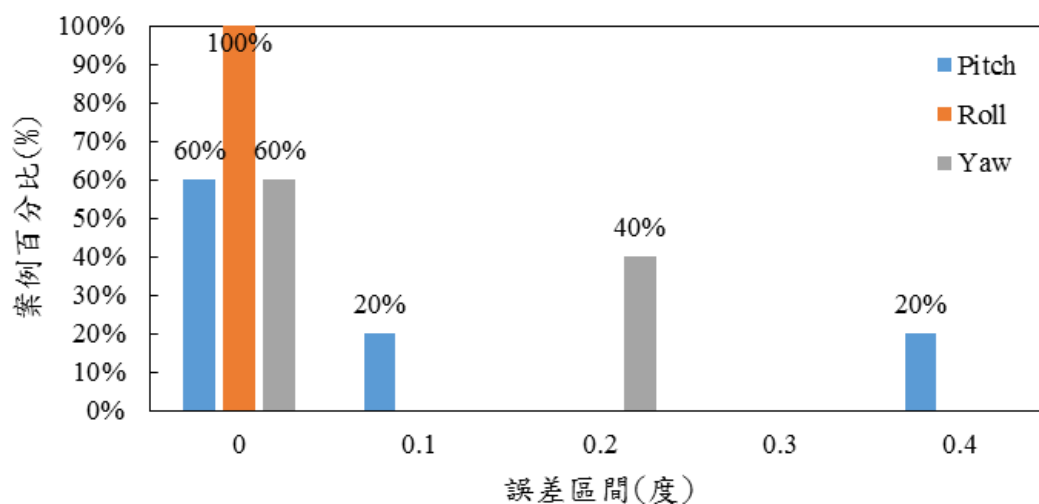


圖 10、螺旋刀影像方向準確性訪查資料統計

#### B. MVCT 影像高對比（空間）解析度

所使用之影像校驗假體皆為 Cheese phantom，其誤差值皆符合誤差容許值建議：1.6 mm object  $\geq$  第 3 行可分辨，結果如圖 11 所示。

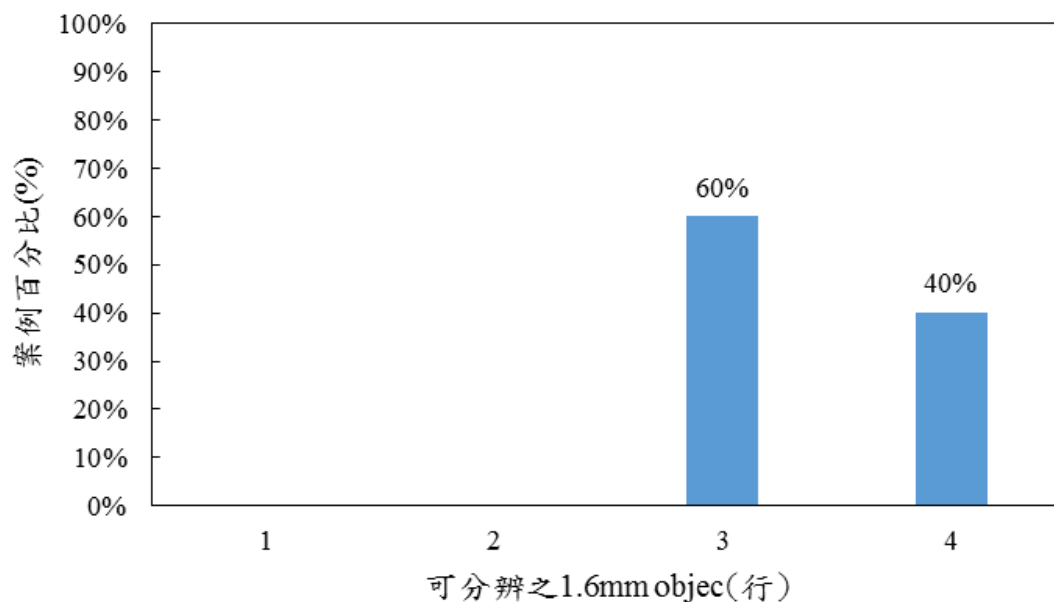


圖 11、螺旋刀高對比（空間）解析度訪查資料統計

### C. MVCT 影像低對比影像偵測度

藉由是否可在 Cheese phantom MVCT 影像中辨識出不同材質之 plug 所判定，其誤差值皆符合誤差容許值建議：Density plug visible（符合可見數量），結果如圖 12 所示。

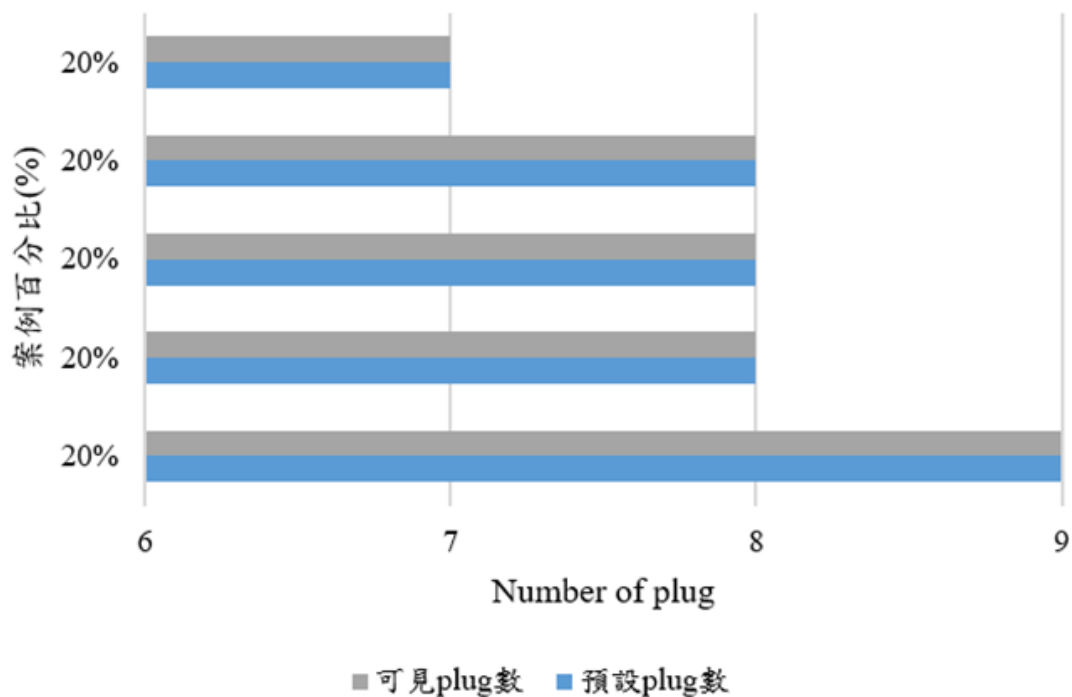


圖 12、低對比影像偵測度訪查資料統計

## (二) 112 年度

本年度共訪查 40 台新型放射治療技術之設備，訪查單位皆以 TG-142 為量測結果建議容許值。

### 1. 低分次高劑量技術劑量驗證及品質保證作業現況訪查與研究

112 年度實地訪查國內共 20 台有執行低分次高劑量放射治療技術之醫用放射治療設備，包含 18 台直線加速器、1 台電腦斷層治療儀及 1 台電腦刀；又 18 台直線加速器中，兩廠牌 Varian 及 Elekta 各佔一半台數。

### A. 點劑量驗證結果統計

10 台放射治療設備低分次高劑量技術點劑量驗證結果中，除設備 G 之量測值與 TPS 計算之劑量差異在  $\pm 3.0\%$  以外，其餘結果皆在其內，如圖 13 所示。又設備 G 之量測結果符合其單位所規範，點劑量量測結果視腫瘤大小需在  $\pm 3.0 \sim 5.0\%$  內。

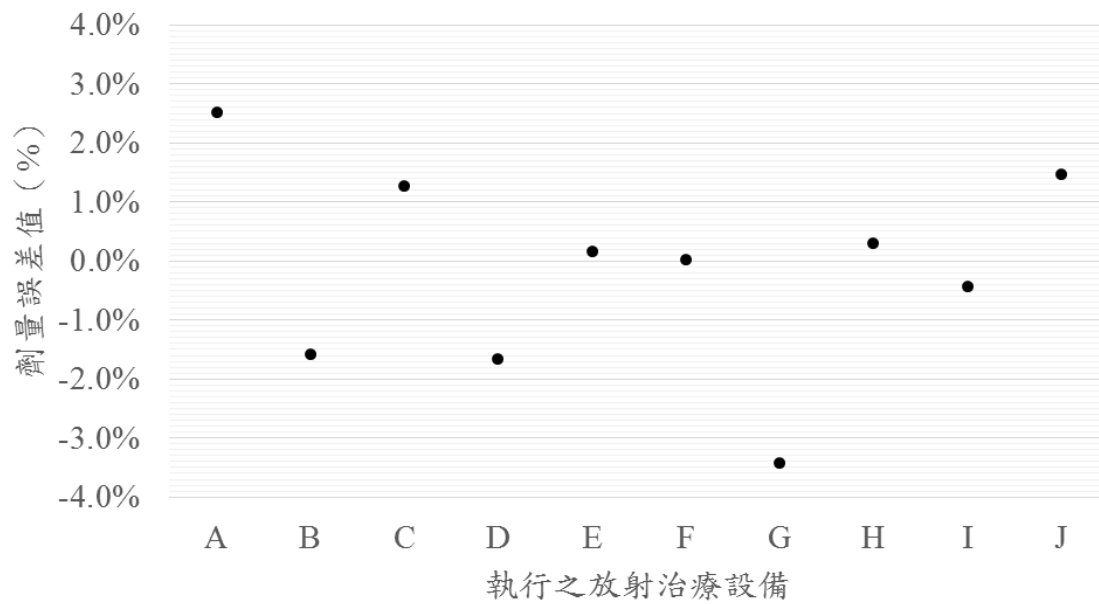


圖 13、點劑量驗證結果統計

### B. 2D 劑量分布驗證 gamma 通過率統計

18 台醫用直線加速器執行之低分次高劑量技術 2D 劑量分布驗證結果中，所有量測結果之 gamma 通過率皆大於 90%，如圖 14 所示。

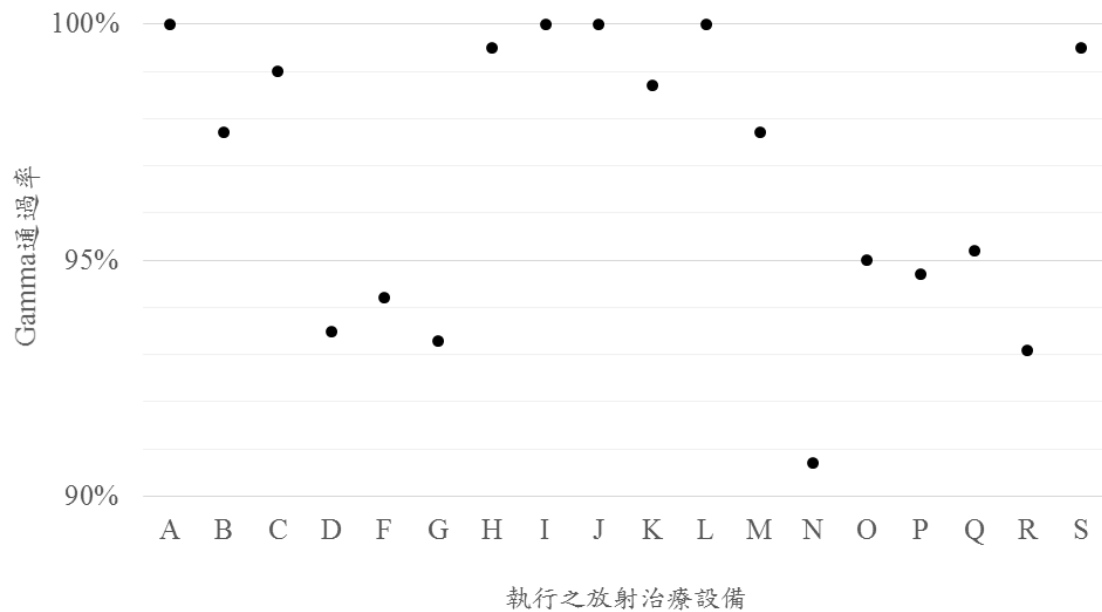


圖 14、2D 劑量分布驗證結果統計

## 2. 無整平濾片技術品質保證作業精進與臨床可行性評估研究

112 年度實地訪查國內共 20 台具無整平濾片技術之醫用直線加速器。訪查機型兩廠牌 Varian 及 Elekta 各佔一半台數。

### A. 無整平濾片光子射束劑量率輸出一致性

此量測項目之容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ 。因訪查之直線加速器廠牌不同使改變劑量率的操作方式各異，將其量測結果分別以廠牌分類呈現。Varian 廠牌及 Elekta 廠牌之醫用直線加速器 6 MV 無整平濾片光子射束量測結果皆符合容許誤差值，如圖 15、16 所示。醫用直線加速器 10 MV 無整平濾片光子射束量測結果皆符合容許誤差值，如圖 17、18 所示。

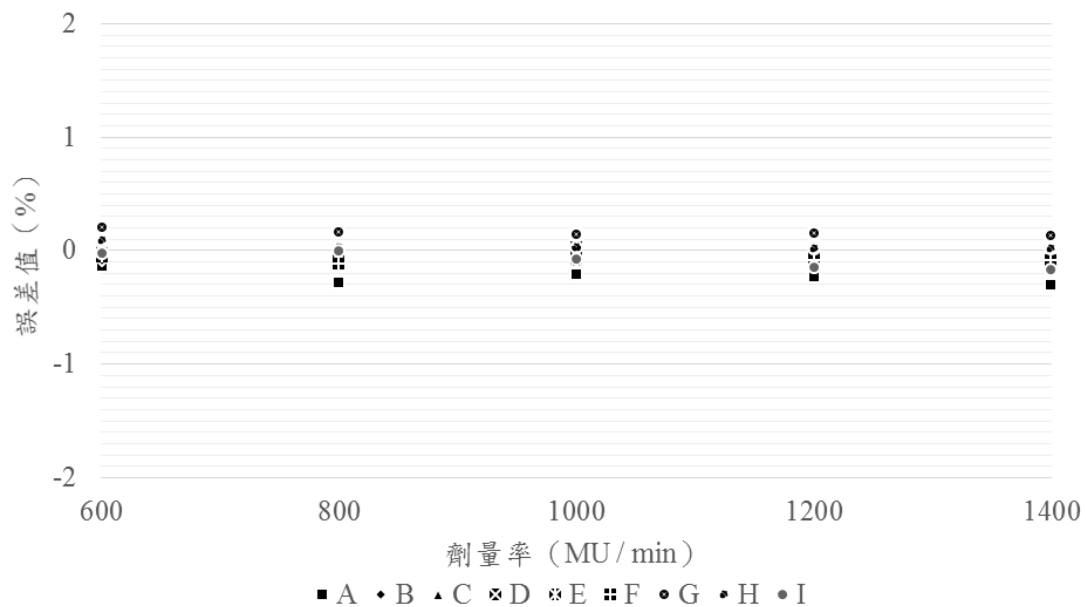


圖 15、6 MV 無整平濾片光子射束劑量率輸出一致性 (Varian)  
(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

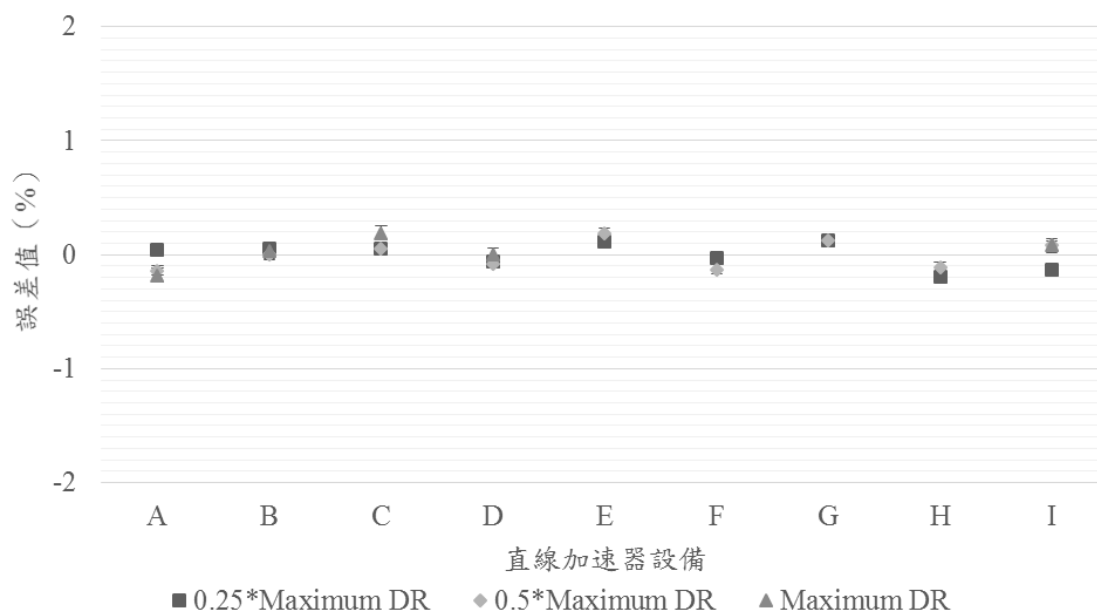


圖 16、6 MV 無整平濾片光子射束劑量率輸出一致性 (Elekta)  
(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

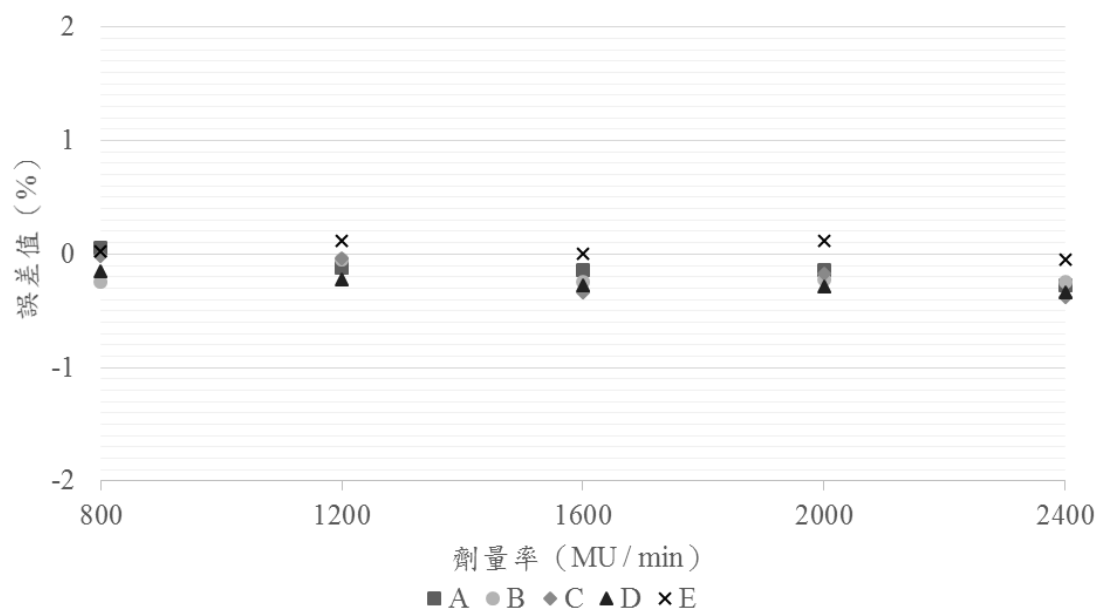


圖 17、10 MV 無整平濾片光子射束劑量率輸出一致性 (Varian)  
(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

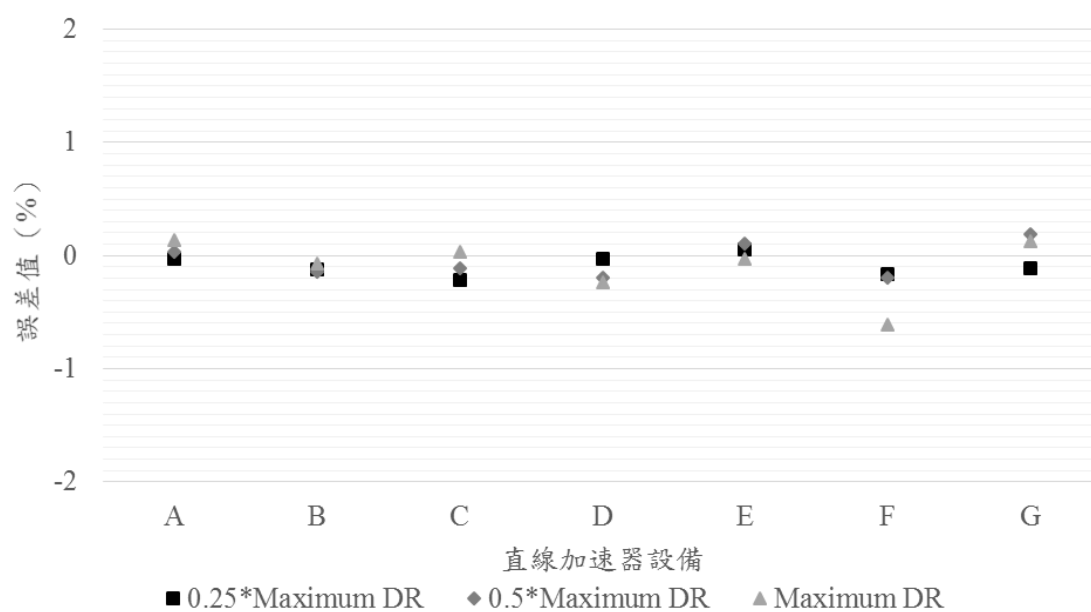


圖 18、10 MV 無整平濾片光子射束劑量率輸出一致性 (Elekta)  
(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

## B. 無整平濾片光子射束於不同角度時劑量輸出

6 MV 無整平濾片光子射束之量測結果除編號 B、J、K、L 之直線加速器外，其餘皆符合容許誤差值，如圖 19 所示。又編號 B 之直線加速器量測結果在機頭角度 135 度、180 度、225 度有較低之量測值乃因其量測假體之特性使其射束路徑經過較多衰減物質所致。而編號 J、K、L 之機台在機頭角度 180 度及 135 度小幅度偏離容許誤差值建議值  $\pm 1.0\%$ ，其原因可能為量測游離腔之架設誤差所致。

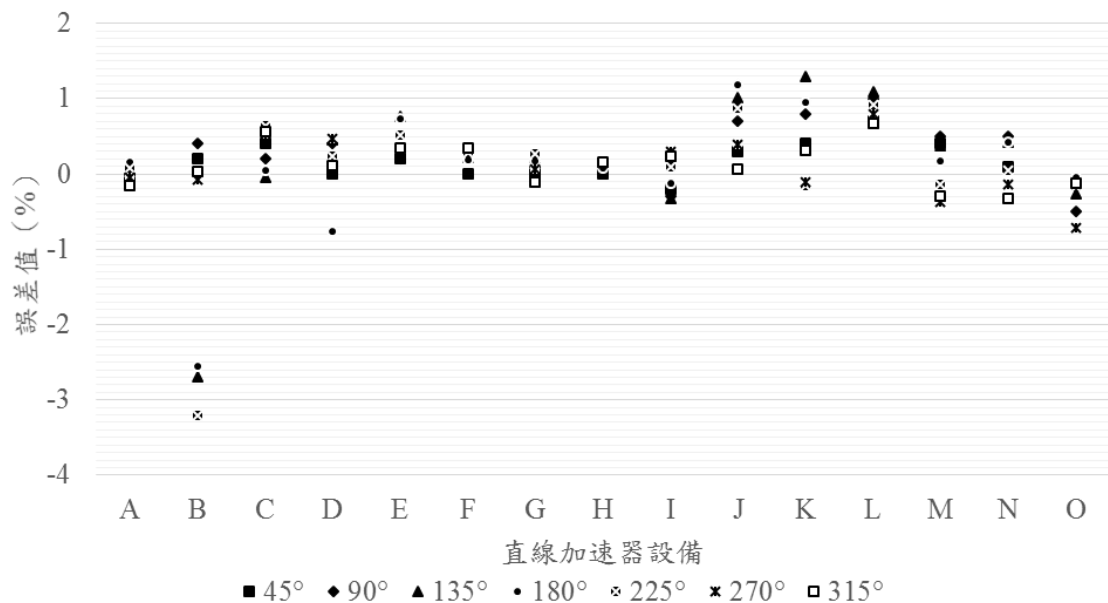


圖 19、6 MV 無整平濾片光子射束於不同角度時劑量輸出誤差

(容許誤差值建議應為  $\pm 1.0\%$ )



10 MV 無整平濾片光子射束之量測結果除編號 A、B、G 之直線加速器外，其餘皆符合容許誤差值，如圖 20 所示。又編號 A 之直線加速器量測結果在機頭角度 135 度、180 度、225 度有較低之量測值乃因其量測假體之特性使其射束路徑經過較多衰減物質所致。而編號 B、G 之機台分別在機頭角度 225 度及 180 度小幅度偏離容許誤差值建議值  $\pm 1.0\%$ ，其原因可能為量測游離腔之架設誤差所致。

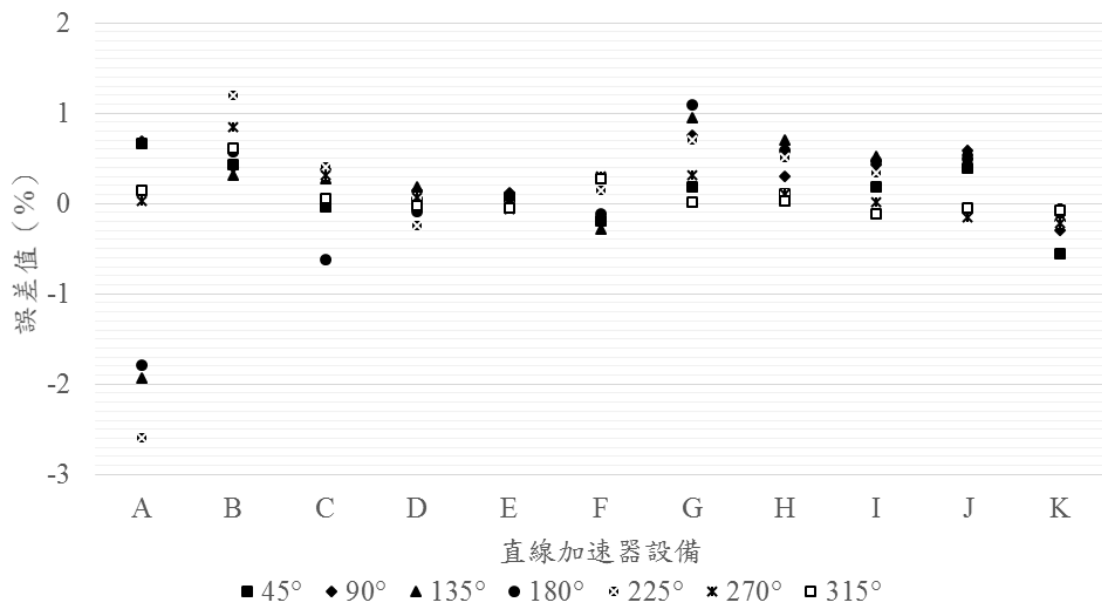


圖 20、10 MV 無整平濾片光子射束於不同角度時劑量輸出誤差  
(容許誤差值建議應為  $\pm 1.0\%$ )

### C. 無整平濾片光子射束 MU 值線性度

此項目之 6 MV、10 MV 無整平濾片技術 MU 值線性度量測結果皆符合容許誤差值建議  $\pm 2.0\%$ ，如圖 21、22 所示。

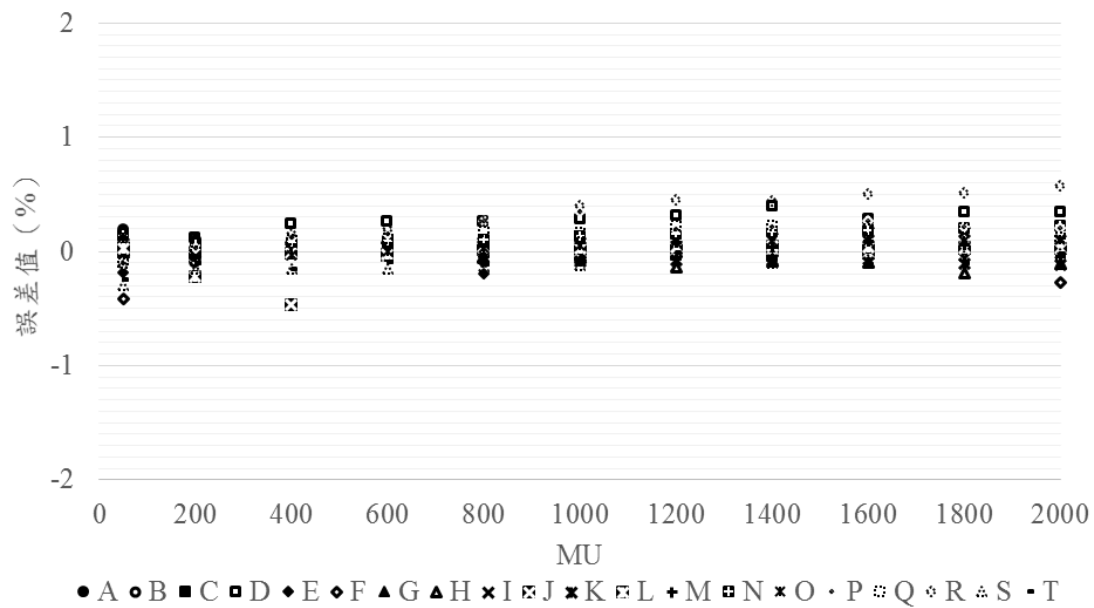


圖 21、6 MV 無整平濾片光子射束 MU 值線性度量測結果

(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

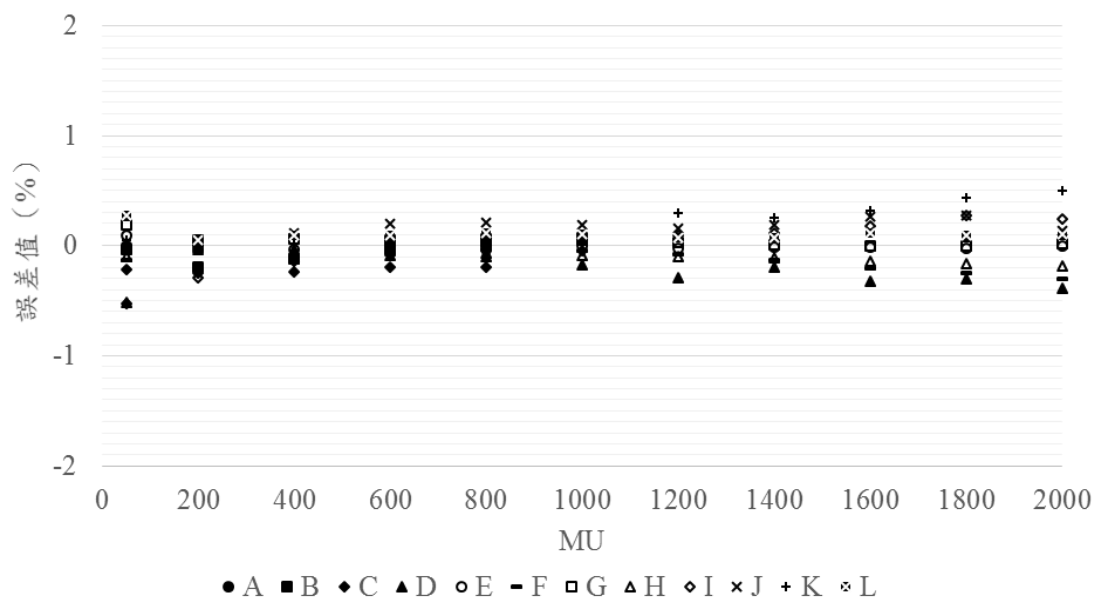


圖 22、10 MV 無整平濾片光子射束 MU 值線性度量測結果

(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

#### D. 無整平濾片射束剖面劑量分佈一致性校驗

6 MV、10 MV 無整平濾片技術之射束橫切面、縱切面劑量剖面對稱性量測結果如圖 23、24 所示。6 MV 無整平濾片技術之射束橫切面劑量剖面分佈一致性、縱切面劑量剖面分佈一致性量測結果皆符合容許誤差值建議  $\pm 2.0\%$ ，如圖 25、26 所示。10 MV 無整平濾片技術之射束橫切面劑量剖面分佈一致性、縱切面劑量剖面分佈一致性量測結果皆符合容許誤差值建議  $\pm 2.0\%$ ，如圖 27、28 所示。

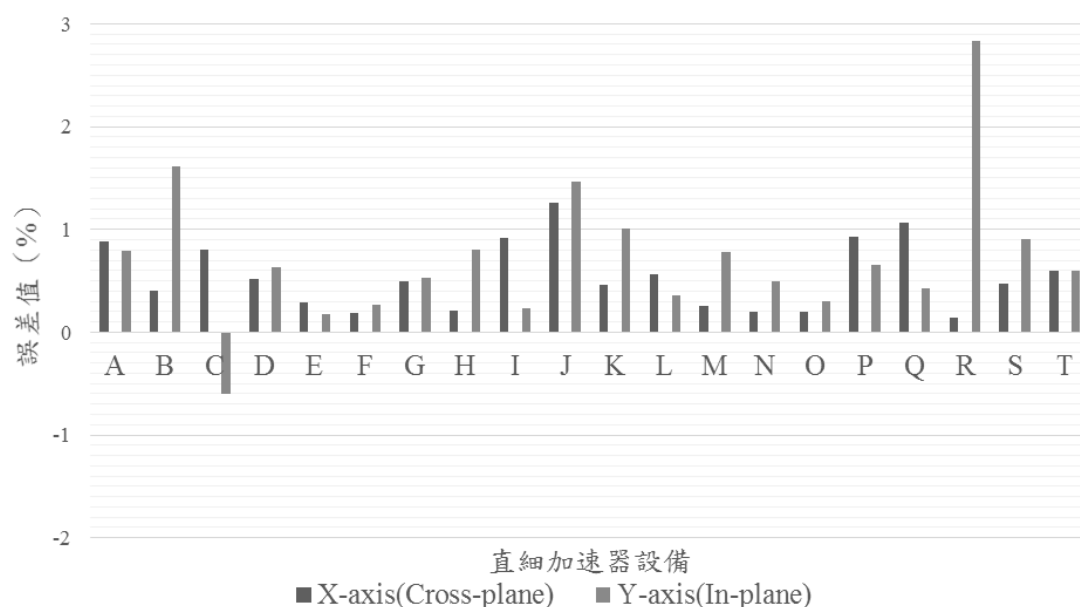


圖 23、6 MV 無整平濾片光子射束劑量剖面對稱性

(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

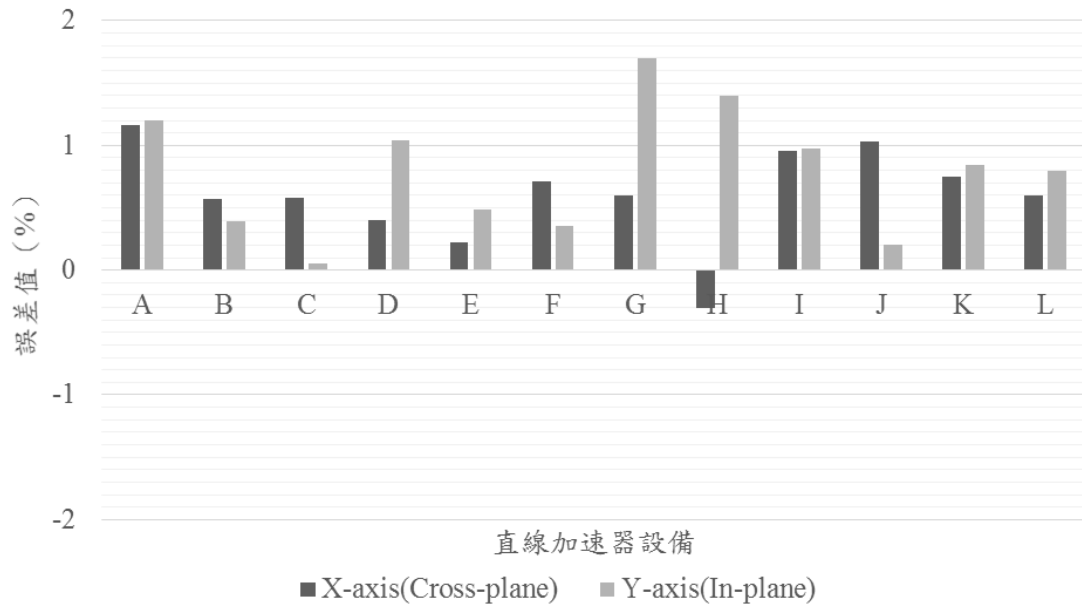


圖 24、10 MV 無整平濾片光子射束劑量剖面對稱性  
(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

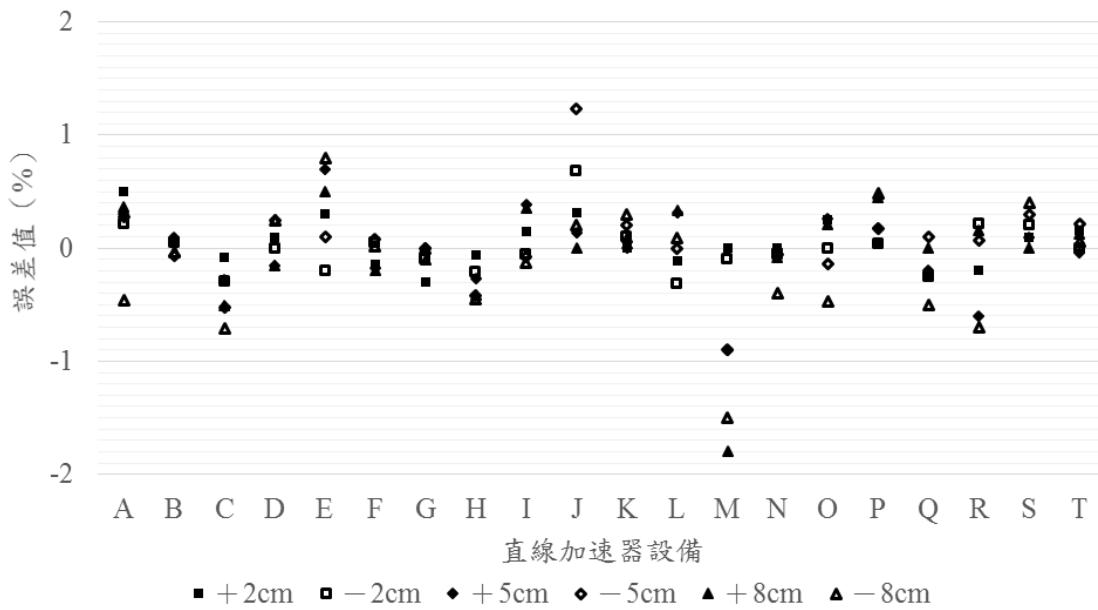


圖 25、6 MV 無整平濾片光子射束橫切面劑量剖面分佈一致性  
(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

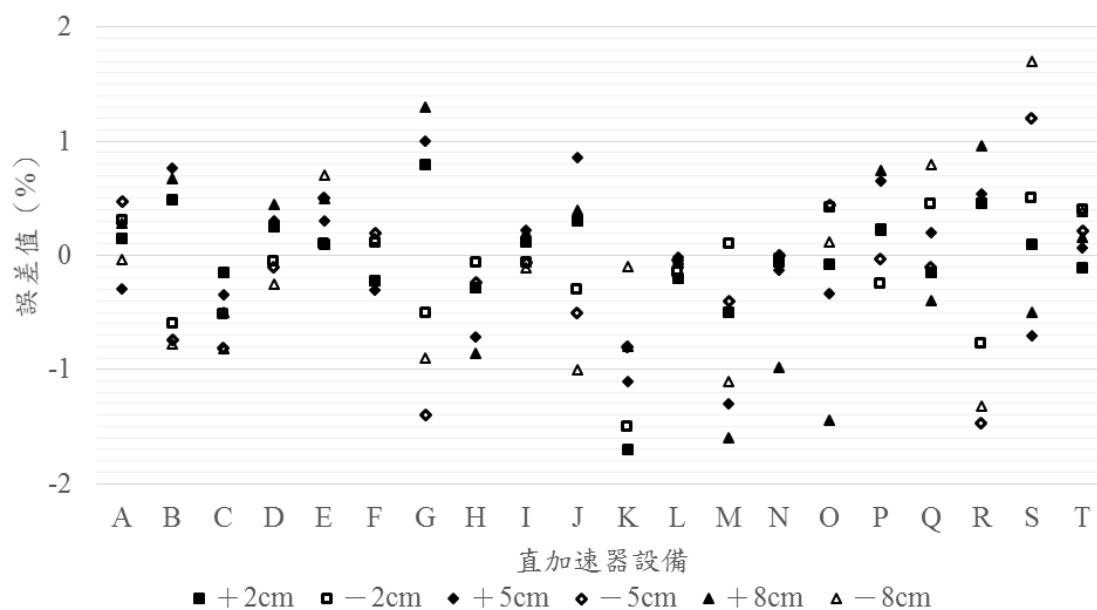


圖 26、6 MV 無整平濾片光子射束縱切面劑量剖面分佈一致性

(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

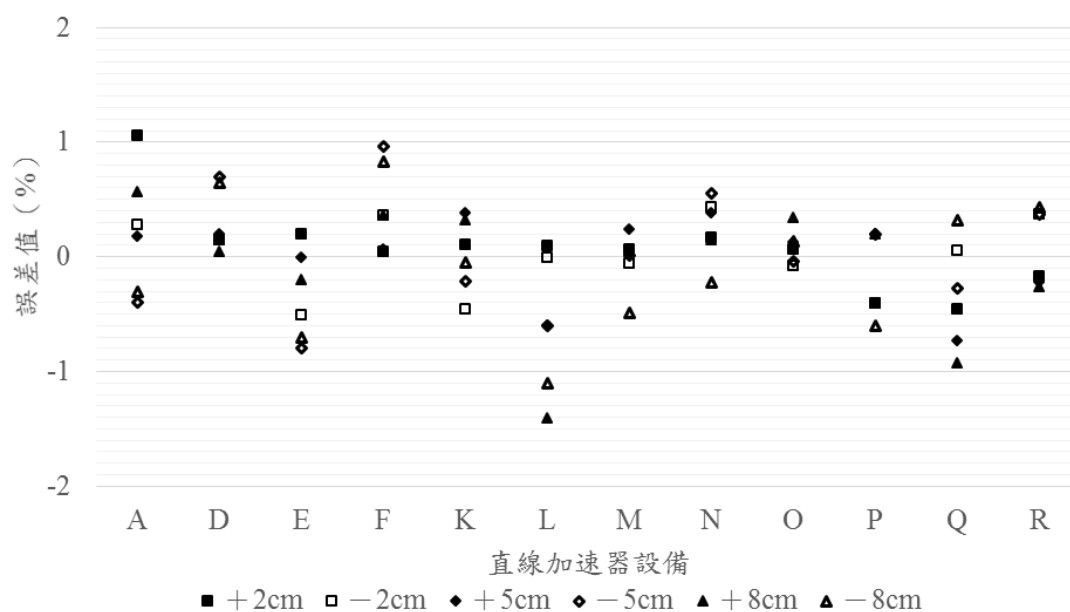


圖 27、10 MV 無整平濾片光子射束橫切面劑量剖面分佈一致性

(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

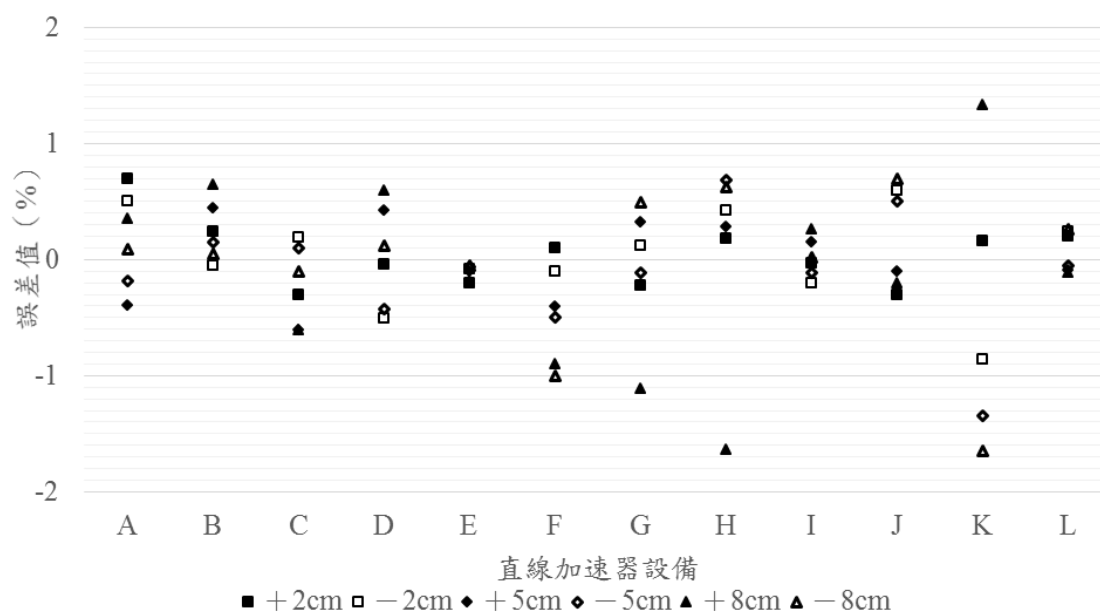


圖 28、10 MV 無整平濾片光子射束縱切面劑量剖面分佈一致性  
(容許誤差值建議應為  $\pm 2.0\%$ )

### 三、產出量化值及條列式執行成果

| 項目             | 狀態 | 111 年                             | 112 年                  |
|----------------|----|-----------------------------------|------------------------|
| 論文投稿           | 預期 | 3                                 |                        |
|                | 實際 | 2                                 | 2                      |
| 博碩士生培育         | 預期 | 2                                 |                        |
|                | 實際 | 2                                 | 2                      |
| 品保作業<br>示範教學影片 | 預期 | 5                                 |                        |
|                | 實際 | 2<br>(醫用直線加速器、含放射性物質之遙控後荷式近接治療設備) | 3<br>(電腦斷層治療機、電腦刀、加馬刀) |