

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

國內醫院使用電子射束之放射治療劑量驗證稽核作業研究(2/4)

**The study of the audit verification system for electron beam
radiation therapy in domestic hospitals(2/4)**

報告日期：106 年 12 月 30 日

摘要

放射治療劑量稽核驗證系統在國外已經行之有年；在放射治療中輻射安全與劑量準確性是非常重要的議題，本年度探討幾個重要議題：自製多功能性輻射測量郵校假體，完成稽核假體臨床測試；進行臨床放射治療電子射束劑量驗證，並完成臨床量測數據之分析比較；進行一場教育訓練課程，討論臨床輻射量測技術。本計畫協助建立國內放射治療在電子輻射劑量輸出有相互比對及討論的機制，同時藉此劑量稽核驗證系統，提昇整體國內放射治療電子劑量輸出的準確性，研究成果可提供原能會訂定輻防管制參考。

關鍵字：劑量稽核、劑量驗證、郵校

研究背景及目的

放射治療劑量稽核驗證系統在國外已經行之有年，而台灣每年約有 130 萬人次接受放射治療，為了維持病人的治療品質，參與國際間劑量驗證是必須的，但臺灣並非國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)之會員國，國內僅有少部分醫院曾間接參與過美國放射物理中心(Radiologic Physics Center, RPC)劑量驗證系統；臨床放射治療，透過輻射劑量的給予，增加腫瘤之控制率，且需降低正常組織之輻射併發症，而影響放射治療劑量給予的主要因素為放射治療儀器劑量輸出的準確性。

依據國內輻射醫療曝露品質保證標準，其規定需於每日、每月、及每年進行放射治療設備之相關劑量驗證；然而各醫院使用不同的輻射校正儀器、品質保證作業方式、和治療計畫系統，亦因校正人員經驗、訓練方式和人力配比等因素，將造成各醫院間的劑量輸出有所不同；目前國內尚無放射治療電子射束劑量稽核系統，因此無發有效達到各醫院間劑量輸出之相同性。我國尚未建立標準化的劑

量測量技術，以進行國內放射治療儀器劑量輸出及治療計畫系統給予劑量之評估驗證；藉由本研究的執行，提供國內建立放射治療電子射束劑量驗證系統的前期研究數據，作為相關主管單位評估各臨床單位劑量校驗準確性的參考。

研究方法與過程

本計畫將使用先前計畫所規劃的劑量計郵校驗證系統，驗證各醫院間電子射束放射治療劑量輸出的正確性，並進行該郵校驗證系統之測試與校正。使用自製假體進行校正測試，搭配熱發光劑量計、玻璃劑量計、與輻射變色軟片，進行電子射束放射治療劑量稽核系統之劑量測量。本研究亦參考國內外輻射游離防護相關法規，及醫療加速器電子射束每日，每月、及每年校驗的項目，納入本驗證系統，建立國內放射治療劑量稽核系統之劑量測量程序與評估技術，進而確保各醫院照射電子輻射劑量的一致性，進而提升病人的治療品質。

本實驗所使用 TLD 型號為 TLD-100H cubic，其組成份為 LiF:Mg,Cu,P，整體有效原子序為 8.2，有效劑量測量範圍為 1 pGy 至 10 Gy，因其輻射反應較穩定，常被使用於放射治療劑量測量，使用形狀為 $1 \times 1 \times 1 \text{ mm}^3$ 大小的立方體，則具較高的空間解析度，適用於量測小照野、高劑量梯度等狀態下之輻射劑量分布，小體積也可放置於假體的任何一處。EBT3 膠片組成採上下對稱的方式，堆疊聚酯層(Matte Polyester)及反應層(Active Layer)，其厚度分別為 125 μm 及 28 μm 。RPLGD 的計讀工具採用 Dose Ace FGD-1000 計讀儀(千代田會社, tokyo)，激發源採用脈衝式雷射光，劑量的範圍為 10 μGy 至 10 Gy，另外高劑量計讀模式則可計讀照射至 500 Gy 的劑量計，此外本儀器內建計量讀值參考設定，可將劑量計讀值自動轉換成接受劑量，增加實驗效率。

本計畫沿用先前計畫主持人所設計之郵校假體再進行改良，假體的材質為壓克力(Polymethylmethacrylate, PMMA)，大小為 11 x 11 x 10 cm^3 ，設計成雙邊門栓式活動插槽，在欲量測深度的截斷面挖有

凹槽可放置劑量計，利用假體可在量測射束中心軸下特定深度的電子劑量輸出。

臨床劑量校正的方法，遵循 AAPM TG-21、TG-51 或是 IAEA TRS-398 均追溯至水吸收劑量，本實驗所使用之游離腔型號為 FC65-P(Scanditronix Welhofer, Sweden)，配游離腔所使用的電量計型號為 Model 206(CNMC, U.S.A)；本研究將使用自製假體與劑量計系統進行醫院加速器輻射劑量輸出準確性的評估。

結論

TLD 經再現性測試，篩選出變異系數小於 3% 的 TLD，探討其劑量線性度。TLD 分別照射 10、30、80、100、160、240、300、及 500 cGy 的劑量，繪製照射劑量對應 TLD 計讀值之分佈圖，針對各分布點求取一線性趨勢線，以求得一劑量校正曲線，計算此劑量校正曲線公式，藉由判定係數(determination coefficient, R^2)評估此線性之可信度，若 $R^2 \geq 0.999$ ，表示此讀值—劑量轉換公式可信度高。

EBT3 分別照射 10、50、80、100、150、200、250、300、400、

及 500 cGy 的劑量，將其灰階值轉換成可得到光密度值(OD)。當照射劑量越高，底片黑化程度亦上升，導致遮蔽光線的能力也提升。

將玻璃劑量計照射 50、80、100、150、200、250、及 300 cGy 的輻射劑量，照射後計讀前利用回火爐以 70°C 加熱 30 分鐘後，使用高劑量模式進行計讀，得到轉換之劑量與已知照射劑量的線性關係。

本實驗亦將電量計送至國家游離輻射標準實驗室，利用標準電荷源進行校正，標準電荷源分別輸出 -100 nC、-10 nC、-1 nC、及 -100 pC，觀察電量計之電荷讀值，並取得校正因子，校正因子範圍自 0.9845 至 1.000，漏電流量為 -6.667×10^{-15} 安培，此漏電流量極低，對於測量放射治療劑量影響甚小。

本研究所使用的電子射束為 6 MeV，10 cm 的 Cone、SSD 為 100 cm 照射技術下，在深度 d_{\max} 處照射 200MU 後的劑量值，劑量差異於 5% 以內即通過測定；本研究臨床所量測之 20 台醫用直線加速器之電子劑量輸出皆在 5% 以內。

本計畫已於 106 年 12 月 12 日假核能研究所，進行國內醫院使用電子射束之放射治療劑量驗證稽核作業，教育訓練課程，討論臨床量測技術，當天現場討論熱絡。

未來方向

本研究延續自製多功能性輻射測量郵校假體系統之研發，為一系列郵校劑量驗證系統的基礎，透過自製假體的設計搭配多種劑量計，建立國內醫院使用電子射束之放射治療劑量驗證稽核系統雛型。由光子與電子劑量輸出驗證之臨床量測結果，皆顯示本畫所自行設計自製多功能性輻射測量郵校假體系統，可有效應用於國內放射治療設備，輻射測量郵校使用。

放射治療中的劑量稽核驗證是評估醫療曝露品質之有利方法。國際間透過放射治療驗證系統以解決地幅廣大、人力資源分配不均之問題，國內則可透過自製假體進行統一的量測方式與劑量驗證程序，做為臨床醫療單位間劑量輸出之可比性，節省繁複的品質保證程序，其臨床量測數據之分析比較，可提供輻防管制參考。

本計畫已完全建立，藉由國內自行製作假體進行放射治療劑量驗證稽核作業程序。研究結果呈現本系統可有效快速進行輻射劑量輸出之比對；建議持續進行後續 2 年計畫，完成郵校研究作業，完整評估比對國內不同醫院設備間，其輻射劑量輸出之正確性與穩定性。

參考文獻

1. International Commission on Radiation Units and Measurements. Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam. ICRU Report 50. Washington : ICRU ; 1993.
2. Izewska J, Bera P and Vatnitsky S. IAEA/WHO TLD postal dose audit service and high precision measurements for radiotherapy level dosimetry. Radiation Protection Dosimetry 2002;101:387-392.
3. Izewska J and Andreo P. The IAEA/WHO TLD postal programme for radiotherapy hospitals. Radiotherapy and Oncology 2000;54:65-72.
4. Izewska J, Andreo P, Vatnitsky S and Shortt KR. The IAEA/WHO TLD postal dose quality audits for radiotherapy: a perspective of dosimetry practices at hospitals in developing countries. Radiotherapy and Oncology 2003;69:91-97.
5. Ishikura S, Quality Assurance of Radiotherapy in Cancer Treatment: Toward Improvement of Patient Safety and Quality of Care. Jpn J Clin Oncol 2008;38:723–729.
6. Izewska J, Svensson H and Ibbott G. Worldwide QA networks for radiotherapy dosimetry. IAEA-CN-96-76.

7. Quality Assurance for Clinical Trials : A PRIMER FOR PHYSICISTS. AAPM REPORT NO. 86, October 2004.
8. Constantine JH and Boziari A, Dosimetry quality audit of high energy photon beams in greek radiotherapy centers. *Radiotherapy and Oncology* 2008;87:132–141.
9. Ferreira IH, Dutreix A, Bridier A, Chavaudra J and Svensson H. The ESTRO-QUALity assurance network(EQUAL). *Radiotherapy and Oncology* 2000;55:273-284.
10. Kirby TH, Hanson WF, Gastorf RJ, Chu CH and Shalek RJ. Mailable TLD system for photon and electron therapy beams. *Int J Rad Onc Biol Phys* 1986;12:261-265.
11. Ibbott GS, Followill DS, Molineu HA, Lowenstein JR, Alvarez PE and Roll JE. Challenges in credentialing institutions and participants in advanced technology multi-institutional clinical trials. *Int J Rad Onc Biol Phys* 2008;71:S71-S75.
12. Izewska J, Georg D, Bera P, Thwaites D, Arib M, Saravi M, Sergieva K, Li K, Yip FG, Mahant AK and Bulski W. A methodology for TLD postal dosimetry audit of high-energy radiotherapy photon beams in non-reference conditions. *Radiotherapy and Oncology* 2007;84:67-74.

13. Bridier A, Nystrom H, Ferreira I, Gomola I and Huyskens D. A comparative description of three multipurpose phantoms (MPP) for external audits of photon beams in radiotherapy: the water MPP, the Umea MPP and the EC MPP. *Radiotherapy and Oncology* 2000;55:285-293.
14. Hultqvist M, Fernandez-Varea JM and Izewska J. Monte Carlo simulation of correction factors for IAEA TLD holders. *Phys. Med. Biol.* 2010;55: N161-N166.
15. Jangda AQ and Hussein S. Validating dose rate calibration of radiotherapy photon beams through IAEA/WHO postal audit dosimetry service. *J. Pak. Med. Assoc.* 2012;62:490-493.
16. Swinnen A, Verstraete J and Huyskens DP. The use of a multipurpose phantom for mailed dosimetry checks of therapeutic photon beams: 'OPERA' (operational phantom for external radiotherapy audit). *Radiotherapy and Oncology* 2002;64:317-326.
17. Yegingil Z, Dewerd LA, Davis SD, Hammer C and Kunugi K. Photon beam audits for radiation therapy clinics: a pilot mailed dosimeter study in Turkey. *Radiation Protection Dosimetry* 2011:1-9.
18. Izewska J, Hultqvist M and Bera P. Analysis of uncertainties in the

IAEA/WHO TLD postal dose audit system. Radiation Measurements 2008;43:959-963.

19. Molineu A, Followill DS, Balter PA, Hanson WF, Gillin MT, Huq MS, Eisbruch A and Ibbott GS. Design and implementation of an anthropomorphic quality assurance phantom for intensity-modulated radiation therapy for the radiation oncology group. Radiotherapy and Oncology 2007;84:67-74.
20. Maria DME, Luis N, Muniz JL, Lagares JI, Embid M and Gomezros JM. Postal dosimetry audit test for small photon beams. Radiotherapy and Oncology 2012;102:135-141.