

壹、 目的

一、 醫用質子治療機

質子治療是近幾年來廣受放射線醫學界注目的醫療技術,全世界目前從事質子治療的設施已超過 10 所以上,計畫中及興建中的設施也超過 10 所,目前已有數萬人接受過治療,且治療成效斐然。目前國內並無質子加速器,因此也沒有質子治療機。但國內有些醫院對引進此新技術有很大的興趣,而且鑑於質子治療機在癌症之治療上,有其特殊之醫療效果,因此預期我國也很快會擁有質子治療設備。

質子治療機的作用機制,是利用同步輻射加速器(synchrotron)或迴旋加速器(cyclotron),將氫之質子加速到 250MeV 的能量(有些更高能量的加速器可以將碳離子加速到 320 MeV 的能量),然後再利用磁場等設備使質子轉變方向,引導至治療室來治療病人。由於質子治療機所使用之能量很高(能量使用範圍為 100~250MeV),且其能量釋放集中於特定深度,例如 250MeV 的質子射線在人體內最大能量深度為 33.5 cm(即 Bragg Peak 特性),在腫瘤治療時可以使劑量集中於病灶,並可減低周圍組織的劑

量。達到完全殺死癌細胞、減少正常組織受到輻射傷害的目的。可以說是未來利用放射線治療癌症的新利器。

由於質子治療建設經費龐大（約需新台幣 30 億元）且其能量很高，在輻射防護上除需要完善的屏蔽外，操作人員的訓練、醫學物理師的配合、輻射醫療品質的確保，都是需要注意的課題。

二、質子治療的歷史

質子治療最先應用於癌症臨床上，是始於 1954 年。當時美國加州的 Lawrence Berkeley National Laboratory 研究所，將由物理研究用的加速器得到之質子射線，照射腦下垂體以緩和乳癌患者之症狀。1970 年初哈佛大學開發新的技術，將質子治療用於大範圍腫瘤，開啟了質子治療新的研究。

日本於 1983 年開始於筑波大學進行深部臟器的癌症質子治療，在肝臟腫瘤方面有良好的治療結果。由於近年來加速器製造技術的更新、治療計畫的電腦化、影像診斷技術的進步、以及世界各地質子治療設施成功的治療結

果，1995 年日本國立癌症中心開始建造質子治療設施，並於 1998 年開始臨床使用。

迄 1997 年止全世界已有 16 所質子治療設施，預計在 2010 年前，即可達到 30 所。

貳、行程

90 年 11 月 11 日----- 行程（台北-東京）

11 月 12 日----- 參觀日本國立癌症中心（東京）

11 月 13 日----- 研討會報到

11 月 14 日----- 出席研討會

11 月 15 日----- 出席研討會

11 月 16 日----- 出席研討會

11 月 17 日----- 返程（東京-台北）

參、參訪日本國立癌症中心

日本國立癌症中心共有兩個醫院，一個位於東京築地、擁有三十年歷史的國立癌症中心中央醫院，另一個位於千葉縣的柏市。本次參觀的即是位於千葉縣柏市，設有

質子治療設備的國立癌症中心東醫院。

日本國立癌症中心東醫院是由國立柏醫院、國立療養所松戶醫院合併而成，於 1992 年成立於千葉縣的柏市、共有 425 床。入院患者主要是肺癌、肝膽脾等消化器癌症為主，其他的癌症例如乳癌、血癌、骨癌等癌症病患，醫院也導入各種新的治療方式。醫院另一個特色是非常重視癌症患者的生活品質 (Quality of life)，是日本國立醫院中第一座設立安寧病房的醫院。此醫院所設置的質子治療設備是日本第一座、全世界第二座設置於醫院的質子治療設備。質子治療設備設置於醫院一樓，總共設有三間質子治療室。其中兩間是日本國內第一座設有可旋轉旋轉臂 (gantry) 的治療室，可以從各個不同的角度做全身的照射，克服了以往固定式治療設備的缺點。

二樓設有質子治療時必需之 bolus collimator (其功用是劑量校正，使腫瘤各部位都接受相同劑量) 製作的電腦化設備，三樓則裝有診斷必須的電腦斷層攝影機、核磁共振儀等先進的機器。可說是一個設備完善且完全電腦化的醫院。

設置質子治療的樓層是採取負壓設計，在各治療室

中都裝有中子及加馬射線的監測器，進入治療室時需先打開設於治療室外的聯鎖裝置控制鎖，並將鑰匙拔下才能進入治療室操作儀器，在輻射安全設計上非常完備。

可旋轉旋轉臂（gantry）的治療室在設計上，比起固定式的可說是困難許多。帶動旋轉臂的轉輪重達 2 公噸，迴轉 gantry 的直徑 10 公尺、高 15 公尺，再加上使質子轉向的磁場設備，整個龐然大物約佔了三層樓高的空間（請參考附錄一的相片）。

此次參訪國立癌症中心東醫院時，拜訪了質子治療部門的主任荻野博士，他提供了一份院方平時對設備所做檢測項目的一覽表（附錄二）及當初向日本科學技術廳提出申請時的屏蔽計算資料（附錄三）供我們參考。據稱當初申請時，日本科學技術廳書面審查就花了將近一年的時間。

日本科學技術廳每三年稽查國立癌病中心東醫院一次，因稽查是以醫院為單位並不是以機器為單位，因此醫院並不會因為新添輻射設備，而增加醫院被稽查的頻度。科學技術廳來稽查時除了設備之外，密封、非密封物質都一併檢查，稽查時主要是審閱一些書面的記錄、檢查

聯鎖裝置之安全功能及偵測非管制區之輻射劑量。

國立癌症中心東醫院的質子加速器，其輻射屏蔽的計算，是以實際治療病人的劑量以及人數來估算非管制區的劑量，其設計值是以每週 250 分次 (fraction)，一年 10000 分次 (fraction) 計算。若以每人 25 分次 (fraction) 計算，則一年治療病人數是 400 人。

質子治療在眼部腫瘤、頭蓋底腫瘤、肝癌、前列腺癌、已證實有明顯的治療效果。今後，對於腦瘤、頭頸部腫瘤、肺癌、食道癌或腹部骨盆的腫瘤亦預期有明顯的治療效果。由於發展醫療專用的質子治療設施，成為世界各醫療先進國家必然的趨勢，因此日本國立癌症中心東醫院對於各種癌症的治療做成了臨床實施草案 (protocol)，並且預定依序施行。

肆、質子治療合作組織研討會內容

此次在日本茨城縣筑波科學城、筑波大學學生會館，舉辦的第三十五屆質子治療合作組織研討會，共有約 150 人參加。除了 100 人左右是日本當地的學者專家之外，

從海外也有 50 多人來參加。包括俄羅斯、美國、德國、比利時、義大利、瑞典等國的專家學者與會。

整個研討會分成 3 天舉行，其討論的內容包括臨床醫學、保健物理、劑量評估、輻射生物效應、輻射醫療品質保證計畫、迴旋加速器設計等方面的議題。由各個不同的角度來討論質子治療應用上所遇到的問題；並且交換各不同治療機構的心得，包括利用質子治療癌症的成果，以及質子治療失敗的例子。在會議中特別簡介了日本最新的質子治療設施，位於兵庫縣的兵庫醫學中心。該中心之質子治療設施，除了使用氫離子之外，亦可使用碳離子來治療癌症病人，預計在 2002 年即可開始治療病人。

本次研討會共有 52 篇即席發表的論文以及另外 25 篇以 poster 形式發表的論文，共分成 7 個主題；研討會第一天晚上，還安排了日本有名的小提琴家天滿敦子的小提琴演奏，讓與會的成員在緊湊的討論會後，轉換不同的心情，繼續次一日的討論，以下是這次研討會發表論文的題目，詳細摘要如附錄四。

一、質子治療用於治療軀幹癌症方面的論文。

1. 質子治療在非小細胞肺癌上的臨床結果。
2. 質子治療在子宮頸癌的長程治療結果。
3. 質子治療在食道癌的治療結果。
4. 肝癌使用短期碳離子治療的結果。
5. 質子治療用於第二期肝癌的初步結果。
6. 筑波大學利用質子治療肝癌的結果。
7. 質子治療造成的身體障礙 ---PSI (Paul Scherrer Institute) 的經驗分享。

二、加速器及射束光學方面的論文

- 1.PSI (Paul Scherrer Institute) 對增進質子治療技術的長程計畫。
- 2.Respiration Synchronized Operation of Accelerator System in PMRC (Proton Medical Research Center) ,Univ. of Tsukuba.
- 3.FFAG Accelerator for Proton Therapy.
- 4.Implementing a smooth-beam extraction control method in a synchrotron-based PBTS for active and

gated beam treatments.

5. Beam optics for a scanned proton beam at Loma Linda.

三、臨床研究方面的論文

1. 電腦斷掃描儀以及核磁共振儀影像用於診斷早期

肝臟輻射傷害。

2. 利用加強對比都普勒超音波儀器 (Contrast

enhanced Power Doppler Ultrasonography) 評估質子

治療過之肝癌。 .

3. 非小細胞肺癌利用碳離子治療後肺毒性之分析。

4. Targeting accuracy of respiration-gated proton beam

irradiation for hepatocellular carcinoma.

5. 骨及軟組織肉瘤的 Dose Volume Histogram 分析。

6. 哈佛迴旋加速器治療葡萄膜黑色素瘤的長程結果。

四、質子射束的輻射生物效應方面的論文

1. 質子治療的輻射生物效應值 (RBE)

2. 質子的輻射生物效應值 (RBE) -- 舊問題新觀點

3. 日本三所高能量質子設施的輻射生物效應。

4.質子醫學研究中心體外實驗的質子 RBE 值（相對於 Cs-137 加馬射線）初期報告。

5.兵庫醫學中心氫質子以及碳離子臨床前的生物評估。

6.我對質子治療的期待

由腫瘤外科醫師的觀點

由神經外科醫師的觀點

由小兒科醫師的觀點

五、射束準備以及其他方面的論文

1.質子治療利用多層能量濾片的治療計畫系統。

2.Use of a miniature ripple filter for filtering ripple found in the distal of SOBP.

3.Membrane Type Liquid Variable Compensator.

4.Performances of a Test Model of a Compact Parallel Beam Scanner for Proton Therapy.

5.Proposal of a Cylinder Type Liquid Variable Compensator.

6.New Patient Positioner for Proton Beam Therapy.

六、劑量計算及劑量學方面的論文

1. Range Measurement System of Patient Body using Positron Camera in Heavy Ion Therapy.
2. A simple pencil beam dose calculation module for daily treatment planning.
3. The pixel ionization chamber : a detector for beam monitor and dosimetry.
4. Proton dose calculation in heterogeneous media : Pencil beam scaling versus Monte Carlo.
5. Implementation of an Pencil Beam Algorithm for Proton Treatment Using Different Kernels.

七、品質保證計畫：協定、練習、未來展望方面的論文

1. 品質保證用於質子治療。
2. 日本粒子治療設施的 QA 協定。
3. PSI 所實行的品質保證。
4. PMRC 所實行的品質保證。
5. NPTC 的品質保證程序。
6. NCC 的劑量監視器校正程序。

7.NAC 的質子治療品質保證計畫。

8.GSI 的重粒子品質保證。

9.應用

10.PSI 質子使用者的網路：病人的轉診及資料分享。

另外還有 25 篇 poster 論文發表，主要是針對設施的系統設計、未來新設備、加速器設計、劑量評估等方面的論文。

伍、結論

1. 由於質子治療具有能量釋放集中於特定深度，在腫瘤治療時可以使劑量集中於病灶，並可減低周圍組織劑量的特性，因此是近年來放射線治療癌症的新利器。全世界目前從事質子治療的設施已超過 10 所以上，計畫中及興建中的設施也超過 10 所，在 2010 年前，預計可達 30 所以上。目前已有數萬人接受過治療，而且成效斐然。隨著科技的進步，將來或有可能取代直線加速器成為主要的放射線治療設備。因此，對此設備的輻射醫療品質的確保，及其輻射

安全的確立，將會是個重要的課題。

2. 使用此高能量的質子治療設備，需有很強的治療團隊，而且團隊合作格外重要。除了醫生之外，物理師、輻射生物專家都要一起參與。否則除了達不到應有的治療效果外，更可能造成重大之輻射傷害。
3. 為了確保輻射醫療品質及輻射安全，人才的確保將會是需要考量的問題。反觀今日國內的情況，清華大學輻射生物科系已走入歷史、醫學物理師制度也尚未建立完成，將來我國若引入質子醫療設備，我們可以買到最好的硬體設備、及一切軟體設備，但是如果沒有好的人才、適當的培訓，即使有最好的設備，也未必有良好的治療效果。為了確保質子治療設備之輻射醫療品質及輻射安全，應該更積極致力於人才的培訓。

陸、建議

1. 由於質子治療在癌症治療上有其不可取代的功效，

且世界上先進國家如美國、英國、德國等國，都已設置質子治療設備。因此將來國內醫學中心若考量引進質子治療設備及技術，政府應予大力協助，以提昇國內醫療水準。

2. 由於興建質子治療設備，需耗費新台幣數十億元，是很大的投資。且其產生之能量可達 250MeV，雖然在治療室內，由於質子與物質作用的特性，輻射劑量很低，但產生質子之同步加速器或迴旋加速器，其周圍之輻射防護及屏蔽卻不可疏忽。因此在引進之初，一定要有完善的評估與嚴格的審查。
3. 為因應質子治療技術的未來趨勢，國內應該及早開始培養醫學物理師、輻射生物專業等方面的人才。並應早日確立醫學物理師的認證作業，以提昇國內輻射醫療品質。
4. 此次參加在日本筑波大學舉行的質子治療研討會，與會的成員除了醫師、醫學物理師、輻射生物研究人員以外，機器製造方面的專家（包括製造機器的廠商及大學機械系的教授）也參與論文的發表。結合了製造者、使用者、管理者各方面不同的意見，

從各種不同的角度來共同探討質子治療。國內也應多舉辦產、官、學結合的研討會，相信在新技術的推廣上定有助益。

5. 日本對於放射性物質及可發生游離輻射設備之稽查，係以醫院為單位，因此增設質子治療設備，並不會改變醫院被稽查的時間（若醫院只含有一般高能可發生游離輻射設備時為 5 年稽查一次，若醫院有包含非密封放射性物質之使用時，則為 3 年稽查一次），平時則由醫院的輻射防護人員自行管理。我國稽查係以機器為單位，因此配合輻防法的修訂，將來亦可參考以醫院為單位，以有效達到整體稽查的效果。

柒、附錄

- （一）參訪國立癌病中心東醫院及參加研討會相片。
- （二）國立癌病中心東醫院平時院方設備自行檢測一覽表。
- （三）國立癌病中心東醫院質子治療設備

申請許可時，送日本科學技術廳之
部分資料。

(四) 第三十五屆質子治療研討會議程。