

# 林口長庚醫院質子治療設備簡介

長庚大學放射醫學研究院助理研究員 林中英  
長庚大學放射醫學研究院助理研究員 黃宣銘校閱

**質**子治療是當前國際上最先進的腫瘤治療方法，它能準確地將輻射劑量聚焦於腫瘤組織，大幅減少病灶區周邊正常組織的傷害，相對降低放射治療的副作用。

林口長庚醫院質子暨放射治療中心之台灣首座質子治療設施，為台灣癌病治療發展出新的里程碑。該中心除了提供最先進之精準放射治療、人性化醫療環境、以及全方位的專業醫療照護服務外，其擁有之四間質子旋轉治療室及十間新型直線加速器治療室，均可為台灣或世界各地腫瘤病人提供最先進、最準確的癌病診療服務。

放射治療之基本原理係運用游離輻射的能量，破壞癌細胞中染色體去氧核醣核酸（DNA）的雙螺旋結構，進而達到殺死癌細胞或抑制其成長的臨床效果。傳統光子治療所使用的 X 射線進入人體後，隨著人體組織的深度增加，光子的數量呈現指數形式衰減。因此，光子在尚未破壞腫瘤前，就一路影響其經過路徑中的正常組織，造成正常組織比較嚴重的併發症。

不同於 X 射線的光子射束，質子射

束的物理特性在其穿透人體組織時，能量的釋出先隨距離增加而緩慢上升，直到質子射程的末端（亦即腫瘤所在的位置）處才把能量完全釋出，導致瞬間劑量急速上升，產生布拉格尖峰。因此，質子治療在幾乎不傷害正常組織的情況下，達到最有效殺死癌細胞之目的。因為腫瘤的大小不一，因此臨床上係利用多個布拉格尖峰組合而成的擴展布拉格尖峰，以便提升腫瘤控制率、降低正常組織併發症機率。

林口長庚醫院的質子治療設施為一龐大、複雜的系統，可以區分為：迴旋加速器系統、能量選擇系統、射束傳輸系統、旋轉機座系統（圖一）、射束形成系統、病人定位系統等。

## ● 質子治療室

林口長庚醫院擁有四間質子治療室。每間治療室均設置旋轉機座、射束噴嘴、機械手臂治療床、病人固定系統及治療位置影像導引系統等子系統。

## ● 旋轉機座系統

旋轉機座為高兩層樓的龐然大物，

直徑 10.6 公尺、重 150 公噸，可以選擇不同照射角度進行治療。旋轉機座雖然機體龐大，旋轉的精準度要求卻非常嚴格，在 360 度的旋轉範圍內、中心點偏移不得超過 1 毫米。

## ● 射束形成系統

質子治療機具備兩種治療技術，可以依據腫瘤治療的個別需求，選擇筆尖式掃描技術或擾動式技術。

擾動式技術的原理是利用質子窄射束，經過二個軸向 (X, Y) 的磁場及散射薄片，以旋轉方式擴展為較大範圍的寬射束，再經過山形濾器使縱軸 (Z) 擴展為布拉格尖峰，最後經過補償器及準直儀順形後，將質子射束送至人體。

另一種可以減少正常組織不必要輻射劑量的方法，是利用漸層堆疊法搭配可以改變照野大小的多葉式準直儀，構成圖二的劑量分布。應用此技術，我們可以發現橘色區塊正常組織的劑量大幅減少，這正是林口長庚醫院質子暨放射治療中心採用的先進技術。迴旋加速器射出的質子能量是固定的 230MeV (百萬電子伏特)，必須透過能量選擇器改變抵達治療部位的質子能量。因為不同能量的質子抵達人體的深度都不相同，因此可以透過調節機制將腫瘤劃分為等厚度的若干層，由最深的

一層開始治療起，逐步往淺部堆疊治療，同時搭配多葉式準直儀即可達成腫瘤 3D 順形治療的目標。

筆尖式掃描技術的原理是利用質子窄射束，經過二個軸向 (X, Y) 的磁場，直接以掃描方式將劑量分佈在照野內。該技術可以藉由控制照野內每一點的劑量權重，達到「強度調控質子治療」的目標。如圖二所示，此先進技術將是質子治療最佳化的運用，未來必成為質子治療發展的趨勢。

## ● 病人定位系統

為確保病人接受質子治療位置之準確性，每間質子治療室均配置數位影像攝影定位系統。該系統取像模式可分為三種：數位 X 光攝影模式、透視攝影模式以及電腦斷層掃描攝影模式。



▲圖一 林口長庚紀念醫院質子治療室內觀

數位 X 光攝影模式可同時拍攝兩張互為正交的二維影像，作為治療位置比對的資料。

透視攝影模式可以觀察病灶因呼吸等因素所造成的動態位移，並結合質子治療設備進行呼吸調控治療。

電腦斷層掃描模式可以比對電腦治療計畫系統的模擬影像，以確保治療位置的準確性。

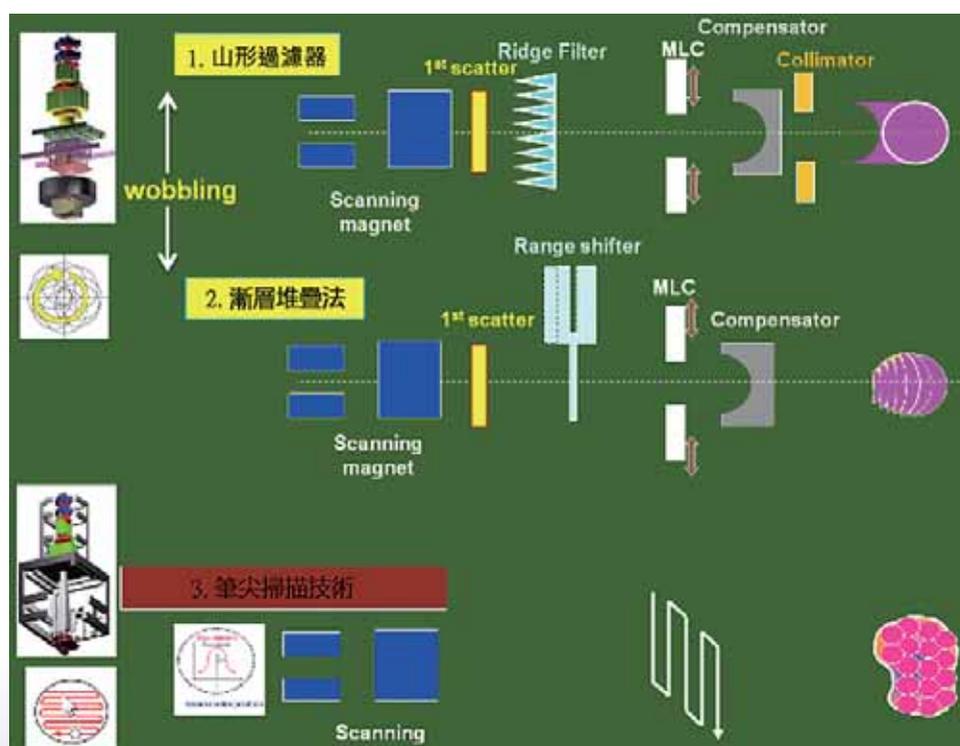
### ● 機器手臂治療床

質子治療前，先經由數位影像攝影定位系統決定病人在治療床上之正確擺設位置後，再將該資料立即傳送至機器手臂治療床以執行六度空間的位移。該機器手臂治療床是結合工業用電腦機械

手臂及放射治療用特殊功能床，具有六組驅動馬達，可以沿著六個軸向移動及旋轉，其精確度可以達到 0.01 毫米。此治療床可以測量病人的體重（最大承重為 200 公斤），用以補償因為重量造成的傾斜，是目前放射治療設備中最先進、最精準的治療床設計。

### ● 結語

林口長庚醫院設置國內首座質子治療設施，為一高度尖端科技所建構的放射治療系統，將為國內癌病患者提供高品質的治療服務。本文僅介紹其中重要的系統單元，讓國人對此尖端醫療設施能有初步的了解。☯



▲ 圖二 質子治療的射束形成系統