

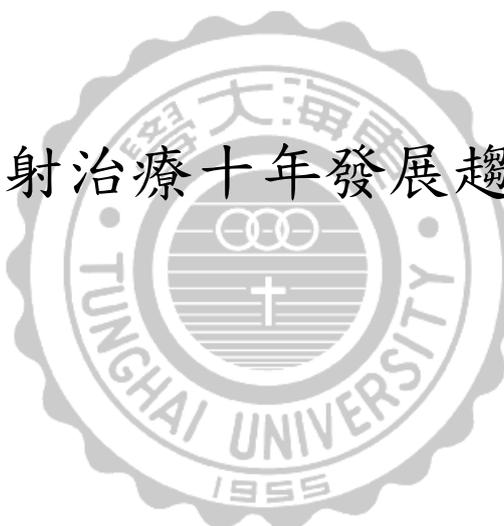
東 海 大 學

工業工程與經營資訊學系

高階醫務工程與管理碩士在職專班

碩士論文

台灣放射治療十年發展趨勢分析



研究生：洪儷中

指導教授：謝宛霖博士

中華民國一〇八年七月

Ten-Year Trends in Radiotherapy in Taiwan

By

Li-Chung Hung

Advisor: Wan-Lin Hsieh, Ph.D.

A Thesis

Submitted to Tunghai University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Health Administration

July 2019

Taichung, Taiwan

台灣放射治療十年發展趨勢分析

學生：洪儷中

指導教授：謝宛霖博士

東海大學工業工程與經營資訊學系高階醫務工程與管理碩士在職專班

摘要

放射治療為透過高能 X 光殺死腫瘤細胞的一種治療方式，在癌症治療中扮演重要的角色。根據 2015 年的癌症登記報告，約有四分之一的新的診斷癌症病人首次療程中有接受放射治療。設立放射腫瘤部門及購置治療儀器的成本高昂，且隨著儀器及治療技術進步其成本更是節節攀升。隨著台灣新診斷癌症人數成長，放射治療角色越顯重要，故其發展趨勢與供需現況的研究益發重要。本研究透過蒐集與分析過去 10 年來台灣放射治療的利用情形，放射治療儀器設備的數量與分布及其使用人次，以及放射治療的健保支出趨勢變化，試圖勾勒出台灣地區放射治療的現況，並探討台灣與他國在放射治療基礎設施發展上所面臨的異同情況。

蒐集台灣 2005 年到 2015 年的癌症登記報告、衛生福利部醫療機構現況及醫院醫療服務量統計及全民健康保險研究資料庫內放射治療相關數據進行統計分析，結果發現首次療程中有接受放射治療的比率十年間成長 7.06%；提供放射治療之部門成長 21 間；高能遠距放射治療設備增加 55 台；申報點數成長約 35.29 億點；但放射治療的人均點數在 2010 年後，都維持在 20-21 萬點之間。因著硬體設備的急速成長，2005 年到 2015 年每機器每年使用人次則從 2005 年的 11822.0 人次下降至 2015 年的 8282.6 人次；每部門的使用人次則是從 19771.3 人次下降至 15936.2 人次。

總結來說，台灣過去十年間新診斷癌症病人接受放射治療的人數及首療利用率從急速成長進入到平緩向上的趨勢，而放射治療儀器設備數量經過十年來的增設，目前台灣已達到每機器每年治療人數優於歐洲放射腫瘤學會之建議，且台灣每百萬人口擁有機器數也與荷蘭、加拿大等先進國家相當。台灣放射治療基礎設施應已足夠提供台灣癌症病人的治療服務。

關鍵字詞：放射治療、首療利用率、基礎設施

Ten-Year Trends in Radiotherapy in Taiwan

Student: Li-Chung Hung

Advisor: Wan-Lin Hsieh, Ph.D.

Master Program for Health Administration, Department of Industrial
Engineering and Enterprise Information, Tunghai University

ABSTRACT

Radiotherapy plays an important role in cancer treatment, which kills cancer cells via high energy X ray. According to Taiwan's Cancer Registry Annual Report, 2015: one-quarter of the newly-diagnosed cancer patients received radiotherapy in their initial treatment course. The cost of radiotherapy is expensive, and it goes even higher with the improvement in apparatus and techniques. In pace with the growing cancer population, there's a growing attention to radiotherapy. Therefore, it is important to understand the utilization rate and development trend of radiotherapy for setting up the future strategies. In this research, we aim to understand the distribution of radiotherapy infrastructure and its utilization rate between 2005 to 2015 in Taiwan, and to discuss the differences in between different countries at the same time.

National reports including the Cancer Registry Annual Report and The Statistics of Medical Care Institution & Utilization from 2005 to 2015 were collected for this research. Reimbursement of radiotherapy was retrieved from the National Health Insurance Research Database (NHIRD). In these 10 years, the utilization rate of radiotherapy of the initial treatment course was increased by 7.06%; the number of radiotherapy department increased by 21; the number of teletherapy machine increased by 55; the reimbursement of radiotherapy increased by 3.529 billion. The average cost per course of radiotherapy is about 200,000- 210,000 NT since 2010. Accompanied with the rapid increase in treatment capacity, treatment per machine decreased from 11820 in 2005 to 8282.6 in 2015; and the treatment per facility decreased from 19771.3 in 2005 to 15936.2 in 2015.

In conclusion, the rapid rise in the number and ratio of cancer patients receiving radiotherapy has come to a stable plateau. Along with a growing number of radiotherapy infrastructure during these 10 years in Taiwan, whether the patients treated per machine per year or the quantity of machine owned by one million people have reached the suggestion by European Society of Radiation Oncology (ESTRO), and catching up with Netherland and Canada. The radiotherapy service in Taiwan now runs neck and neck to those in the developed western countries.

Keywords: Radiotherapy, RT utilization rate, RT Infrastructure

謝誌

研究所生涯終於能邁入撰寫謝詞這個階段了。值得歡呼！

此篇論文能夠順利完成，是獲得了許多前輩先進的協助與支持。從題目的構思、資料的蒐集、研究範疇與方向的調整等等，不斷進行著迴圈式循環的討論，才終於能夠聚焦到目前的研究結果並加以呈現。而此篇論文的起心動念是因為我任職的放射腫瘤部門可能必須面對去中心化的經營策略，引起了我對於整個台灣放射治療服務提供現況的好奇心。

首先要感謝我的指導教授謝宛霖老師，給予我不間斷的督促與指導，我總是佔據老師週末或是晚上的時間，一起討論釐清研究主題，並在老師指導下完成論文大綱的設定與論文的撰寫。也感謝在論文口試階段，由東海工工系潘忠煜博士與彰化基督教醫院張東浩醫療長所給予的寶貴意見與指正，讓此篇論文能更臻於完善。

再來更要感謝中山醫學大學附設醫院放射腫瘤科周英香醫師，邀請我加入「台灣放射線治療的醫療利用方式及長期副作用之研究」計畫，也很感謝中山附醫臨床研究中心黃景揚博士的協助，能參與此計畫與他們進行數據蒐集討論，是形塑此篇論文骨幹的重要關鍵。在此我也要感謝彰化基督教醫院賴源淳博士，與我分享不同層級醫院放射腫瘤科的經驗談。

這段時間也很感謝研究所同學們的協助，不時的督促關心且無私提供他們的經驗，幫助我邁向完成這最後一哩路。最後，要特別感謝我的父母親與家人，在我專心致力於論文寫作的期間，給予我莫大的精神支持、關心與照顧；尤其感謝我的妹妹洪于婷，提供她的經驗與時間來協助我完成。

感恩的心，感謝有你們！

洪儷中 謹誌於東海大學醫務工程與管理碩士在職專班

2019年7月

目錄

摘要	.....	I
ABSTRACT	.....	II
謝誌	.....	III
目錄	.....	IV
表目錄	.....	V
圖目錄	.....	VI
第一章 緒論	.....	1
1.1 研究背景與動機	.....	1
1.2 研究目的	.....	6
第二章 研究方法	.....	7
2.1 資料來源	.....	7
2.2 統計分析	.....	12
第三章 研究結果	.....	13
3.1 台灣年度癌症發生人數與首次療程放射治療占率	.....	13
3.2 台灣放射治療部門數與治療設備數量	.....	14
3.3 台灣放射治療健保申報總點數與歸戶後年度治療人數	.....	15
3.4 台灣放射治療的利用趨勢與分布	.....	16
第四章 文獻回顧與討論	.....	26
4.1 放射治療部門設置營運成本增加	.....	26
4.2 各國放射治療現況	.....	29
4.3 台灣與各國放射治療基礎設施比較	.....	39
第五章 結論與建議	.....	44
5.1 結論	.....	44
5.2 建議	.....	45
5.3 研究限制	.....	45
參考文獻	.....	47

表目錄

表 2-1 放射治療健保診療項目代碼與其健保支付點數.....	10
表 3-1 年度癌症新診斷人數(侵襲癌、乳房原位癌)與全癌症首療放療占率	13
表 3-2 年度放射腫瘤部門數與放射治療各式設備數量.....	14
表 3-3 年度放射治療健保申報總點數、年治療人數及人均點數.....	15
表 3-4 高能遠距放射治療設備每機器每年治療人數與使用人次.....	16
表 3-5 放射腫瘤每部門每年治療人數與使用人次.....	17
表 3-6 年度全國放射治療設備數量與使用人次—依公立/非公立醫院別...	18
表 3-7 高能遠距放射治療設備公立與非公立醫院每機器每年使用人次....	20
表 3-8 2005, 2010, 2015 年全國放射治療設備分布—依縣市別(六都架構)	21
表 3-9 2005, 2010, 2015 年全國放射治療設備分布—依評鑑等級別.....	24
表 4-1 台灣與其他國家癌症發生、醫療支出與放射治療基礎設施的比較	41

圖目錄

圖 3-1	高能遠距放射治療設備數—依年度與公立/非公立醫院別	.....19
圖 3-2	2005 年高能遠距放射治療設備於台灣的分布圖	.....22
圖 3-3	2010 年高能遠距放射治療設備於台灣的分布圖	.....23
圖 3-4	2015 年高能遠距放射治療設備於台灣的分布圖	.....23
圖 3-5	2005 年高能遠距放射治療設備分布—依評鑑等級別	.....24
圖 3-6	2010 年高能遠距放射治療設備分布—依評鑑等級別	.....25
圖 3-7	2015 年高能遠距放射治療設備分布—依評鑑等級別	.....25

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

台灣自 1982 年起，癌症即高居十大死因之首，每年奪走 4 萬多人的生命。癌症疾病的治療，不僅影響病患和家人之生活品質，也造成龐大的工作人年損失和醫療費用支出。如何有效防治癌症，是台灣當前重要的醫療照護與公共衛生課題之一。依據衛生福利部國民健康署 2016 年癌症登記報告，新診斷侵襲性癌症人數為 10 萬 5,832 人(衛生福利部國民健康署，2018a)，癌症時鐘又快轉，平均每 4 分鐘 58 秒就有 1 人罹癌(衛生福利部國民健康署，2018b)，相比十年前，癌症時鐘是平均每 7 分鐘 10 秒有 1 人罹癌(財團法人癌症希望基金會，癌症統計資料)。據美國國家癌症研究所(National Cancer Institute)及英國癌症研究基金會(Cancer Research UK)指出，年齡、飲食習慣、肥胖、特定病毒感染、過量接觸陽光以及輻射線、接觸到特定已知致癌物質(如菸、酒、空氣汙染等)以及帶有特殊基因是發生癌症的可能原因(National Cancer Institute, 2015；Cancer Research UK (n.d.))。而隨著台灣人口年齡老化快速，飲食西化，肥胖人口增加，以及空氣汙染漸趨嚴重，罹癌總人口預期將持續增加(衛生福利部國民健康署，2018b)。

為減少癌症帶來的威脅以促進國人的健康，政府於 2003 年頒訂了「癌症防治法」，以期整合運用醫療保健資源，有效推動癌症防治工作。行政院衛生署(已改名衛生福利部)也依據癌症防治法於 2005 年推動「國家癌症防治五年計畫」，開始籌備建立癌症診療品質認證制度，並於 2008 年開始針對新診斷癌症個案達 500 例以上醫院，進行癌症診療品質認證。為持續提升國內癌症診療品質，多次修訂認證基準。截至 2018 年，全國共 58 家醫院通過認證(衛生福利部國民健康署，2017；衛生福利部，2019)，照護逾八成以上之癌症病人。

「癌症防治法」第 11 條規定「為建立癌症防治相關資料庫，癌症防治醫療機構應向中央主管機關所委託之學術研究機構，提報新發生之癌症個案與期別等相關診斷及治療資料」(癌症防治法，2018 修訂)。自此確立了癌症登記的法源依據，不僅促使癌症登記申報制度之訂定，更建立完整資料

催收、稽核與輔導制度，讓癌症登記申報完整性提升，申報品質也達到北美癌症登記評鑑標準的「特優」，並獲世界衛生組織（World Health Organization, WHO）下轄的國際癌症研究總署（International Agency for Research on Cancer, IARC）邀請，將台灣癌症發生資料登錄在世界五大洲癌症登記書上(Cancer Incidence in Five Continents, CI5)，同時也納入 IARC 網站之 GLOBOCAN 資料庫中，供各國查詢使用。目前台灣癌症登記報告發布時間約晚 2 年，此發布時間與美國的癌症登記相同（行政院衛生署國民健康局，2011；衛生福利部國民健康署，2016b）。且年度癌症登記報告公開於網路上，可供民眾參考。

從「國家癌症防治五年計畫」的資料發現，即使提升專業醫療照護，其他可篩檢癌症仍可能因為診斷時較晚期，導致存活率無法繼續提升。所以 2010 年開始推動的「第二期國家癌症防治計畫」，重點放在擴大提供癌症篩檢服務，期能早期診斷。免費癌症篩檢從 1 種（子宮頸癌）推廣至 4 種（加上口腔癌、大腸癌及乳癌），成為全世界唯一將 WHO 推薦的 4 種癌症篩檢全面補助的國家，並在各方努力下，很短時間即大幅提升癌症篩檢率：大腸癌、乳癌之曾經篩檢率從 2009 年的 21%及 17%，提升至 2013 年之 53%及 50%；口腔癌兩年篩檢率從 2009 年的 29%提升至 2013 年的 55%(衛生福利部國民健康署，2016a)。

「第三期國家癌症防治計畫」自 2014 年起推動，依 WHO 癌症防治策略，積極辦理癌症預防(防治新興致癌因子：肥胖、飲食與運動不足)、篩檢、治療及安寧緩和照護等推動工作。其中治療部分欲透過積極推動「癌友導航計畫」，引導癌症病人到癌症診療品質認證醫院，提升認證醫院之診治覆蓋率(衛生福利部國民健康署，2016c)，並強調以個案管理師領航新診斷的癌症病友，強化病情說明、治療資源導航與個案管理，以協助病人及早獲得適切治療，不錯失任何一位可治療之癌症病人。另外也持續提升民眾及醫護人員對安寧療護服務之認知，倡議「病情告知，尊重病人的知曉權、選擇權，與拒絕無效醫療」。

以上簡述，可以看到政府對抗癌症的施政方向是從增進國人健康觀念以預防癌症發生，全面推行癌症篩檢以期能早期診斷，接續癌症診療認證

機制以期能提升國內癌症診療品質，並延續至推廣安寧緩和服務以期能幫助病友有尊嚴地度過人生的最後旅途，提升癌末病人及家屬的生活品質。

有鑑於新診斷癌症發生人數自 2011 年即突破十萬人大關，健康促進及癌症篩檢等等措施固然重要，但已確診的癌症病人也必須確保能接受到適當的治療。癌症治療通常可分為手術治療、藥物治療(含化學治療、標靶治療、荷爾蒙治療)，以及放射治療等三大面向。近年由於免疫治療進展迅速，可預期成為癌症治療的四大支柱之一 (DeVita & Rosenberg, 2012)，但藥物費用高昂，目前健保署採事前審查制度及人數控管(800 人)的方式於 2019 年 4 月 1 日起納入健保給付(衛生福利部國民健康署，2019)，受惠的癌症病人仍為少數。所以可以說，目前台灣癌症治療的主力仍為手術，藥物治療以及放射治療。

手術及藥物治療因名稱通俗易懂，媒體相關報導眾多而廣為人知，但放射治療身為癌症治療三大面向之一，卻因普及率較低，且名稱容易與一般放射線影像檢查混淆，導致社會大眾對此癌症治療方式感到較為陌生。簡單來說，放射治療即是運用較高能量的放射線(約是診斷用 X 光之能量的數百或數千倍)來破壞癌細胞，阻止癌細胞的生長及分裂。進行放射治療的方式主要有兩種：體外遠距放射治療(external beam radiotherapy, EBRT)與體內近接放射治療(brachytherapy)。目前臨床實務上，九成五以上的放射治療療程是由高能遠距放射治療設備來執行 EBRT，主流使用的儀器是醫用直線加速器(linear accelerator, LINAC)，以及訴求特別功能的儀器如螺旋刀(Tomotherapy)、電腦刀(CyberKnife)及加馬刀(Gamma Knife)，以前使用的鈷六十治療機在台灣已完全被取代。

以我國前十大癌症為例，綜觀國內外的癌症治療指引，放射治療或重或輕地出現在每一個癌症治療指引內，足見其重要性。放射治療常見使用於手術後，為降低局部復發機率而進行手術部位的照射，以鞏固治療效果。在女性發生率第一名的乳癌、男性發生率第四名的口腔口咽下咽癌治療過程中，就常見手術加上輔助性放射治療這樣的治療組合。若病患診斷癌症時，期別較晚期不適合開刀，則常見由放射治療合併化學治療，來進行根治性的癌症治療；此種組合常見於肺癌(全台灣死亡率第一名)及子宮頸癌

(女性死亡率第八名)。盛行於東亞、東南亞地區的鼻咽癌，則以放射治療為主要治療方式，透過放射治療設備的進步，早期病患的五年存活率可達八成以上(財團法人癌症希望基金會，2008)。

高能遠距放射治療設備藉由產出高能量的放射線以穿過體表，集中照射在癌症部位來破壞癌細胞。欲使用高能量的放射線，就需要有完善的輻射防護措施，所以醫院欲設置高能遠距放射治療設備時，必須依據法規¹規劃足夠的輻射防護空間，建造專用的治療室。過去二十年，透過電腦運算速度的大幅提升以及醫學工程的躍進，全球放射治療界進入新的紀元；由過去簡單二維的治療方式，進展到三維、甚至是四維的治療。台灣全民健康保險制度成立之初(1995年)，放射治療技術主要是二維的治療方式，利用少數的治療角度與製作鉛擋塊來規劃治療範圍，使用人力運算或套用公式表計算出預給予的劑量，再輸入到機器軟體以驅動加速器進行放射治療。但在往後五到十年，放射治療技術快速推進到以電腦斷層模擬定位推演治療座標的三維治療方式，發展出所謂 3D 順形治療 (3D-conformal therapy, 3D-CRT)以及強度調控放射治療 (intensity-modulated radiotherapy, IMRT)，與過去二維治療相比，可以顯著降低治療帶來的副作用，同時能提升腫瘤劑量，進而提升治療效果(Bucci, Bevan & Roach, 2005)。截至今日，由癌症登記資料庫可知，台灣目前超過 80% 以上的放射治療是使用 IMRT 技術。

3D-CRT 以及 IMRT 之所以能成為主流技術，源自治療計劃軟體以及儀器設備硬體的顯著進步，但可預期的就是購置新的儀器設備與運算軟體的成本也必定節節攀升。時至今日，要價超過上億元的高能遠距放射治療設備在台灣俯拾即是。也因這些治療演進的根本原理艱深難懂，台灣醫界遂將這些昂貴機器以『光子刀』、『螺旋刀』及『電腦刀』命名，強調這樣的治療如同手術一般的精準到位。

因為放射治療部門設置成本高昂(儀器設備、計劃軟體及輻射防護工程)，

¹ 游離輻射防護法

小型醫療院所較難以負擔，加上沒有健保的年代，動輒超過數十萬的醫療花費，不是一般民眾可以承擔，因此在未有健保的年代，放射治療部門的設立侷限於大型醫院或公立醫院。但健保開辦之後，放射治療費用是由健保全額支付，使得能利用放射治療的病人數大幅提升，加上每年新診斷癌症人數的逐年增加，這波對於放射治療需求的成長剛好搭配上放射治療技術儀器的進步，促成了台灣放射治療領域在十多年來有顯著的成長進步。根據衛生福利部統計，台灣地區的高能遠距放射治療設備的數量，從 2000 年的 63 台成長到最新資料 2017 年的 165 台 (衛生福利部統計局)；新診斷侵襲癌病人的放射治療首次療程(首療)利用率，則從 2000 年的 16.43% 成長到 2016 年的 26.95% (衛生福利部國民健康署，2016b)。

衛生福利部中央健康保險署(健保署)的資料也顯示，健保用於治療癌症病患的醫療費用，由 2011 年的 660 億點增加到 2015 年的 815 億點，依整體年平均成長率來看，癌症病患醫療支出成長為 5.4%(衛生福利部中央健康保險署，2016)。在手術方面，由於內視鏡手術及機器人手臂(達文西手術)技術愈趨成熟，依據醫學證據也將部分癌別的內視鏡及達文西手術費用納入健保給付。而癌症治療藥品的費用，由 2011 年的 151.6 億點增加到 2015 年的 224.8 億點，年平均成長率更是達到 10.4%(戴雪詠)。那放射治療也身為癌症治療方式三大面向之一，其健保支出費用是否隨著治療人數而成長，費用成長的幅度又是呈現何種樣貌，在政府的報告或是新聞發布中，並未搜尋到相關的資訊。

台灣的放射治療領域在 IMRT 技術普及之後，為了更提升治療的精準度和病患的舒適度，持續引進了影像導引技術(image-guided radiotherapy, IGRT)以及體積調控弧形放射治療技術(volumetric-modulated arc therapy, VMAT)。IGRT 可以在執行治療前顯示當時刻的身體位置資料，並能即時調整照射位置以增進治療的精準度，而 VMAT 技術則是藉著大幅度增加治療角度，提升劑量順形度以使腫瘤包覆更佳，更重要的是 VMAT 技術可以動態連續給予射束而能使得治療時間大幅度縮短，減少病人在治療室的時間。

台灣癌症病人在健保有給付放射治療的制度下，現今的放射治療首療利用率相較於健保開辦初期是明顯提高。各醫院或新設立放射治療部門，

或爭先引進最新的儀器設備，在新聞媒體上不定期可見到相關的消息，使台灣的放射治療服務提供呈現出便利且先進的印象。但因著放射治療技術與儀器設備的大幅進步，可預見初期的投資成本及持續運營的成本相較於以往應是提高的趨勢。考量到台灣健保已是實施總額預算的給付制度，健保相關放射治療的給付究竟呈現何種樣貌，若能獲得相關資料，相信對於未來要投入多少資源於放射治療應是重要的參考。而現階段台灣放射治療的資源是否能滿足目前及未來可能的癌症罹病人口需求，在目前的文獻中，沒有太多研究進行相關的探討。

1.2 研究目的

本研究透過蒐集與分析過去 10 年來台灣新診斷的癌症人數，放射治療的利用情形，放射治療儀器設備的數量與分布及其使用人次，以及放射治療的健保支出趨勢變化，試圖勾勒出台灣地區放射治療的現況。並搜尋其他國家關於其國內放射治療資源分布的相關文獻，試著探討台灣與他國在不同的醫療保險制度下，放射治療領域在發展上所面臨的異同情況。期望藉由與他國的比較，試圖回答現今台灣的放射治療資源是否能滿足目前及未來可能的癌症罹病人口需求。

第二章 研究方法

透過蒐集台灣從 2005 年到 2015 年之間放射治療的相關資料，包含每年新診斷的癌症人數、首療中有接受放射治療的比率、放射腫瘤部門數量、高能遠距放射治療設備的數量與分布及使用人次，並透過全民健保資料庫計算健保支出用於放射治療相關服務的點數，來呈現並分析台灣十年來放射治療領域的趨勢變化。

2.1 資料來源

2.1.1 癌症登記報告

我國衛生福利部自 1979 年起，設立癌症登記委員會，訂定新發癌症個案登記作業標準，針對 50 床以上的醫院啟動了新發癌症登記申報。因此，自 1979 年 1 月 1 日起，凡具中華民國國籍之新發診斷癌症個案，符合國際疾病分類腫瘤學（International Classification of Diseases for Oncology, ICD-O）組織形態分類碼第 5 碼（性態譯碼）為 2（原位癌）或 3（侵襲癌）者，均需申報。

從 1979 年到 2002 年間，癌症登記資料庫僅收錄 20 個欄位(俗稱短表)之癌症診療相關資料。自 2002 年起，除繼續短表欄位的登錄外，有六種常見癌症(口腔癌、結直腸癌、肝癌、肺癌、乳癌及子宮頸癌)的資料蒐集欄位改為 65 欄位之長表申報。2007 年起，申報內容進行改版，此階段長表申報項目增為 95 欄位，短表申報項目則為 33 欄位。自 2008 年起，長表申報癌症別新增了食道癌、胃癌、攝護腺癌及膀胱癌；2009 年再新增了主唾液腺癌、鼻咽癌、子宮體癌、卵巢癌與血液腫瘤等癌別；2013 年再加入喉癌。至今，台灣癌症登記資料庫共收錄了 16 種常見癌別的診療詳細資料，及其他癌症的短表資料。2011 年開始，又改版癌症登記申報項目，目前新診斷的癌症個案，長表申報項目增至 114 欄位，短表申報項目則為 42 欄位。根據 2016 年的癌症年報，全台各層級醫療院所共有 199 間參與癌症登記工作。

目前癌症登記申報內容包含以下八大項：

1. 申報機構：包括醫療機構名稱、代碼。
2. 患者資料：包括病歷號碼、姓名、身分證字號、性別、出生年月日、戶籍地代碼。
3. 癌症確認：包括診斷年齡、癌症發生順序號碼、個案分類、首次就診日期、最初診斷日期、原發部位、側性、組織形態、性態碼、分級/分化、癌症診斷方式和首次顯微鏡檢證實日期。
4. 最初診斷期別：包括臨床/病理期別。
5. 首次療程：包括申報醫院首次療程中各項治療及治療開始日期。
6. 結果：包括首次復發型式與日期、生存狀態、癌症狀態、死亡原因與日期。
7. 危險因子：包括身高、體重、吸菸行為、嚼檳榔行為及喝酒行為。
8. 部位特定因子：依原發部位特性及臨床需求，如乳癌之荷爾蒙受體及人類表皮生長因子受體是否表現、結腸直腸癌之癌胚抗原檢驗值等。

癌症個案登記作業流程除了有資料正確性及邏輯性的檢查外，尚有重複資料之去除與合併的手續，並將各醫院的登記品質納入癌症診療品質認證中列管，以確保資料內容之正確與完整性。衛生福利部癌症登記中心每年會將癌症登記資料進行處理分析，統計分析內容包含發生率計算與個案數變化、申報資料品質指標、癌症登記年報圖表之製作與編排及存活率分析等，內容集結發表成年度的癌症登記報告，公告周知。

本研究透過 2005 年到 2015 年發布之癌症登記報告，蒐集以下數據：

1. 當年度診斷的全癌症個案數 (含侵襲癌及原位癌)。
2. 當年度診斷的侵襲癌個案數。
3. 當年度診斷的癌症個案在首療中有接受放射治療之比率。
癌症個案申報會要求登錄首療的治療方式，其定義與內容為申報醫院進行的首次療程中各項治療及治療開始日期。透過此定義，可得知有多少比率的病人其首療包含放射治療，進而得知侵襲癌的放射治療首療占率。
4. 當年度診斷的乳房原位癌個案數及其放射治療之首療占率。
癌症年報內容主要以侵襲癌為主，但有另闢原位癌章節，登錄結直腸肛門、肺及氣管支氣管、乳房、子宮頸及膀胱原位癌的發生率、細胞型態

及其首療行為。本次研究特地納入每年乳房原位癌個案數及治療方式的原因，係因乳房原位癌根據目前國際治療指引，若接受部分乳房切除術，建議術後接受全乳房放射治療。以 2011 年為例，該年度診斷罹患女性乳房癌症者有 11,672 人，其中屬於侵襲癌者有 10,056 人，屬於原位癌者有 1,616 人。當年度乳房原位癌人數直逼名列侵襲癌發生率第 9 名之子宮頸癌人數(1,673 人)，為避免低估放射治療之首療利用率，故將乳房原位癌納入統計分析。

2.1.2 衛生福利部醫療機構現況及醫院醫療服務量統計

衛生福利部為強化衛生福利統計功能與運作，於 1971 年成立統計室，針對衛生及社會福利統計事項進行規劃推展。其業務包含每年進行醫療機構現況及醫院醫療服務量統計。此項統計為陳述我國醫事機構家數、設備、人力及服務量消長情形等，以具體呈現醫療資源分布與利用情形，做為衛生機關醫院管理及規劃之參考。此項統計報告中包含歷年醫療院所家數概況；歷年各醫療區域醫療院所數、執業醫事人員數、病床數；歷年醫療設備數(含特定醫療技術檢查檢驗醫療儀器、手術台、產台、牙醫治療台及門診診療室)及歷年特定醫療技術檢查檢驗醫療儀器使用人次。上述資料會再按權屬別、縣市別、評鑑等級別、科別等方式排序以為報告。其中，「特定醫療技術檢查檢驗醫療儀器」，係指依「特定醫療技術檢查檢驗醫療儀器施行或使用管理辦法」規定所稱之儀器，醫療機構施行或使用該等儀器，應向所在地衛生局申請登記後，始得為之。目前經中央衛生主管機關列管之特定醫療技術檢查檢驗醫療儀器共有 21 項，本文欲列入研究之放射治療相關設備亦包含其中，定名為高能遠距放射治療設備、近接式放射治療設備以及醫用粒子治療設備。

本次研究透過此年度統計資料，擷取 2005 年到 2015 年的下列數據進行描述及分析：

1. 年底使用設備數：係指每年度 12 月 31 日時尚在使用中的儀器設備，此項統計細分為公立醫院及非公立醫院兩項。

2. 歷年醫療設備數（含特定醫療技術檢查檢驗醫療儀器、手術台、產台、牙科治療台及門診診療室）。
3. 歷年特定醫療技術檢查檢驗醫療儀器使用人次。
4. 醫療院所數—按診療科別及縣市別。此資料可得出每年具有放射腫瘤科的醫療院所數，視為全國及各縣市的放射腫瘤部門數量。

2.1.3 全民健康保險研究資料庫

我國自 1995 年開始實施全民健康保險制度，整併了之前的勞保、農保及公保三大職業醫療保險體系，成為現行的公辦公營、單一保險人模式的組織體系，納保率超過全國人口 98%。截至 2018 年 6 月底止，全民健保特約醫療院所合計達 21,163 家，占全國所有醫療院所總數 92.86%。根據全民健康保險醫療服務給付項目及支付標準，放射治療執行情序共有 32 項診療項目(表 2-1)，每一項都有其相對應的健保支付點數。本次研究擷取 2005 年到 2015 年間，全民健康保險研究資料庫中的門診處方及治療明細檔(CD)以及住院醫療費用清單明細檔(DD)中含有上述 32 項放射治療醫療給付之就醫資料，歸戶後進行加總，與其醫事機構基本資料檔 (HOSB) 之「醫事機構代號」串檔，排除「縣市區碼」不齊全資料後，可得到該給付發生之重要變項，如醫院層級、就醫地區別等。透過加總上述各項目之支付點數，得到每年執行放射治療的總健保支付點數及歸戶後的治療人數(視為當年度實際接受放射治療的人數，含首療、再次治療及緩和性放射治療)。

表 2-1 放射治療健保診療項目代碼與其健保支付點數

診療項目代碼	中文項目名稱	健保支付點數
36001B	電腦治療規劃—簡單	3309
36002B	驗證片(每張)	396
36004B	放射照野片 1 張	418
36005B	放射照野片 2 張	572
36006B	鈷六十遠距治療—每一簡單照野	880
36009B	鈷六十遠距照射治療 — 每一複雜照野	983

診療項目代碼	中文項目名稱	健保支付點數
36010B	鈷六十遠距照射治療，每一緊急照野	1180
36011B	直線加速器遠距照射治療，每一簡單照野	1231
36012B	直線加速器遠距照射治療，每一複雜照野	1334
36013B	直線加速器遠距照射治療，每一緊急照野	1601
36014B	全身放射治療(一療程)	60641
36015B	電腦治療規劃—複雜	11483
36018B	模擬定位攝影	3619
36019B	劑量計算	301
36020B	直線加速器半體放射治療	1334
36021C	3D 電腦斷層模擬攝影	8500
37007B	安裝近接治療器(複雜)—每次	3236
37008B	安裝近接治療器(簡單)—每次	1650
37010B	組織插種治療	5611
37011B	特殊模體安裝，每次	2977
37013B	合金模塊之設計及製作	1980
37014B	填充模塊之設計及製作	1349
37015B	補償器之設計及製作	1646
37016B	固定模具之設計及製作(大)	1943
37018B	遙控後荷式近距治療(簡單)—每次	4126
37019B	遙控後荷式近距治療(複雜)—每次	6600
37026B	放射治療之皮膚處理(一個療程)	244
37028B	三度空間立體定位X光刀照射治療	80000
37029B	加馬機立體定位放射手術	149492
37030B	固定模具之設計及製作(小)	1556
37046B	多葉型準直儀合金模塊之設計及製作-每一照野	1980
37047B	身體立體定位放射治療	213662

(資料來源：擷取自 http://data.nhi.gov.tw/Datasets/Download.ashx?rid=A21030000I-D20003-001&l=http://data.nhi.gov.tw/resource/OpenData/醫療服務給付項目_1070710.ods。本研究整理)

2.2 統計分析

透過上述資料，計算下列數據進行統計分析：

1. 全癌症首療放療占率(%)：該年度侵襲癌及乳房原位癌首療放療人數/該年度全癌症新診斷人數
2. 每機器每年治療人數：全民健保研究資料庫該年度治療歸戶病人數/該年度高能遠距放射治療設備數
3. 每部門每年治療人數：全民健保研究資料庫該年度治療歸戶病人數/該年度放射腫瘤部門數
4. 每機器每年使用人次：高能遠距放射治療設備該年度醫療儀器使用人次/該年度高能遠距放射治療設備數
5. 每部門每年使用人次：高能遠距放射治療設備該年度醫療儀器使用人次/該年度放射腫瘤部門數

第三章 研究結果

3.1 台灣年度癌症發生人數與首次療程放射治療占率

藉由擷取癌症登記報告中台灣每年新診斷癌症人數以及診斷後首次療程中有進行放射治療的人數，描繪出台灣癌症發生人數與放射治療利用情況的趨勢變化。表 3-1 列出 2005 年到 2015 年間台灣的年度全癌症(侵襲癌加上原位癌)、侵襲癌及乳房原位癌的新診斷人數，以及侵襲癌與乳房原位癌首療含放射治療的人數，並計算出全癌症首療放療占率。可以看到這十年間，不管是侵襲癌或是乳房原位癌新診斷的人數都是持續增加的趨勢。全癌症新診斷人數由 2005 年的 74,289 人開始每年攀升，在 2011 年時突破了十萬人，此後仍持續增加，2015 年時全癌症新診斷人數達 116,552 人。

新診斷癌症個案接受放射治療的人數也可以看到從 2005 年開始每年穩定增加，從 2005 年的 13,419 人上升到 2015 年的 29,276 人。而全癌症首療放療占率在 2005 年為 18.06%，成長至 2011 年的 25.60%後，接下來幾年的全癌症首療放療占率穩定在 25~26%左右。

表 3-1 年度癌症新診斷人數(侵襲癌、乳房原位癌)與全癌症首療放療占率

年度	全癌症新診斷人數	侵襲癌新診斷人數	侵襲癌首療放療人數(A)	乳房原位癌新診斷人數	乳房原位癌首療放療人數(B)	首療總放療人數(A+B)	全癌症首療放療占率(%)
2005	74289	68907	13291	646	128	13419	18.06%
2006	78770	73293	15107	660	167	15274	19.39%
2007	81336	75769	18197	806	205	18402	22.62%
2008	85473	79818	19821	913	222	20043	23.45%
2009	93757	87189	22239	1214	357	22596	24.10%
2010	97836	90649	23904	1579	510	24414	24.95%
2011	100356	92682	25119	1616	575	25694	25.60%
2012	105082	96694	26047	1976	821	26868	25.57%
2013	109450	99143	26932	2081	810	27742	25.35%
2014	113961	103147	27773	2149	947	28720	25.20%
2015	116552	105156	28180	2441	1096	29276	25.12%

(資料來源：擷取自 2005 年到 2015 年的癌症登記報告，並自行製表)

3.2 台灣放射治療部門數與治療設備數量

從衛生福利部發布之醫療機構現況及醫院醫療服務量統計的資料中，本研究藉由統計表中歷年醫療設備數(含特定醫療技術檢查檢驗醫療儀器)及醫療院所數(按診療科別及縣市別分)這兩個表格，擷取與放射治療相關的三種醫療儀器(高能遠距放射治療設備、近接式放射治療設備及醫用粒子治療設備)及放射腫瘤科部門數來做描述分析。表 3-2 列出 2005 年到 2015 年間台灣的放射腫瘤部門數及放射治療相關設備數量。2005 年全台灣共有 58 家醫療機構提供放射治療的服務，五年後(2010 年)增加為 67 家，再五年的時間(2015 年)躍升到了 79 家；這十年間提供放射治療的部門數量呈現 1.36 倍的成長。再以放射治療相關設備總數來看，2005 年全台灣共有 130 台放射治療設備，到 2010 年時成長至 165 台，2015 年時增加到了 192 台；這十年間放射治療設備有著 1.48 倍的成長。

設備數量的成長主要是來自於高能遠距放射治療設備的增加，從 2005 年 97 台成長到 2015 年 152 台。而這十年間近接式放射治療設備只增加了 7 台。2015 年時，台灣林口長庚醫院啟用了第一台醫用粒子治療設備。

表 3-2 年度放射腫瘤部門數與放射治療各式設備數量

年度	放射腫瘤部門數	放射治療相關設備總數	高能遠距放射治療設備	近接式放射治療設備	醫用粒子治療設備
2005	58	130	97	33	0
2006	60	139	103	36	0
2007	62	151	111	40	0
2008	60	152	113	39	0
2009	66	162	121	41	0
2010	67	165	126	39	0
2011	71	171	133	38	0
2012	71	175	136	39	0
2013	76	183	144	39	0
2014	76	188	147	41	0
2015	79	192	152	40	1

(資料來源：擷取自 2005 年到 2015 年醫療機構現況及醫院醫療服務量統計，並自行製表)

3.3 台灣放射治療健保申報總點數與歸戶後年度治療人數

透過擷取全民健康保險資料庫的相關資料並計算出所需數據，可觀察到在 2005 年到 2015 年這區間每年放射治療健保診療項目的申報總點數有明顯成長。放射治療健保申報總點數在 2005 年時為 53.45 億點，2007 年時就突破 60 億點，2010 年時申報總點數又突破了 70 億點，超過 80 億點的時間則在 2012 年時達成。之後數年皆穩定在 80 億點以上，且可看到 2013 年以後的成長幅度驟降，連續三年申報總點數落在 86~88 億點左右(表 3-3)。

表 3-3 年度放射治療健保申報總點數、年治療人數及人均點數

年度	申報總點數(億)	年治療人數	人均點數(萬)
2005	53.45	31640	16.89
2006	53.95	30424	17.73
2007	60.62	32185	18.83
2008	63.31	34099	18.57
2009	69.79	37344	18.69
2010	70.85	35254	20.10
2011	75.62	37217	20.32
2012	81.46	39512	20.62
2013	86.51	41247	20.97
2014	88.24	42439	20.79
2015	88.74	43263	20.51

(資料來源：擷取自 2005 年到 2015 年的全民健康保險研究資料庫，並自行製表)

表 3-3 中還可看到歸戶後的年治療人數也有成長。這裡要特別說明，此計算出來的年治療人數，我們視為當年度實際接受放射治療的總人數，意味除了首療人數外，還包括了再次治療及接受緩和性放射治療的病人數。從 2005 年的 31640 人，在 2013 年時年治療人數突破了 4 萬人。將申報總點數與年治療人數的數據透過運算，可推算出每年度每人接受放射治療的平均申報點數(人均點數)。從表 4 可以看到放射治療的人均點數在 2010 年之後，都維持在 20-21 萬點之間，這現象可能是與健保署進行管控有關。

3.4 台灣放射治療的利用趨勢與分布

為了描述放射治療服務提供的狀態，國際間常用高能遠距放射治療設備每台每年的治療人數，或放射腫瘤每部門每年的治療人數來表示。透過蒐集每年高能遠距放射治療設備數、歸戶後年治療人數、特定醫療技術檢查檢驗醫療儀器使用人次等資料，可計算出每機器每年的治療人數及使用人次。2005年時台灣每機器每年治療人數為326.2人/台，接下來的幾年則維持在290-310人/台，而到了2010年時每機器每年治療人數再下降到279.8人/台，再來直到2015年就穩定在280-290人/台之間(表3-4)。

表 3-4 高能遠距放射治療設備每機器每年治療人數與使用人次

年度	高能遠距放射治療設備數	年治療人數	每機器每年治療人數	年度使用總人次	每機器每年使用人次
2005	97	31640	326.2	1,146,733	11822.0
2006	103	30424	295.4	1,080,987	10495.0
2007	111	32185	290.0	1,162,949	10477.0
2008	113	34099	301.8	1,187,315	10507.2
2009	121	37344	308.6	1,099,069	9083.2
2010	126	35254	279.8	1,214,208	9636.6
2011	133	37217	279.8	1,148,461	8635.1
2012	136	39512	290.5	1,172,850	8623.9
2013	144	41247	286.4	1,231,407	8551.4
2014	147	42439	288.7	1,272,373	8655.6
2015	152	43263	284.6	1,258,956	8282.6

(資料來源：擷取自2005年到2015年的全民健康保險研究資料庫與醫療機構現況

及醫院醫療服務量統計，並自行製表)

高能遠距放射治療設備的使用人次(指當年度使用該儀器設備的使用人次。若病人療程規劃為25天的放射治療，會計算為25次的使用人次)在2005年時為1,146,733人次，到2015年成長為1,258,956人次。若除以該年度的設備數，可發現每機器每年使用人次從2005年的11822.0人次，到2011年降至8635.1人次，之後數年穩定維持在8500-8650人次之間，但到

了 2015 年時，每機器每年使用人次再下降到了 8282.6 人次。上述資料顯示出隨著高能遠距放射治療設備數量的增加，每台機器每年提供的平均服務量在這十年間呈現了下降的趨勢(表 3-4)。

若以全國提供放射治療的部門數量來計算，台灣放射腫瘤領域每部門每年約治療 500-570 位病人，即使這十年間部門數量呈現了 1.36 倍的成長，每部門每年治療人數僅略有起伏但沒有很大的趨勢變化。再看向高能遠距放射治療設備的使用人次，每部門每年使用人次在 2005 年為 19771.3 人次，到了 2011 年之後則穩定於 16000-17000 人次，而 2015 年則為 15936.2 人次(表 3-5)。

若以每部門每年使用人次除以每機器每年使用人次(或是直接以高能遠距放射治療設備數量除以放射腫瘤部門數量)，可以估算出台灣每個放射腫瘤部門平均擁有 1.6-1.9 台高能遠距放射治療設備。

表 3-5 放射腫瘤每部門每年治療人數與使用人次

年度	放射腫瘤部門數	年治療人數	每部門每年治療人數	年度使用總人次	每部門每年使用人次
2005	58	31640	545.5	1,146,733	19771.3
2006	60	30424	507.1	1,080,987	18016.5
2007	62	32185	519.1	1,162,949	18757.2
2008	60	34099	568.3	1,187,315	19788.6
2009	66	37344	565.8	1,099,069	16652.6
2010	67	35254	526.2	1,214,208	18122.5
2011	71	37217	524.2	1,148,461	16175.5
2012	71	39512	556.5	1,172,850	16519.0
2013	76	41247	542.7	1,231,407	16202.7
2014	76	42439	558.4	1,272,373	16741.8
2015	79	43263	547.6	1,258,956	15936.2

(資料來源：擷取自 2005 年到 2015 年的全民健康保險研究資料庫與醫療機構現況及醫院醫療服務量統計，並自行製表)

放射治療設備的分布在不同權屬別(公立與非公立醫院)之間有些許差異。2005年時，全國公立醫院設置有22台高能遠距放射治療設備，非公立醫院則有75台；2010年時，公立醫院有31台，非公立醫院則有95台；到了2015年，公立醫院成長至40台，非公立醫院成長至112台。高能遠距放射治療設備數量在這十年間，不論公立或是非公立醫院皆有明顯的增加，但這樣的成長在近接式放射治療設備則不明顯，公立醫院近接式放射治療設備在2005-2015年間共增加4台，非公立醫院在同樣十年間則增加3台(表3-6)。上述高能遠距放射治療設備的成長及時間點的差異亦可由圖3-1看出。

表 3-6 年度全國放射治療設備數量與使用人次—依公立/非公立醫院別

年度	權屬別	高能遠距放射治療設備		近接式放射治療設備	
		設備數	使用人次	設備數	使用人次
2005	公立醫院	22	504,022	6	1,758
	非公立醫院	75	642,711	27	5,341
2006	公立醫院	24	447,282	7	1,607
	非公立醫院	79	633,705	29	5,131
2007	公立醫院	27	454,109	9	1,700
	非公立醫院	84	708,840	31	7,081
2008	公立醫院	29	476,750	9	2,086
	非公立醫院	84	710,565	30	4,976
2009	公立醫院	31	371,229	10	1,892
	非公立醫院	90	727,840	31	4,750
2010	公立醫院	31	443,439	10	1,673
	非公立醫院	95	770,769	29	4,502
2011	公立醫院	32	323,518	10	1,823
	非公立醫院	101	824,943	28	4,428
2012	公立醫院	33	327,254	11	1,770
	非公立醫院	103	845,596	28	4,434

年度	權屬別	高能遠距放射治療設備		近接式放射治療設備	
		設備數	使用人次	設備數	使用人次
2013	公立醫院	37	344,456	11	1,929
	非公立醫院	107	886,951	28	4,539
2014	公立醫院	39	362,344	11	1,462
	非公立醫院	108	910,029	30	4,168
2015	公立醫院	40	352,924	10	1,913
	非公立醫院	112	906,032	30	5,210

(資料來源：擷取自 2005 年到 2015 年醫療機構現況及醫院醫療服務量統計，並自行製表)

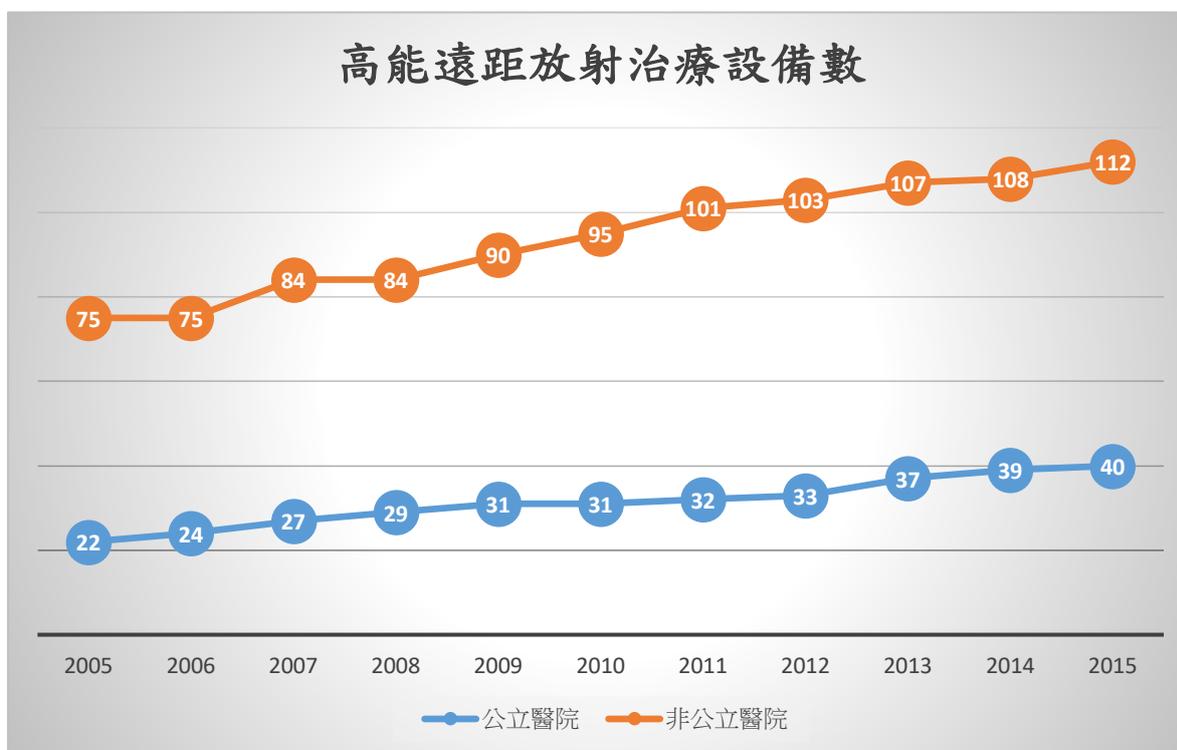


圖 3-1 高能遠距放射治療設備數—依年度與公立/非公立醫院別

(資料來源：擷取自 2005 年到 2015 年醫療機構現況及醫院醫療服務量統計，並自行製圖)

若以每機器每年使用人次來分析，在 2005 年時公立醫院每機器每年使用人次為 22910.1 人次，非公立醫院則為 8569.5 人次；在 2010 年時公立醫院每機器每年使用人次有減少為 14304.5 人次，非公立醫院則為 8113.4 人次。從數據上可以看出公立醫院的高能遠距放射治療設備是非常繁忙的，單一機器的利用頻率一直遠高於非公立醫院。公立醫院的每機器每年使用人次一直到了 2015 年才終於降到 9000 人次以下，來到 8823.1 人次。另一方面，非公立醫院的每機器每年使用人次在這十年間都維持在 8000-8500 人次之間，沒有太大的變化(表 3-7)。

表 3-7 高能遠距放射治療設備公立與非公立醫院每機器每年使用人次

年度	合計		公立醫院		非公立醫院	
	設備數	每機器每年使用人次	設備數	每機器每年使用人次	設備數	每機器每年使用人次
2005	97	11822.0	22	22910.1	75	8569.5
2006	103	10495.0	24	18636.8	75	8021.6
2007	111	10477.0	27	16818.9	84	8438.6
2008	113	10507.2	29	16439.7	84	8459.1
2009	121	9083.2	31	11975.1	90	8087.1
2010	126	9636.6	31	14304.5	95	8113.4
2011	133	8635.1	32	10109.9	101	8167.8
2012	136	8623.9	33	9916.8	103	8209.7
2013	144	8551.4	37	9309.6	107	8289.3
2014	147	8655.6	39	9290.9	108	8426.2
2015	152	8282.6	40	8823.1	112	8089.6

(資料來源：擷取 2005 年到 2015 年的醫療機構現況及醫院醫療服務量統計，並自行製表)

再看到台灣放射治療設備的分布在不同縣市的趨勢變化。蒐集了 2005 年、2010 年及 2015 年台灣放射治療設備在各縣市的數量，依據現行的六都架構重新整理成表 3-8。可以發現這十年左右的時間，高能遠距放射治療設備的分布從非常集中朝向略為分散的趨勢。在 2005 年時，全國共有七個縣市不具備放射治療設備，分別為新竹縣、南投縣、雲林縣、澎湖縣、基隆

市、金門縣、連江縣。到了 2015 年時只剩下新竹縣以及澎湖縣、金門縣、連江縣等離島地區沒有放射治療設備。

表 3-8 2005, 2010, 2015 年全國放射治療設備分布—依縣市別(六都架構)

年度	高能遠距放射治療設備			近接式放射治療設備		
	2005	2010	2015	2005	2010	2015
總計	97	126	152	33	39	40
新北市	7	14	13	2	4	5
臺北市	24	28	33	7	8	10
桃園市	10	11	11	2	2	2
臺中市	14	20	24	5	6	5
臺南市	8	8	12	4	4	2
高雄市	13	18	23	4	5	5
宜蘭縣	3	3	3	-	-	-
新竹縣	-	-	-	-	-	-
苗栗縣	1	1	1	-	-	-
彰化縣	4	6	7	2	3	4
南投縣	-	1	1	-	-	-
雲林縣	-	-	1	-	1	1
嘉義縣	4	4	4	2	2	2
屏東縣	2	2	5	2	1	-
臺東縣	1	1	1	-	-	-
花蓮縣	3	3	3	1	1	1
澎湖縣	-	-	-	-	-	-
基隆市	-	2	2	-	-	-
新竹市	1	1	3	1	1	2
嘉義市	2	3	5	1	1	1
金門縣	-	-	-	-	-	-
連江縣	-	-	-	-	-	-

(資料來源：擷取 2005、2010、2015 年醫療機構現況及醫院醫療服務量統計並自行製表)

將 2005 年、2010 年及 2015 年台灣高能遠距放射治療設備依縣市別做成分布圖(圖 3-2、圖 3-3、圖 3-4)。透過此熱點圖來看，高能遠距放射治療設備最為集中的還是六都地區，而花東地區這十年來設備數量沒有增減(表 9)。以健保分區來表示 2015 年時的高能遠距放射治療設備分布情形：台北區域 (台北市、新北市、基隆市、宜蘭縣)有 51 台，占全國 33.5%；北區區域 (桃園市、新竹市、新竹縣、苗栗縣)有 15 台，占全國 9.9%；中區區域 (台中市、南投縣、彰化縣)有 32 台，占全國 21.1%；南區區域(雲林縣、嘉義縣、嘉義市、台南市)有 22 台，占全國 14.5%；高屏區域(高雄市、屏東縣、澎湖縣)有 28 台，占全國 18.4%；東區區域(花蓮縣、台東縣) 有 4 台，占全國 2.6% 。

2005年全國放射治療設備分佈—依縣市別(六都架構)

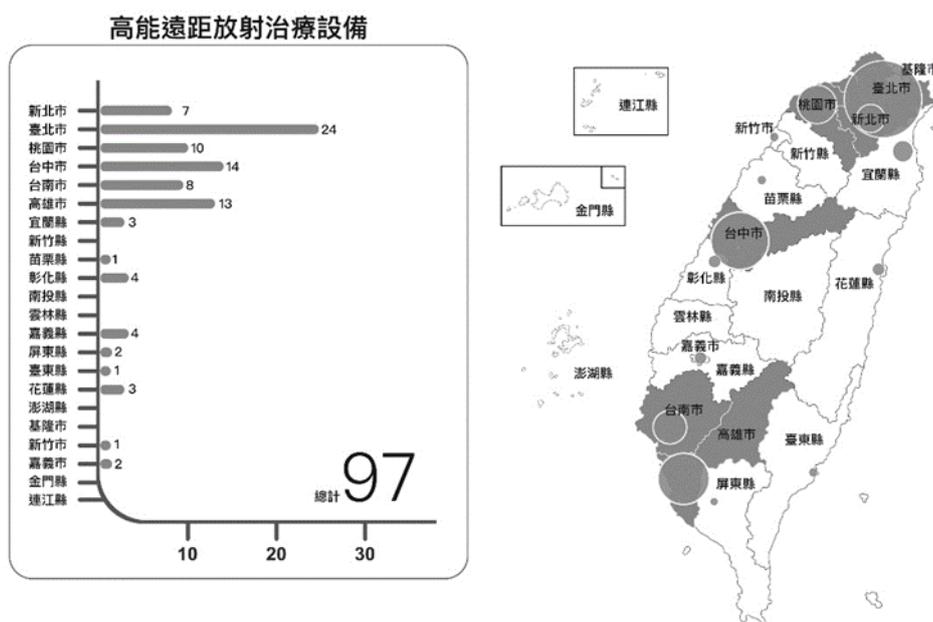


圖 3-2 2005 年高能遠距放射治療設備於台灣的分布圖

(圖 3-2~圖 3-4 為擷取 2005 年到 2015 年醫療機構現況及醫院醫療服務量統計，並自行製圖)

2010年全國放射治療設備分佈—依縣市別(六都架構)

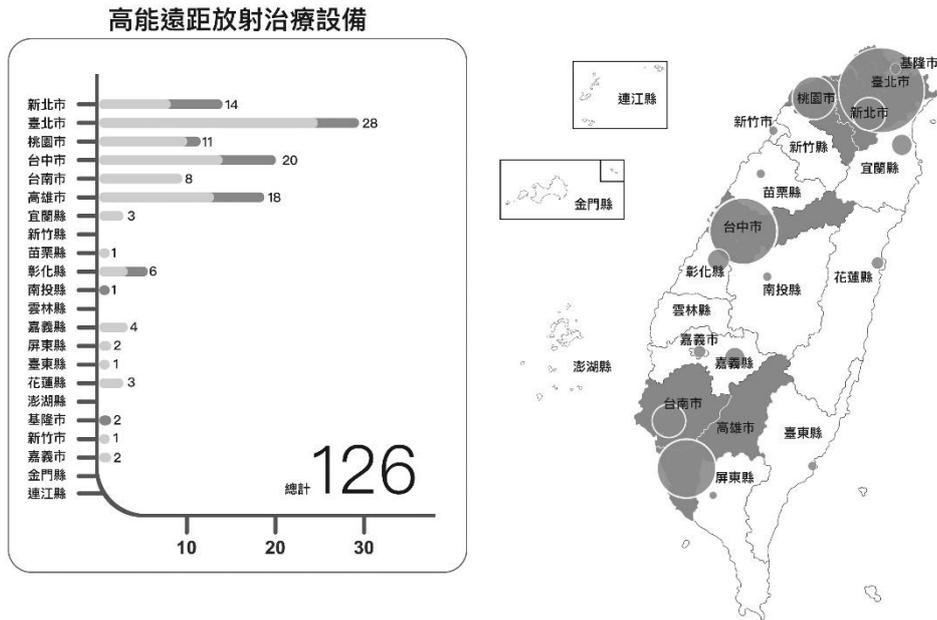


圖 3-3 2010 年高能遠距放射治療設備於台灣的分佈圖

2015年全國放射治療設備分佈—依縣市別(六都架構)

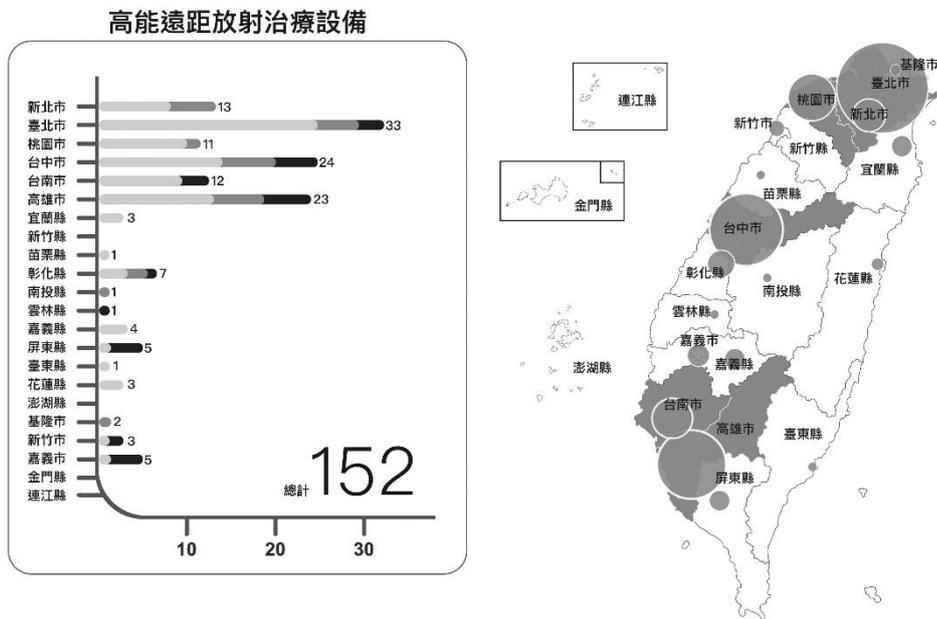


圖 3-4 2015 年高能遠距放射治療設備於台灣的分佈圖

若以醫院評鑑等級做區分，則可看出十年來高能遠距放射治療設備的分布有了變化(表 3-9)。在 2005 年時，醫學中心擁有的設備數量(55 台)佔了 56.7%，區域醫院(38 台)則有 39.1%；到了 2015 年，醫學中心擁有的設備數量(74 台)比率降低到 48.7%，而區域醫院擁有的設備數量(72 台)比率則提高到 47.4%。顯示新設立的高能遠距放射治療設備多設置於區域醫院，也佐證了台灣放射治療的服務提供在這十年間，從非常集中朝向略為分散的趨勢(圖 3-5、圖 3-6、圖 3-7)。

表 3-9 2005, 2010, 2015 年全國放射治療設備分布—依評鑑等級別

年度	高能遠距放射治療設備			近接式放射治療設備		
	2005	2010	2015	2005	2010	2015
醫學中心	55	71	74	15	20	19
區域醫院	38	54	72	15	19	21
地區醫院	2	1	4	1	0	0
非評鑑醫院	2	0	2	2	0	0
總計	97	126	152	33	39	40

(資料來源：擷取 2005、2010、2015 年醫療機構現況及醫院醫療服務量統計並自行製表)

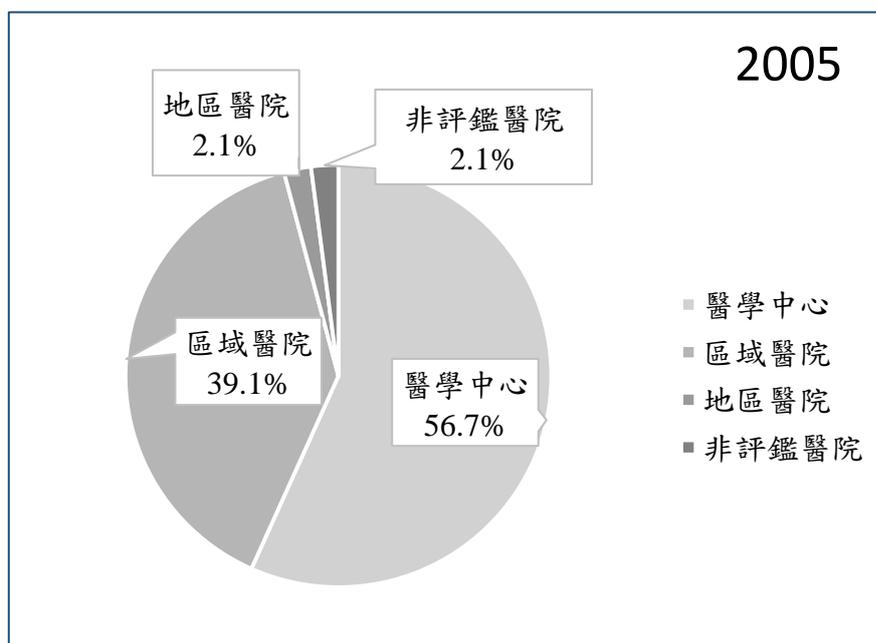


圖 3-5 2005 年高能遠距放射治療設備分布—依評鑑等級別

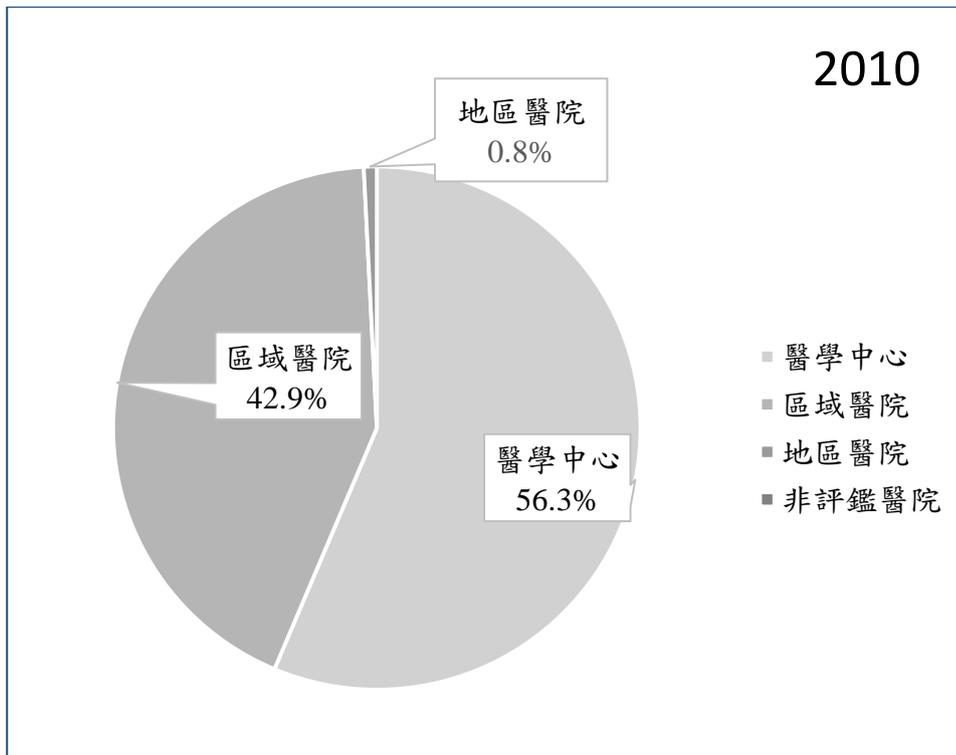


圖 3-6 2010 年高能遠距放射治療設備分布—依評鑑等級別

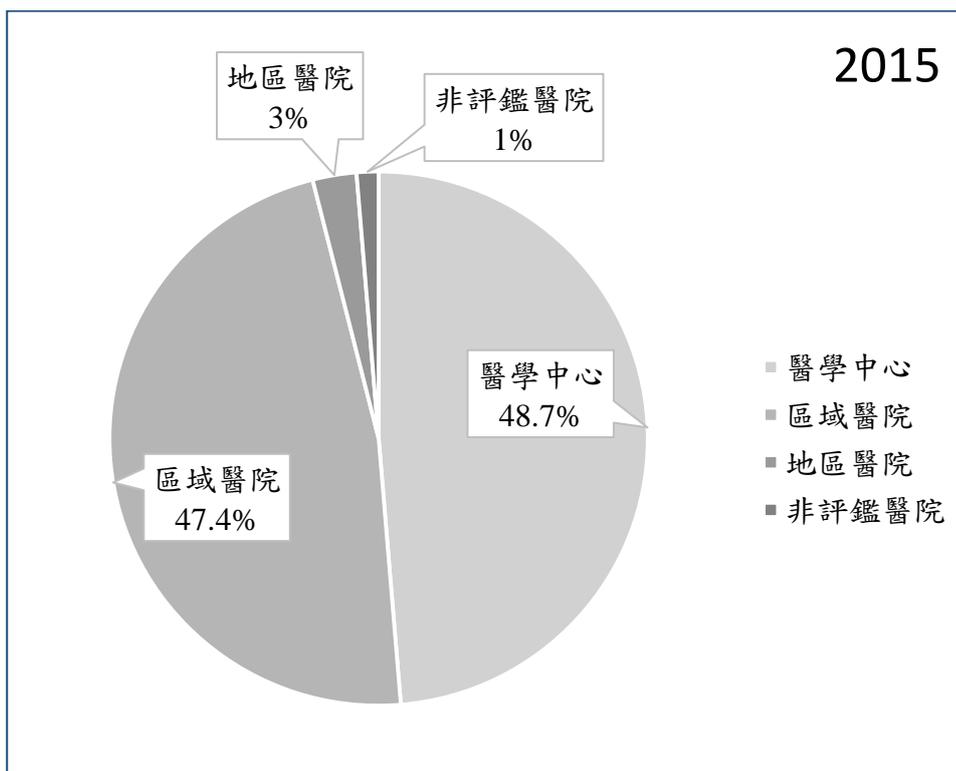


圖 3-7 2015 年高能遠距放射治療設備分布—依評鑑等級別

(圖 3-5~圖 3-7 為擷取 2005 年到 2015 年的醫療機構現況及醫院醫療服務量統計，並自行製圖)

第四章 文獻回顧與討論

4.1 放射治療部門設置營運成本增加

比利時 University Hospitals Leuven (UHL)在 2012 年發表的文章中，討論了執行放射治療在 2000 年時及 2009 年時的成本。他們將成本分為薪資、建築物攤提、儀器設備攤提、間接費用及材料成本來探討。本研究將選擇其中占比較高的薪資(人力成本)與儀器設備成本來進行探討。

4.1.1 放射治療技術進步增加了專業人力需求

一位癌症病人在接受放射治療前，得經過複雜的治療準備流程，可分為以下幾個步驟：

1. 治療諮詢：

放射腫瘤專科醫師以門診或是會診的方式，針對疾病進行治療適應症的評估，並說明接受放射治療的流程，預計療程與可能副作用。

2. 模具製作，模擬攝影定位與標示對位座標點：

此階段為模擬病人躺在治療設備中的姿勢(擺位)，配合照射部位製作固定模具，並以 X 光機或是電腦斷層針對此標準擺位留下治療計畫所需的影像資料，且在病人身上留下對位標示記號。

3. 治療護理衛教：

在模擬定位程序後，腫瘤護理師會針對治療中的注意事項及可能副作用的因應方式加以說明，並提供相關資料參考。

4. 腫瘤照射範圍與危及器官的描繪 (target /organs at risk contouring)：

係指將模擬攝影定位取得的影像資料，在治療計畫系統軟體中描繪出所需照射的範圍(通常是以斷層影像一張一張的描繪)，以及照射部位附近可能接受到劑量的正常組織。

5. 治療計畫運算：

由物理師(或劑量師)透過治療計畫系統軟體的運算，規劃不同角度(弧度)及強度的放射線以達到最佳的劑量分布，且符合醫師劑量處方的放射治

療計畫(treatment plan)。

6. 治療計劃品質驗證：

運算完成且經醫師核可的放射治療計畫，應在病人接受治療前，先於遠距治療設備上進行假體的劑量驗證，確認機器能實際執行且能符合電腦軟體運算計畫的劑量分布。

7. 首次治療前驗證病人擺位及治療位置：

在病人第一次治療前，會使用正交 X 光片或是錐形電腦斷層影像(cone-beam CT)，再次確認病人姿勢能重現模擬攝影定位時的擺位，以預期照射範圍能符合治療計畫(已考量擺位及系統的誤差值)。

經過上述步驟後，方能開始放射治療的療程。傳統放射治療的一個療程為一天照射一次，一週照射 5 天，共照射 25-40 次。意味著病人需往返醫院與家庭或工作地點，為期 5-8 週，可能花費的人力、交通及時間成本難以估計。

而隨著治療儀器與治療技術的演進與複雜化，上述治療前的準備步驟所需花費專業人員的人力與時間更是大幅提高。舉例而言，過去二維的治療計畫，醫師在取得照射區域的 X 光片後直接在 X 光片上繪製照射範圍，從模擬攝影定位到治療計畫確定頂多費時一小時。但在三維治療的年代，醫師必須在電腦斷層影像上描繪腫瘤體積：假設一位頭頸癌的患者，其照射範圍的電腦斷層切面影像有 80 張，醫師就必須描繪 80 張的影像，依據病情複雜度，可能需時 1-2 個小時完成，才能進入治療計畫運算的步驟。一個 IMRT 的電腦治療計畫，至少需 2-3 個工作天才能完成，然後再經過治療計畫驗證，從模擬攝影定位到治療計畫驗證完大概需要至少一週的工作時間 (Ahmad, Duke, Jena, Williams, & Burnet, 2012)，與二維治療時代能夠迅速確認計畫完成的時間相差極大。放射治療技術的演進，讓治療劑量可以更精準地給予到腫瘤細胞，提升治療效果，同時能盡量閃避正常器官組織，降低治療中急性及治療後長期的副作用，如此顯著的進步卻是必須讓相關從業人員付出更長的工作時間，更繁瑣的品質驗證步驟 (Purdy, 2007)，當然還有隨著技術進步必須有更多的研究學習 (Huq, Mayles, & Besa, 2008)。

由密西根大學附設醫院在 2004 年所做的報告中可以知道，二維的治療計畫平均花費 55 分鐘完成，3D-CRT 的計畫運算則為 199 分鐘，IMRT 的計畫運算則平均需費時 635 分鐘(University of Michigan Health System, 2004)。可見因治療技術進步所需工作時間的延長，不只有放射腫瘤專科醫師(Fung et al., 2019)，相關專業人員如醫學物理師及劑量師等亦同。在這個變化快速的放射治療領域中，一個放射治療部門可能因著治療技術的提升，也必須增加部門內專業人員人數，以應付愈來愈複雜的治療技術並且維持良好品質的治療。Lievens Y. 指出放射腫瘤部門雖然是高科技的部門，但同時也是勞力密集(Lievens, Borrás, & Grau, 2015)的醫療部門，反映在高昂的人事成本中。Van de Werf 統計了部門內的人事成本，從 2000 年的 217 萬歐元(佔當年總成本的 48%)上升到 2009 年的 440 萬歐元(佔當年總成本的 51%)(Van de Werf, Verstraete, & Lievens, 2012)。

歐洲放射腫瘤學會 (European Society for Radiotherapy and Oncology, ESTRO)在 2005 年時展開了一個名為 QUARTS 的計畫(QUANTification of Radiation Therapy Infrastructure and Staffing Needs)(Datta, Samiei, & Bodis, 2014)，持續進行問卷調查並且發表歐洲各國對於放射治療的佈局規劃、儀器設備及人力資源概況，這些項目後來也被國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)引用作為全球的標準(Slotman et al., 2005)。

除了歐盟展開大規模的人力資源以及放射治療設備的調查，日本(Numasaki et al., 2018)、韓國(Ji et al., 2010)、美國(Pan et al., 2016)、加拿大(Stuckless et al., 2012)等等都有長期在關注其國內放射治療領域發展的情況，對於放射腫瘤專科醫師以及相關專業人員的人力及工作現況進行盤點，並預測未來需求，以期在儀器技術進步的治療領域，能因著足量的專業人員且適量的工作環境來提供高品質的放射治療。

4.1.2 放射治療技術進步增加了營運成本

比利時 University Hospitals Leuven (UHL)在 2012 年發表的文章中，討論了執行放射治療在 2000 年時及 2009 年時的成本。他們將成本分為薪資、

建築物攤提、儀器設備攤提、間接費用及材料成本來探討。在 2000 年時，部門內用於執行遠距放射治療(EBRT)的總成本為 455 萬歐元，而在 2009 年時上升至 860 萬歐元，成本提高了 89%，主要是因為投資了更精密的治療設備以及專業人員薪資的增加，而比較兩年度的治療人次則是成長了 33% (2000 年時 1769 人次，2009 年是 2354 人次)。若以執行步驟來看，因為要執行更精細的治療，所以治療前擺位驗證步驟(image-guided technique)的成本佔比明顯上升(從 2000 年佔比總成本的 2%上升到 2009 年的 14%) (Van de Werf et al., 2012)。

Van de Werf 提出了放射治療技術的進步帶來的成本差異。IMRT 技術執行在攝護腺癌的成本比起在使用 3D-CRT 技術時增加了 28%，頭頸癌則是增加了 32%。而若是 IMRT 加上影像導引技術的話，攝護腺癌的執行成本比起 3D-CRT 更是增加了 84%，頭頸癌的治療執行成本也增加了 73% (Van de Werf, Lievens, Verstraete, Pauwels, & Van den Bogaert, 2009)。

Lievens Y.指出，放射治療新技術的費用在進行經濟評估時常常是被低估的，可能是因為放射治療的預算通常只佔了健康照護預算的一小部分，所以比起癌症新藥物的效果與經濟評估的完整性，放射治療新技術的經濟評估文獻是非常有限的。然而，目前能取得相關於放射治療費用的文獻其實因著投入成本差異，因著分析範圍的不同，因著成本核算的方法學不同而不一定能準確抓住真正執行治療的費用成本。但是不管是在地方上，在國家層面甚至於全球的層級，若能準確計算放射治療的成本，在考量投資或是費用的給付上都會是重要的基礎(Lievens et al., 2015)。儘管放射治療新技術的經濟評估文獻是有限的，放射治療社群還是必須要能量化最先進的治療技術成本，然後經由嚴格的成本效益分析證明這些成本是合理的 (Lievens et al., 2015)。

4.2 各國放射治療現況

設立放射腫瘤部門雖然一開始需要高昂的資本支出，但是放射治療用於癌症治療是一種高成本效益的方式。在放射治療資源只有低到中度的

國家，在其經濟規模及人力資源有限度的情況下需要的是發展可永續的放射治療服務。但另一方面，高收入國家應該是擁有足夠的放射治療機器設備，但是若要細部分析放射治療的基礎設施型態則因為沒有詳盡的報告，也無法得知如何最佳化放射治療設施的效率。文獻指出，平均每人國民所得毛額(gross national income per capita)及每一遠距放射治療設備每機器每年治療人數是呈現負相關的關係。Rosenblatt E.等人指出在平均每人國民所得毛額達到 25,000 美元以上的國家，每一遠距放射治療設備每機器每年治療人數通常落在 400-450 人左右(Rosenblatt et al., 2013)。

另外，Rosenblatt E.等人使用了 DIRAC (DIrectory of RAdiotherapy Centers，為 IAEA 所設立)的資料庫指出了在已開發國家放射治療基礎設施的型態可以分成兩類：集中化(centralization)與去中心化(de-centralization, or fragmentation)。例如在丹麥、荷蘭及加拿大等國家，擁有超過四台以上機器的放射腫瘤部門數量佔了全國放射腫瘤部門的六成以上，而其他國家的放射治療基礎設施，則以一個部門擁有機器數一至二台者佔大宗。以成本效益分析的經濟觀點來看，如果就提高放射治療設備的效益這個目標，及能提供較高品質放射治療的立場來看，集中化的放射治療服務供給似乎是個較好的選擇；但若以病人就醫的角度來思考，尤其是住在郊區或是鄉村的病人，放射腫瘤部門去中心化才是有益於病人的選擇。Nakamura, K.指出日本每放射腫瘤部門擁有的機器數量是高收入國家中平均最低的(1.24 台)，這代表著日本的放射治療服務提供採取去中心化的策略，讓病人有放射治療需求時可以就近進行治療(Nakamura, Konishi, Komatsu, Sasaki & Shikama, 2018)。只是，日本放射腫瘤科醫師在如此分散而小規模的部門執業，在放射治療技術進步快速的時代裡，高度專業化的訓練是需要時間以及完善的教育環境才能成就。而像這樣的醫療品質議題，在規劃放射腫瘤部門時應得列入考量。

以下，本研究列出幾個國家，簡要描述各國癌症人數及發生率，醫療政策的異同，並進一步探究各國放射治療基礎設施的分布情形。

4.2.1 歐洲—以荷蘭進行討論

歐洲是由有著多元化的語言及不同文化傳統的許多國家集合而成的。而在面對癌症照護的課題，也因著人口組成、癌症發生率及存活率、經濟發展程度及可取得資源，以及健康照護的組織及資金來源等等的不同，這些國家之間的差異在預測最佳化放射治療資源如何符合病人的需求時都是必須考量的因素。歐洲放射腫瘤學會 (ESTRO) 在 2005 年展開的 QUARTS 的計畫代表著歐洲第一次嘗試評估內部組成國家的放射治療資源與規範，並對歐洲各國關於放射治療的佈局規劃給予指引。

有鑑於放射治療領域的快速發展需要更精確的成本預估以及成本效益分析，歐洲放射腫瘤學會在 QUARTS 計畫的基礎上，進一步發起了一個以知識為基礎的健康照護經濟模型的全歐洲計劃—HERO (Health Economics in Radiation Oncology) 來處理這個議題。第一步就是要能提供歐洲各國當前可用的放射治療機器數、專業人員及設立指南的全貌。他們使用一份有 84 個項目的問卷，發給在 European Cancer Observatory 中的 40 個國家，有 34 個國家提供了完整或是部分的回應。從問卷回覆可以看出，歐洲國家中放射治療機器的精密度及專業人員的可用性有著巨大的差異：全歐洲平均每百萬人口有 5.3 台的高能遠距放射治療機器，但各國之間可能有七倍的數據差異；又如每百萬人口享有平均 12.8 位放射腫瘤科醫師，7.6 位醫學物理師，3.5 位劑量師，26.6 位放射師及 14.8 位護理師的服務，但各國之間專業人員的數據差異更可能高達 20 倍的不同。若以平均每人國民所得毛額 (gross national income per capita) 較低的國家來看，每一台放射治療機器或是每一專業人員的年度服務量是高於歐洲平均值的；但若只看向較高平均每人國民所得毛額的國家，治療儀器及專業人員可用數量還是有差異，這可能表示各國的健康政策對於放射治療的供給是有很顯著的影響 (Lievens et al., 2015)。

在 ESTRO-HERO 的調查報告中，荷蘭在 2012 年的新診斷癌症人數為 93,448 人 (Borras et al., 2015)，是歐洲國家中與台灣最相近的 (台灣 2012 年新診斷癌症人數為 105,082 人)。再考量到荷蘭擁有的土地面積為 41,526 平方公里，人口數約為 1700 萬人，而台灣的土地面積為 36,193 平方公里，人

口數約為 2300 萬人。因著這些客觀數據與台灣的相近，本研究選擇荷蘭來進一步討論其放射治療資源的利用。

荷蘭的人口密度約 406 人/平方公里，為歐洲國家中人口相對稠密的一國。荷蘭的醫療照護系統可分為三個主要部分：(1)一般醫療照護 (2)長照系統 (3)其他(如牙科、心理治療、醫美整形)，而全國人民都規定至少要投保涵蓋一般醫療照護”全項目”的醫療保險。此項醫療保險的收入來源 50%來自薪資稅(payroll taxes)；5%來自政府補助；45%則為保費。因其一般醫療照護保險涵蓋全項目，癌症治療項目均包括其中。根據文獻(Slotman, Vos, Slot, Keus, & Verheij, 2018)，荷蘭男性盛行的癌症前四名為攝護腺癌(19.5%)、大腸直腸癌 (15.5%)、皮膚癌(14.4%)及肺癌(12.0%)；女性為乳癌(28.1%)、皮膚癌(14.8%)、大腸直腸癌(12.8%)及肺癌(10.4%)。在 2008 年到 2012 年間診斷的病人，全癌症的五年存活率達到 62%。醫療費用支出則約佔國內生產總值(gross domestic product，GDP)的 12 %。

在 1980 年代，荷蘭政府因應癌症人口增加與人口的老化，便預估放射治療設備及人力有提升的必要，但改變並非一蹴可幾，到了 1990 年代，儀器數量與專業人員數量沒能跟上治療需求，病人等候治療時間拉長，每台機器的治療人數暴增，荷蘭政府持續修訂政策(只規範放射腫瘤部門的數量，不再限制每部門可設置的儀器數量)，終於在接近 2000 年時，讓供需指標接近政府原先的預測，包含每 500 個療程須有一台直線加速器；每 250 個新診斷癌症個案須有一位專科醫師；每 650 個治療計畫須有一位物理師以及每 55 個計劃須有一位放射師。

從 1998 年至 2010 年，荷蘭全國直線加速器數量從 67 台增加至 120 台；每放射腫瘤部門擁有直線加速器的平均數量從 3.2 台增加到 5.7 台；療程數量從約 36,000 成長至 54,000，成長 51.6%，其中複雜性療程，如 IMRT、SRS (stereotactic radiosurgery 立體定位放射手術)、SBRT (stereotactic body radiotherapy 身體立體定位放射治療)等技術的應用從 1998 年的 3%成長到 2010 年的 39%。人力資源方面，放射腫瘤專科醫師人數在 1998 年為 130 人，到 2016 年已達 238 人；醫學物理師同期間從 57 位成長至 119 位；放射師從 648 人成長至 1073 人。2010 年後，荷蘭放射治療的需求成長逐步

趨緩，從 2013-2016 年體外照射療程數來看，2013 年到 2016 年間都維持在 50000-60000 之間，但可觀察到較複雜精密的 SRS/SBRT 類的療程成長幅度較多，約佔所有療程數的 5-10%(Slotman, Vos, Slot, Keus, & Verheij, 2018)。

根據經濟合作暨發展組織(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)網站所查閱到癌症發生的資料，2012 年荷蘭癌症新診斷個案數為 93,448 人，每十萬人口年齡標準化癌症發生率為 304.8 人(OECD, 2019)。根據 DIRAC 網站資料，荷蘭放射腫瘤部門數量有 24 個，共有 130 台遠距治療機器，每個放射治療部門平均有 5.42 台機器，每百萬人擁有的遠距治療機器數目為 7.65 台(DIRAC, 2019)。

4.2.2 美國

美國醫療保險制度由私人醫療保險和社會醫療保險構成(The Department for Professional Employee, 2016)。私人醫療保險是最常見的，通常來自雇主為員工及其眷屬購買的健康保險，因為美國醫療昂貴，雇主提供的醫療保險好壞常成為平價勞工福利的依據之一。社會醫療保險則粗分為政府資助的聯邦醫療保險(Medicare)及低收入戶政府醫療補助(Medicaid)，還有其他特殊職業(如軍人)的保險，但即使如此，仍有超過 10%的人沒有任何醫療保險。縱使很多人同時擁有私人醫療保險和社會醫療保險，在請領保險款項之餘，仍需支付一定比率的自付額。

放射治療在美國的收費高昂，即使以給付相對較低的 Medicare 保險在 2004-2009 年給付的支出來統計，每位乳癌病人接受一個放射治療療程的花費約 8,600 美元 (7,300 ~10,300)；肺癌花費約 9,000 美元 (7,500 ~11,100)；攝護腺癌的療程花費更高達 18,000 美元 (11,300 ~25,500)。放射治療費用支出的高低與病人(年紀、種族、薪資收入)或是癌症期別沒有相關，但與放射治療使用的技術(non-IMRT or IMRT)、接受放射治療的機構類型(診所或醫院)，以及治療所在地有關。夏威夷州的人均花費最低，而華盛頓州的花費最高(Paravati et al., 2015)。

根據 OECD 網站所查閱到癌症發生的資料，2012 年美國癌症新診斷個

案數為 1,603,856 人，每十萬人口年齡標準化癌症發生率為 318 人(OECD, 2019)。根據 DIRAC 網站資料，美國放射腫瘤部門數量有 2153 個，共有 3842 台遠距治療機器，每個放射治療部門平均有 1.78 台機器，每百萬人口擁有遠距治療機器數目為 11.23 台(DIRAC, 2019)。

美國曾在 2010 年發表對於放射治療的需求與未來利用率之預測(Smith et al., 2010)。在 2003-2005 年間，其新診斷癌症病人首療放療占率為 29%。隨著人口老化及種族多樣化(移民)的因素，他們推估 2010 年有 47 萬人首次療程中包含放射治療，而到了 2020 年人數會成長至 57.5 萬人，預估治療人數將有 22% 的成長，而這段期間預期須接受放射治療且人數成長較快速的疾病會是侵襲性乳癌、攝護腺癌、肺癌、口腔口咽癌、乳房原位癌、大腸直腸癌以及食道癌。為因應可能的放射治療需求增加，他們同時評估了放射腫瘤專科醫師的人力需求，若照當時的訓練容額估算，在 2010-2020 間放射腫瘤專科醫師的人數成長只有 2%，與需求的成長相比出現了十倍的差異。因此美國放射腫瘤學會(American Society for Radiation Oncology, ASTRO)因應此需求評估，快速擴充了放射腫瘤專科醫師每年的訓練人數。然而在 2016 年時，該學會重新針對利用率與需求趨勢進行預測，發現 2010-2012 年新診斷癌症人口中首療放療占率不升反降，來到 26%(Pan et al, 2016)。進行原因分析時發現，首療放療占率在乳癌病人下降了 6%，可能的原因是早期乳癌接受全乳房切除手術的患者增加，年紀較大者在接受乳房保留手術後可以忽略輔助性放射治療也不影響存活率；攝護腺癌病人的首療放療占率則有 16% 的下降，可能的原因有攝護腺癌早期發現可以選擇積極性觀察追蹤；另外就是放射治療的病人皆是仰賴其他專科醫師轉診過來的，若是前線科別的臨床照護方式有改變，放射治療的需求就會有變化。整體而言，2016 年的報告促使美國放射腫瘤學會(ASTRO)更新其原本的預測值，將 2015-2025 年間的放射治療需求成長下修為 19%。但因著之前評估規劃的住院醫師訓練容額擴充，現在反而得面臨醫師供給可能超過需求的難題。ASTRO 內部設有 Workforce Subcommittee，持續進行美國放射腫瘤科醫師勞動力的調查，如從業醫師的人口學(年紀、性別、種族、工作區域)，工作地點(醫院或是診所型態、大都會或是郊區還是鄉村地區)，可使用的放射治

療技術等等(Fung et al., 2019)。在最新的 2017 年調查報告裡提到，放射腫瘤科醫師一年約有 250 個新病人，同時治療的病人約有 20 位，而比起三年前花更多時間在電子病歷上。

4.2.3 加拿大

加拿大幅員遼闊，國土總面積達 998 萬 4670 平方公里，為全球面積第二大國家，但人口只有 3600 萬人左右。2012 年加拿大癌症新診斷個案數為 182,182 人，每十萬人口年齡標準化癌症發生率為 295.7 人(OECD, 2019)。加拿大的醫療保險制度，為有名的全民社會保險制度，其醫療費用支出約 70%是政府支出，30%來自病人自費或是私人保險。癌症病患的放射治療是全額給付的，放射治療的設備與建築都由省政府提供，不允許設立私人捐助或營運的放射腫瘤部門，治療機器的選擇也是經由醫院，省政府或是中央主管機關討論決定的(Lalani et al., 2017)。根據 DIRAC 網站資料，加拿大放射腫瘤部門數量有 51 個，共有 285 台遠距治療機器，每個放射治療部門平均有 5.59 台機器，每百萬人口擁有遠距治療機器數目為 7.92 台(DIRAC, 2019)。

根據加拿大的國家政策，放射腫瘤部門設立與腫瘤外科服務的提供是採取集中化的作法，以類似我國醫學中心的層級醫院來提供。其優點如下：可以最適化健康照護的花費，容易建立與導入放射治療的安全規範，可以提供癌症治療的全面評估及建議，政府有能力可以因應不同區域的需求而矯正資源供應短期不平衡(儀器與人力)的狀態。加拿大政府會對放射治療人力資源進行評估(Canadian forward-calculation workforce mode) (Stuckless et al., 2012)，但最終決定人員訓練名額及醫師缺額是由地方省政府衛生局決定，而這也讓國家級的人力評估出現挑戰。

在集中化提供放射治療的模式下，臨床決策比較不會被利益導向所影響，舉例來說 2014 年時，加拿大有 75-85%的乳癌病人是使用低次數稍高劑量 hypo-fractionated 的做法(一個放射治療療程約 14-16 次)，相較起來，以論量計酬付費方式的保險制度國家則多偏好傳統療程的做法(一個放射

治療療程約 25-30 次)。但是，本來是為了因應健康照護資源限制的低次數做法，病人得具備其適應症且經過醫師評估才可建議的療程，在加拿大則有被過分運用的風險，因為病人偏好或是其他因素而干擾了專業判斷。雖然放射治療集中化模式有其優點，但亦有其缺點。首先是治療可近性較差，居住在鄉村地區以及低收入的族群若所處區域沒有足夠的放射治療資源，病人為了接受放射治療必須每日長途往返醫院住家，可能產生更多花費(交通費或是住宿費)而影響醫療決策，例如拒絕接受放射治療，或是早期乳癌患者可能選擇全乳房切除手術來避免後續的放射治療。再來，集中化的醫療提供可能造成等候檢查或是等待開始放射治療的時間較長，加拿大在 2015 年磁共振造影(MRI)檢查的平均等待時間是 10.4 週，等待手術時間也比其他國家長，在此情況下，放射治療資源會優先提供給可根治的病人，但這樣就可能損及須接受緩和性放射治療病患的權益(Lalani et al., 2017)。因此，加拿大關於放射治療資源的討論有一個重點是如何評估在適當的地理位置設立一台可執行基本放射治療的機器，並以現有放射腫瘤部門的分部來營運(醫師及物理師輪流支援，治療計畫可遠端傳送回醫學中心進行電腦運算等等)，以期能提高加拿大國內放射治療的可近性。

4.2.4 日本

日本是世界人口第十一大國，2017 年總人口數為 1.268 億。日本是長壽的國家，女性平均壽命在 2014 年為 86.6 歲，為世界第一；男性平均壽命為 80.2 歲，世界第四。其社會高齡化嚴重，2013 年時大於 65 歲年紀的老年人口占了日本總人口數的 25%，日本成為全球老年人口所占比率最高的國家，可以想見癌症治療及照護在日本是重要的議題。根據 OECD 網站資料，2012 年日本癌症新診斷個案數為 703,863 人，每十萬人口年齡標準化癌症發生率為 217.1 人(OECD, 2019)。雖然日本是嚴重高齡化的國家，但卻發現日本放射治療的利用率較歐美國家都來得低，癌症病人診斷後曾經使用過放射治療的比率在 2014 年時只有 30%，遠低於歐美癌症病人在患病後有 50-60%的比率會使用過放射治療。其可能的原因包含民眾對外科醫師的過度依賴與期待；外科醫師的強勢介入；以及民眾因為核爆及核災的事故

而對放射治療產生的恐懼心理。隨著放射治療高精密度的儀器逐漸設立，放射治療低利用率這樣的現象近幾年有慢慢改善。

日本實施所謂公辦醫療保險制度，與台灣全民健康保險相似，但根據醫療項目的不同，病人須自付一成到三成的醫療費用。放射治療技術包含傳統放射治療(2D)、IMRT 以及 SRS/SBRT 均涵蓋在保險其中，但不包括粒子治療。舉攝護腺癌為例，傳統放射治療給予平行照野對照 30 次給付約相當於美元 2700 元，SBRT 技術給付約美元 5500 元，IMRT 技術則給付約美元 9600 元(Shibamoto, 2015)。

根據 2013 年 10 月調查的資料，日本的放射腫瘤部門分布極為分散：日本全國共有 842 家醫院設有放射腫瘤部門，擁有共 1113 台遠距放射治療機器，只擁有一台治療機器的醫院佔比就有 75.9%，而擁有三台以上的放射治療部門則只佔了 6.1%，估算起來每個放射治療部門平均只有 1.32 台機器(Shibamoto, 2015)。這種去中心化的放射治療資源提供對於病人來說可近性是很高的，但這也表示專業人力的需求較集中型設置更高，目前日本一年可以訓練出 40-50 名放射腫瘤專科醫師來因應解決此問題。

放眼全球，日本大概是粒子治療最為普及的國家。2014 年時全日本共有 13 座粒子治療中心是營運中可治療病人的，而且尚有 7 家正在規劃興建中。這熱衷於粒子治療的盛況其實源自於日本政府的重點計畫推行及大筆的補助，因為現今世界上重要的粒子治療儀器製造供應商，就有三大廠商為日商，分別為三菱(MITSUBISHI)、日立(HITACHI)及住友(SUMITOMO)。目前日本的醫療保險沒有包含粒子治療的費用，一個療程下來病人需自費相當於 25,000 到 27,000 美元。隨著粒子治療在日本的推廣，已有相當比率的年輕人擁有私人保險可給付粒子治療，而日本政府也在研擬將某些疾病的粒子治療費用也納入保險給付的可能性(Shibamoto, 2015)。

4.2.5 南韓

南韓擁有 5100 萬人口，土地面積約為十萬平方公里，其醫療費用支出則約佔國內生產總值(GDP)的 7.4%。根據 OECD 網站資料，2012 年南韓癌

症新診斷個案數為 219,520 人，每十萬人口年齡標準化癌症發生率為 307.8 人(OECD, 2019)。南韓的放射治療利用率約有 25%，偏低的原因可能是來自於與其他國家不一樣面貌的癌症盛行率。南韓前幾大癌症包括甲狀腺癌(18%)、胃癌(15%)、大腸直腸癌(13%)、肺癌(10%)、肝癌(8%)、乳癌(7%)以及攝護腺癌(4%)。其中前三大癌症就佔了超過 45%的新診斷人數，而放射治療在這三大癌症的利用率本就不高。

南韓自 1989 年開始採用全民健康保險制度，但全民健保給付的項目有許多限制條件(low coverage)，所以醫療總支出大約有 45%得由病人自費。但在癌症治療費用中，若是健保可以給付的項目，則病人只需自付 5%的部分負擔。南韓的醫療提供者多是由私人經營的，全國有多達九成以上的醫師都是受僱醫師。且因為健保給付的醫療費用較低，南韓的醫療生態有兩個特點：(1) 醫院大者恆大。因為醫療院所獲利長期偏低，導致醫院只得透過擴大經濟規模的模式來獲利生存，朝大者恆大的生態發展，中小型醫院數量不多；(2) 提升自費服務比例。舉例來說，磁共振造影(MRI)檢查之前並非由健保所給付，所以醫療院所傾向設立並且視為醫院重要的收入來源，導致南韓 MRI 的數量每百萬人口高達 21.3 台 (OECD 國家平均每百萬人口擁有 13.6 台 MRI)。

南韓的放射治療機器數量在近三十年來約略以每十年成長一倍的速率在發展，原因是因為隨著人口迅速高齡化導致癌症發生的人數增加，所以醫療院所競爭式的增設放射治療設備。2011 年，南韓全國共有 213 台放射治療設備，包括有 132 台醫用直線加速器，15 台螺旋刀，16 台加馬刀，9 台電腦刀，以及 40 台近接式放射治療設備以及 1 台質子治療儀(proton therapy) (Cho, 2014)。南韓的放射腫瘤部門數量約有 80 個，只計算遠距治療機器則有 172 台，所以每個放射腫瘤部門平均擁有 2.15 台機器，每百萬人口擁有遠距治療機器數目為 3.44 台(DIRAC, 2019)。

南韓的放射治療領域因著其國內健保制度而有以下幾點特色：(1)沒有獨立經營的放射治療診所。如果治療的病人數不夠多，在低給付的制度下並不足夠支撐這樣的部門存活；(2)有多達 85%以上的放射腫瘤專科醫師是受雇於大學附設醫院，因此除了臨床服務之外，教學研究也是他們的重要

工作。且多數放射腫瘤部門人力短缺，在 2007-2012 年間，南韓每位放射腫瘤科醫師的年服務病人數約為 290 人，但不同醫院之間有相當大的落差，在病人數量前五名的大醫院中，此數字可能超過 400 人，可以想見過重的工作壓力是南韓放射腫瘤科醫師的常態；(3)南韓的放射腫瘤科醫師引進新技術的速度很快，如 IMRT，SRS /SBRT)甚至質子治療(proton therapy)。主要是引進新機器技術可以帶給自家醫院更好的競爭力以吸引病人就醫，另外就是新機器技術通常不會馬上列入健保給付項目，得由病人自費使用，且使用新技術可以更有研究發表的機會。

南韓目前在放射治療領域的健保給付為使用 3D-CRT 及大部分的 SRS/SBRT，IMRT 技術則嚴格規範只能使用中樞神經系統腫瘤、頭頸癌以及攝護腺癌。若是在上述三個疾病之外想要使用 IMRT 技術，病人得全額自費。舉例來說，一個三十次的 IMRT 療程須花費約 22000 美元，但健保提供 3D-CRT 技術且給付 11000 美元，病人只需另外自付 550 美元。若醫師認為病人使用 IMRT 技術會有較好的成果，但因為不符合健保規範所以治療費用無法由健保給付，就得自費約兩萬美元，相較於使用 3D-CRT 只需自費 550 美元，落差甚大。可以想見南韓的醫療政策(健保規範)是會大幅度影響臨床的醫療行為(Cho, 2014)。

4.3 台灣與各國放射治療基礎設施比較

台灣的土地面積為 36,193 平方公里，人口數約為 2300 萬人(行政院內政部戶政司，2019)。65 歲以上老年人口自 1993 年底占總人口數比例由 7.10%上升至 2018 年 3 月底的 14.05%，亦即 25 年內由「高齡化社會」邁入「高齡社會」，而依據國家發展委員會推估，預計 2026 年時老年人口將超過 20%，與日本、南韓、新加坡及歐洲部分國家將同列為「超高齡社會」。(行政院內政部統計司，2018)

台灣政府對抗癌症的施政方向是從增進國人健康觀念以預防癌症發生，全面推行癌症篩檢以期能早期診斷，接續癌症診療認證機制以期能提升國內癌症診療品質，並持續推廣安寧緩和服務以期能幫助癌末病人及家屬的

生活品質。有鑑於新診斷癌症發生人數自 2011 年即突破十萬大關，健康促進及癌症篩檢等等措施固然重要，但已確診的癌症病人也必須確保能接受到適當的治療。而目前台灣癌症治療主力仍為手術，藥物治療及放射治療。

台灣癌症病人在健保有給付放射治療的制度下，放射治療的首療占率從 2005 年的 18.06% 上升到 2015 年的 25.12%。放射治療的需求上升必須有足夠的放射治療資源來供給服務，而近年放射治療技術與儀器設備的大幅進步，設置放射腫瘤部門的初期投資成本及持續運營的成本相較於以往是提高的趨勢，考量到台灣健保已是實施總額預算的給付制度，健保相關放射治療的給付目前卻無法從政府的報告或是新聞發布中取得。而現階段台灣放射治療資源在應對目前及未來可能的癌症罹病人口，究竟是不足還是其實已經足夠，在目前的文獻中並沒有太多研究進行探討。

本研究以台灣癌症發生人數，放射腫瘤部門與儀器設備的發展趨勢，比對目前世界上幾個國家放射治療基礎設施的現況，試圖回答台灣放射治療的設備資源究竟是充足，過剩還是不足。研究對象國家的選擇有以下的考量：歐盟國家以荷蘭為代表是因為其與台灣國土面積、總人口數以及癌症發生人數相當；美國放射治療領域是台灣放腫界取經的重要對象，RTOG (NCI-funded The Radiation Therapy Oncology Group) 的臨床試驗結果常是台灣放射治療指引的重要參考文獻，ASTRO 年度會議也是台灣放射腫瘤科醫師常會參加的國際會議；加拿大是全民健保國家，且給付範圍廣泛，與台灣的健保制度相似因此列入；日本、南韓與台灣同樣是位於亞洲的國家，且已經或是邁向超高齡化的社會發展趨勢很雷同，在經濟發展程度上台灣雖不及日韓，但台灣 2017 年時平均每人國民所得毛額(gross national income per capita)也有達到 25,000 美元(行政院主計總處，2019)。另外，日本、南韓與台灣皆有全民健保的制度，與之比較放射治療基礎設施的分布有其意義。表 4-1 列出研究中探討的國家以及台灣不同年度的癌症發生、醫療支出占國內生產總值(GDP)比重與放射治療基礎設施的比較。

因著總人口數的差異，2012 年 OECD 資料中的癌症新診斷人數有著很大的不同，但是若以每十萬人口年齡標準化的癌症發生率來看，除了美國(318 人)與日本(217.1 人)之外，荷蘭、加拿大、南韓以及台灣的每十萬人口

年齡標準化發生率皆在 300 人左右。再來看到各國的醫療費用支出，荷蘭、加拿大以及日本在醫療費用的支出約佔 GDP 的 10-11% 左右，美國是這幾個國家中醫療支出佔 GDP 比重最高的國家，高達 16.7%，至於南韓及台灣則是以較緊縮的醫療費用(佔 GDP 的 6-7%)支撐著各自的健保制度。

表 4-1 台灣與其他國家癌症發生、醫療支出與放射治療基礎設施的比較

國家	癌症新診斷人數	癌症發生率(每十萬人口)	醫療支出佔 GDP 比重(%)	放射腫瘤部門數	遠距治療機器數	每部門機器數	每百萬人擁有的機器數
荷蘭	93,448	304.8	10.3% (2015)	24	130	5.42	7.65
美國	1603,586	318	16.7% (2015)	2153	3842	1.78	11.23
加拿大	182,182	295.7	10.6% (2015)	51	285	5.59	7.92
日本	703,863	217.1	10.9% (2015)	842	1113	1.32	8.77
南韓	219,520	307.8	7.0% (2015)	80	172	2.15	3.44
台灣 (2012)	105,082	300.01	6.32%	71	136	1.91	5.91
台灣 (2015)	116,552	302.03	6.19%	79	152	1.92	6.61
台灣 (2017)			6.44%	80	170	2.13	7.39

(資料來源：擷取自 OECD 網站、DIRAC 網站、Shibamoto, Y.(2015)、Cho K,H, (2014)、癌症登記報告、醫療機構現況及醫院醫療服務量統計、行政院原子能委員會研究報告(2017)，本研究整理並自行製表)

台灣遠距治療儀器數量在 2012 年、2015 年及最新蒐集到的 2017 年的資料中，每百萬人擁有的機器數從 5.91 台上升到 6.61 台，並在 2017 年時達到 7.39 台，已接近於 OECD 國家中荷蘭(7.65 台)與加拿大(7.92 台)的數

據，而且相較於南韓(3.44 台)，台灣擁有的遠距治療儀器數量也較多。美國除了醫療費用佔 GDP 比重最高之外，每百萬人口擁有的機器數也是研究國家中最高的，平均擁有 11.23 台。而若看到每個放射腫瘤部門平均擁有的儀器數量，台灣與南韓的數據接近，都是 2 台左右，但明顯少於採取集中化管理放射治療資源的荷蘭(5.42 台)與加拿大(5.59 台)，而日本確實是研究對象裡面放射治療資源最分散的國家，每部門擁有的機器數量最低 (1.32 台)。

以癌症年齡標準化發生率來評估未來可能的癌症新診斷人數，以及台灣地區這幾年明顯增建放射腫瘤部門及增加高能遠距放射治療儀器的趨勢來看，台灣的放射治療基礎設施似乎已經漸漸追上 OECD 資料中平均每人國民所得毛額(GNI per capita)達 25,000 美元以上的國家的水準(行政院主計總處，2019)。Rosenblatt E. 等人指出在平均每人國民所得毛額達到 25,000 美元以上的國家，每一遠距放射治療設備每機器每年治療人數通常落在 400-450 人左右(Rosenblatt et al., 2013)。從表 5 可以看到，台灣在 2005 年時每機器每年治療人數為 326.2 人，之後數年間維持在 290-310 人之間，到了 2010 年之後再下降到每機器每年治療人數約在 280-290 人之間。如果參照 Rosenblatt E. 等人的標準，台灣遠距放射治療設備的數量比起歐盟國家來說應可算是足夠的。

Norlund 在 2003 年的文獻中指出，放射治療的費用約佔了全部癌症醫療費用的 5%(Norlund, 2003)。但隨著放射治療技術的進步，例如使用 IMRT 技術就比起使用 3D-CRT 技術的成本增加了 28-32%左右，如果使用 IMRT 外再同時使用 IGRT 技術，那成本的增加比起 3D-CRT 技術更是提高了 73-84%。可以預見的是，隨著放射治療技術進步，放射治療費用佔癌症醫療總費用的比率來說應該比起 5% 更高才是。台灣癌症治療的費用近年來確實是節節攀升。根據健保署提供的資料，2014 年癌症醫療支出給付為 782.6 億點，當年健保總醫療支出為 6151.9 億點；2015 年癌症醫療支出給付上升到 815.1 億點，當年健保總醫療支出也上升到 6303.9 億點；2016 年癌症醫療支出給付再提高到 845.1 億點，當年健保總醫療支出則為 6617.8 億點；連續三年的癌症醫療支出都大約佔健保總醫療支出的 12.7-12.9% 左右(戴雪詠)。而根據我們的研究，從 2005 年到 2015 年的放射治療申報總點數從

53.45 億點逐年提升，在 2012 年時突破了 80 億點，而在 2014 年達到了 88.24 億點，2015 年極小幅度成長到 88.74 億點(表 4)。根據上述資料，台灣的放射治療申報點數占癌症醫療支出點數在 2014 年及 2015 年的佔比各為 11.27%及 10.89%。

台灣放射治療費用逐年提升的原因，應是包含了治療人數的增加與治療技術提升而造成每人平均申報點數(人均點數)的成長。但放射治療人均點數的成長在本研究前半段時間區段(2005-2010 年)確實有增加的趨勢，但從 2010 年後每人平均申報點數就穩定維持在 20-21 萬點之間。這樣的趨勢最主要應可歸因於台灣全民健保的總額預算給付制度，以及各區健保局平抑放射治療人均點數的策略。考量到各國醫療保險制度且醫療費用定價各有不同，且各國健保給付與涵括範圍及民眾的部分負擔政策差異甚大，因此各國的放射治療人均單價無法使用此研究架構來做比較。目前我國透過各項健保規範及審查指引，讓各醫院『自主性』將每人平均放射治療申報點數維持在 20 萬點上下。在現今健保給付(人均點數)維持穩定不再有明顯成長的情境下，然而放射治療新技術的引進與人力需求的成本還是高昂，這樣的境況與前述的南韓放射腫瘤界似乎有異曲同工之妙。高昂的成本與醫院間的競爭促使台灣各家醫院進入重大儀器設備競賽，開發自費項目以維持營運並能因著引進新技術而吸引病人就醫。目前我國沒有建置醫療自費支出的資料庫，因此整體癌症支出(包含放射治療及自費癌症藥物)的費用並不完整，致使價格相關的研究難以完全。

第五章 結論與建議

5.1 結論

從癌症登記報告可以看到儘管台灣癌症發生人數仍是逐漸增加，但若以癌症標準化發生率的趨勢來看，斜率有漸漸平緩的趨勢，這應該與政府努力推動癌症防治相關政策有關。而我們關注新診斷癌症病人接受放射治療的人數與首療占率，也看到儘管首療接受放射治療的總人數仍是增加，但全癌症首療放療占率在 2011 年以後一直維持在 25-26%之間。至於放射治療健保申報點數的趨勢，在研究期間前期申報總點數增加快速，但從 2013 年以後維持在 86-88 億點之間；若以人均點數來看的話，則從 2010 年之後就穩定在 20-21 萬點；而 2014 年及 2015 年放射治療申報總點數占癌症醫療支出為 11.27%與 10.89%。

再看到高能遠距放射治療設備的數量，在 2005-2015 這期間數量持續增加，且增加的設備主要座落於區域醫院以及非公立醫院，並可看到台灣放射治療資源的分布在這十年間有漸漸地朝向去中心化的型態。台灣高能遠距放射治療設備每機器每年的治療人數自 2010 年以後就維持在 280-290 人，已符合甚至優於 ESTRO-QUARTS 的建議(每機器每年治療人數 400-450 人)。若與 OECD 資料中平均每人國民所得毛額(GNI per capita)達 25,000 美元以上的高收入國家相比，台灣每百萬人口擁有高能遠距放射治療機器的數量在 2017 年上升到 7.39 台，已經直逼荷蘭(7.65 台)與加拿大(7.92 台)的數量，並優於同屬亞洲國家的南韓(3.44 台)。

從硬體設備部分來看，台灣地區這十多年期間在放射治療儀器設備的投資可說已有成效，高能遠距放射治療設備的數量應已足夠提供台灣癌症病人目前及可能未來的治療服務，且新投資的設備多是配備最新技術 (VMAT)及具備 IGRT 功能的新型直線加速器，或是訴求特別功能的儀器如螺旋刀、電腦刀及加馬刀等。從研究結果來看，我們認為台灣目前放射治療基礎設施是足量且治療技術先進，足以提供台灣癌症病人很好的放射治療服務。

5.2 建議

本研究認為台灣目前放射治療基礎設施應該是可以滿足目前及未來癌症病人的需求，但設備數量的足夠是否真能達到適切的放射治療服務提供，得進一步探討台灣癌症發生以及放射治療資源的分布情形才能釐清是否有出現區域(或縣市)不平等的現象。

另外，除了基礎設施的數量與分布之外，放射治療專業人員的供給與需求趨勢也應該進一步分析討論，畢竟要能讓先進的儀器設備與技術充分發揮其功能，必須得有訓練專精的專業人員操作運用，才能真正因為軟硬體的進步來提供最先進最適切的放射治療服務。

台灣在 2015 年由林口長庚醫院開始提供質子治療，而後續也有數家醫院已經開始建造或是有意願投資質子治療設備甚至是重粒子治療設備。癌症治療能夠有更多的武器當然是病人之福，只是這樣昂貴的重裝備，投資成本勢必不可能只仰賴健保給付來取得收支平衡，病人須自費支出應是必然。而目前台灣並沒有建置自費支出醫療費用的資料庫，日後若要進行探討放射治療利用率以及費用計算的部分，研究限制範圍將更多。而在新醫療技術(如質子治療或是重粒子治療)開始慢慢普及之前，或許台灣放射治療相關學會可以考慮建置一個平台來登錄病人治療相關資訊，蒐集分享討論病人治療成果，集眾人之力讓新技術的運用能更造福病人，也能有較多病例可進行醫學研究發表台灣的治療經驗與成果。

5.3 研究限制

1. 新診斷癌症人數及接受放射治療人數等相關數據以年度的癌症登記報告為主，雖有異常值與邏輯值程式偵錯及資料品管處理分析流程，但仍無法確保正確性。
2. 年度癌症登記報告是針對當年新診斷癌症個案，對於治療方式的登錄只有首次療程的部分。而目前對於癌症病人在首次療程後穩定，但又在某時刻復發或轉移的病人，接受何種後續治療方式並沒有登錄的機制，因此放射治療利用率只有計算到首次療程的病人，對於接受再次照射的病

人資料闕如，可能低估了放射治療設備的利用情形。

3. 放射腫瘤部門數量、高能遠距放射治療設備依縣市別或是依權屬別、醫療儀器使用人次等相關數據，是從衛生福利部每年公布的「醫療機構現況及醫院醫療服務量統計」所擷取出來的數據，但其為各醫院自主填報，正確與否難以評估。
4. 放射治療健保申報總點數是僅以表 1 的診療項目代碼下去計算，放射腫瘤科門診的相關費用並未納入計算，因此總點數代表的僅是放射治療的執行程序相關費用，並非放射腫瘤科業務的所有申報點數。
5. 放射治療健保申報總點數包含了近接治療的費用，本研究初衷是想探究台灣放射治療的相關總費用因而納入，但每人治療平均點數可能就參雜了雖佔少數的近接治療人數及費用。
6. 年治療人數是以健保申報費用歸戶後所計算出來的人數，與癌症登記報告的首療人數不同，應視為接近一年內實際接受放射治療的人數(即包含首療人數，再次治療以及非首療接受緩和性放射治療的病人)。另外，治療費用產生間隔要有六個月以上才歸為另一人，因此若是同一病人在六個月內接受了兩個療程的緩和性放射治療，只算為一個人數。
7. 放射治療費用只計算健保申報點數，並未納入自費的費用。因此整個療程自費進行放射治療的病人(如進行單次立體定位放射治療手術 SRS)，其費用及人數無法進入統計。
8. OECD 擷取的資料以 2012 年為主，DIRAC 網站上的資料並未註記年份且為自主登錄的資料庫。台灣與他國的比較或許有年份上的差異。

參考文獻

中文部分

1. 行政院內政部戶政司(2019)。戶籍人口統計速報。取自 <https://www.ris.gov.tw/app/portal/346>(線上檢索日期：2019/7/13)。
2. 行政院內政部統計司(2018)。107 年第 15 週內政統計通報。取自 https://www.moi.gov.tw/stat/news_detail.aspx?sn=13742(線上檢索日期：2019/7/13)。
3. 行政院主計總處(2019)。國民所得統計摘要。取自 <https://www.dgbas.gov.tw/ct.asp?xItem=33338&ctNode=3099&mp=1>(線上檢索日期：2019/7/13)。
4. 行政院原子能委員會(2017)。105 至 108 年放射治療設備之輻射安全與醫療曝露品保作業研究。取自 https://www.aec.gov.tw/webpage/policy/plans/files/plans_04_e-106_a_67.pdf(線上檢索日期：2019/7/13)。
5. 行政院衛生署國民健康局(2011)。國家癌症防治五年計畫成果別冊。取自 file:///C:/Users/User/Downloads/File_462.pdf (線上檢索日期：2019/6/2)。
6. 財團法人癌症希望基金會(無日期)。認識癌症/ 癌症統計資料。取自 <https://www.ecancer.org.tw/DynamicContent.aspx?unitID=10076&contentID=288>(線上檢索日期：2019/6/7)。
7. 財團法人癌症希望基金會(2008)。鼻咽癌的防治(二)。取自 <https://www.canceraway.org.tw/page.asp?IDno=279> (線上檢索日期：2019/6/9)。
8. 游離輻射防護法(2002)。取自 <https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=J0160009> (線上檢索日期：2019/6/9)。
9. 癌症防治法(2018 修訂)。取自 <https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCODE=L0070008> (線上檢索日期：2019/6/2)。
10. 衛生福利部中央健康保險署(2016)。健保引進標靶藥物 嘉惠癌症病患。取自 https://www.nhi.gov.tw/News_Content.aspx?n=FC05EB85BD57C709&sms=587F1A3D9A03E2AD&s=66569020BA620A36 (線上檢索日期：2019/6/9)。
11. 衛生福利部國民健康署 (2016a)。國家癌症防治計畫將邁入第三期 強化受惠一生的「預防」。取自 <https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=1134&pid=2664> (線上檢索日期：2019/6/2)。
12. 衛生福利部國民健康署 (2016b)。癌症登記報告。取自 <https://www.hpa.gov.tw/Pages/List.aspx?nodeid=269> (線上檢索日期：2019/6/2)。
13. 衛生福利部國民健康署 (2016c)。癌症防治。取自 <https://www.hpa.gov.tw/Pages/List.aspx?nodeid=47> (線上檢索日期：2019/6/7)。

14. 衛生福利部國民健康署 (2017)。癌症醫療品質。取自 <https://www.hpa.gov.tw/Pages/List.aspx?nodeid=208>(線上檢索日期：2019/6/2)。
15. 衛生福利部國民健康署 (2018a)。中華民國 105 年 癌症登記年報。取自 <https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=269&pid=10227> (線上檢索日期：2019/6/1)。
16. 衛生福利部國民健康署 (2018b)。衛生福利部公布 105 年癌症發生資料-大腸癌標準發生率連 2 年下降 乳癌口腔癌持平 篩檢立功。取自 <https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=1405&pid=10232> (線上檢索日期：2019/6/1)。
17. 衛生福利部國民健康署 (2019)。健保通過 8+1 項癌別之藥品給付，並放寬類風濕性關節炎減量限制。取自 https://www.nhi.gov.tw/News_Content.aspx?n=FC05EB85BD57C709&s=9382655DEF2D21C9 (線上檢索日期：2019/6/2)。
18. 衛生福利部(2019)。通過癌症診療品質認證醫院名單 (依縣市別排序)。取自 https://www.hpa.gov.tw/Cms/File/Attach/1093/File_8078.pdf (線上檢索日期：2019/6/7)。
19. 衛生福利部統計局(無日期)。醫療機構現況及醫院醫療服務量統計。取自 <https://dep.mohw.gov.tw/DOS/np-1865-113.html> (線上檢索日期：2019/6/9)。
20. 戴雪詠(無日期)。MEA 在健保新藥收載之運用：過去與未來。取自 <http://pharmacy.hourcenter.org.tw/PPT/Lecture%202/0114/%E6%88%B4%E9%9B%AA%E8%A9%A0.pdf>(線上檢索日期：2019/7/13)。

英文部分

1. Ahmad, S. S., Duke, S., Jena, R., Williams, M. V., & Burnet, N. G. (2012). Advances in radiotherapy. *BMJ*, 345, e7765.
2. Borrás, J. M., Lievens, Y., Dunscombe, P., Coffey, M., Malicki, J., Corral, J., ... & van Eycken, L. (2015). The optimal utilization proportion of external beam radiotherapy in European countries: an ESTRO-HERO analysis. *Radiotherapy and Oncology*, 116(1), 38-44.
3. Bucci, M. K., Bevan, A., & Roach III, M. (2005). Advances in radiation therapy: conventional to 3D, to IMRT, to 4D, and beyond. *CA: a cancer journal for clinicians*, 55(2), 117-134.
4. Cancer Research UK (n.d.). About Cancer. Retrieved June 1, 2019, from <https://www.cancerresearchuk.org/about-cancer/causes-of-cancer>
5. Cho, K. H. (2014). The challenges faced by the Korean Society for Radiation Oncology

- in the national healthcare system in Korea. *International Journal of Radiation Oncology• Biology• Physics*, 90(4), 725-728.
6. Datta, N. R., Samiei, M., & Bodis, S. (2014). Radiotherapy infrastructure and human resources in Europe—present status and its implications for 2020. *European Journal of Cancer*, 50(15), 2735-2743.
 7. DeVita Jr, V. T., & Rosenberg, S. A. (2012). Two hundred years of cancer research. *New England Journal of Medicine*, 366(23), 2207-2214.
 8. The Department for Professional Employees (2016). *The U.S. Health Care System: An International Perspective*. Retrieved July 13, 2019 from <https://dpeaflcio.org/programs-publications/issue-fact-sheets/the-u-s-health-care-system-an-international-perspective/>
 9. Directory of RAdiotherapy Centers (DIRAC) (2019). Maps /Availability of Radiation Therapy / Number of Radiotherapy Machines Per Million People. Retrieved July 13, 2019 from <https://dirac.iaea.org/Query/Map2?mapId=0>.
 10. Fung, C. Y., Chen, E., Vapiwala, N., Pohar, S., Trifiletti, D., Truong, M. T., ... & Mohindra, P. (2019). The American Society for Radiation Oncology 2017 Radiation Oncologist Workforce Study. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*, 103(3), 547-556.
 11. Huq, S., Mayles, P., & Besa, C. (2008). *Transition from 2-D radiotherapy to 3-D conformal and intensity modulated radiotherapy*. IAEA-TECDOC (No. 1588).
 12. Ji, Y. H., Jung, H., Yang, K., Cho, C. K., Yoo, S. Y., Yoo, H. J., ... & Kim, M. S. (2010). Trends for the past 10 years and international comparisons of the structure of Korean radiation oncology. *Japanese journal of clinical oncology*, 40(5), 470-475.
 13. Lalani, N., Cummings, B., Halperin, R., Rakovitch, E., Brundage, M., Vigneault, E., & Milosevic, M. (2017). The practice of radiation oncology in Canada. *International Journal of Radiation Oncology• Biology• Physics*, 97(5), 876-880.
 14. Lievens, Y., Borrás, J. M., & Grau, C. (2015). Cost calculation: a necessary step towards widespread adoption of advanced radiotherapy technology. *Acta Oncologica*, 54(9), 1275-1281.
 15. Lievens, Y., Dunscombe, P., Defourny, N., Gasparotto, C., Borrás, J. M., & Grau, C. (2015). HERO (Health Economics in Radiation Oncology): a pan-European project on radiotherapy resources and needs. *Clinical Oncology*, 27(2), 115-124.
 16. Nakamura, K., Konishi, K., Komatsu, T., Sasaki, T., & Shikama, N. (2018). Patterns of radiotherapy infrastructure in Japan and in other countries with well-developed radiotherapy infrastructures. *Japanese journal of clinical oncology*, 48(5), 476-479.
 17. National Cancer Institute (2015). Risk Factors for Cancer. Retrieved June 1, 2019, from <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk>.

18. Norlund, A. (2003). Costs of radiotherapy. *Acta Oncologica*, 42(5-6), 411-415.
19. Numasaki, H., Teshima, T., Nishimura, T., Akuta, K., Ando, Y., Ikeda, H., ... & Tago, M. (2018). Japanese structure survey of radiation oncology in 2010. *Journal of radiation research*, 60(1), 80-97.
20. Organization for Economic Co-operation and Development(OECD)(2019). *Health /Health expenditure and financing/ Measure: Share of gross domestic product*. Retrieved July 13,2019 from <https://stats.oecd.org/#>.
21. Organization for Economic Co-operation and Development(OECD)(2019). *Health /Health Status/ Cancer*. Retrieved July 13,2019 from <https://stats.oecd.org/#>.
22. Pan, H. Y., Haffty, B. G., Falit, B. P., Buchholz, T. A., Wilson, L. D., Hahn, S. M., & Smith, B. D. (2016). Supply and demand for radiation oncology in the United States: Updated projections for 2015 to 2025. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*, 96(3), 493-500.
23. Paravati, A. J., Boero, I. J., Triplett, D. P., Hwang, L., Matsuno, R. K., Xu, B., ... & Murphy, J. D. (2015). Variation in the cost of radiation therapy among Medicare patients with cancer. *Journal of oncology practice*, 11(5), 403-409.
24. Purdy, J. A. (2007). From new frontiers to new standards of practice: advances in radiotherapy planning and delivery. In *IMRT, IGRT, SBRT-Advances in the Treatment Planning and Delivery of Radiotherapy* (Vol. 40, pp. 18-39). Karger Publishers.
25. Rosenblatt, E., Izewska, J., Anacak, Y., Pynda, Y., Scalliet, P., Boniol, M., & Autier, P. (2013). Radiotherapy capacity in European countries: an analysis of the Directory of Radiotherapy Centres (DIRAC) database. *The lancet oncology*, 14(2), e79-e86.
26. Slotman, B. J., Cottier, B., Bentzen, S. M., Heeren, G., Lievens, Y., & Van den Bogaert, W. (2005). Overview of national guidelines for infrastructure and staffing of radiotherapy. ESTRO-QUARTS: work package 1. *Radiotherapy and oncology*, 75(3), 349-E1
27. Slotman, B. J., Vos, P., Slot, A., Keus, R., & Verheij, M. (2018). Radiation Oncology in The Netherlands. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*, 100(1), 5-11.
28. Shibamoto, Y. (2015). The expanding role of radiation oncology in Japan. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*, 92(2), 200-203.
29. Smith, B. D., Haffty, B. G., Wilson, L. D., Smith, G. L., Patel, A. N., & Buchholz, T. A. (2010). The Future of Radiation Oncology in the United States From 2010 to 2020: Will Supply Keep Pace With Demand? *Journal of Clinical Oncology*, 28(35), 5160–5165.
30. Stuckless, T., Milosevic, M., de Metz, C., Parliament, M., Tompkins, B., & Brundage, M. (2012). Managing a national radiation oncologist workforce: a workforce planning model. *Radiotherapy and Oncology*, 103(1), 123-129.

31. University of Michigan Health System (2004). Radiation Oncology Workload Measurement Tool Development- Final Report. Retrieved June, 10, 2019 from http://umich.edu/~ioe481/ioe481_past_reports/w0406.pdf
32. Van de Werf, E., Lievens, Y., Verstraete, J., Pauwels, K., & Van den Bogaert, W. (2009). Time and motion study of radiotherapy delivery: economic burden of increased quality assurance and IMRT. *Radiotherapy and oncology*, 93(1), 137-140.
33. Van de Werf, E., Verstraete, J., & Lievens, Y. (2012). The cost of radiotherapy in a decade of technology evolution. *Radiotherapy and Oncology*, 102(1), 148-153.