

放射腫瘤醫學

總監

陳宏一

總編輯

何善台

執行編輯

張德明

于大雄

任益民

謝正源

編輯群

許文林

吳錦榕

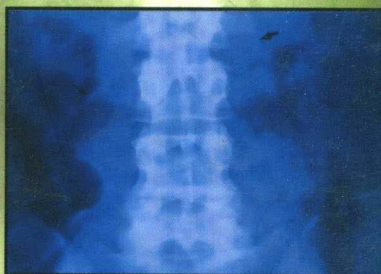
黃經民

熊佩韋

任益民

製作群

三軍總醫院臨床教學組



合記圖書出版社

第十三届全国

放射腫瘤醫學

總監

陳宏一

總編輯

何善台

執行編輯

張德明

于大雄

任益民

謝正源

編輯群

許文林

吳錦榕

黃經民

熊佩韋

任益民

製作群

三軍總醫院臨床教學組



臨床醫學核心教材 . 22, 放射腫瘤醫學

總編輯. — 初版 —

臺北市：合記，民 90 面；公分

ISBN 957-666-749-6 (平裝)

1. 腫瘤 2. 放射線療法

415.271

90010135

書名	臨床醫學核心教材 (22) — 放射腫瘤醫學
總監	陳宏一
總編輯	何善台
執行編輯	張德明等
編輯群	許文林等
製作群	三軍總醫院臨床教學組
發行人	吳富章
發行所	合記圖書出版社
登記證	局版臺業字第 0698 號
社址	臺北市內湖區 (114) 安康路 322-2 號
電話	(02) 27940168
傳真	(02) 27924702

總經理	合記書局
北醫店	臺北市信義區 (110) 吳興街 249 號
電話	(02) 27239404
臺大店	臺北市中正區 (100) 羅斯福路四段 12 巷 7 號
電話	(02) 23651544 (02) 23671444
榮總店	臺北市北投區 (112) 石牌路二段 120 號
電話	(02) 28265375
臺中店	臺中市北區 (404) 育德路 24 號
電話	(04) 22030795 (04) 22032317
高雄店	高雄市三民區 (807) 北平一街 1 號
電話	(07) 3226177

郵政劃撥 帳號 19197512 戶名 合記書局有限公司

中華民國 九十年九月十日 初版一刷

作者簡介

總監

陳宏一

國防醫學院副院長兼三軍總醫院院長
國防醫學院泌尿外科副教授
英國牛津大藥理博士

總編輯

何善台

國防醫學院教授兼醫學系主任
三軍總醫院教學副院長

執行編輯

張德明

國防醫學院內科教授
三軍總醫院內科部主任

于大雄

國防醫學院外科教授
三軍總醫院外科部主任

任益民

國防醫學院放射腫瘤科教授
三軍總醫院放射腫瘤部主任

謝正源

國防醫學院公共衛生學系講師
三軍總醫院臨床教學組組長

編輯群

許文林

國防醫學院副教授
三軍總醫院副院長

吳錦榕

國防醫學院兼任講師
國泰醫院放射腫瘤科主任

黃經民

國防醫學院副教授
三軍總醫院放射腫瘤部科主任

熊佩章

國防醫學院兼任講師
亞東醫院放射腫瘤科主任

任益民

國防醫學院副教授
三軍總醫院放射腫瘤部主任

製作群

三軍總醫院臨床教學組

(曾榮傑、張博彥、徐建鵬、楊順晴、張榕浚、
廖健重)

院長序

爲因應醫療科技日新月異的發展及疾病型態的複雜化，醫師所面臨之醫療環境已不似往昔單純。單從教科書上所能獲得的知識若不能加以靈活運用，則終將無法滿足現今一日千里之醫療變化。在浩瀚且快速擴張的醫學領域中，各醫學次專科漸次成立，如何能窺其全貌，亦非易事；因此，爲使本院見、實習醫師及住院醫師於短暫之各科輪替期間，能熟悉並掌握該科全貌及重點，以爲未來個人發展並及早規劃正確方向，實應給予全盤之醫學教育認知，俾符合時代潮流。

鑒於上述，本院自八十六年即著手規劃，冀望研擬一套內容精闢且涵蓋各科，且以臨床常見疾病爲主之書籍，使醫學初學者不僅能對各科有概略性的瞭解，並能銜接理論與臨床實務間之落差；故特別延請本院臨床各科學有專精之教師針對其專業領域彙編心得，以爲醫學教育更新及醫學生之福祉奉獻心力。

經過本院前教學副院長王先震教授領導的編輯群及200位醫療專業同仁努力之後，本書第一版終得於八十七年十月付梓出版。歷經一年後本經過院內各部科的內容修訂及讀者建議後進行再版之修訂工作，本第二版的修訂除內容更加充實外，特將原有上下冊的格式，再予以細分共計爲三十六冊，以

利讀者攜帶、並可達到隨時學習之目的。全程在教學副院長何善台教授領導下迅速完成，殊屬不易；而在教學組及本院作者同仁的戮力配合下，使本書再版能順利完成，於此一併感謝之。欣逢此書再版完稿，僅忝以數言用以彰顯本院各項成就得來皆非易事，以資共勉，並盼爾後能定期修訂以因應醫學快速發展及進步所需。

國防醫學院副院長兼三軍總醫院院長

國防醫學院泌尿外科副教授

英國牛津大學藥理博士

陳宏一

謹誌

何序

醫學之進步，百年銳於千載；人際之往來，天涯宛若比鄰。醫學生從學校進入醫院臨床各部科見、實習時，面對截然不同的生活環境，如何在浩瀚的醫學領域中，窺其全貌，完全掌握重點學習，絕非易事。爲使醫學生能更有效掌握學習方針以達整體醫學教育之目標，本院特別延請臨床各部、科，學有專精之專科醫師共同研商，撰寫本部臨床內外科核心教材，內容精簡扼要，兼顧理論與實務，爲醫學教育提供一個方向而精進醫學教育。

本書出版以來，受到各界師生的廣泛使用，至感榮幸並深懷感謝。承蒙各界先進、同仁的賜教斧正，今得以再版，進一步充實本書，並將本書以叢書方式呈現，以增進本書之連貫性及方便性。

本書之再版是集合三軍總醫院臨床專科醫師及資深專業同仁共襄盛舉歷經多次校正得以完成，其中要特別感謝張德明教授、于大雄教授再度鼎力相助，提供不少意見至爲感懷，還有教學組謝正源組長及同仁們的努力，特此一併致謝。

於此，並向所有臨床內外科的醫師同仁們，敬致最深的謝意。

國防醫學院教授兼醫學系主任

三軍總醫院教學副院長

何善台教授

謹誌

90年6月15日

放射腫瘤醫學 目錄

1.	放射治療的基本原理 許文林	1
2.	合併放射線和手術治療癌症的原則 吳錦榕	11
3.	輻射線之認識及其導癌之預防 吳錦榕 ..	21
4.	放射線治療癌症之臨床應用 吳錦榕	33
5.	頭頸部癌的放射治療(上) 黃經民	45
6.	頭頸部癌的放射治療(下) 黃經民	55
7.	直腸癌之放射線治療 黃經民	63
8.	放射線治療合併化學治療的原則 許文林	77
9.	腦瘤治療的新選擇—立體定位放射手術 熊佩韋	87
10.	體外放射治療常見之併發症及處理 熊佩韋	99
11.	放射線所以能治療癌病的原因及其它 相關的放射生物學概念 任益民	115
12.	鼻咽癌：中國人特有的腫瘤 任益民 ..	127
13.	肺癌 任益民	137

1

放射治療的基本原理

❖ 學習目標

了解放射治療的基本原理。

❖ 前言

放射治療，顧名思義就是使用游離輻射線（以下簡稱放射線）來治療罹患癌症的病人，藉除掉局部惡性腫瘤的細胞而達到控制癌症的目的，約有三分之二的癌症病人需要接受放射治療。雖然實際治療的應用很重要，但治療前的準備工作與治療後的追蹤檢查工作亦佔同等重要的地位。

如同外科治療一樣，放射治療同樣是強調「局部控制」，但它較不受解剖位置的限制，可以輔助外科不能完全切除的不足，另外它還可保留器官的外觀與功能，如早期喉癌及乳癌等。一般在施行放射治療時，病人不需上麻醉（除了少數小兒科的病人外），所以可以門診方式來院治療，這也是放射治療的另一優點。

放射線的作用主要是將原子或分子游離，產生具強烈化學反應性質的游離根，所以放射治療也可看成是「局部的化學治療」，放射治療較不受血流供應組織滲透性的影響，所以劑量的給予較化學治

療更具準確性，同時因放射治療毒性較小，所以較不受病人身體狀況的影響。但較長的治療期間以及治療後數個月或數年以後才產生的遲延性後遺症則是放射治療的缺點。

❖ 主要內容

一、放射物理的基礎

放射線與物質作用以後、將其分子或原子游離或變成激發狀態。這些放射線包括以電磁波形態存在的 X 光和伽瑪射線，以粒子形態存在的電子，質子，中子和阿爾發射線。它們可從自然界的同位素產生（如鐳-226），也可由人工製造的同位素（如鈷-60，銻-137）或加速器所產生，其穿透性以電磁波形態的光子為佳，而以阿爾發粒子最差，但若與生物作用所產生的生物效應程度則剛好相反。

目前臨床治療所使用的放射線以鈷-60 所產生的伽瑪射線及線性加速器所產生的高能量 X 光和電子射束為主。由於裝備昂貴的關係，僅有少數國家實驗室或醫學中心擁有中子束或質子束的治療設備。目前放射線的劑量大小及分佈皆可準確的測量出來，提供正確和安全的臨床治療。1980 年，國際放射線單位及測量委員會 (ICRU) 建議將吸收劑量單位由傳統使用的雷得 (Rad) 改成葛雷 (Gy)，1 葛雷等於 100 雷得，所以 1 雷得就等於 1 厘葛雷

(cGy)，在往後有關放射治療的文獻，所看到的劑量單位就在厘葛雷或葛雷而非雷得了。

在測量放射線劑量時，常使用游離性劑量儀來測量，由於人體組織的物理性質與水或壓克力等物質相似，一般都使用水假體或壓克力製的固態假體來代替執行測量的工作。另外也可以利用熱發光劑量儀，置於人的體表或體腔內來直接測量人體某些部位的吸收劑量。癌症病人的能否治癒與所給予的劑量是否得當有很大的關係，而其先決條件就是必須做好非常準確的劑量測量，就好像內科醫師所給予病人的藥物劑量需要非常準確一樣，少則醫不好病，多了可能要病人的命，所以吸收劑量的測量必須由受過專門訓練的放射物理師來擔任。

病人在放射治療前必須經過詳細設計的放射治療計畫，簡單的說，就是利用各種不同的技巧使腫瘤體積達到所要給予的劑量，而儘量減低附近正常組織或器官的劑量，病人治療的成功與否，放射治療計畫佔了一大半。目前在較大型的教學醫院都已使用電腦來協助放射治療計畫的設計工作，節省了非常多的時間與人力。

當治療用的伽瑪射線和高能量 X 光與人體作用以後，可產生不同的物理現象，與放射治療較有關係的有三種，即光電效應，康普吞散射效應，及成對效應等，分述如下：

(一) 光電效應：

所謂光電效應是指光子與原子發生作用而將原

子軌道中的電子打出（被打出的電子稱為光電子），光電子將光子的能量全部吸收，部分能量成為光電子的動能，此種效應可發生於 K、L、M、N，的任何一層電子中。

如 K 層被打出後，留下一個空洞在 K 層軌道上，使原子發生不穩定狀態，一可由外層電子來填補，由於不同層軌道有不同的束縛能，其外層電子填補內層電子所多出來的能量及以電磁波的方式放出，即所謂的特性 X 光，此種現象發生的比率與光子能量增加成三次方反比，與作用物質的原子序增加成三次方正比。

由於光電效應較容易發生於 150KeV 以下的光子，為淺部 X 光及深部 X 光 (50—300KeV) 與身體作用的主要現象，所以人體骨骼吸收的劑量遠比軟組織吸收的劑量多，這也就是淺部 X 光治療機與深部治療機治療頭頸部癌症時常會造成上下頷骨壞死的原因。

(二) 康普吞散射效應：

此效應主要發生於光子與自由電子（在原子最外層幾乎無束縛能的電子）之間的作用。電子吸收一部份的能量而以 θ 角射出，而入射的光子在衰減以後以 ϕ 角散射，由於 θ 或 ϕ 角有許多變化，所以光子能量的傳遞也有不同的變化。此種效應因作用在外層自由電子，所以與原子序無關。目前在放射治療最常用的鈷六十治療機及線性加速器所產生

的伽瑪射線及 X 光與人體的作用即是以此種效應為主，所以骨骼與軟組織所吸收的劑量差不多，這也是百萬伏以上放射線的優點。

(三) 成對效應：

當入射光子的能量大於 1.02MeV 時，光子的能量可經由成對效應的機轉而被吸收。當光子行經原子核附近時，因原子核強大的力場而產生一對正負電子，多於 1.02MeV 的能量則成為正負電子的動能，等到正電子消耗掉所有的電能而慢下來時，就容易被負電子捕捉而發生互毀反應而產生兩個 0.51MeV 的光子。成對效應發生的比率隨光子量的增高而增加。

瞭解以上三種光子與物質作用的機轉以後，我們可發現常用的鈷六十治療機以及線性加速器所產生的光子與水作用後所產生的現象以康普吞散射效應為主，這也是目前的放射治療很少有骨骼組織壞死的原因。

二、放射生物的基礎

當人體全身接受 500 厘葛雷的暴露後，一百人當中會有五十人在三十天內死亡，但 500 厘葛雷僅讓人體體溫升高攝氏千分之一度，所以並非熱量使人致死。

放射線對人體主要是作用於細胞染色體，它可直接或間接的引起 DNA 的化學變化，在直接方

面，乃是放射線撞擊 DNA 分子而引起 DNA 股斷裂，這種直接命中的機會很少發生，大部份都是間接影響所致。由於細胞中百分之七十是水，放射線與水作用後，可產生具強氧化性質的游離根，此游離根可輕易地將 DNA 分子的氫抽取出來，而造成 DNA 股斷裂。超過百分之九十的放射線影響皆是由於間接的影響。放射線所造成的 DNA 股斷裂有單股，雙股兩種，單股斷裂通常可修復，雙股斷裂則經常造成細胞死亡。

相同細胞對放射線的敏感性因在細胞不同的周期而有所變化，以哺乳類動物細胞而言，處於分裂期 (mitotic phase) 的較敏感而處於合成期 (synthetic phase) 的較不敏感。細胞存活曲線與放射線劑量的關係成一乙狀的曲線，此與臨床藥物劑量的效果曲線相似，但不同種類細胞的存活曲線有不同的肩部與曲線斜度的變化，換句話說，對放射線的敏感性不同。

目前臨床所使用的放射治療皆以分次小劑量的方式進行，總治療期間常為 6—4 星期，而非單一次大劑量的給予，其理論基礎為四個“R”即再分佈、再生長、修復及氧氣再生，分述如下：

(一) 再分佈：

細胞周期中最敏感的部份被放射線殺死後，其餘處在不敏感周期的存活細胞會重新分佈在各個不同周期的部份而非同步進入下一個細胞周期。所以

每次放射治療之後，殘存的細胞會重新再分佈，有的在敏感周期有的則在不敏感周期，這也是採用分次小劑量的原因之一。

(二) 再生長：

是細胞本身經有絲分裂而增生的機轉，當時間過得越長，則癌細胞就長的越多，對快速增生型的惡性腫瘤，傳統每日一次，治療期間長達 6—7 星期，或治療中間還分段休息的方式並不合適，因癌細胞可利用每次治療之間的休息時間增生而降低了治療的效果。如果使用一日多次的治療方式，不但減少癌細胞增生的機會，同時也縮短了治療時間。

(三) 修復：

未被殺死而僅是受傷的細胞，如 DNA 單股斷裂，可以因修復的機轉而恢復，經實驗證明整個修復的機轉僅需 4 小時，這也就是一日多次治療的理論基礎。通常癌細胞的修復能力比正常組織的細胞差。

(四) 氧氣再生：

傳統放射治療所使用的伽瑪射線，X 光及電子射束會因細胞含氧的情形而影響其對細胞的殺傷力，在低氧的狀態下，欲殺死細胞的劑量為在有氧狀況下的 2.6 倍，為了儘量能夠以較小的劑量達到殺死癌細胞的目的，則癌細胞的含氧量是非常重要的。由於惡性腫瘤生長迅速，其中心常是壞死區，

而在有氧區與壞死區中間即為低氧區的細胞帶，這也就是日後癌病復發的最大原因。

分次小劑量的治療法可先殺死離血管較近的有氧細胞而使離血管較遠的含氧低的細胞漸漸靠近血管而成為有氧細胞，此種現象即稱為氧氣再生，這也是分次小劑量的理論基礎。

以上四種機轉可使我們瞭解放射治療為何不用單一大劑量而需用分次小劑量的原因，這也是日後發展高壓氧，放射線致敏劑，合併高溫治療及合併化學治療等方法的理論基礎。

❖ 結論

放射治療是癌症治療的重要部份之一，在現代腫瘤學的臨床應用上，放射治療常與外科手術治療或化學治療合用以獲得最好的腫瘤控制及最低的正常組織傷害。而欲成為一位優秀的放射腫瘤醫師，瞭解放射治療的原理是必要的。

❖ 關鍵詞

放射治療 (*Radiotherapy*)、游離輻射線 (*Ionizing radiation*)、光電效應 (*Photoelectric effect*)、康普吞散射效應 (*Compton effect*)、成對效應 (*Pair production*)