

全国卫生院校高职高专教学改革实验教材

# 放射治疗技术

(医学影像技术、临床医学专业用)

主编 黄泉荣



高等教育出版社

全国卫生院校高职高专教学改革实验教材

# 放射治疗技术

(医学影像技术、临床医学专业用)

主 编 黄泉荣

副主编 王连聪

编 者 (以姓氏汉语拼音为序)

黄光辉 浙江医学高等专科学校

黄泉荣 浙江医学高等专科学校

蒋 蕾 河南南阳医学专科学校

王连聪 浙江大学医学院附属第二医院

魏启春 浙江大学医学院附属第二医院

杨兴纲 浙江省武警杭州医院

殷 俊 杭州第四人民医院

岳建华 浙江省武警杭州医院

周晓东 襄樊职业技术学院

高等教育出版社

## 内容提要

本书根据教育部《2004—2007年职业教育教材开发编写计划》(职教成司函[2004]13号)的精神编写而成。

通过本教材的学习,使学生掌握实用、够用的理论知识,具备实用的操作技能,让学生毕业后就能与临床工作“零”距离结合。同时考虑到国家职业资格认证的资格考试,其内容层次与之紧密衔接。还注意对学生的科学思维和创新精神的培养,使之能成为高素质的实用型技术人才。

本教材分三个部分共八章。第一部分是第一章和第二章,主要介绍与放射治疗技术有关的总体认识和放射治疗设备;第二部分是第三章至第六章,叙述肿瘤的放射治疗技术及模室技术,并且配置了相应的实验实训内容;第三部分是第八章,扼要介绍放疗技术的质量保证与质量控制。

本教材的读者对象主要是医学影像专业的五年制高职、高中起点三年制高职、大专函授教育学生的教学用书,也可以作为其他医、护专业选修课用书或者临床工作人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

放射治疗技术/黄泉荣主编. —北京:高等教育出版社,  
2006.2

医学影像技术、临床医学专业用

ISBN 7-04-018366-8

I. 放... II. 黄... III. 放射治疗学—医学院校—  
教材 IV. R815

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第159755号

策划编辑 秦致中 责任编辑 孙葵葵 封面设计 王 隼 责任绘图 朱 静  
版式设计 胡志萍 责任校对 杨凤玲 责任印刷 韩 刚

---

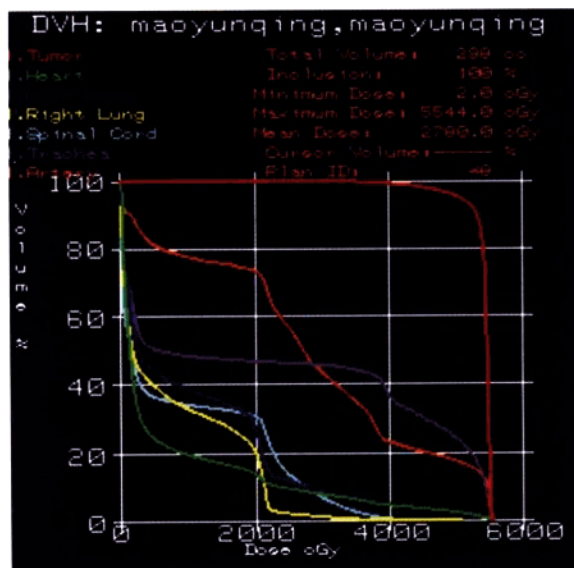
出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	北京七色印务有限公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
		畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开 本	787×1092 1/16	版 次	2006年2月第1版
印 张	13.5	印 次	2006年2月第1次印刷
字 数	330 000	定 价	23.30元
插 页	2		

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18366-00



彩图1 脑部靶区及危险器官 DVH

正常组织剂量最小(低损伤):小于最大耐受剂量。

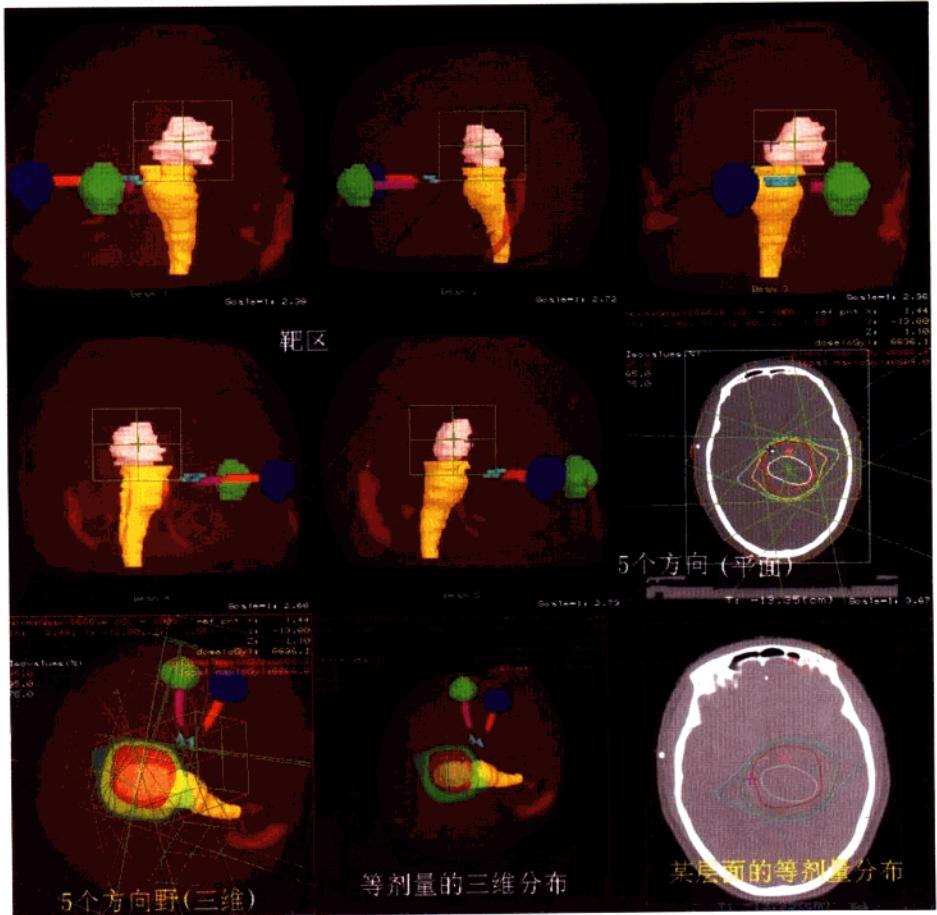
靶区照射最准(高精度):脑部误差小于3 mm。

靶区剂量最均匀(高疗效):均匀度小于 $\pm 5\%$

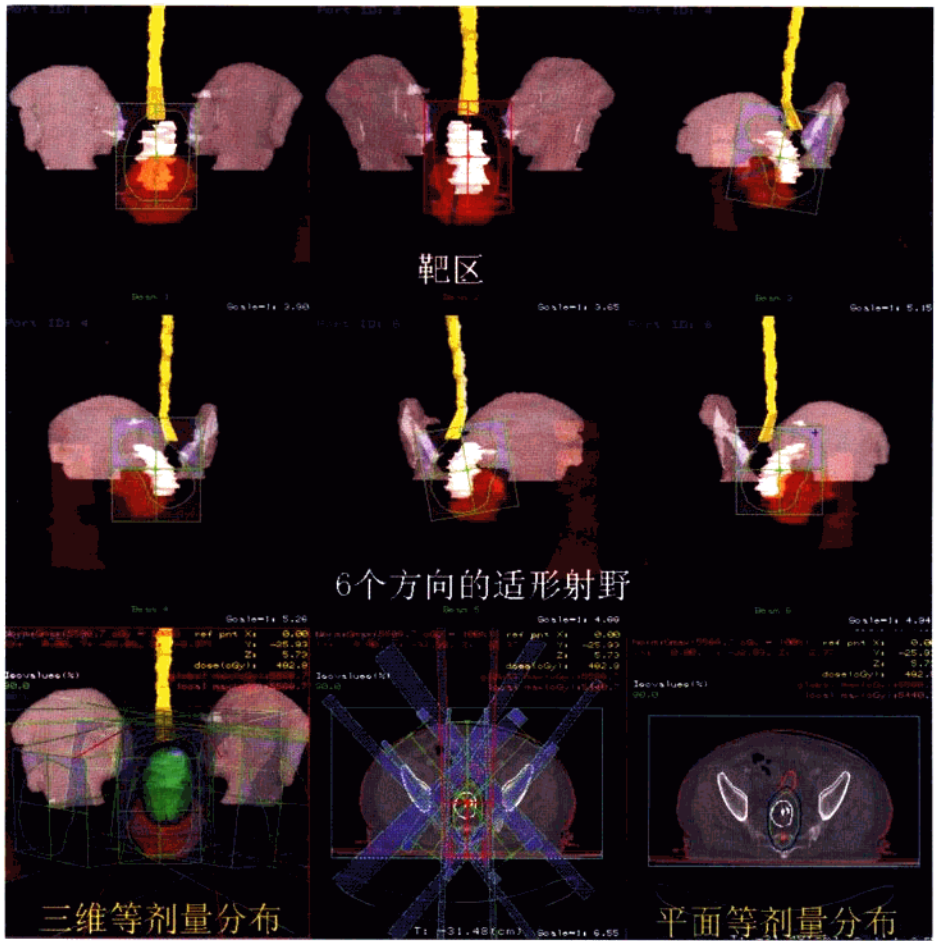
最理想的剂量分布:90%剂量曲线包括肿瘤;

90% ~ 50% 区域间距要小于10 mm;

90% ~ 10% 区域间距要小于20 mm。



彩图 2 脑部肿瘤的三维重建、5 个方向射野及等剂量曲线分布图



彩图 3 盆腔肿瘤三维重建,6个适形照射野及等剂量曲线分布图

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

# 前 言

《放射治疗技术》这一教材是在高等教育出版社组织下,为了实施教育部的《2004—2007年职业教育教材开发编写计划》,作为全国卫生职业教育教学改革的实验教材(医学相关专业课)而精心编写的。

根据教育部《计划》的精神,本教材的编写以理论够用、技术实用为出发点,把编写的重点放在实用型技能的培养上,进行大胆的创新。在结构上,在做总体的介绍后,首先叙述各种放射治疗的设备学基础知识。其次,把常见肿瘤的放射治疗从解剖、病理、临床剂量到摆位一气呵成,这样安排既介绍了要怎么做又使学生明白操作依据。对于一些技能性的操作要求介绍详细,基本的和特殊的都提出了必须掌握的要求,加强实践教学,教学的技术实训操作与临床放射治疗操作同步一致。力争与用人单位实际需要接轨,与国家执业资格认证接轨,顺应国际职业教育发展方向。

本教材由浙江医学高等专科学校的黄泉荣编写第一章和第二章,浙江大学医学院附属第二医院的魏启春编写第三章,浙江医学高等专科学校的黄光辉编写第四章,浙江大学医学院附属第二医院王连聪编写第五章的第四、五节,武警杭州医院岳建华编写第五章的第一、二节,武警杭州医院杨兴钢编写第六章,杭州第四人民医院的殷俊编写第五章的第三节和第七章,河南南阳医学专科学校蒋蕾编写第八章的第一、二节,襄樊职业技术学院的周晓东编写第八章的第三、四、五节。参编者都具有丰富的医学教学和临床实践经验,但由于医学职业技术教育是教学改革创新,用书又比较迫切,加之编者水平有限,恳请各位同仁、同学对教材中的缺点、错误之处提出批评、指正,以便修改。

本教材在编写过程中得到了浙江医学高等专科学校领导和老师们的大力支持以及参编单位和各位编者的精诚合作,特别是浙江医学高等专科学校的陈益红老师和许晓燕同学做了大量的工作,在此深表感谢。同时对本教材所引用著作(参考文献)的各位作者表示崇高的敬意。

本教材的总学时数约60学时,理论和实验3:2,学时分配参考如下:

《放射治疗技术》学时分配表

课时内容	学时分配		
	理论	实验	合计
第一章 总论	2	1	3
第二章 常用的放射治疗设备	4	1	5
第三章 肿瘤的放射治疗	4	2	6
第四章 肿瘤治疗的放射物理剂量	4	2	6
第五章 肿瘤治疗各论	12	10	22



续表

课时内容	学时分配		
	理论	实验	合计
第六章 特殊照射技术	4	2	6
第七章 模室技术	4	6	10
第八章 放射治疗的质量保证与质量控制	2		2
合计	36	24	60

黄泉荣

2005年7月

# 目 录

第一章 总论 .....	1	五、医用电子直线加速器的基本结构 .....	25
第一节 放射治疗的发展历程 .....	1	六、治疗束类型与形成 .....	28
一、放射治疗与放射治疗技术 .....	1	七、X线和电子治疗束的特点 .....	31
二、常用的放射线及其来源 .....	2	八、治疗束的污染 .....	33
三、放射治疗的发展历程 .....	4	第五节 近距离后装治疗机 .....	33
四、放射治疗技术的展望 .....	5	一、近距离后装治疗 .....	33
第二节 放射治疗的重要性 .....	7	二、后装治疗机的基本结构 .....	34
一、放射治疗肿瘤的机制 .....	7	三、后装治疗机的种类 .....	35
二、放射治疗在肿瘤治疗中的地位 .....	8	第六节 模拟定位设备 .....	36
三、肿瘤的综合治疗方法 .....	9	一、普通X线模拟定位机 .....	36
四、肿瘤放射治疗的一个疗程时间 .....	9	二、CT模拟定位 .....	37
第三节 放射治疗的一般流程及放射治疗技师在放疗中的地位 .....	10	第七节 立体定向照射装置 .....	39
一、放射治疗的一般流程 .....	10	一、立体定向照射治疗 .....	39
二、放射治疗技师在放疗中的地位 .....	10	二、 $\gamma$ 刀 .....	39
练习与思考题 .....	10	三、X刀 .....	40
练习与思考题 .....	10	四、赛勃刀 .....	42
第二章 常用的放射治疗设备 .....	11	第八节 其他放射治疗设备简介 .....	42
第一节 概述 .....	11	第九节 三维治疗计划系统 .....	44
一、治疗束产生装置 .....	11	一、普通三维适形治疗计划 .....	45
二、模拟定位机 .....	13	二、三维适形调强放射治疗计划 .....	45
三、治疗计划系统 .....	13	三、基于人体放射生物效应的放射治疗计划系统 .....	46
第二节 X线治疗机 .....	14	练习与思考题 .....	47
一、X线治疗机的结构特点 .....	14	第三章 肿瘤的放射治疗 .....	48
二、X线束的硬化 .....	15	第一节 肿瘤放射治疗的目的与适应证 .....	48
三、X线治疗机的分类与应用 .....	15	一、肿瘤放射治疗的目的 .....	49
四、X线治疗机的一般操作 .....	17	二、肿瘤放射治疗的适应证 .....	50
第三节 $^{60}\text{Co}$ 治疗机 .....	17	三、影响放射治疗效果的几种因素 .....	51
一、 $^{60}\text{Co}$ 治疗机的基本结构 .....	17	第二节 放射治疗方法 .....	52
二、 $^{60}\text{Co}$ 治疗机的辐射半影 .....	20	一、远距离放射治疗 .....	52
三、 $^{60}\text{Co}$ 治疗机的临床应用特点 .....	21	二、近距离放射治疗 .....	55
第四节 医用电子直线加速器 .....	21	三、放射性核素治疗 .....	57
一、电子直线加速器的优点和地位 .....	21	四、适形调强放射治疗 .....	57
二、医用电子直线加速器的种类 .....	22	五、立体定向放射外科 .....	58
三、医用电子直线加速器的发展简况 .....	23		
四、电子直线加速的基本原理 .....	23		

第三节 放射治疗实施过程 .....	59	二、食管癌 .....	114
一、临床剂量学原则 .....	59	三、乳腺癌 .....	120
二、放射治疗计划中常用的概念 .....	60	第四节 腹部肿瘤的放射治疗技术 .....	124
三、靶区的确定方法 .....	61	一、直肠癌 .....	124
四、治疗计划的设计 .....	63	二、精原细胞瘤 .....	128
五、治疗计划的确定 .....	63	三、前列腺癌 .....	131
六、治疗计划的执行 .....	64	四、宫颈癌 .....	136
练习与思考题 .....	65	第五节 恶性淋巴瘤 .....	143
<b>第四章 肿瘤治疗的放射物理剂量</b> .....	<b>66</b>	一、病因 .....	143
第一节 常用的放射治疗物理量 .....	66	二、流行病学 .....	143
第二节 肿瘤的放射治疗剂量 .....	68	三、恶性淋巴瘤病理 .....	144
一、肿瘤对放射线高度敏感的剂量 .....	68	四、症状与体征 .....	145
二、肿瘤对放射线中度敏感的剂量 .....	69	五、诊断与鉴别诊断 .....	146
三、肿瘤对放射线低度敏感的剂量 .....	69	六、放射治疗技术 .....	146
四、肿瘤对放射线不敏感的剂量 .....	69	七、常见放疗反应 .....	149
五、姑息性放射治疗的剂量 .....	69	练习与思考题 .....	150
第三节 放射治疗的时间、剂量分割		<b>第六章 特殊照射技术</b> .....	<b>152</b>
方式 .....	69	第一节 医用高能电子束的应用	
一、常规分割放射治疗 .....	70	技术 .....	152
二、非常规分割放射治疗 .....	70	一、医用高能电子束的剂量特性 .....	152
第四节 放射线对生物的影响 .....	70	二、高能电子束的临床常规应用	
一、放射线对生物体的作用 .....	70	技术 .....	155
二、LET和相对生物效应 .....	72	三、电子束的特殊照射技术 .....	157
三、“氧”对肿瘤放射治疗的影响 .....	72	第二节 楔形板使用技术 .....	161
四、放射治疗的反应 .....	73	一、楔形板与楔形角的概念 .....	161
练习与思考题 .....	78	二、楔形板的临床应用 .....	163
<b>第五章 肿瘤治疗各论</b> .....	<b>79</b>	第三节 全淋巴结照射 .....	165
第一节 头颈部肿瘤的放疗技术 .....	79	一、不规则野的形成与摆位 .....	165
一、鼻咽癌 .....	79	二、全淋巴结照射(“斗篷”野+“倒Y”	
二、鼻腔及鼻窦癌 .....	90	野照射技术) .....	166
三、喉癌 .....	93	第四节 乳腺切线野照射技术 .....	168
四、扁桃体癌 .....	97	一、现代加速器的独立准直器 .....	168
第二节 颅内肿瘤及椎管内肿瘤的		二、乳腺照射的定位(摆位)与	
放射治疗技术 .....	99	照射野 .....	169
一、颅内肿瘤 .....	99	第五节 X线全身照射技术 .....	172
二、椎管内肿瘤 .....	105	一、放射治疗技术 .....	172
三、全脑、全脊髓照射技术 .....	107	二、照射中监测 .....	173
四、头颅立体定向放射治疗的优势 .....	109	三、注意事项 .....	173
第三节 胸部肿瘤的放疗技术 .....	109	练习与思考题 .....	174
一、肺癌 .....	109	<b>第七章 模室技术</b> .....	<b>175</b>

第一节 射野挡块和低熔点铅技术 .....	175	二、专业知识修养 .....	187
一、射野挡块 .....	175	三、工作职责 .....	188
二、低熔点铅技术 .....	176	四、应急处理能力 .....	188
第二节 低熔点铅挡块的制作 .....	177	第四节 放射治疗设备的性能精度 .....	189
一、热丝切割机 .....	177	一、国内、外加速器定期检测和维修	
二、挡块的制作过程 .....	178	保养范例 .....	189
三、挡块的制作要求 .....	178	二、定位装置 .....	193
第三节 治疗体位及体位固定技术 .....	178	三、剂量测量装置 .....	194
一、选择合适的治疗体位 .....	178	第五节 放射治疗计划的实施和	
二、体位固定技术 .....	180	核对 .....	195
练习与思考题 .....	181	一、体位固定 .....	195
<b>第八章 放射治疗的质量保证与</b>		二、摆位 .....	195
<b>质量控制 .....</b>	<b>182</b>	三、放疗记录单填写 .....	196
第一节 放射治疗质量保证的		四、照射位置核对 .....	197
<b>基本概念 .....</b>	<b>183</b>	练习与思考题 .....	197
一、质量保证与质量控制 .....	183	<b>实验实训参考项目 .....</b>	<b>199</b>
二、质量保证与质量控制的重要性 .....	183	实验一 参观放射治疗科 .....	199
三、质量保证体系的五个方面 .....	184	实验二 半价层的测量(X线) .....	199
第二节 放射治疗质量保证的内容 .....	184	实验三 头颈部热塑面罩的制作 .....	200
一、目标和方针 .....	184	实验四 低熔点铅挡块的制作 .....	201
二、质量保证的组织结构 .....	184	实验五 头部肿瘤的模拟定位 .....	201
三、设备的质量控制 .....	185	实验六 胸部肿瘤的模拟定位 .....	203
四、临床治疗过程的控制 .....	186	实验七 腹部肿瘤的模拟定位 .....	204
五、教育和培训 .....	186	实验八 CT模拟定位技术 .....	205
六、质量保证体系本身的控制 .....	186	实验九 乳腺癌切线野的定位和	
第三节 放射治疗技师应具备的		摆位 .....	206
<b>基本素养 .....</b>	<b>186</b>	<b>参考文献 .....</b>	<b>208</b>
一、职业道德修养 .....	187		

# 第一章 总 论

**本章概要** 从现在开始我们就要学习放射治疗技术了,本章主要介绍放射治疗的起源与发展过程以及放射治疗在肿瘤治疗学中具有的地位。让我们对放射治疗及技术有个总体认识,便于更好地学习放射治疗技术。

**知识要点** 放射治疗 放射线 外照射



图 1-0 大多数肿瘤经放射治疗可以得到比较好的效果,在整个治疗过程中还需要人文关怀

## 第一节 放射治疗的发展历程

### 一、放射治疗与放射治疗技术

放射治疗(放疗)是指采用X线、放射性核素的射线、电子束、质子、快中子、负 $\pi$ 介子以及其他重粒子束来照射肿瘤组织,将其杀死或控制的一门肿瘤治疗学科——放射肿瘤学。

广义的放射治疗既包括放射治疗科的放射治疗,也包括核医学科的内用放射性核素的放射治疗,如碘-131( $^{131}\text{I}$ )治疗甲状腺癌、锶-89( $^{89}\text{Sr}$ )治疗骨转移瘤等。目前,依靠组织器官选择性吸收的内用(肌内或静脉注入)放射性核素治疗在放射治疗中所占的比例不高,所以为了叙述方便,本教材中若不做特别说明,所有描述都是指放射肿瘤科的放射治疗。在我国的北方地区通俗地将放射治疗称为“烤电”,而在南方则称为“照光”。放射治疗有两种照射方式:一种是远距离放射治疗(或称外照射),即将放射源与患者身体保持一定距离(15~150 cm)进行照射,射线从患者体表穿透进入体内的一定深度,达到治疗肿瘤的目的,外照射用途最广泛,也是放射治疗最主要的方式;另一种是近距离放射治疗(或称内照射),即利用人体的自身腔体和管道,通过内

镜或根据解剖部位将直径 1.7 ~ 2.0 mm 放射源密封置于肿瘤内或肿瘤表面(如舌、食管、气管和子宫颈等部位)进行照射。

放射治疗技术是指实施放射治疗全过程、实现放射治疗目的的具体操作要领与规范要求,是疾病(主要是肿瘤)进行放射治疗获得成功的最基本的要素。所以,放射治疗技术是否合理,实施过程是否准确就会直接影响放射治疗的效果。具体的放射治疗技术主要为常规放射治疗技术、特殊放射治疗技术、模室技术和放射治疗的质量保证等(图 1-1)。

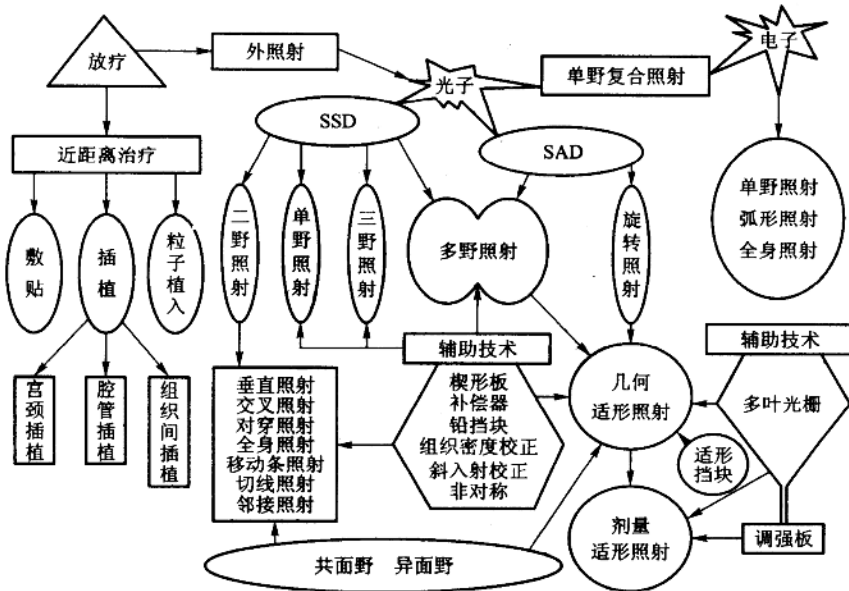


图 1-1 放射治疗技术范畴示意图  
SSD 为源皮距;SAD 为源轴距

## 二、常用的放射线及其来源

### (一) 放射性核素放出的 α、β、γ 射线

放射性核素释放 α、β、γ 三种射线,α 射线虽然电离能力很强,但穿透力很弱,实际应用很少;而 β、γ 两种射线应用较多,尤其是 γ 射线应用广泛,可用做体内、体外照射。天然镭源放射的 γ 射线在放射治疗早期应用较多,但由于其在防护方面要求很高,缺点多,因此目前已被钴 - 60(<sup>60</sup>Co)、铯 - 137(<sup>137</sup>Cs)和铱 - 192(<sup>192</sup>Ir)等人工放射性核素所代替。<sup>60</sup>Co γ 射线主要用于外照射,而<sup>137</sup>Cs、<sup>192</sup>Ir γ 射线主要用于腔内或组织间插植治疗。<sup>90</sup>Sr β 射线常被做成 β 射线敷贴器用以治疗表浅病变(如眼角膜),也有用<sup>90</sup>Sr β 射线治疗皮肤表浅病变的。放射治疗常用的放射性核素见表 1-1。

表 1-1 放疗常用放射性核素的物理特性表

放射性核素	符号	射线种类	射线平均能量	半衰期	TVL <sub>铅</sub> (HVL <sub>铅</sub> ) 铅
镭 - 226	<sup>226</sup> Ra	光子	0.83 MeV	1 590 年	HVL <sub>铅</sub> = 1.3 cm
钴 - 60	<sup>60</sup> Co	光子	1.25 MeV	5.27 年	HVL <sub>铅</sub> = 1.27 cm
铯 - 137	<sup>137</sup> Cs	光子	0.662 MeV	33.0 年	TVL <sub>铅</sub> = 18.5 mm
金 - 198	<sup>198</sup> Au	光子	0.412 MeV	2.7 天	HVL <sub>铅</sub> = 0.3 cm
铱 - 192	<sup>192</sup> Ir	光子	0.36 MeV	74.2 天	TVL <sub>铅</sub> = 7.1 mm
碘 - 125	<sup>125</sup> I	光子	28 keV	59 天	TVL <sub>铅</sub> = 0.025 mm
钯 - 103	<sup>103</sup> Pd	光子	22 keV	17.0 天	TVL <sub>铅</sub> = 0.013 mm
镅 - 241	<sup>241</sup> Am	光子	60 keV	432.2 年	TVL <sub>铅</sub> = 0.41 mm
钐 - 145	<sup>145</sup> Sm	光子	43 keV	340.0 天	TVL <sub>铅</sub> = 0.20 mm
镱 - 169	<sup>169</sup> Yb	光子	93 keV	32.0 天	TVL <sub>铅</sub> = 1.6 mm
锶 - 90	<sup>90</sup> Sr	电子	2.28 MeV	28.1 年	R <sub>最大</sub> = 1100 mg · cm <sup>2</sup>
铯 - 252	<sup>252</sup> Cf	中子	2.35 MeV	2.65 年	HVL <sub>水</sub> = 5 cm

TVL: 十分之一价层; HVL: 半价层

## (二) X 线治疗机和各类加速器产生的不同能量的 X 线

普通 X 线治疗机产生的低能 X 线 (16 ~ 400 kV) 主要用于治疗较表浅的肿瘤。各种加速器产生的高能 X 线 (2 MV 以上) 几乎可以治疗任何部位的肿瘤, 尤其对较深部的肿瘤治疗效果好, 而其产生的电子束常用于治疗表浅或偏心性肿瘤。

## (三) 各种加速器产生的重粒子束

加速器是利用电磁场把带电粒子加速到较高能量的装置, 利用被加速后的高能粒子轰击不同的靶材料, 可以产生次级粒子, 如 X 线、中子和介子束等。加速器开始主要应用于实验室的核物理实验研究。加速器按粒子加速的轨道形状可分为直线加速器和回旋加速器, 按加速粒子的种类可分为电子加速器、质子加速器、离子加速器和中子加速器等, 按被加速后粒子能量的高低可分为低能加速器 (能量小于 10<sup>2</sup> MeV)、中能加速器 (10<sup>2</sup> ~ 10<sup>3</sup> MeV)、高能加速器 (10<sup>3</sup> ~ 10<sup>6</sup> MeV) 和超高能加速器 (能量在 10<sup>6</sup> MeV 以上), 按加速电场所所在的频段可分为静电加速器、高频加速器和微波加速器。加速器产生的快中子、质子、负 π 介子以及 18 号元素以前 (如氦、碳、氮、氧、氟等) 的重粒子束能用来治疗肿瘤, 因此, 也可能成为放射治疗的常用设备。但对于大多数肿瘤而言, 重粒子的治疗机制、治疗效果的研究还不十分透彻, 再者庞大的加速器价格太昂贵, 因此, 就是在发达国家, 重粒子加速器医学应用也不多。我国已逐步开展这方面的工作, 2004 年 12 月 20 日引进的质子治疗系统已投入临床使用, 成为世界第四台、国内第一台, 继美国、日本后第三个国家用于商业运作的质子治疗系统。另外, 用快中子治疗腮腺癌、前列腺癌和一般放射治疗效果较差的肿瘤 (如软组织肉瘤或其他复发性肿瘤等) 也取得了比较好的效果。

### 三、放射治疗的发展历程

在 100 多年以前的 1895 年 11 月,德国科学家伦琴首先发现了 X 线。次年,法国科学家贝可勒尔又发现了含铀盐的矿物质也能产生放射线。这些射线看不见,摸不着,嗅不到。在 1898 年 12 月,居里夫妇从近百吨的废矿渣中成功地分离出了镭,并首次提出“放射性”概念。1899 年,临床医生用 X 线试验治疗皮肤癌,获得一定的疗效。1920 年,200 kV 级 X 线治疗机商品化,应用于治疗喉癌获得了成功。但由于那个时代对射线的性质、特点、生物效应了解很少,在治疗患者的同时医生也受放射损伤,且 X 线的深度剂量低,皮肤反应大,只能治疗浅表部位的肿瘤。因此,放射治疗出现了一个发展缓慢的时期。

第二次世界大战以后,军事工业技术(特别是核研究)的进步,使放射物理学和放射医学理论有了较大的发展。科学家们人工制造出了放射性核素,核反应堆的副产品开始在医学上得到应用。

1951 年,加拿大制造出第一台<sup>60</sup>Co 远距离治疗机,放射治疗适应证有了进一步的扩大,治疗效果也有了明显的提高。

1952 年,在英国哈默·史密斯(Hammer Smith)医院安装了第一台 8 MV 固定型射频微波直线加速器。至今,电子直线加速器是临床应用最广的外照射治疗机。20 世纪 70 年代,回旋加速器则开始应用于医学。

1968 年,瑞典的 Elekta 公司研制成功世界上第一台  $\gamma$  刀,装备在瑞典斯德哥尔摩的 Sophiabermet 医院,主要应用于功能性疾病的治疗。到 1988 年, $\gamma$  刀已经发展到了第三代。美国在 1968 年成功地制造了加速管,可直立安装于机头内的驻波型电子直线加速器,不久利用直线加速器实现了非共面多弧度等中心旋转治疗,也就是用多个小照射野从三维方向照射病变,即现在称之为 X 刀的前身。20 世纪 80 年代中期至 90 年代初,由于计算机技术以及计算机 X 线断层摄影(CT)、磁共振成像(MRI)和脑血管数字造影等影像学技术的迅速发展,目前已研究出比较完善的三维图像重建与放射剂量三维分布重建相结合的软件系统,同时对准直器、立体定向仪进行进一步改进,成功研制出无创、可重复定位框架和无框架定位系统,使放射治疗技术逐步走向成熟。

1976 年,X 线 CT(X-CT)开始用于临床的放射治疗应用,它与治疗计划系统相连接,加上 X 线模拟定位机共同构成了一个迅速、精确、严谨的放射治疗计划与最优化的选择系统,使放射治疗进入一个崭新的历史时期,放射治疗的临床医生开始拥有了性能优良、安全可靠、更加得心应手的治疗工具。

放射治疗的发展和放射治疗设备紧密相关。随着高能物理学与核技术的进步、电子学与机械制造工业的发展,新的放射治疗设备研发和生产促进了放射治疗技术的不断发展,放射治疗进入了多种技术方法和超高压射线治疗的新阶段。当前,发达国家都用电子直线加速器进行治疗。现代电子直线加速器能产生 2~3 种不同能量的光子线(X 线)和几种不同能量的电子线,以适应临床使用时的多种选择要求。放射治疗已由常规二维放射治疗(2DRT)进入了三维放射治疗(3DRT)年代,包括三维立体定向放射治疗(X 线, $\gamma$  射线)、调强放射治疗(IMRT),具备了进行精确定位、精确计划、精确摆位、精确照射的系列技术。这不但使照射的高剂量适合肿瘤靶区形状,而且可以更好地达到放射治疗总目标,即在最大程度地对肿瘤杀灭的同时,使正常组织损伤降到最低。



**放射剂量学** 20世纪30年代有物理剂量伦琴(R),1伦琴=2.58×10<sup>-4</sup>库/千克(C/kg)。50年代后有吸收剂量拉德(rad),之后又有戈瑞(Gy),Gy为法定计量单位,1Gy相当于100rad。相应放射防护上也有希沃特(Sv)计量单位。

**放射生物学** 由于在放射治疗早期阶段不了解放射线的生物效应,尤其在缺乏相关物理年代,只用发生皮肤红斑反应作为剂量参考。随着临床实践经验的累积,1934年,Coutard发明的分割放射治疗方案成为沿用至今的基本模式,也就是进行分割放射可以达到比单次放射好的疗效,同时放射反应也较轻。1956年,细胞集落形成率的实验成功以及对放射线引起细胞增殖死亡的概念一直沿用至今。

我国在1932年使用深部X线治疗机和镭源开展肿瘤的放射治疗,直到解放初期也只有几家医院有放射治疗设备,专业人员总共仅十余人。1958年,中国科学院肿瘤医院建立并筹建了新中国的放射治疗科。20世纪60年代开始制造<sup>60</sup>Co治疗机,医院装备国产机占有量约为80%。国内首台10MV医用直线加速器于1978年诞生。1994年开始引进X刀,X刀由直线加速器、脑立体定向仪、附加准直器及计算机治疗计划系统组成。目前我国相继开展X刀治疗的医院已有数十家。20世纪90年代中期我国引进了γ刀技术和设备,并在此基础上,在1997年开发出完全国产化的头部旋转式γ刀,由30个<sup>60</sup>Co源组成,可提供等中心旋转照射,设备已经通过美国FDA认证。不久,全身γ刀装置也相继问世。国内一些大医疗中心纷纷成立由放射治疗、神经外科、医学影像科等专家组成的专家组,共同商讨患者的病变范围和确定治疗原则。

1987年成立了中华放射肿瘤学会,从1992年起发行《中华放射肿瘤学杂志》。根据中华放射肿瘤学会调查结果显示,到2001年,全国开展放射治疗的医院有715家,从事放射治疗相关专业人员14131人,其中医生有5113人,技术人员有3465人。

## 四、放射治疗技术的展望

### (一) 放射治疗技术

放射治疗经历了100多年的历程,从初始阶段到X线片、透视、常规模拟定位机的二维放射治疗,再到CT及MRI的三维模拟定位、三维放射治疗计划系统、三维适形放射治疗及调强放射治疗,这种精确的放射治疗可以在不增加正常组织反应的前提下,增加肿瘤的放射剂量,提高肿瘤的局部控制率,进而提高生存率,这些必将是放射治疗的主流方向。

另外,我们在进行放射治疗的过程中,还存在因器官移动(特别是呼吸运动)而导致肿瘤也随之移动的问题。虽然当前在放射治疗中使用了呼吸门控系统,但效果并不理想。如果把时间因素也考虑进去,就可以达到跟踪肿瘤进行照射的目的,有人称之为四维放射治疗。随着计算机技术的进步,随着具备更为先进的由智能机器人控制的自动纠错定位系统等多项科技的应用,目前已能自动追踪患者治疗过程中因身体摆动造成的病灶靶点移动,及时准确自动纠正定位系统,使误差在0.1mm以内,使得肿瘤的治疗过程迈入智能自动化的进程,也使治疗的定位过程变得简单而又快捷。

除了γ刀、X刀技术日趋成熟外,质子刀、快中子刀治疗的研究正在继续进行,对质子、快中子治疗的适应证也随着临床工作研究的深入而逐步应用于临床。对负π介子和重粒子进行的实验探索也逐步应用到临床实践中。关于“刀”的称谓见表1-2。