

肿瘤放射治疗技术学

孙新臣 孙向东 马建新·主编



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

肿瘤放射治疗技术学

孙新臣 孙向东 马建新 主编

 东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

图书在版编目(CIP)数据

肿瘤放射治疗技术学 / 孙新臣, 孙向东, 马建新主编.

— 南京: 东南大学出版社, 2015. 9

ISBN 978-7-5641-5962-7

I. ①肿… II. ①孙… ②孙… ③马… III. ①肿瘤-放射治疗学-高等学校-教材 IV. ①R730.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 178992 号

肿瘤放射治疗技术学

出版发行 东南大学出版社
出 版 人 江建中
社 址 南京市四牌楼 2 号
邮 编 210096
经 销 新华书店
印 刷 江苏凤凰扬州鑫华印刷有限公司
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 22.75
字 数 600 千字
书 号 ISBN 978-7-5641-5962-7
版 次 2015 年 9 月第 1 版
印 次 2015 年 9 月第 1 次印刷
定 价 70.00 元

(本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系,电话:025-83791830)

《肿瘤放射治疗技术学》

编写委员会

主 编:孙新臣 孙向东 马建新

副 主 编:蔡 晶 陶光州 吴朝阳 茅卫东

主编助理:杨 曦

编委会成员:(按姓氏笔画顺序排)

于大海 南京中医药大学第一附属医院

马建新 蚌埠医学院附属连云港医院

尤传文 宿迁市人民医院

田大龙 南通大学第四附属医院

左 云 苏州大学附属张家港医院

孙新臣 南京医科大学第一附属医院

孙苏平 南京医科大学附属常州第二医院

孙向东 中国人民解放军第八一医院

陈德玉 江苏大学附属医院

李金凯 南京医科大学第一附属医院

张西志 扬州大学临床医学院

张福正 江南大学附属医院

吴朝阳 江苏大学附属人民医院

李 军 扬州大学临床医学院

茅卫东 东南大学附属江阴人民医院

郑 勤 东南大学附属第二医院

周 杰 蚌埠医学院附属连云港医院

杨 曦 南京医科大学第一附属医院

祝鸿程 南京医科大学第一附属医院

柏会明 盐城市第二人民医院

倪昕晔 南京医科大学附属常州第二医院

陶光州 南京医科大学附属淮安第一医院

韩济华 南京医科大学附属淮安第一医院

储开岳 南通大学附属肿瘤医院

童金龙 东南大学附属第二医院

蔡 晶 南通大学附属肿瘤医院

前 言

恶性肿瘤是当前人类健康面临的主要威胁之一,发病率呈逐年上升趋势,其死因已占全死因首位。根据世界卫生组织(WHO)2015年2月3日发表的《全球癌症报告2014》:2012年全球癌症患者和死亡病例都在令人不安地增加,2012年全世界共新增1400万癌症病例并有820万人死亡。预测全球癌症病例将呈现迅猛增长态势,由2012年的1400万人,逐年递增至2025年的1900万人,到2035年将达到2400万人。报告还显示,非洲、亚洲和中南美洲的发展中国家癌症发病形势最为严峻。新增癌症病例有近一半出现在亚洲,其中大部分在中国,中国新增癌症病例高居第一位。在肝、食道、胃和肺等4种恶性肿瘤中,中国新增病例和死亡人数均居世界首位。中国新增307万癌症患者并造成约220万人死亡,分别占全球总量的21.9%和26.8%。其中,WHO的数据略低于全国肿瘤登记中心的统计,其发布的2012年数据显示,中国每年新增癌症病例约350万,约有250万人因此死亡。

放射肿瘤学是肿瘤学的一门重要的分支学科,包括:临床肿瘤学、肿瘤放射物理学、肿瘤放射生物学和肿瘤放射治疗技术学四大基础学科,将这四大基础学科综合运用于肿瘤治疗的全程中称为肿瘤放射治疗。放射治疗是肿瘤治疗的三大支柱手段之一,65%~75%的肿瘤患者在病程的不同时期出于不同的治疗目的需要接受放射治疗。近年来,伴随着医学影像技术、计算机技术、立体定位技术和放疗相关设备日新月异的革新,肿瘤放射物理学和肿瘤放射治疗技术学进展迅猛。当前肿瘤放射治疗已进入了“精确定位、精确计划、精确照射”的三精时代。四维CT、磁共振功能成像(fMRI)、正电子放射断层扫描(PET)等功能影像技术的引入,使肿瘤靶区的勾画更加精准,使靶区剂量处方的定义更加符合肿瘤的临床生物学特性,是开展生物调强放疗(BGRT)的重要理论基础。三维适形调强放疗(IMRT)、容积旋转调强放疗(VMAT)、螺旋断层放疗(Tomotherapy)、立体定向放疗(SBRT)、立体定位射线手术平台(Cyberknife)、质子重离子放疗等新技术的出现和发展,使靶区的高适形度得以实现。图像引导放疗(IGRT)和剂量引导放疗(DGRT)等定位、定量系统的广泛应用,使立体化多维度精确定点打击目标成为现实,使以大剂量、短疗程为特点的治疗新模式能够得以实施,这同时也最大限度地有效保障了以“剂量雕刻、定点清除”为特征的放疗新技术的优越性。

南京医科大学特种医学一级学科重点学科于2011年8月5日获国务院学位委员会批准为一级学科“特种医学”博士学位授权点;2012年2月29日获江苏省教育厅批准为新增一级学科“十二五”省重点学科;2012年8月29日获国家人力资源和社会保障部批准为一级学科“特种医学”博士后流动站。肿瘤放射治疗学的发展与放射治疗技术学的发展密不可分,目前我国高校放射治疗技师的人才培养还不具规模,参考书籍不多,适用于本科生的教材更是缺乏。在肿瘤不断高发、放射治疗需求不断增多的情况下,人才培养和储备的不足,严重制约放射肿瘤学的发展和社会的需要,并容易造成医疗安全隐患;有鉴于此,南京医科大学特种医学系根据肿瘤放射治疗及放射治疗技术学教学的需要,组织长三角地区在放射治疗技术学界相当有影响力的同道们,共同编撰了本书作为教材。

本书共14个章节,详细阐述了肿瘤放射治疗中的各种技术问题及其在临床实践中的应用。本教材分三部分:第一部分(1~4章)主要介绍放射治疗的基本理论和设备,使学生能掌握基本知识和概念;第二部分(5~7章)重点介绍放射治疗技术原理及近几年一些新理论和新技术,为放射治疗常见肿瘤打下坚实的基础;第三部分(8~14章)介绍具体的临床放射治疗技术以及常见症、多发病的放射治疗,使读者了解一些疾病的基本知识、特点,使放射治疗技术与临床应用紧密联系,学以致用。编写过程中力求语言简练,概念清晰,重点突出,图文并茂,使读者容易明白、便于掌握,并重点介绍了近年发展起来的新的放射治疗技术,如适形放射治疗、立体定向放射治疗、三维调强放射治疗等,使读者尽快跟上放射治疗的发展进程。希望通过本教材的学习在掌握放射治疗基本理论、基础知识的同时,掌握放射治疗技术方法和技巧,并能结合临床解决放射治疗中与技术学相关的各种具体问题。本书可以作为医学类放射治疗技术相关专业的本科教材,亦可以作为临床肿瘤医师、放射治疗医师、物理师、技师、护士等的专业参考书。

本书在编撰过程中各作者通力合作,并得到了南京医科大学以及各参编单位领导的关心和支持。南京医科大学特种医学系和南京医科大学第一附属医院放疗科在书稿编写出版的过程中做了很多协调、组织工作,对上述单位和个人表示衷心感谢。

由于编撰时间短促,加之编者水平有限,书中难免有不尽完善之处,祈盼广大读者不吝指正。

孙新臣 于南京
2015年6月

目 录

第一章 总 论	1
第一节 放射治疗学总论	1
一、放射治疗在治疗恶性肿瘤中的地位	1
二、放射治疗的历史	1
三、放射治疗的发展现状	2
四、近距离放射治疗	4
五、放射治疗信息管理系统	5
第二节 放疗技术的发展趋势	6
一、图像引导的放疗	6
二、自适应放疗	8
三、呼吸控制系统	9
四、质子和重离子治疗	13
第三节 放疗技师的工作职责	16
一、放射治疗流程	16
二、放疗技师的工作职责	17
第四节 放疗技师的工作要求	20
一、放疗技术员队伍的建设和管理	20
二、放疗技术员的工作要求	20
三、放射治疗记录单	23
第五节 放疗技师应具备的专业知识	30
一、放射治疗技术学	30
二、肿瘤放射物理学	30
三、临床肿瘤学	30
四、放射生物学	30
五、医学影像学	31
六、相关基础知识	31
第六节 放疗事故预防措施与应急预案	31
一、预防措施	31
二、应急预案	32
三、应急措施	32

四、治疗室急救流程	33
第二章 放射物理学基础	34
第一节 核物理基础	34
一、原子结构	34
二、原子、原子核能级	34
三、原子核的衰变类型	35
四、原子核的衰变规律	37
第二节 X射线的产生及性质	38
一、X射线的产生与发展	38
二、X射线的产生机制	43
三、X射线的基本特性	47
四、X射线辐射场的空间分布	49
第三节 电离辐射与物质相互作用	53
一、带电粒子与物质的相互作用	54
二、X(γ)射线与物质的相互作用	56
三、X(γ)射线在物质中衰减	59
四、X(γ)射线在人体内的衰减	65
第三章 放射生物学基础	69
第一节 放射生物学在放射治疗中的意义	69
一、概念	69
二、治疗策略	69
三、规范化	69
第二节 电离辐射对生物的作用	69
一、正常组织和恶性肿瘤受照射后的反应	70
二、电离辐射对细胞杀灭的概念	70
三、放射线对细胞的杀灭机制	70
四、人体肿瘤细胞的放射敏感性	71
第三节 正常组织放射耐受量	72
一、常规标准治疗条件下人体正常组织耐受剂量	72
二、局部照射的正常组织耐受量(供常规分次治疗参考)	74
第四节 放射所致细胞反应	75
一、照射后所致的细胞死亡方式和时间	75
二、细胞存活曲线	76
三、解释细胞存活和放射剂量之间几个重要的模式	76
四、细胞周期时相与放射敏感性	79

第五节 分次放射治疗的生物学基础	80
一、影响分次放射治疗的生物学因素	80
二、非常规分割放射治疗	82
三、剂量率效应	83
四、肿瘤放射治疗中生物剂量等效换算的数学模型	83
第六节 改变放射效应的措施	86
一、增加氧在肿瘤内的释放或传递	86
二、放射增敏剂	87
三、放射保护剂	87
四、加热治疗	87
五、高 LET 射线在放射治疗中的应用	87
第四章 常用放射治疗设备	89
第一节 X 线治疗机	89
第二节 医用加速器	91
一、概述	91
二、医用电子直线加速器的加速原理	92
三、医用电子直线加速器的结构	94
四、医用电子直线加速器的特点	101
第三节 远距离钴-60 治疗机	101
一、钴-60 源的产生与衰变	101
二、钴-60 远距离治疗机的一般结构	102
三、钴-60 半影	103
四、钴-60 治疗机的工作原理	104
五、钴-60 治疗机的优缺点	104
第四节 远距离控制的近距离治疗机	105
一、HDR 后装治疗设备的组成	105
二、现代后装机具有的优点	106
第五节 新的放疗设备	107
一、质子治疗系统	107
二、伽玛刀(陀螺刀)	108
三、赛博刀	110
四、螺旋断层放疗系统	110
五、中子刀	110
第五章 X(γ)线射野剂量学	112
第一节 射野剂量学中的基本概念	112

一、人体模型	112
二、几何学概念	113
第二节 百分深度剂量	114
一、百分深度剂量定义	114
二、建成效应	115
三、百分深度剂量随射线能量变化	116
四、射野面积和形状对百分深度剂量的影响	117
五、源皮距对百分深度剂量的影响	119
第三节 组织空气比和组织模体比	120
一、组织空气比(TAR)	120
二、反散射因子(BSF)	121
三、散射因子	121
四、散射空气比(SAR)	122
五、组织模体比(TPR)和组织最大剂量比(TMR)	122
第四节 射野离轴比与等剂量曲线	123
一、离轴比	123
二、等剂量曲线	124
第五节 人体曲面和组织不均匀性的校正	125
一、均匀模体和人体之间的差异	125
二、人体曲面的校正	126
三、不均匀组织对剂量分布影响的校正方法	127
四、组织补偿	132
第六节 处方剂量计算	134
一、处方剂量	134
二、加速器剂量计算	134
第六章 电子线射野剂量学	138
第一节 电子线剂量学	138
一、中心轴百分深度剂量曲线	138
二、电子线的有效源皮距离	141
三、电子线的输出因子	142
第二节 电子线治疗计划设计	142
一、能量和射野尺寸的选择	143
二、电子线的空气气隙以及斜入射校正	143
三、组织不均匀性校正	144
四、电子线的补偿技术	145
五、射野挡铅技术	145

六、射野剂量计算	147
第七章 外照射技术和射野设计原理	148
第一节 外照射技术的分类及特点	148
第二节 常用照射技术	149
一、楔形野照射技术	149
二、半束照射技术	156
三、不规则野照射技术	156
四、切线野照射技术	157
第三节 相邻野照射技术	158
第四节 全脑、全脊髓照射技术	162
第五节 术中照射技术	163
第六节 X(γ)线全身照射技术	166
一、概述	166
二、X(γ)线全身照射治疗的技术要求	166
第七节 电子线全身皮肤照射技术	170
一、照射技术	170
二、辐射场物理特性	172
三、患者治疗剂量及分布的测定	172
四、处方剂量与摆位要求	172
第八节 靶区剂量分布原则	173
一、临床剂量学原则	173
二、外照射靶区的定义	174
三、剂量规范	176
第九节 照射野设计原理	178
第八章 放射治疗技术	186
第一节 三维适形放射治疗技术	186
一、适形放射治疗的目的与定义	186
二、CCRT 的实现方式	187
三、3D-CRT 计划设计执行步骤	188
四、临床医生对整个治疗计划的要求	188
五、临床应用及不足	190
第二节 调强放射治疗(IMRT)技术	192
一、调强的临床意义和概念	192
二、三维方向上剂量分布的控制	193
三、调强放射治疗计划设计过程	194

四、调强的实现方式	196
五、剂量验证	208
六、临床应用及不足	210
第三节 立体定向放射治疗技术	212
一、立体定向放疗的定义	212
二、X(γ)射线立体定向放疗剂量分布的特点	213
三、立体定向放疗设备	213
四、立体定向放疗执行的不确定性	217
五、无框架结构立体定位	217
第四节 质子、重离子放射治疗技术	217
一、质子治疗发展的历史回顾	217
二、重离子治疗发展的历史回顾	218
三、质子的物理学特点和生物学特性	218
四、重离子的物理学和生物学特点	219
五、重离子和质子放疗的优缺点	219
六、质子重离子加速器类型	219
七、SOBP 技术	220
第五节 近距离照射治疗技术	221
一、近距离放射治疗概述	221
二、近距离照射常用放射性核素	221
三、放射性粒子植入治疗的辅助设备	223
四、粒子源	224
五、后装治疗机	225
六、近距离治疗的临床应用	225
第九章 体位固定技术	231
第一节 治疗体位的选择	231
一、体位选择的重要性	231
二、治疗体位的确定	232
第二节 体位固定技术	234
一、患者刚性的体位固定支架基本原理	234
二、简单的辅助设备	235
三、制作体位固定器的技术	236
四、当前常用的固定技术	237
五、各部位固定装置的有效性比较	245
第十章 放疗定位技术	247
第一节 常规模拟定位技术	247

一、模拟定位机	247
二、常规模拟定位流程	251
第二节 CT 模拟定位技术	253
一、模拟机 CT	253
二、CT 模拟机	253
三、CT 模拟定位方法	255
四、虚拟模拟	257
五、工作流程	259
六、CT 模拟定位的优势	260
第三节 特殊定位技术	261
第四节 临床应用举例	266
一、头颈部肿瘤模拟定位技术	266
二、胸部肿瘤模拟定位技术	268
三、腹部肿瘤模拟定位技术	273
四、全脑全脊髓的定位技术	275
五、CT 模拟定位技术(以 CT 模拟定位方法 I 为例)	275
第十一章 放疗摆位技术	279
第一节 常规摆位照射技术	279
一、固定源皮距照射摆位技术	279
二、等中心与给角照射摆位技术	280
三、乳腺癌相邻野照射、切线野照射及半束照射摆位技术	282
四、楔形野照射摆位技术	285
五、不规则野照射摆位技术	286
六、近距离放射治疗摆位技术	287
第二节 精确摆位照射技术	288
一、立体定向放疗治疗摆位技术	288
二、三维适形放射治疗摆位技术	290
三、调强放射治疗摆位技术	291
第三节 临床应用举例	294
一、鼻咽癌摆位技术	294
二、肺癌摆位技术	295
三、全脑、全脊髓照射摆位技术	297
第十二章 位置验证技术	299
第一节 位置验证的应用背景	299
第二节 位置验证的必要性	300
一、确定摆位标记线	300
二、减少摆位误差	300

第三节 位置验证的实现方式	301
一、模拟定位机复位验证确定摆位标记线	301
二、图像引导放射治疗(IGRT)减少摆位误差	302
第十三章 常见肿瘤的放射治疗	312
第一节 头颈部肿瘤	312
一、鼻咽癌	312
二、喉癌	314
三、鼻腔-鼻旁窦癌	315
第二节 胸部肿瘤	318
一、食管癌	318
二、肺癌	319
三、胸腺肿瘤	321
四、乳腺癌	322
第三节 腹部肿瘤	324
一、胃癌	324
二、肝癌	326
三、胰腺癌	327
第四节 盆腔肿瘤	328
一、直肠癌	328
二、前列腺癌	329
三、宫颈癌	330
第五节 神经系统肿瘤	331
一、脑瘤	331
二、垂体瘤	333
三、脑转移瘤	334
第十四章 放疗技术的质量保证和质量控制	335
第一节 放射治疗质量保证的必要性	335
第二节 放射治疗质量保证的目的	336
第三节 放射治疗质量保证的内容	336
一、质量保证的组织	336
二、质量保证的内容	337
三、放射治疗及辅助设备的 QA 内容	338
四、放疗过程中各阶段的质量保证	341
第四节 质量控制	342
参考文献	344

第一章 总论

第一节 放射治疗学总论

目前肿瘤常用的治疗方式有手术切除、化疗、放疗、靶向治疗、生物治疗、中医中药等。其中放射治疗是利用放射线治疗疾病的一种方式,也就是大家俗称的“照光”,这些放射线包括放射性同位素产生的 α 、 β 、 γ 射线,各类X射线治疗机或加速器产生的X射线、电子线、质子束及其他离子束等。由于临床上主要用来治疗恶性肿瘤,故现在都称之为“放射肿瘤学”(radiation oncology),它和外科肿瘤学、内科肿瘤学(化疗)共同组成了治疗恶性肿瘤的三大主要手段。

一、放射治疗在治疗恶性肿瘤中的地位

据估计,在全部恶性肿瘤中,45%的患者可以被治愈,其中22%被手术治愈,18%被放疗治愈,余下5%被药物治疗。根据国内外相关文献统计,大约2/3的肿瘤患者在病情的不同阶段,出于不同的目的需要进行放射治疗,包括根治性放射治疗、辅助性放疗和减症性(姑息)放射治疗。放射治疗除了可以治疗恶性肿瘤以外,还可以用于治疗一些良性肿瘤(如胸腺瘤、垂体瘤等)和良性疾病(如狐臭、瘢痕等)。

根治性放射治疗通常是单一放射治疗,靶区包括原发灶和相关的淋巴引流区,照射剂量比较高,患者可以获得长期生存,但在治疗过程中或治疗后可产生一些放射治疗毒副作用,其不可避免,应控制在临床可接受的限度内。辅助性放疗是放疗作为综合治疗的一部分,与手术(术前放疗、术后放疗和术中放疗)或化疗(诱导化疗——放射治疗开始前用;同期放化疗——化疗在放射治疗的同时应用;辅助化疗——放射治疗结束后用)配合,在手术或化疗前后放疗可以缩小肿瘤或消除潜在的局部转移病灶,提高治愈率,减少复发和转移,提高患者的治疗效果。减症性放射治疗的目的是减轻因肿瘤引起的主要症状,改善患者的生活质量。通常在较短时间内给予低于根治性放射治疗的剂量,不追求肿瘤消退,同时也不会因放射治疗反应而增加患者痛苦。对肿瘤出血、止痛、缓解梗阻或阻塞以及预防病理性骨折发生等都很有效。但有时候在减症性治疗中肿瘤退缩明显,患者的一般情况有了很大的改善,此时可将减症性放疗改为根治性放疗,以追求更大的临床获益和患者的长期存活。

二、放射治疗的历史

1895年伦琴发现X线,1896年居里夫妇发现镭并于3年后应用于肿瘤治疗,肿瘤放疗至今已有110多年的历史。在放疗初期,使用镭管或镭模直接贴敷肿瘤,或用镭针插

入肿瘤进行组织间放疗,即近距离放疗。然而这些方法只适用于位于浅表的肿瘤,或自然腔道能进入部位的肿瘤,而且对体积较大肿瘤的放射剂量分布不佳,最重要的缺点是对医护人员的辐射量较大。

20世纪30年代发明了千伏X线治疗机,50年代发明了钴-60治疗机(平均能量1.25 MeV),放射治疗开始成为一个独立的学科,60~70年代加速器问世(兆伏X线,6~18 MV)。在外照射放疗设备出现后,近距离放疗逐步被减少使用。然而至80年代起,随着计算机技术的发展,由计算机控制的近距离后装放疗机问世,使近距离放疗再次被人们应用。现代的后装放疗机使放射源放置的位置达到完全精确,剂量计算精确,并且完全避免了对工作人员的辐射,因而又形成了外放射和近距离放射共存的局面。近距离放射治疗多年来放射源主要应用镭,配合外照射,在宫颈癌、舌癌等多种部位肿瘤治疗中获得了较好的疗效。由于镭的防护要求很高,目前已不用于临床治疗。现在主要有铯-137、铯-137、钴-60、碘-125、金-198、铟-252等放射源,配合计算机系统遥控近距离后装放射治疗机使用。

60年代末由瑞典等生产了 γ 刀,其后又出现了X刀,开创了立体定向放疗技术。由于放射物理学,特别是电子计算机和CT技术的高度发展,推动了放疗飞速进展,使三维适形调强放射治疗得以实现。这些先进技术使我们能在给靶区高剂量均匀的照射的同时,周围正常组织受到的剂量很小,在不增加正常组织损伤的情况下,提高靶区剂量,进而改善肿瘤局部控制,以期提高生存率。

三、放射治疗的发展现状

放射治疗经过一个多世纪的发展,肿瘤放射治疗学、肿瘤放射生物学和放射治疗物理技术学三大部分,都取得了长足的进步,其中随着计算机技术和医学影像学的发展,放射治疗物理技术学成为发展最迅速的领域,出现了放疗专用网络等信息管理系统,具体简述如下:

(一) 放射治疗临床方面

随着放疗设备和技术的革新,放射治疗作为肿瘤综合治疗的地位也较前有较大改变。早期乳腺癌作局部切除(保乳术)加术后根治放射治疗,可以取代根治手术,疗效好且减少了根治术引起的心理和美容损害。软组织肿瘤以局部扩大切除加术后放射治疗(外放射和/或近距离放射治疗),取代截肢等创伤大的手术且疗效有提高。直肠癌术后加放射治疗,提高了局部控制率,同时降低肝转移率。相反,恶性淋巴瘤、霍杰金氏淋巴瘤、精原细胞瘤、白血病、神经母细胞瘤等,因有效的化学治疗的进展,放射治疗范围和放射剂量都较前减少,既提高了疗效又降低了治疗后的损伤。当然,手术、放射治疗、化疗加中西医结合的综合手段在不同肿瘤治疗中的应用都在探索之中。

(二) 临床放射生物学方面

肿瘤放射生物学的主要目的也在于提高射线对肿瘤杀灭的生物效应,减少正常组织的放射损伤。在这方面的研究中,目前主要有:

1. 正常组织和肿瘤放射损伤及修复,以及放疗疗程中增殖动力学的研究 20世纪70年代出现的放射生物等效模式,Eliss公式(NSD)及其衍生的TDF公式等,20世纪80年代出现的L-Q模型及其延伸模式,对大多数正常组织,放射损伤在分子、细胞、组织、

器官水平的机理已基本搞清,对肿瘤在放疗中杀灭、修复、增殖情况的一般规律亦已明了。然而,放疗在分割剂量、分割照射的间隔时间、总剂量、总照射时间发生改变,以及适形调强治疗中的不均匀照射,对正常组织放射损伤和肿瘤杀灭效应的影响规律等,就不甚清楚,有待进一步研究。

2. 放射增敏剂和放射保护的研究 增加放射线对肿瘤的生物效应,不增加正常组织损伤是放射增敏的前提;与之相反,保护正常组织(即减少放射线对正常组织损伤)而不减少肿瘤组织生物效应为放射保护的原则。继续从实验研究找到临床上使用价值的化学制剂或生物制剂是一个重要方面。

虽然至今还没有发现非常理想的这类药物,即仅对肿瘤有放射增敏,或仅对正常组织有放射保护作用。但硝基咪唑类的乏氧细胞增敏剂以及 WR2721 等放射保护剂,仍有一定的临床应用价值和进一步研究的前景。

3. 非常规分割放疗方法 从放射生物学考虑,要注意治疗的肿瘤控制概率(TCP)和正常组织损伤发生的概率(NTCP)。虽然从 L-Q 模型发展出不少有关公式,但还需临床证实。目前已证实延长放射治疗疗程将导致肿瘤控制概率下降、复发率升高。为了缩短治疗总疗程,主要采用了超分割放射治疗、加速超分割放射治疗、后期加速分割放射治疗等剂量分割模式的探索,并取得了一定的效果,降低了正常组织的损伤概率。

超分割放疗就是利用肿瘤和正常组织在修复放射损伤能力上的差别,用每次小剂量照射来扩大两者在分割放疗中的损害程度,达到保护正常组织的作用,特别是后期放射反应组织。加速超分割放疗在一个相对较短的时间里给予较高的放射剂量,减少了肿瘤在放疗过程中的加速再增殖,从而提高了肿瘤杀灭效应。

虽然至今常规放射治疗仍是主要的,以上皮癌为例,每次分割剂量 1.8~2 Gy,每周照射 5 天,总剂量 60~70 Gy,6~8 周内完成仍是有效的。但是对不同肿瘤改变疗程、分割剂量和总放射剂量仍是研究的重要方面。甚至应用调强放射治疗、三维立体定向放射等新技术,仍脱离不了分割方案。因而,结合肿瘤放射生物特性深入研究,建立不同肿瘤的放射治疗分割方案会有很重要的临床意义。

4. 分子和基因水平的研究 共济失调毛细血管扩张症(ataxia telangiectasia, AT)是一种遗传性疾病,对放射线高度敏感。这些患者占恶性肿瘤患者的 5%左右。检测 ATM 基因就有可能预测患者正常组织对放射线的敏感性。某些癌基因与肿瘤的放射敏感性有关,如 p53, 6cl-2, ras, myc raf, 它们的过度激活或表达提示该肿瘤对放射抵抗,因而可通过检测这类基因来预测肿瘤的放射敏感性。20 世纪 90 年代中期开始把基因治疗引入肿瘤放疗,企图用基因转染的方法来提高肿瘤的放射敏感性,或减少放射性损伤。

(三) 放射物理技术方面

放射治疗的发展和放射治疗设备紧密相关。当前,发达国家都用电子直线加速器进行治疗,而国内少数医院仍在用钴-60 治疗。现代电子直线加速器单机可以产生 2~3 种不同能量的光子线(X 线)和几种不同能量的电子线,适应了临床使用时的多种选择。相关辅助设备也迅速发展,例如 X 线模拟机、CT 模拟机、三维治疗计划系统等,它们之间不仅可以通过网络连接,更能与影像诊断系统(CT、MRI、PET 等)相连,大大提高了整体放射治疗水平。

当前,放射治疗已全面进入了三维放射治疗年代,包括三维适形放射治疗(3D-
试读结束: 需要全本请在线购买: www.ertongbook.com