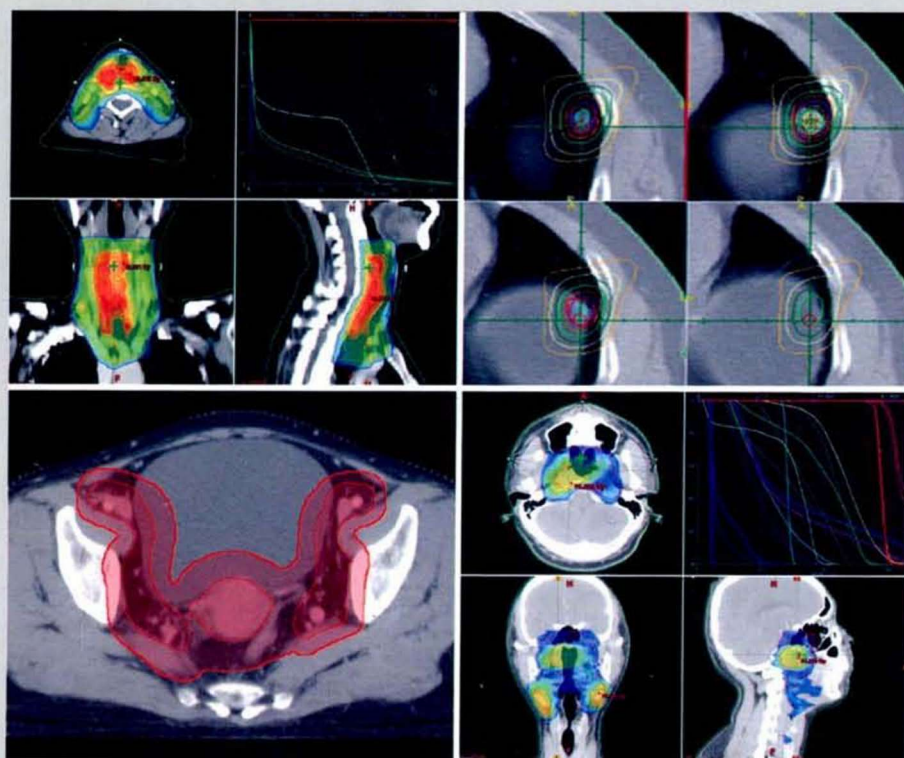


肿瘤放射治疗 新技术及临床实践

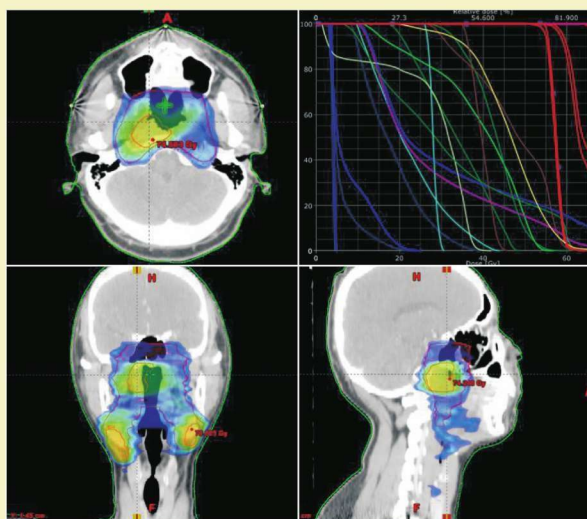
主编 石梅 马林 周振山



第四军医大学出版社

肿瘤放射治疗 新技术及临床实践

—— 主编 石 梅 马 林 周振山 ——



第四军医大学出版社·西安

图书在版编目 (CIP) 数据

肿瘤放射治疗新技术及临床实践 / 石梅, 马林, 周振山主编. —西安: 第四军医大学出版社, 2015.9

ISBN 978 - 7 - 5662 - 0820 - 0

I . ①肿… II . ①石… ②马… ③周… III . ①肿瘤—放射治疗学 IV . ① R730.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 215840 号

zhongliu fangshe zhiliao xinjishu ji linchuang shijian

肿瘤放射治疗新技术及临床实践

出版人: 富 明

责任编辑: 杨耀锦 汪 英

出版发行: 第四军医大学出版社

地址 西安市长乐西路 17 号 邮编: 710032

电话: 029 - 84776765 传真: 029 - 84776764

网址: <http://press.fmmu.edu.cn>

制版: 天意图书

印刷: 陕西天意印务有限责任公司

版次: 2015 年 11 月第 1 版 2015 年 11 月第 1 次印刷

开本: 889×1194 1/16 印张: 39 字数: 920 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 5662 - 0820 - 0/R • 1633

定价: 268.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书, 凡有缺、倒、脱页者, 本社负责调换

《肿瘤放射治疗新技术及临床实践》

编委会

主 编 石 梅 马 林 周振山

副主编 夏廷毅 朱锡旭 李 莎 张伟京 汪延明

编 者 (按姓氏笔画排序)

王军良 王建华 王晓萍 王雅棣 王颖杰

邓印辉 田种泽 付学海 巩汉顺 朱 奇

仲凯励 刘永明 齐文杰 许 曼 孙守歧

李 平 李 兵 李 静 李围围 李宏奇

李启亮 李建国 李剑平 杨伟志 杨海燕

肖 锋 肖秀斌 吴伟章 沈泽天 张 莹

张火俊 张丽萍 张富利 张颖东 罗山泉

岳养军 赵丽娜 姜忠雨 费振乐 聂 青

柴广金 常冬姝 康静波 梁舜尧 臧 健

穆允凤 魏丽春

序

随着城市工业化、农村城市化、环境污染化与人口老龄化，恶性肿瘤的发病率和死亡率正在逐年增加，已经超过心脏病和脑血管疾病成为中国民众的第一位死亡原因。放射治疗是人类抗癌之战的主力军之一，放射肿瘤学是计算机科学、设备学、影像医学、放射生物学、放射物理学与临床肿瘤学等多学科与高科技技术有机融合发展而成的一门独立学科，约有70%的肿瘤患者需要不同程度地接受放射治疗，以达到治愈肿瘤或缓解症状、改善生活质量的目的。近年来肿瘤放射治疗新技术发展迅速，三维适形放疗已经在全国大部分地区得到推广应用，容积调强、Tomotherapy、Cyberknife、体部伽马刀等放疗设备也在多家肿瘤中心投入使用。放疗技术的发展和提高扩大了肿瘤治疗的适应证，提高了肿瘤放疗的疗效，同时也对放疗工作者提出了更高的要求，临床工作急需对这些放射治疗新技术及其临床实践进行引导和规范。

中国人民解放军肿瘤放疗专业的同行们紧跟科技前沿，在高精尖端放疗技术的引进、开展和创新方面做出了军内特色。此次，石梅教授组织了全军部分放疗单位，总结特色技术的临床实践经验和各类设备与技术的质量管理、质量保证要素，汇编成书。我很荣幸为本书作序，深感编者们的用心与努力，相信此书可以为临床一线的放疗工作者提供非常有价值的参考和指导！

中国工程院 院士
山东省肿瘤医院 院长



序 二

恶性肿瘤（癌症）是影响人类健康发展的重大疾病，2012年我国公布的发病率和病死率均预示着肿瘤的预防与治疗意义重大。放射治疗作为癌症治疗的重要手段之一，近十年来设备和技术发生了巨大变化，传统的放疗正向精准放疗转变，明显提高了肿瘤的局部控制率，降低了正常组织并发症的发生率，从而使放射治疗迅速发展成为适应证最广、疗效最肯定、性价比最高的全新方法和技术。

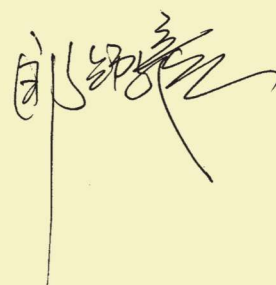
精准放疗又称个性化放疗，是指以肿瘤病理、解剖结构为基础，结合功能分子影像学，采用高生物剂量模式及高分辨图像、动态导航和高精准的治疗技术，为患者量身定制最佳治疗方案，以期达到治疗效果最优和毒副反应最小。相比于传统放疗，精准放疗具有针对性、高效性及安全性等优势特点，是传统放疗模式的革新，特别是精准立体定向放射治疗颠覆了传统放疗的剂量模式，大大降低了周围正常组织的毒性反应，代表着未来世界瞩目技术的发展方向。

石梅教授长期从事肿瘤放射治疗的临床工作，作为全军肿瘤放射治疗专业的带头人及中华医学会放射肿瘤治疗学委员会全军资深专家，精心组织全军优秀的专家们总结了近十年来所取得的丰硕成果，主编《肿瘤放射治疗新技术及临床实践》一书。该书内容全面、新颖、实用，突出了以下几个方面的主题：①现代大分割低分次照射、高LET实践和原理，以及研究现状；②精确放疗的管理、流程、质控的经验；③现代放射治疗的各种新技术，如放射外科、放射消融、重粒子治疗等的物理特点、技术原理和质量保证；④全身各部位肿瘤精确放射治疗的临床经验，特别是术中放疗、高LET质子重粒子治疗的初期成果；⑤以现代放射治疗为主的药物、分子靶向综合治

疗临床实践。

近几年来，精准放射治疗技术飞跃发展，但我国各级医院放疗科室在设备、人才、技术等方面存在较大差距，在放射治疗新技术的开展和临床应用方面亟待加强和提高。本书的出版无疑是对我国放射治疗事业蓬勃发展的一个助推剂，必将对全军肿瘤放射治疗技术的规范化发展起到有力的促进作用。

中华医学会放射肿瘤治疗学分会 主任委员



前言

肿瘤放射治疗是近十余年来发展最快的专业之一，它随着计算机科学、影像医学、放射肿瘤学、放射物理学等学科的发展而迅速崛起，成为当今“精准医学”的“首席代表”。作为恶性肿瘤综合治疗的重要组成部分，放射治疗与外科手术、肿瘤化疗有序地协同与密切地配合，有效地改善了患者的生存状况。自20世纪80年代肿瘤放疗全面进入精确定位、精确计划和精确治疗的“三精”时代以来，通过放疗同行们大胆的探索、不懈的努力，放射治疗技术已颠覆了传统的认知，使基于肿瘤组织起源的辐射敏感性等概念成为历史，取而代之的则是精确放疗在其“稳准狠”打击肿瘤的技术优势下，改变单次分割剂量，缩短放射治疗周期，提升等效生物剂量，从而显著提高肿瘤的局部控制率。特别是4D-CT定位、呼吸门控管理、图像引导放射治疗等技术的发展，更使精确放疗“如虎添翼”，其在早期非小细胞肺癌、早期肝癌、早期胰腺癌等肿瘤治疗中获得高效、无创的根治结果，更是好于或等同于外科手术；在头颈部肿瘤、腹部、盆腔肿瘤等肿瘤治疗中保证疗效的前提下，更是显著降低了严重并发症的发生率。

伴随者放射治疗春天的到来，在总后卫生部的大力支持下，在中华医学会放射肿瘤治疗学专业委员会历届领导和国内外专家的指导和帮助下，全军肿瘤放疗专业的发展如雨后春笋般茁壮成长，并在高新尖端放疗技术的引进、开展和创新方面积累了

军内特色。为此，我们组织了全军部分放疗单位，总结出特色技术的临床实践经验和各类设备与技术的质量管理、质量保证要素，汇编此书，旨在为临床一线工作者提供基本的参考和指导。

由于水平有限和时间仓促，错误之处在所难免，敬请大家批评指正。

衷心感谢关心、支持和帮助我们成长的师长和同行们！

第九届全军放射肿瘤治疗学专业委员会 主任委员



C 目 录 Contents

第 1 篇 绪 论.....1

第 2 篇 放射治疗新技术相关的生物学问题现状与展望..... 15

第一章 放射治疗的生物学基础.....	16
第二章 放射损伤及修复.....	17
第三章 分次照射的生物学原理 (4R)	18
第四章 剂量率效应.....	20
第五章 正常组织耐受剂量.....	21
第六章 生物剂量等效换算.....	24
第七章 非常规剂量分割模式放疗.....	29
第八章 体部立体定向放射治疗.....	31
第九章 高传能线性密度射线放疗.....	35
第十章 放射生物学展望.....	39

第 3 篇 放射治疗流程管理..... 47

第一章 放疗团队的基本要求.....	49
第二章 设备质量控制与质量保证.....	52
第三章 治疗过程质量控制与质量保证.....	54
第四章 规章制度与监督.....	56



第4篇 放射治疗技术相关物理学问题及QA/QC要求 59

第一章	电子直线加速器调强放射治疗的相关技术和质量保证.....	60
第一节	调强放射治疗中MLC的实现方式及剂量验证	60
第二节	电子射野影像系统及质量保证	65
第三节	锥形束CT的原理及应用和质量保证	69
第二章	伽马刀的物理结构和相关技术及质量控制.....	75
第一节	γ 射束头部立体定向放射治疗技术与质量控制	75
第二节	体部伽马刀治疗物理与技术	88
第三章	CyberKnife的物理结构、追踪技术及质量控制	114
第一节	CyberKnife物理结构	114
第二节	CyberKnife追踪技术	120
第三节	CyberKnife系统的质量保证	126
第四章	TomoTherapy的物理结构、技术特点及质量控制	136
第一节	TomoTherapy物理结构	136
第二节	TomoTherapy技术特点	138
第三节	TomoTherapy系统的质量保证	140
第五章	放疗定位机的质控要求.....	149
第一节	常规模拟定位机质控要求	149
第二节	CT模拟定位机的质控要求	152
第三节	其他模拟定位机	160
第六章	治疗计划系统的验收和质量保证.....	164
第一节	治疗计划系统(TPS)介绍	164
第二节	影响治疗计划系统的因素	171
第三节	治疗计划系统的验证	172
第四节	治疗计划系统的质量控制	182

第5篇 三维适形和调强放疗技术及临床实践.....195

第一章	头颈部肿瘤.....	196
第一节	头颈部肿瘤定位要求与要害器官剂量-体积限值	196
第二节	鼻咽癌	199
第三节	鼻腔鼻窦癌	206
第四节	口腔癌	213
第五节	下咽癌	218



第六节	喉 癌	223
第七节	口咽癌	228
第八节	甲状腺癌	234
第九节	恶性淋巴瘤	237
第十节	鼻腔NK/T细胞淋巴瘤	252
第二章	胸部肿瘤	257
第一节	胸部肿瘤定位要求与要害器官剂量-体积限值	257
第二节	食管癌	258
第三节	肺 癌	269
第三章	腹部肿瘤	278
第一节	腹部肿瘤定位要求与要害器官剂量-体积限值	278
第二节	胰腺癌	279
第三节	肝 癌	285
第四节	直肠癌	289
第五节	胃 癌	295
第四章	盆部肿瘤	301
第一节	盆部肿瘤定位要求与要害器官剂量-体积限值	301
第二节	前列腺癌	302
第三节	睾丸精原细胞瘤	307
第四节	宫颈癌	309
第五节	子宫内膜癌	316
第六节	外阴癌	318
第五章	中枢神经系统	322
第一节	中枢神经系统肿瘤定位要求与要害器官剂量-体积限值	322
第二节	脑胶质瘤	322
第三节	脑转移癌	330
第四节	颅内生殖细胞瘤、髓母细胞瘤	335

第 6 篇 体部伽马刀治疗技术及临床实践 353

第一章	早期非小细胞肺癌	354
第二章	局部晚期非小细胞肺癌	361
第三章	肝 癌	367
第四章	胰腺癌	373
第五章	转移性肿瘤	380



第六章 肾 癌	389
---------	-----

第 7 篇 射波刀治疗技术及临床实践 397

第一章 颅脑肿瘤	398
第一节 脑部射波刀定位要求与要害器官剂量-体积限值	398
第二节 脑转移瘤	400
第三节 脑膜瘤	402
第四节 听神经瘤	406
第五节 垂体瘤	410
第六节 恶性胶质瘤	414
第二章 胸部肿瘤	417
第一节 胸部射波刀定位要求与要害器官剂量-体积限值	417
第二节 早期非小细胞肺癌	419
第三节 局部晚期非小细胞肺癌	421
第四节 复发性肺癌	423
第五节 肺转移瘤	425
第三章 腹部肿瘤	428
第一节 腹部射波刀定位要求与要害器官剂量-体积限值	428
第二节 原发性肝癌	429
第三节 肝转移瘤	432
第四节 胰腺癌	434
第五节 前列腺癌	437
第四章 脊柱及腹膜后肿瘤	441
第一节 脊柱及腹膜后射波刀定位要求与要害器官剂量-体积限值	441
第二节 脊柱转移瘤	441
第三节 腹膜后转移性淋巴结	444
第五章 金标植入穿刺的并发症及处理	448

第 8 篇 断层放疗技术的临床实践 471

第一章 头颈部肿瘤	472
第一节 脑胶质瘤	472
第二节 脑转移瘤	473
第三节 脑膜瘤	474

第四节	垂体瘤	475
第五节	鼻咽癌	476
第六节	口咽癌（扁桃体癌，舌根癌，软腭癌）	477
第二章	胸部肿瘤	479
第一节	食管癌	479
第二节	肺癌	480
第三节	胸膜间皮瘤	482
第三章	腹部肿瘤	484
第一节	肝癌	484
第二节	胰腺癌	485
第四章	盆腔肿瘤	487
第一节	直肠癌	487
第二节	宫颈癌	488
第三节	前列腺癌	489
第五章	其他技术	491
第一节	全中枢神经系统（CNS）放疗	491
第二节	全骨髓照射（TMI）	492

第9篇 术中放疗技术及临床实践 501

第一章	术中放疗技术的历史及现状	502
第一节	术中放疗技术的概念	502
第二节	术中放疗技术的发展历史	502
第三节	IORT技术的现状	503
第二章	恶性神经胶质瘤的术中放疗	507
第三章	胸部肿瘤的术中放疗	511
第一节	非小细胞肺癌的术中放疗	511
第二节	乳腺癌保乳术的术中放疗	511
第四章	腹盆部肿瘤的术中放疗	519
第一节	胰腺癌的术中放疗	519
第二节	结直肠癌的术中放疗	521



第 10 篇 质子和重粒子放射治疗527

第一章 质子放射治疗.....	528
第一节 质子治疗肿瘤的现状与发展趋势	528
第二节 质子的辐射生物效应	532
第三节 质子放射治疗	535
第二章 重离子放射治疗.....	543
第一节 重离子治疗肿瘤的现状与发展趋势	543
第二节 重离子射线束物理和放射生物学效应	549
第三节 重离子放射治疗系统和质量控制	554
第四节 重离子放射治疗临床实践	563

第 11 篇 放疗联合药物治疗的现状与展望577

第一章 放疗联合化学治疗.....	578
第一节 概 述	578
第二节 鼻咽癌	579
第三节 非小细胞肺癌	580
第四节 小细胞肺癌	581
第五节 食管癌	582
第六节 直肠癌	583
第二章 放疗治疗联合靶向治疗的临床应用.....	585
第一节 放疗联合靶向治疗	585
第二节 头颈部	587
第三节 肺 癌	589
第四节 消化道肿瘤	593

第 1 篇

绪 论

放射治疗（radiotherapy，RT）是用放射线治疗疾病的技术，简称“放疗”。主要用于治疗恶性肿瘤，也用于部分良性疾病的治疗。常用的放射线有X射线（光子）、 β 射线（电子）和 γ 射线。放射线可使肿瘤细胞DNA双链断裂，导致细胞凋亡或死亡，从而达到治疗目的。

肿瘤放射治疗是一个涉及基础知识十分广泛的学科，包括四大支柱学科，即放射物理学、放射生物学、临床肿瘤学、临床放射治疗技术，四者相辅相成，缺一不可。肿瘤放射治疗学科的团队包括：肿瘤放疗医生、物理师、剂量师、治疗技师、护士等。

放射治疗与手术、化疗构成现代肿瘤治疗的三大主要手段。资料显示，约70%的肿瘤患者在治疗的不同阶段需要接受放射治疗。世界卫生组织（WHO，1999年）数据显示：在45%可治愈的肿瘤中，手术贡献为22%，放射治疗为18%，化疗为5%。2005年国际原子能机构（IEA）资料显示，可治愈肿瘤的比例提高到55%，手术、放疗、化疗贡献分别提高到27%、22%和6%，由此看出，放射治疗在肿瘤治疗中必不可少。

与手术相比，放疗的优势是：①不受血管包绕的限制。大血管对放射线的耐受性很强，当肿瘤包绕重要血管致手术难以切除时，采用放疗安全性高。②无创或微创。放疗属于局部治疗手段，对人体的整体影响小，早期肿瘤，如鼻咽癌、非小细胞肺癌、肝癌、胰腺癌、扁桃体癌、喉癌、子宫颈癌等均可通过放疗治愈，身体条件不能耐受手术的患者同样获益。③可治疗全身多处病灶。如单发或5个以内的转移病灶，如脑转移、骨转移、肺转移、肝转移等，或2个部位以上的多发转移。

近20年来，放射治疗的设备和技术发展迅速，使肿瘤治疗的有效性得到提高，正常组织的毒性反应明显减低。患者的获益体现为：肿瘤的局部控制率和生存率大大提高，严重并发症发生率显著降低，立体定向聚焦照射使所谓的“不敏感肿瘤”概念受到冲击，治疗过程无创伤、不需麻醉、无感染、无出血。

放化综合治疗是局部晚期肿瘤治疗的主要手段，而分子靶向药物凭借其低毒、高效的特点也逐渐被临床接受。未来，分子靶向联合精确放疗可能成为保疗效、降毒性、提高生存质量的肿瘤治疗新模式。

一、放射治疗学的发展历史

肿瘤放射治疗至今已有100多年的历史。1895年德国的伦琴发现X射线，因此获得首届诺贝尔物理学奖。1898年居里夫妇发现镭，首次提出“放射线”的概念，并于3年后应用于皮肤癌的治疗。

