

质子治疗系统的 质检和调试

刘世耀 著



科学出版社

质子治疗系统的质检和调试

刘世耀 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是继 2012 年 8 月出版的论述质子治疗系统基本工作原理的《质子和重离子治疗及其装置》基础理论著作后,又一本专门讲述“质子治疗系统的质检、调试、测量和实施”的实用技术著作,是《质子和重离子治疗及其装置》一书的深入应用和实践发展.本书概括了 2012 年前后国际上质子治疗的新成就以及最新的质子治疗装置和系统的研制与进展,将重点放在系统、质检、调试和实施四个命题上.质检和调试是保证系统安全运行的关键,实施是将系统落实到应用的具体方法.这些命题都具有非常重要的现实意义.

本书可作为从事质子治疗工作的医务、管理、教育与技术人员的参考书和培训教材.

图书在版编目(CIP)数据

质子治疗系统的质检和调试/刘世耀著. —北京:科学出版社, 2016. 3
ISBN 978-7-03-047413-1

I. ①质… II. ①刘… III. ①质子—放射疗法 IV. ①R815

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 036347 号

责任编辑:刘凤娟 / 责任校对:邹慧卿

责任印制:肖 兴 / 封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社总发行 各地新华书店经销

*

2016 年 3 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016 年 3 月第一次印刷 印张:21 1/4

字数:400 000

定价:178.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

“质子治疗”是当前医学物理界的前沿热点,是放射治疗方法的一个新的质的飞跃.质子治疗不但提高了肿瘤的控制率,而且明显提高了患者的生活质量.当前国内已在北京、上海和广州等地建造了质子和重离子治疗中心.中国科学院相关研究所等也在自行研制质子治疗装置.我国年增 200 多万名癌症患者,因此在我国开展质子治疗事业,对人民的健康具有极为重要的现实意义.

质子治疗系统是核技术、计算技术、精密机械、图像处理、自动控制和医用影像等高科技相互交叉和整体集成的产物,是医学和核技术相结合的高科技工程.质子治疗是 2000 年后发展起来的新事物.国外著名医学院中还没有开设有关此专业的课程,国外出版界很少出版有关此专业的书,国内更是稀少.因此,当前出版有关这方面的专业书有利于促进我国质子治疗事业的发展.

2012 年 8 月,在中国科学院科学出版基金委员会的资助下,刘世耀著的《质子和重离子治疗及其装置》一书出版后,受到放射肿瘤学专家殷蔚伯教授和放射治疗装备专家顾本广教授等业内人士的好评.国内从事此专门技术的各研究所、学校和公司大量购买此书,并将其作为主要的工作参考书和培训教材.该书出版一年即售完,并且供不应求,发挥了正能量的作用.

当前高科技的特点是日新月异、更新换代、升级很快.在 2012 年前后,质子治疗技术有了很大的发展,这些新内容都没有包含在 2012 年 8 月出版的《质子和重离子治疗及其装置》一书中.为了使当前从事这方面工作的读者能了解国内外在质子治疗系统方面的最新进展,编著《质子治疗系统的质检和调试》是十分必要的.作者在编著本书时,将重点放在系统、质检、调试和实施四个命题上也是适当的,高科技不仅表现在单元部件上,更重要的是表现在系统上,几乎所有高科技项目都着重在系统优化、整体集成、综合提高等措施上,这些都是关于系统的问题.质检和调试是保证系统安全运行的关键,实施是将系统落实到应用的具体方法.这些命题都具有非常重要的现实意义.我认为本书的出版一定会再次对我国的质子治疗事业起到促进作用.

陈佳洱

2014 年 12 月

自序

本人撰写的《质子和重离子治疗及其装置》一书,在中国科学院科学出版基金委员会的资助下,于2012年8月出版.该书出版后,中国著名放射肿瘤学专家殷蔚伯教授评价该书为“值得一读的质子和重离子治疗参考书”,中国粒子加速器学会应用委员会原主任、放疗装备专家顾本广教授评价该书为“放疗临床界与工程界的好参考读物”等.当前国内从事此专门技术的有关研究所、大学、医院以及放疗和投资公司等都购买了该书.此后,国内不少单位都要求再版订购,在某些网站出现对该书拍卖以及公开出售该书黑白复印本等现象,都说明该书的出版是适应时代需要.

鉴于质子治疗系统是核技术、计算技术、精密机械、图像处理、自动控制和医用影像等高科技的相互交叉和整体集成的产物,是医学和核技术相结合的高科技工程,日新月异,升级很快.特别是在2012年前后,质子治疗技术有了很大的发展,一些新内容都没有包含在《质子和重离子治疗及其装置》一书中.为了使读者能了解当前国内外在质子治疗系统方面的最新进展,特编著本书.

本书首先介绍了2012年前后国内外在质子治疗方面的最新进展,然后比较详细地描述了2014年后全球商销的各种类型的质子治疗系统,最后详细描述了当前最先进的铅笔束点扫描质子治疗系统的质量验证、调试和剂量测量,以及如何将一个商销的质子治疗系统实施成一个实用质子治疗中心的步骤和内容.

在本书出版过程中,国家自然科学基金委员会原主任、中国物理学会原理事长陈佳洱院士和中国医学科学院肿瘤医院放疗科原主任医师、中国第一个在美国 Loma Linda 大学医学中心质子放射治疗科做访问学者的蔡伟明教授向科学出版基金委员会推荐本书;中国医学科学院中国协和医科大学肿瘤医院放疗科原主任、中华放射学会主任委员、国际辐射防护委员会第三委员会及国际放射肿瘤学会委员、《中华放射肿瘤学杂志》主编殷蔚伯教授,中国科学院上海应用物理研究所所长和党委书记、国家重点基础研究发展计划(973计划)首席科学家赵振堂研究员在百忙中审评了本书;科学出版社刘凤娟编辑协助申请本书的基金;放射医学 MBA、IBA 亚太地区销售总监 Robin Choo 先生给本书提供了有关资料.对于上述各位专家在本书出版过程中

的热情帮助表示衷心的感谢.

由于作者水平有限,不妥之处在所难免,欢迎读者批评指正. 来信请发送至电子邮箱:liushiyao2012@sina.cn.

刘世耀

2014 年 12 月

目 录

第 1 章 绪言	1
1.1 引言	1
1.2 全球质子治疗的发展及其前景	3
1.2.1 全球质子治疗的初期发展过程	3
1.2.2 2000 年后全球质子治疗的发展情况	4
1.2.3 2013 年全球质子治疗中心的发展现状	4
1.2.4 全球质子治疗的发展前景	6
1.3 全球质子和重离子治疗中心的建造数量比值	8
1.3.1 前言	8
1.3.2 质子和重离子治疗的优缺点	8
1.3.3 全球质子和重离子治疗建造规律	9
1.4 全球质子和重离子治疗中心的最新 PTCOG 数据	11
1.4.1 已停止运行的装置	11
1.4.2 运行中的装置	12
1.4.3 正在建造中的专用质子和重离子治疗中心	14
1.4.4 新建中心初期的年平均治疗患者数	15
参考文献	16
第 2 章 中国质子与重离子治疗事业的发展	18
2.1 发展的历史和现状	18
2.1.1 1996~2006 年	19
2.1.2 2007 年前的发展特点	20
2.1.3 2007 年至今的引进项目	20
2.1.4 2007 年后的质子研制项目	23
2.1.5 2007 年后的重离子研制项目	24
2.1.6 2007 年后的发展特点和难点	27
2.2 发展粒子治疗事业是我国的战略需要	29
2.2.1 粒子治疗癌症比其他治疗法有更多优点	29
2.2.2 改“好死不如赖活”为“健康地活着”的治疗观	30
2.2.3 强国强民,爱国爱民的行为	30
2.2.4 具有最优良的治疗性能	31

2.2.5 尊重人性,确保患者身心健康	34
2.2.6 高新科技交叉集合体 21 世纪的领军产业	34
2.2.7 “国内投资商”最有价值的投资对象	35
2.3 总结教训和改进意见	35
参考文献	37
第 3 章 质子治疗系统的发展趋向	38
3.1 引言	38
3.2 质子治疗及其系统的进展	38
3.2.1 前言	38
3.2.2 质子物理性能是质子治疗优势的基石	38
3.2.3 质子治疗和 X 放疗的碰撞	39
3.2.4 目前全球对质子治疗的评估意见	40
3.2.5 正确认识质子治疗系统中各部件的功能	42
3.2.6 全面提高质子治疗性能的具体技术措施	42
3.2.7 用高科技和新原理创新研究设备小型化,系统紧凑化,占地直线 化,安装快速化,机房旧改新,价格普及化	44
3.3 质子治疗专用加速器的进展	47
3.3.1 前言	47
3.3.2 加速器性能和治疗性能之间的依赖关系	47
3.3.3 质子治疗所需的加速器的性能指标	47
3.3.4 20 多年来全球研制质子治疗加速器的若干特点	48
3.3.5 创新原理的下一代 DWA 治疗装置的开发	51
3.3.6 超导较小回旋加速器的开发	51
3.3.7 研制质子治疗用加速器的不同阶段的线加速器	52
3.3.8 2015 年以后加速器的质量验证	53
3.4 粒子治疗中的先进铅笔束扫描装备	54
3.4.1 前言	54
3.4.2 铅笔束扫描的原理	54
3.4.3 铅笔束扫描法的类型	55
3.4.4 铅笔束扫描法的基本原理	57
3.4.5 铅笔束扫描的剂量精度	58
3.4.6 扫描的测试方法	60
3.4.7 扫描治疗中器官的运动问题	60
3.5 质子治疗散射法和扫描法的选择准则	62
3.5.1 前言	62

3.5.2 被动束流传递法	62
3.5.3 主动点束流扫描治疗法	63
3.5.4 散射法和扫描法的优缺点比较	63
3.5.5 两种传递方法和 TPS 的关系	65
3.5.6 当前选择散射法和扫描法的一些参考意见	65
参考文献	66
第4章 21世纪的商销质子治疗系统	67
4.1 引言	67
4.2 2010~2014年全球质子治疗系统的销售榜	67
4.2.1 前言	67
4.2.2 2010~2014年全球粒子治疗装置的销售榜	68
4.2.3 多治疗室粒子治疗装置的销售榜表	69
4.2.4 单治疗室粒子治疗装置的销售榜	72
4.2.5 质子治疗装置的最新特点	73
4.3 美国 Varian ProBeam 质子治疗系统	74
4.3.1 前言	74
4.3.2 Varian ProBeam 技术	75
4.3.3 Varian ProBeam 250MeV 超导回旋加速器	76
4.3.4 Varian ProBeam 降能器	79
4.3.5 Varian ProBeam 旋转机架	79
4.3.6 Varian Dynamic Peak 集成扫描技术	80
4.3.7 Varian Eclipse 稳健的质子点扫描治疗计划	83
4.3.8 Varian 锥形束 CT	83
4.3.9 Varian ProBeam 医疗中心土建防护平面图	86
4.3.10 Varian ProBeam 紧凑型质子治疗系统	86
4.3.11 最新消息	87
4.4 日本日立 ProBeat 质子治疗系统	88
4.4.1 前言	88
4.4.2 中心总体安排	89
4.4.3 同步加速器	89
4.4.4 呼吸门控制技术	90
4.4.5 引出束流强度反馈系统	90
4.4.6 旋转机架和治疗室	91
4.4.7 点扫描治疗	92
4.4.8 肿瘤动态跟踪	92

4.5 美国 Protom Radianc-330 质子治疗系统	93
4.5.1 前言	93
4.5.2 设计指导思想	94
4.5.3 Radianc-330 的总体安排	95
4.5.4 Radianc-330 的加速器	95
4.5.5 Radianc-330 旋转机架	97
4.5.6 Fidelity™束流扫描技术	97
4.5.7 固定束和旋转束治疗室	98
4.5.8 新水平的图像措施	99
4.5.9 财政上的可行性	99
4.5.10 有关 Radianc-330 的开发历史和应用的信 息	99
4.5.11 McLaren 质子治疗中心	100
4.5.12 Protom Radianc-300 系统的调试	101
4.5.13 美国 MGH 的第二台质子治疗中心	102
4.6 日本住友 P235 型质子治疗系统	105
4.6.1 前言	105
4.6.2 总体系统	105
4.6.3 超导加速器	108
4.6.4 紧凑型旋转机架	109
4.6.5 旋转治疗室内的轨道 CT	109
4.6.6 旋转治疗室内的在线 PET	110
4.6.7 多叶准直光阑	110
4.7 比利时 iBA Proteus-Plus 质子治疗系统	111
4.7.1 前言	111
4.7.2 系统总体	111
4.7.3 束流产生系统	112
4.7.4 旋转机架	112
4.7.5 固定束治疗室	113
4.7.6 旋转束治疗头	113
4.7.7 患者精确定位	114
4.7.8 iBA 系统的设备订购和可选 iBA 硬件	116
4.7.9 iBA 专用质子治疗软件	117
4.7.10 CBCT 和 Adapt insight 的技术性能	118
4.8 美国 Mevion-S250 超导紧凑型单室质子治疗系统	121
4.8.1 前言	121

4.8.2 设计指导思想	122
4.8.3 Mevion-S250 的系统特点	123
4.8.4 Mevion-S250 质子治疗系统的加速器	124
4.8.5 AMS 的支持	125
4.8.6 Mevion 第一年的治疗成果	126
4.8.7 有关 Mevion 的一些最新进展	126
4.8.8 有关 Mevion 的最新事件	129
4.8.9 后记	130
4.9 比利时 iBA Proteus-ONE 质子治疗系统	131
4.9.1 前言	131
4.9.2 总体设计思想	131
4.9.3 总体安排	132
4.9.4 加速器	133
4.9.5 220°旋转机架和滚动地板	134
4.9.6 有关其他系统	134
4.10 美国 CPAC-DWA 型质子治疗系统	135
4.10.1 前言	135
4.10.2 工作原理	136
4.10.3 目前的情况	138
4.11 美国 CPAC 的新方案——Petite 肿瘤质子枪	139
4.12 其他	140
4.12.1 美国 Optivus 公司的 Conforma-3000 质子治疗系统	140
4.12.2 日本三菱多治疗室粒子治疗系统	141
参考文献	142
第5章 质子治疗系统的质量保证体系	144
5.1 基本概况	144
5.1.1 质量保证的必要性	144
5.1.2 放疗“错误”和“误差”的根源和类别	145
5.1.3 质量保证体系	146
5.1.4 质量保证体系中的术语	150
5.2 质子治疗中的质量保证体系	151
5.2.1 治疗过程中“误差”和“质量保证”的矛盾统一	151
5.2.2 放射治疗中物理内在的不确定性	151
5.2.3 治疗中心的设备运行和常规定期 QA	157
5.2.4 剂量学 QA 和患者治疗前 QA	157

5.2.5	美国 M. D. Anderson 质子治疗中心的质量验证	158
5.2.6	美国 Scripps 质子治疗中心的质量验证	159
5.2.7	美国 McLaren 质子治疗中心的质量验证	161
5.3	铅笔束点扫描的质量验证	162
5.3.1	前言	162
5.3.2	系统的整体(设备和治疗)QA 的工作流程	163
5.3.3	铅笔束点扫描治疗头的硬件结构	164
5.3.4	点扫描束流参数的性能要求	165
5.3.5	点扫描时的动态质量要求	167
5.3.6	iBA 点扫描治疗用束流的尺寸	168
5.3.7	患者治疗前的质量验证过程	169
5.4	铅笔束点扫描 QA 的测试模板和伽马指示	170
5.4.1	前言	170
5.4.2	建立治疗头的束流数学模型和患者治疗 QA 流程	170
5.4.3	Lynx PT QA 测量仪	171
5.4.4	测试板及其图案	172
5.4.5	伽马指示的判别准则	173
5.4.6	判断调试方法实例	174
5.4.7	铅笔束点扫描患者治疗的 QA 过程	175
5.4.8	点扫描束专用 QA 的参数分析	176
5.5	质子治疗系统的质量验证及其质检指标	178
5.5.1	前言	178
5.5.2	质检的最终目的和判断方法	179
5.5.3	影响剂量不均匀度的束流参数因素	180
5.5.4	伽马判断 DTA 和 DD 参数与各主要参数稳定度的关系	180
5.5.5	确定质子治疗系统的质量验证指标	181
	参考文献	182
第 6 章	质子治疗系统的调试	183
6.1	引言	183
6.1.1	调试的目的	183
6.1.2	调试的类型	183
6.1.3	调试的系统型号	185
6.2	比利时 iBA Proteus-Plus 系统的调试	185
6.2.1	前言	185
6.2.2	束流产生系统的调试	186

6.2.3	旋转机架,定位床和治疗头的调试	190
6.2.4	OIS 和 TPS 在质子治疗系统中的作用	192
6.2.5	系统的整合和集成——加入 OIS 和 TPS 的必要性	195
6.2.6	TPS 的初始调试	199
6.2.7	散射治疗法的调试	200
6.2.8	铅笔扫描法的开发和调试	203
6.3	日本日立 ProBeat 系统的调试	215
6.3.1	日本筑波大学样机的调试	215
6.3.2	美国 M. D. Anderson 质子治疗中心	219
6.3.3	美国 M. D. Anderson 散射治疗的 TPS 调试	221
6.3.4	美国 M. D. Anderson 的散射治疗头的调试	224
6.4	美国 M. D. Anderson 中心开展质子点扫描治疗工作的研究 和调试工作	225
6.4.1	概况	225
6.4.2	点扫描治疗的点和剂量的格式	226
6.4.3	点扫描治疗头的 MCNPX [®] Monte Carlo 数学模型	227
6.4.4	调试验证一个 TPS 的点扫描治疗用的新剂量计算算法	228
6.4.5	点扫描治疗用的 TPS 调试	229
6.4.6	点扫描治疗法的测量方法	230
6.5	用 MCNPX Monte Carlo 数学模型调试一个点扫描治疗头	232
6.5.1	基本命题	232
6.5.2	库仑散射和算法	232
6.5.3	铅笔束扫描治疗头	233
6.5.4	质子源	234
6.5.5	验证用的剂量测量方法	234
6.5.6	理论和实测比较	235
6.5.7	结论	239
6.6	调试验证一个 TPS 用的高精度点扫描治疗剂量算法	239
6.6.1	点扫描治疗用的传递系统	239
6.6.2	Eclipse TPS 和铅笔束流的剂量算法	240
6.6.3	初级和次级粒子的散射及 TPS 的输入数据	241
6.6.4	单高斯和双高斯的束流通量模型	242
6.6.5	调试 Eclipse TPS 的双高斯模型	244
6.6.6	MC 产生 TPS 的输入数据	244
6.6.7	对新算法的 TPS 计算值和实测值进行比较和验证	247

6.6.8 讨论和总结	249
6.7 一个最新的铅笔束在水中形成剂量分布的物理模型	250
6.7.1 前言	250
6.7.2 原子核反应物理的基本知识	251
6.7.3 从实验参数来评估光区的半径	254
6.7.4 基本实验的测量方法	255
6.7.5 铅笔束质子在水中的剂量分布图	256
6.7.6 建立完整的铅笔束扫描整体模型	258
6.8 美国 Protom Radiance-300 系统的调试	259
6.8.1 调试的项目和 TPS 性质	260
6.8.2 调试前的预先要求和必需工具	261
6.8.3 Eclipse TPS 上的束流模型	261
6.8.4 TPS 参数的验证测试	262
6.8.5 小结	264
6.9 美国 Varian ProBeam 系统的调试	264
6.9.1 前言	264
6.9.2 每天的机器 QA	264
6.9.3 每周的机器 QA	265
6.9.4 每月的机器 QA	265
6.9.5 每年的机器 QA	266
6.9.6 患者专用治疗 QA	267
参考文献	267
第 7 章 质子治疗系统的剂量测量	269
7.1 引言	269
7.2 剂量测试的目的和任务	270
7.3 剂量学的分类:标准、参考和相对剂量学	271
7.3.1 标准剂量学	271
7.3.2 参考剂量学	272
7.3.3 相对剂量学	274
7.4 质子剂量学中常用的剂量探头	274
7.4.1 PTW 布拉格峰游离室	274
7.4.2 Advanced Markus 型游离室	275
7.4.3 Pinpoint 游离室	275
7.4.4 布拉格峰游离室和 Advanced Markus 型游离室的差别	276
7.4.5 测试方案和条件的建立	276

7.5 测试不同剂量特性的一些测量方法	277
7.5.1 原始布拉格峰 PBP 图	277
7.5.2 空气中通量纵向截面	278
7.5.3 空气中通量横向截面	278
7.5.4 空气中半边照射野的横向截面	279
7.5.5 小型质子束的测试水箱法	280
7.5.6 扫描束的测试水箱法	281
7.5.7 MLIC 测小型质子束的纵向性能 SOBP	282
7.5.8 MLIC 测铅笔扫描束的纵向性能 SOBP	282
7.5.9 32×32 矩阵型 IC 组	283
7.5.10 荧光屏和 CCD 照相的二维剂量仪	283
7.5.11 测量二维剂量分布的高分辨率闪烁体的敏感器	284
7.5.12 变色膜	284
7.5.13 Kodak 肿瘤胶片	285
7.6 质子束测量用的剂量仪	285
7.6.1 PTW 公司出品的 MP3-P 型测试水箱	287
7.6.2 带 omniPro-Accept 的蓝色测试水箱	288
7.6.3 带 omniPro-Incline 的 iBA Zebra(Giraffe)	289
7.6.4 iBA Lynx PT 测量仪	289
7.6.5 iBA 带 MatriXX 的 DigiPhant 仪	290
7.6.6 均匀扫描用 rf-DAILY QA 3 测试仪	291
7.6.7 Octavius 探测器 729 XDR	291
7.6.8 BQ-CHECK 测试目标	292
7.6.9 WPID 绝对剂量仪用水箱	293
7.6.10 固体水箱 SP33 和 SP34	293
参考文献	294
第 8 章 系统的实施和使用	295
8.1 引言	295
8.2 质子治疗中心的工程特点和建造方法	295
8.2.1 工程特点	295
8.2.2 建造方法	296
8.2.3 行政公关, 审批工作	296
8.3 质子装置楼的工程设计依据——IBD	297
8.3.1 前言	297
8.3.2 质子治疗中心的工程项目和任务	297

8.3.3 “质子楼”的建筑界面图	298
8.3.4 规定设备在安装后的周围最小间隙	299
8.3.5 地区辐射防护的屏蔽设计	299
8.3.6 水、电、气、空调等通用设备的沟管	300
8.4 中心的分区和其他用房	301
8.4.1 治疗系统各地区和房间的分布	301
8.4.2 质子治疗装置以外的设备用房	302
8.5 通用设备	303
8.5.1 iBA 回旋加速器变配电站	303
8.5.2 冷却水系统的要求	304
8.5.3 空调系统的要求	305
8.5.4 供气系统的要求	305
8.5.5 接地系统的要求	306
8.5.6 计算机网的要求	306
参考文献	307
第9章 建造粒子治疗中心的各阶段的工作流程	308
9.1 引言	308
9.2 筹建和设计施工阶段	309
9.3 设备安装阶段	310
9.4 分系统调试	311
9.4.1 束流产生系统和旋转机架的调试	311
9.4.2 治疗头的调试	312
9.5 TPS 的调试	313
9.6 验收	315
9.7 治疗第一个患者	316
9.8 进度和计划	317
参考文献	318
附录一 “2000~2015 年质子和重离子治疗及其装置论文集”的目录	319
附录二 作者简介	321
附录三 媒体对作者工作的评论	322
索引词	323

第 1 章 绪 言

1.1 引 言

理想的放射治疗(放疗)是杀死患者体内的全部癌细胞,而不伤害其正常细胞.这在现实中是不可能实现的,因此人们将放疗的最终准则定为“实现最大的肿瘤控制概率和最小的正常组织损伤率”,并想方设法地接近理想目标.放疗的精确度和疗效主要由下列因素决定:治疗放射粒子的类型、射线和靶区间的定位方法、射线和靶区相互作用的治疗原则、治疗计划(TP)、剂量计算、病灶诊断等.此外,还要涉及一系列治疗难题,如诊断和治疗之间的实时性、照射靶区和肿瘤体积自身变化之间的实时同步性、旋转束流等中心点的精确定位误差、束流中心本身的稳定度等.因此,放疗是一项多学科交叉、十分复杂的高科技工程.如果人们能克服并解决上述一系列难点,真正做到接近理想的“适形治疗”,一定会极大地提高肿瘤患者的生存率,并提高患者治疗后的生活质量.

许多因素都会影响放疗的效果,其中放射粒子的类型更为重要.回顾近半个世纪放疗的历史,放疗中的“立体精确定向”“调强放疗”等先进技术已达到相当高的水平.要进一步提高放疗的疗效,必须对有关方面的技术作进一步的研究改进,其中“放射粒子的类型”对放疗成效具有重要的意义.

在诸多放疗类型中,常用的 X 射线、电子的物理剂量分布和生物效应都在不同程度上使被照射肿瘤前后的正常细胞受到伤害,剂量的有效利用率也低.虽然中子和负 π 粒子的生物效应很好,但物理剂量分布不好,给正常组织带来很大的损害,所以都不是理想的治疗射线.质子在人体中的能量衰减开始时比较慢,后又快速上升,形成一个峰值后又急速下降到零(通常称此为布拉格峰).布拉格峰的优良剂量分布促使质子治疗有了很大的发展.质子治疗时将峰值部分对准肿瘤病灶处,肿瘤处受到最大的照射剂量,肿瘤前的正常细胞只受到 $1/3 \sim 1/2$ 的峰值剂量,肿瘤后的正常细胞基本上未受伤害.此质子内含的物理特性决定质子治疗比电子、X 射线治疗要好.近几十年来,质子治疗的临床成就也使全世界医学界一致公认它比目前所用的 X 射线、 γ 射线与电子射线治疗优越得多.

2012 年 8 月,中国科学院科学出版基金委员会资助出版《质子和重离子治疗及其装置》一书,该书是目前国内第一本较全面和系统地介绍质子和重离子治疗及其装置与系统的基础理论著作,内容丰富,概括了国际上质子和重离子治疗的历史、发展和成就,以及目前较新的质子和重离子治疗装置与系统的研制进展.该书出版后,中