

Frontiers of
Radiation Therapy and Oncology

Editors: J.L. Meyer, W. Hinkelbein

Vol. 43

· 第2版 ·

肿瘤放疗最新进展

——调强放疗、影像引导放疗与体部立体定向放疗

IMRT·IGRT·SBRT

Advances in the Treatment Planning
and Delivery of Radiotherapy

主 编 / John L. Meyer

主 译 / 郑向鹏 许亚萍 邢力刚

Intensity-Modulated Radiotherapy

Image-Guided Radiotherapy

Stereotactic Body Radiotherapy

KARGER



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

肿瘤放疗最新进展

——调强放疗、影像引导放疗与体部立体定向放疗

IMRT · IGRT · SBRT

Advances in the Treatment Planning and Delivery of Radiotherapy

(第2版)

主 编 John L. Meyer

副主编 L.A. Dawson, B.D. Kavanagh, J.A. Purdy, R. Timmerman

主 译 郑向鹏 博士 副主任医师 复旦大学附属华东医院

许亚萍 硕士 主任医师 浙江省肿瘤医院

邢力刚 博士 副主任医师 山东省肿瘤医院

主 审 于金明 教授 院士 山东省肿瘤医院

毛伟敏 教授 浙江省肿瘤医院

俞卓伟 教授 复旦大学附属华东医院



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目(CIP)数据

肿瘤放疗最新进展:强调放疗、影像引导放疗与体部立体定向放疗/(美)迈耶(Meyer, J.L.)主编;郑向鹏,许亚萍,邢力刚主译. —2版. —北京:人民军医出版社,2013. 11
ISBN 978-7-5091-7133-2

I. ①肿… II. ①迈…②郑…③许…④邢… III. ①肿瘤—放射疗法 IV. ①R730.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 256623 号

IMRT, IGRT, SBRT. 2nd, revised and extended edition. Frontiers of Radiation Therapy and Oncology 2011, Vol. 43, 978-38055-9680-0

© Copyright 2011 by S. Karger AG, Allschwilerstrasse 10, CH-4058 Basel, Switzerland

This book has been translated from the original by People's Military Medical Press. S. Karger AG, Basel cannot be held responsible for any errors or inaccuracies that may have occurred during translation.

THIS BOOK IS COPYRIGHT-PROTECTED. PLEASE NOTE THAT ANY DISTRIBUTION IN WHOLE OR IN PART REQUIRES WRITTEN CONSENT FROM S. KARGER AG, BASEL.

著作权合同登记号:图字:军—2013—167号

策划编辑:孟凡辉 文字编辑:高磊 责任审读:杜云祥
出版发行:人民军医出版社 经销:新华书店
通信地址:北京市100036信箱188分箱 邮编:100036
质量反馈电话:(010)51927290;(010)51927283
邮购电话:(010)51927252
策划编辑电话:(010)51927300—8802
网址:www.pmmp.com.cn

印刷:三河市潮河印业有限公司 装订:恒兴印装有限公司
开本:787mm×1092mm 1/16
印张:24.75 字数:599千字
版、印次:2013年11月第2版第1次印刷
印数:0001—2000
定价:228.00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

内容提要

本书详细介绍了肿瘤放射治疗领域的最新进展,包括 IMRT(调强放疗)、IGRT(影像引导放疗)、SBRT(体部立体定向放疗)和质子放疗,旨在协助建立应用这些技术的临床治疗规范,也为在临床中的有效应用提供指导。本书共分四个部分:第一部分总结和讨论了放射治疗技术的进展。第二部分介绍了 IMRT 和 IGRT 在不同肿瘤治疗中的应用进展,并为临床实际应用提供了实用的指南意见。第三部分探讨了精确放疗技术在体部立体定向放疗领域中的应用。第四部分对质子放疗的基础及最新应用进展进行了概述。SBRT 技术是当前肿瘤放疗的热门和焦点课题,国际上正在进行多个相关临床试验,初步的数据已经证实了其可靠性和有效性。IMRT 和 IGRT 是 SBRT 不可或缺的重要组织部分,IMRT 和 IGRT 的开展水平决定了 SBRT 治疗的水平。本书对 IMRT 和 IGRT 的总结亦代表了目前这方面的最新成果,将指导进一步提高在这些方面的整体治疗水平。本书适合肿瘤放射治疗领域及其他与肿瘤治疗相关的专业人员参考使用。

Frontiers of Radiation Therapy and Oncology

Vol. 43

Series Editors

J.L. Meyer San Francisco, Calif.

W. Hinkelbein Berlin

原著作者

主 编 John L. Meyer 加州旧金山圣弗朗西斯纪念医院,肿瘤放疗科
(约翰·迈尔)

副主编 L.A. Dawson 多伦多大学玛格丽特公主医院,肿瘤放疗科
(L.A. 道森)

B.D. Kavanagh 科罗拉多大学安舒茨医学中心,肿瘤放疗科
(B.D. 卡万)

J.A. Purdy 加州大学戴维斯医学中心,肿瘤放疗科
(J.A. 普迪)

R. Timmerman 德克萨斯大学西南医学中心,肿瘤放疗科
(R. 蒂默曼)

编 者 Abdulrahman, R. Deasy, J. Koong, A.C. Saha, D.
Alaly, J. Delaney, T.F. Kupelian, P. Sharpe, M.
Bastasch, M. Dieterich, S. Langen, K. Shepard, D.M.
Bortfeld, T. Eisbruch, A. Law, M.Y.Y. Star-Lack, J.
Brock, K. Gibbs, I.C. Le, Q.-T. Steinberg, M.L.
Cao, D. Heinzerling, J. Ling, C.C. Story, M.
Chang, D.T. Hittson, W. Loo, B.W., Jr. Swaminath, A.
Cheung, F.W.K. Hoppe, R. Low, D. Timmerman, R.
Choy, H. Kavanagh, B.D. Meyer, J.L. Wallner, P.E.
Chu, K.P.-M. Keall, P. Minn, A.Y. White, J.R.
Craig, T. Kim, J. Mohan, R. Wu, V.W.C.
David, M.B. King, C. Moseley, D. Zakaryan, K.
Dawson, L.A. Konski, A.A. Purdy, J.A.

译者名单

- | | | | | |
|-----|-----|----|-------|------------|
| 主 译 | 郑向鹏 | 博士 | 副主任医师 | 复旦大学附属华东医院 |
| | 许亚萍 | 硕士 | 主任医师 | 浙江省肿瘤医院 |
| | 邢力刚 | 博士 | 副主任医师 | 山东省肿瘤医院 |
| 主 审 | 于金明 | 教授 | 院士 | 山东省肿瘤医院 |
| | 毛伟敏 | 教授 | | 浙江省肿瘤医院 |
| | 俞卓伟 | 教授 | | 复旦大学附属华东医院 |

参译人员 (按单位/章节顺序)

复旦大学附属华东医院

王国民 宋美芳 姚 晔 戈伟强 李 铭 任艳萍
张立波 王湘连 方庆亮

浙江省肿瘤医院

江 皓 盛李明 孙晓江 付真富 王方正 陈晓钟
姜 锋 杜向慧 王升晔 陈维军 朱 远 郑 晓
徐裕金 单国平 狄小云 王彬冰 李建龙

山东省肿瘤医院

曲 伟 陈进琥 董鑫哲 徐 瑾 刘 静 吴培培
韩安勤 谢 鹏

浙江大学附属第二医院

魏启春 章必成

序 言

放射治疗是肿瘤治疗的传统方式之一。据统计,约 2/3 的恶性肿瘤患者在其治疗过程中需放射治疗的参与。放射治疗对于提高肿瘤局部控制、延长总体生存时间和改善患者生活质量意义重大。相对于其他临床专科,放射治疗对技术和设备的依赖程度非常高。因此,临床放疗的发展,很大程度上取决于技术和设备的进展以及将进展成果转化为临床治疗获益的程度。计算机技术和影像技术的发展,极大地促进了放疗的发展,放疗已由传统的二维治疗升级至三维甚至四维放疗,在射线强度调制、实时影像引导、生物代谢影像引导、大剂量立体定向精确放疗及质子治疗方面获得了飞跃式发展。目前,国内放疗设备更新升级迅速,但尖端技术应用的临床经验相对有限。如何充分地发挥新设备、新技术的优势,更好地提升医疗疗效与质量,更好地服务于患者,是每个放疗单位和放疗专业人员面临的严峻挑战。

由 John L. Meyer 主编,联合多位世界知名肿瘤放疗专家撰写的《肿瘤放疗最新进展》一书充分反映了近年来在肿瘤放疗领域最为重要的研究进展,包括调强放疗、影像引导放疗、立体定向放疗和质子治疗的技术进展,以及他们率先积累的临床经验。该书简明扼要,在总结进展的同时,以指南的形式对各项新技术的临床应用提供了可行的建议,具有非常高的参考和实用价值。

山东省肿瘤医院、浙江省肿瘤医院和上海华东医院在放疗新设备配置和放疗新技术开展方面在国内均较为领先,在应用最新技术方面已积累了一定的临床经验。郑向鹏、许亚萍和邢力刚三位医师均有在国外长期学习交流的经历,对国内外放疗的最新进展感知敏锐,由他们及同事共同翻译《肿瘤放疗最新进展》一书非常合适。我们非常乐意向从事肿瘤治疗的同道,特别是在肿瘤放疗领域的医教研人员推荐该书,相信这对于促进放疗新技术在国内的开展和标准化应用将大有裨益。

中国工程院院士
山东省肿瘤医院教授



浙江省肿瘤医院教授



复旦大学附属华东医院教授



原著前言

本书详细介绍了肿瘤放射治疗领域的最新技术进展,目的在于协助建立应用这些技术的临床治疗规范,指导其在临床中的有效应用。本书共分四个部分。第一部分着重解释和讨论了技术本身及其实现方式。第二部分由在使用这些技术方面具有广泛经验的大型肿瘤中心知名医师阐释新技术在放射治疗中的应用,并在各章节内对现行的临床治疗提供了针对性的指南。第三部分探讨了精确放疗技术在体部立体定向放疗领域中的应用。第四部分总结了质子治疗的重要进展,质子治疗拓展了现有的治疗技术。

本书是对出版于2010年第1版的扩展更新,以更广阔的视野概括了肿瘤放射治疗领域内的最新研究应用进展。针对许多恶性肿瘤,调强影像引导的立体定向放疗已经可以在许多现代化、综合性肿瘤放射治疗中心得到实现。尽管技术发展迅速,但是与这些技术相关的诸多基本问题仍有待进一步明确,这些问题涉及放射治疗的方方面面,从肿瘤影像到治疗计划设计,直至治疗实施。根据支出一效益模型对临床治疗效果与作用的研究已见诸报道。对身体各部位立体定向放疗的临床适应证、治疗过程整合与有效利用已经成为放射治疗研究的焦点之一,这些研究正在重新定义低分割放疗的临床实践。此外,质子治疗技术的发展也为临床医师的治疗决策提供了新的选择。经济考量和医疗资源的分配是所有这些问题的核心,将进一步决定这些技术的实际应用。所有这些技术进展及其相关重要性的研究是本书关注的重点。

本书基于本人2009年于旧金山召开的放射肿瘤学会议上的讲座。本次会议由斯坦福大学肿瘤放疗科、加州大学旧金山分校、旧金山圣弗朗西斯纪念医院和加州大学戴维斯分校联合赞助,Richard Hoppe、Mack Roach III、James Purdy、Paul Keall 和 Jean Pouliot 协助组织会议,在此表示感谢。在该次讲座的基础上,经过扩展、更新、补充参考文献和整合,并新增数章内容后发展成此书。

医学影像的发展是本书探讨的诸多部分的基础。本书提供了多种形式的医学影像示例。除了印刷图例外,读者还可以通过网站以视频的形式观看许多重要图像(www.karger.com/FRATO43_suppl),这对于理解肿瘤移动和影像引导尤为重要。另外,网站内还有部分图示的高清版本和动态演示,这也是本书的重要组成部分。

非常感谢所有参与本书编写的作者们的辛苦工作,特别感谢 James Purdy、Laura Dawson、Brian Kavanagh 和 Robert Timmerman 的卓越贡献和指导。感谢 Catherine Burns 协助本书编辑,感谢 Josue Castellano 组织图片和网络资料。最后,衷心感谢 Thomas Karger 和他的出版公司的同事们。

John L. Meyer, MD, FASTRO

旧金山,加利福尼亚州,美国

目 录

第一篇 简 介

第 1 章 放疗的计划与实施进展	2
第一节 肿瘤放射治疗技术的拓展	2
第二节 靶区体积和治疗的准确性问题	5
第三节 调强放疗/影像引导放疗的计划制定与实施面临的挑战	7
第四节 质子和重粒子放射治疗	14
第五节 放疗剂量与继发肿瘤	15
第六节 放疗治疗的信息系统	17
第七节 结论	18
第 2 章 放射治疗技术进展	23
第一节 经典调强放射治疗计划系统	23
第二节 靶区对位和影像引导	25
第三节 图像配准	31
第四节 适应性放疗	37
第 3 章 新型医疗技术应用过程中的争议	46
第一节 医疗卫生技术的评估	46
第二节 支付政策的变革	50
第三节 成本-效益方法学在以价值为基础的健保购买时代的意义	54
第四节 结论	57

第二篇 调强放疗和影像引导放疗

第 4 章 调强拉弧放射治疗	62
第一节 调强拉弧治疗的基本概念	62
第二节 旋转调强放疗的优势	63
第三节 调强拉弧治疗的商用方案	65
第四节 调强拉弧治疗的临床实施	67
第 5 章 四维成像和四维放疗	77

第一节	呼吸运动对成像的影响	78
第二节	放射治疗中呼吸运动的影响	81
第三节	管理呼吸运动的方法	84
第四节	未来方向	88
第 6 章	放射治疗中运动性肿瘤的定位与治疗	91
第一节	运动靶区的定位	93
第二节	如何“击中”移动中的目标	97
第三节	建立对移动目标实现定位与治疗功能于一体的系统	98
第四节	结论	98
第 7 章	放射治疗中的影像引导技术与直线加速器系统的发展	102
第一节	影像引导放射治疗的技术要求	104
第二节	影像引导系统及步骤	106
第三节	锥形束 CT(CBCT)在以直线加速器为基础的影像引导放射治疗中的应用 ..	110
第四节	影像引导未来的需要	117
第五节	结论	120
第 8 章	螺旋断层放疗	129
第一节	系统概述	129
第二节	螺旋断层放疗的临床应用	130
第三节	兆伏级 CT 影像	131
第四节	剂量评估和适应性放疗	136
第五节	结论	138
第 9 章	赛博刀的临床应用	142
第一节	赛博刀系统	142
第二节	赛博刀治疗计划及实施进展	143
第三节	赛博刀的临床应用	147
第四节	赛博刀的未来发展	148
第三篇 调强放疗和影像引导放疗的临床应用		
第 10 章	放疗的影像引导与实践	154
第一节	影像引导放射治疗(IGRT)的基本原理	154
第二节	图像引导放射治疗面临的挑战	158
第三节	图像引导放疗的临床应用	161
第四节	适应性放射治疗	165
第五节	结论	166
第 11 章	头颈部肿瘤的调强和影像引导放疗	169

第一节	头颈部肿瘤的调强放射治疗计划和图像引导放射治疗计划	170
第二节	鼻咽癌 IMRT 治疗	181
第三节	口咽癌的 IMRT 治疗	189
第四节	结论	193
	附 A: 临床实践指南	193
第 12 章	头颈部肿瘤调强放疗时颈部靶区勾画	199
第一节	颈部肿瘤靶区	200
第二节	靶区剂量和技术	205
第三节	临床实践指南	207
第 13 章	胸部肿瘤放疗中的运动控制与影像引导	211
第一节	呼吸运动控制的实用策略	212
第二节	病例示例: 呼吸门控在临床中的应用	222
第 14 章	乳腺癌的调强放疗: 全乳腺及部分乳腺照射进展	227
第一节	调强放疗与乳腺放疗的目的	227
第二节	改善剂量分布均匀性	229
第三节	危及器官的剂量限值	231
第四节	临床治疗计划	233
第五节	部分乳腺调强放疗	236
第六节	调强放疗和部分乳腺放疗	238
第七节	临床实践指南	241
第 15 章	上消化道恶性肿瘤的影像引导放疗策略	246
第一节	上消化道恶性肿瘤放疗时的制动及运动控制	246
第二节	胰腺癌的 IGRT	247
第三节	肝癌的影像引导放射治疗	253
第四节	结论	255
第五节	临床实践指南	255
第 16 章	生物影像在淋巴瘤放疗计划中的应用	258
第一节	原始分期	259
第二节	治疗反应评估	260
第三节	放疗计划制订	262
第四节	PET 参与的临床试验	265
第五节	临床诊疗指南	266
第 17 章	前列腺癌的影像引导适应性放疗	268
第一节	前列腺放疗: 适应性影像引导放射治疗的模型	268
第二节	前列腺放疗中位移对剂量的影响	270

第三节 前列腺影像引导放疗中针对移位和形变的解决方案 279
第四节 临床实践指南 284

第四篇 体部立体定向放射治疗

第 18 章 立体定向体部放疗和寡分割放疗 288
第一节 SBRT 的放射生物学基础 288
第二节 SBRT 的应用 290
第三节 SBRT 的未来发展方向 293
第四节 结论 294

第 19 章 体部立体定向放疗的大剂量分割对正常组织和肿瘤组织的效应 297
第一节 传统放射生物学 298
第二节 生存曲线模型 299
第三节 生物等效剂量 300
第四节 器官/组织功能和微结构 300
第五节 功能串联组织的宏观结构 302
第六节 立体定向放射治疗/消融 303
第七节 消融剂量下正常组织的反应 304
第八节 肿瘤控制剂量 305
第九节 结论 305

第 20 章 胸部肿瘤 SBRT: 患者的选择及治疗规程 307
第一节 SBRT 前瞻性研究 308
第二节 SBRT 的流程与实施指南 310
第三节 临床实践指南 319

第 21 章 立体定向体部放射治疗在消化道恶性肿瘤中的应用 322
第一节 SBRT 在局部晚期胰腺癌治疗中的应用 322
第二节 肝肿瘤的 SBRT 327
第三节 临床指南 330

第 22 章 前列腺癌立体定向放疗 334
第一节 前列腺癌低分割放疗 II 期临床试验 334
第二节 结果 337
第三节 临床指南 340

第五篇 质子治疗

第 23 章 质子治疗技术进展 344
第一节 质子治疗的最新进展 345

第二节	临床质子治疗技术的发展现状与未来趋势	352
第三节	未来的质子技术	360
第 24 章	质子治疗的临床应用	363
第一节	质子治疗的原理	363
第二节	质子治疗的临床优势	364
第三节	质子放疗的治疗计划	366
第四节	质子放疗使用中的一些问题	370
第五节	质子治疗的临床经验	370
第六节	质子放疗如何更具用户效益	373
第七节	质子放疗面临的挑战	375
第八节	临床实践指南	375
常用缩写		379

第 1 章

放疗的计划与实施进展

James A. Purdy

Department of Radiation Oncology, UC Davis Medical Center, Sacramento, Calif., USA

郑向鹏 王国民 宋美芳 译校

摘要

放射治疗始终与治疗计划和实施技术的发展密切相关,治疗疗效的提高得益于技术的发展。利用先进的计算机技术和影像技术,制造商研制了具有精确剂量分布的治疗计划与实施系统,从而对即使最为复杂的结构亦可获得高度的适形性剂量,同时保护特定的剂量敏感组织。然而,新系统中更加复杂的计划和治疗流程对质量保证和治疗验证提出了严峻的挑战。放疗计划和实施技术将继续以史无前例的速度快速发展,推动放射治疗在准确性、可靠性和实用性诸方面达到新的高度和治疗水平。为了实现这些目标,适应放疗计划和实施技术的飞速发展,我们必须在以下 3 个方面获得进展:①肿瘤靶区和临床靶区勾画的准确性;②放射肿瘤信息学;③质量保证。

第一节 肿瘤放射治疗技术的拓展

自 20 世纪 80 年代三维放疗计划开展以来,肿瘤放射治疗在计划设计、实施技术和工作流程方面已经发生了巨大的变化^[1,2]。在此之前,医师通常应用传统 X 线模拟机根据经典方案和模拟影像中的可见骨性标志来设计射野。这个过程虽然非常高效,但一个重要的局限性在于剂量与靶区的适形性差且很难保护正常组织,因此在许多病变部位剂量的提升受到极大限制。早期基于影像的三维治疗计划过程需要获取患者处于治疗位置时的容积 CT 影像数据,进而勾画出靶区和相关的剂量危及器官。这一计划过程相对较为费时低效,但目前仍然应用于对某些特定部位病变的放射治疗计划。与以往已经建立的放疗计划方法不同的是,为了设计三维放疗计划,需要学习掌握新的计算机操作技术,了解在三维环境下的肿瘤解剖。

系统日益复杂和对人员的要求愈来愈高是临床中三维计划开展缓慢的主要原因。其他的影响因素还包括三维计划治疗系统的 FDA 510(k) 审批过程耗时很长。虽然以上因素推迟了先进计划系统的临床应用,但延迟开展也有其有利的一面:大学等研究机构获得了更多的时间对软件系统进行完善,而临床医师则积累了更多三维计划和适形性治疗(3D conformal therapy, 3D-CRT)的经验。因此,在商用三维计划系统得到专业人士的广泛接受时,相关的技术和临床应用均已相当成熟。

与此形成鲜明对照的是,随着调强放疗(intensity-modulated radiation therapy,IMRT)技术的商业化,其在放射治疗领域的开展非常迅速^[3]。毫无疑问,IMRT在美国的快速发展得益于其被纳入美国联邦医保(Medicare)可支付治疗项目范畴,而且予以CPT计划和治疗代码,其意义较3D-CRT服务代码更显著。显然这有利于IMRT的临床推广和应用,因为有助于回收部分前期投入。但报销比例的提高很可能促使许多临床治疗中心在这项技术真正完善成熟之前就开始其临床治疗应用。

IMRT能够实现高度剂量适形和更陡的剂量梯度,因而可以采用较小的安全边界,从而降低周围正常组织接受的剂量。但同时这也对医师评估患者治疗中/治疗间摆位的误差、体内脏器形变和靶区位移提出了新的挑战。此外,对于IMRT是否能够严格按计划所设定准确地实施治疗仍存疑问。这些重要挑战推动了带有平面和容积影像功能的治疗设备的开发,整合的影像功能可以引导IMRT的实施并加以确认^[4],这个过程称为影像引导的IMRT或简称为影像引导放疗(image-guided radiation therapy,IGRT)^[5]。

具备IGRT功能的医用直线加速器在世界范围内获得了迅速应用,其能在治疗前采集治疗部位的容积CT图像,将拟投照的放射剂量预投于这些影像中,在治疗前进行检查和确认以保证治疗的准确性。治疗时间不同,器官形态及其内相应的放射剂量分布均可出现不同程度的改变,器官的容积图像不能完全匹配,因此如何进行图像和剂量的累加值得研究。正在研究中的图像快速形变配准技术可以实现对累加剂量的持续反复计算,以获得患者局部器官组织所接受的真正放射剂量。每日容积图像不但可以用于引导治疗,而且还可用以计算每日的容积剂量。如果实际的投照剂量分布与计划不符,在后续治疗过程中,可以通过调整射野纠正由于剂量分布变化出现的误差。如果主治医师认为必要,系统可以对治疗计划重新设计,该过程称为适应性放疗(adaptive radiation therapy,ART)^[6]。

以最适形的方式进行治疗不仅仅限于外照射,同样也是影像引导的近距离放疗、质子治疗,包括调强质子治疗(intensity-modulated proton therapy,IMPT)的基本要求。放射肿瘤治疗目前正行驶于“技术高速公路”(technology super-highway),其中设备公司以最快的速度将放疗计划和实施的最新进展推向市场,与此同时医师和物理师则尽可能快地掌握这些最新技术,将之应用于实际治疗中。因此,新技术的快速应用对于治疗的质量保证技术方法和设备均提出了巨大的挑战。

本系列书在总结过去数年内放射治疗领域出现的重要进展和变化方面发挥了重要作用。今天,有必要仔细审慎地评估这些技术的应用程度,在此基础上认识放射治疗的最新进展。

一、定义

首先需要明确的是目前尚无对IMRT、IGRT和ART的统一定义。以下所列为本人对这些术语的理解。

1. 调强放射治疗 3D-CRT的高级形式。入射至患者的射束强度不均匀,放疗计划采用多种计算机优化技术^[7]。

2. 影像引导放射治疗 将患者/肿瘤的摆位、治疗机器的影像引导工具和其他移动管理系统进行整合,更准确地引导射束至患者体内的肿瘤靶区。

3. 适应性放射治疗 治疗过程中通过系统地监控患者/治疗靶区的位置和容积形变,按合适的治疗间隔时间根据相关信息对治疗计划进行重新优化,以达到完善治疗的目的。

目前 IMRT 是许多肿瘤的标准放疗技术。由 IMRT 联合工作组 (Collaborative Working Group, CWG) 制定的关于 IMRT 定义是多方协调努力的结果, 因为此前已有多种射束调制技术如野中野 (field within a field) 和补偿滤过技术在临床工作中应用^[7]。但 CWG 认为那些陈旧技术并不能反映新的 IMRT 技术带来的实践改变, IMRT 带来的真正变化是通过称作逆向计划 (inverse planning) 的放疗计划制定过程, 制造不均匀射束通量, 以满足特定的剂量-容积限定条件。

目前的 IGRT 主要是在放射治疗过程中多次应用平面或容积影像, 应用软件将采集到的影像与原始治疗计划影像进行匹配, 获得目标靶区的偏移数据, 通过调整治疗床的 x, y, z 坐标将靶区修正至计划位置, 从而实现准确靶区定位。其他的非影像辅助靶区对位/跟踪系统亦可以完成相同的任务, 将在后文中加以讨论。

适应性放疗仍处于发展阶段, 对其定义尚未达成共识。随着 IGRT 的快速应用, 各方正在全面探讨将 IMRT 计划与治疗系统与在线容积影像进行整合的可行性。可以肯定的是, 与在线计划适应性优化和重新计划相关的技术和策略的研发将是一个重要的研究领域。

二、肿瘤生物学与临床实践的整合

尽管肿瘤生物学方面的新发现正呈现爆炸性增长, 但是相对于物理方面的进展而言, 生物学进展应用于临床的过程相对较为缓慢。此外, 目前已经有人预测, 就体外放疗而言, 以现有 3D-CRT 和 IMRT 技术取得的治疗效果为参照, 未来在物理和工程方面的进展很难实现更为显著的提高^[8]。图 1-1a 描述了这一世界性观点。需要说明的是本人并不赞同图 1-1a 中的曲线形态。本人相信肿瘤生物学上的发现向临床的转化将会加快, 而且随着更多新技术融入放疗领域, 未来的发展趋势更可能如图 1-1b 所示。在维持或提高效率的同时, 将新技术准确地理解、正确地应用和安全地整合到临床中是我们所面对的挑战。

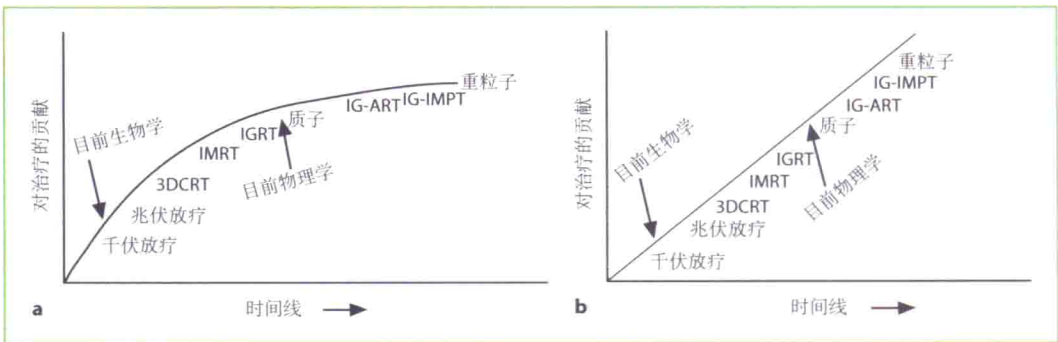


图 1-1 关于放射生物学和物理学/工程学对临床放疗贡献的两种不同观点。a. 一种观点认为在现有 IMRT/IGRT 已经获得的临床疗效的基础上, 即使物理学/工程学方面出现进展, 也将很难显著改善治疗结果。b. 另外的观点则认为物理学/工程学的进展将持续改善临床治疗结果。作者对放射治疗持乐观态度, 相信后者更代表了放射治疗将来的发展趋势。值得注意的是, 两种观点均认可肿瘤生物学对临床治疗的显著促进作用

三、医疗系统的支出

随着技术的持续快速发展, 我们需要了解由此对放射治疗效益和医疗支出的影响。新技