

鼻咽癌放射治疗



CLINICAL PLANNING MANUAL
OF RADIATION TREATMENT
FOR NASOPHARYNGEAL
CARCINOMA

计划设计与方法

中山大学放射肿瘤学系列丛书 杨鑫 胡江 康德华 黄劭敏 主编



北京大学医学出版社

中山大学放射肿瘤学系列丛书

鼻咽癌放射治疗

计划设计与方法

**Clinical Planning Manual of Radiation
Treatment for Nasopharyngeal
Carcinoma**

主编 杨 鑫 胡 江
康德华 黄劭敏

北京大学医学出版社

BIYANAI FANGSHEZHILIAO JIHUASHEJI YU FANGFA

图书在版编目 (CIP) 数据

鼻咽癌放射治疗:计划设计与方法 / 杨鑫等主编
—北京:北京大学医学出版社,2017.4
(中山大学放射肿瘤学系列丛书)
ISBN 978-7-5659-1545-1

I. ①鼻… II. ①杨… III. ①鼻咽癌—放射疗法
IV. ①R739.630.5

中国版本图书馆CIP数据核字 (2017) 第020193 号

鼻咽癌放射治疗:计划设计与方法

主 编:杨 鑫 胡 江 康德华 黄劭敏

出版发行:北京大学医学出版社

地 址:(100191)北京市海淀区学院路38号 北京大学医学部院内

电 话:发行部 010-82802230;图书邮购 010-82802495

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E-mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷:北京佳信达欣艺术印刷有限公司

经 销:新华书店

责任编辑:王智敏 袁帅军 责任校对:金彤文 责任印制:李 啸

开 本:889 mm × 1194 mm 1/32 印张:3.75 字数:68千字

版 次:2017年4月第1版 2017年4月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5659-1545-1

定 价:25.00元

版权所有,违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

中山大学放射肿瘤学系列丛书

丛书编委会

丛书主编 夏云飞

丛书副主编 邓小武 高远红 黄晓延
刘 慧 孙 颖

丛书编委 (按姓名汉语拼音排序)

曹新平	陈 凯	陈 勇	程志斌
邓小武	冯慧霞	高远红	管迅行
韩 非	何振宇	胡伟汉	胡永红
黄晓波	黄晓延	李 群	李凤岩
林承光	林焕新	刘 慧	刘孟忠
刘宜敏	卢丽霞	卢泰祥	罗 伟
马 骏	苏 勇	孙 颖	文碧秀
吴少雄	伍建华	夏云飞	谢方云
叶伟军	曾智帆	张玉晶	郑 坚

分册编者名单

分册主编 杨 鑫 胡 江 康德华 黄劭敏

编写单位 中山大学附属肿瘤医院放射治疗科

中山大学放射肿瘤学系列丛书

丛书序言

作为传统肿瘤治疗三大手段之一，放射治疗（简称放疗）在肿瘤治疗中的作用越来越重要。近 20 年来，肿瘤放射治疗的进展异常迅速。随着放射治疗学新理论、新技术、新设备、新方法的不断出现，临床上针对恶性肿瘤的放射治疗方法和技术均有很大改变，治疗效果均有很大的提高。

中山大学附属肿瘤医院放射治疗科成立于 1964 年，目前是全国规模最大、技术最先进的放射治疗中心之一。该科室集临床、教学、科研于一体，于 2014 年被评为全国首批住院医师规范化培训基地——放射肿瘤科专业基地（编码：320-2500）。该科室拥有各种先进的直线加速器 12 台，调强放射治疗自 2010 年已成为常规的放射治疗。此外，该科室还开展了容积调强放射治疗、体部立体定向放射治疗（SBRT）、图像引导放射治疗（IGRT）和三维适形放射治疗（3DRT）。每天放疗患者近 1000 人次，收治的患者来自全国各地。该科室有博士生导师 6 人、硕士生导师 18 人，每年招收一年制、半年制和短期培训的放射肿瘤进修生近 100 人，承担国家 863 项目 1 项，获国家科技进步二等奖 2 项。

在长期的放射肿瘤临床、教学、科研实践中，我们积累了大量丰富的恶性肿瘤临床治疗经验，中山大学附属肿瘤医院放射治疗科先后出版了《后装治疗》《实用鼻咽癌放射治疗学》《实用恶性

肿瘤放射治疗学》《常见恶性肿瘤放射治疗手册》等专业书籍。在此基础上，以中山大学附属肿瘤医院放射治疗科为主体，我们组织了中山大学各附属医院的放射肿瘤学专家和教授，从放射技术学、放射物理学、放射生物学、放射临床肿瘤学、放射治疗护理学等几个方面，编写了《中山大学放射肿瘤学系列丛书》，希望能把中山大学肿瘤放射治疗的经验与同行分享。在此，谨对给予《中山大学放射肿瘤学系列丛书》出版帮助的所有人表示诚挚的谢意。

夏云飞

中山大学附属肿瘤医院放射治疗科

2015年10月

前 言

本手册旨在总结中山大学肿瘤防治中心物理室（以下简称“物理室”）近年来运用现有的放射治疗计划系统（Eclipse、Monaco 和 Tomo）从事鼻咽癌放射治疗的计划设计与方法，为前来物理室进修的物理师以及从事鼻咽癌放射治疗的工作人员提供基本参考资料。从事放射治疗工作的人员通过阅读书中的典型病例及其放射治疗的计划设计和方法，能在短时间内了解并熟悉使用相应的计划系统，从而开展鼻咽癌放射治疗的计划设计工作。

全书共分 5 章：第一章简单介绍放射治疗计划系统（treatment planning system, TPS）；第二章明确鼻咽癌放射治疗计划设计的基本原则；第三章是本书的主要内容，通过实例详细地介绍了鼻咽癌放射治疗计划设计的基本步骤与方法；第四章从医师、物理师和剂量师等医务人员的多角度出发，解释说明如何进行鼻咽癌放射治疗计划的评估；第五章总结了鼻咽癌复发的放射治疗计划设计的相关经验。

在本手册的编写过程中，我们得到了中山大学附属肿瘤医院放射治疗科全体领导的大力支持，科室各个部门的通力协作，特别是物理室每位老师和同事的积极配合，以及友邻单位进修老师和同仁的积极帮助。特别感谢：广东省兴宁市人民医院的罗英、广西壮族自治区桂平市人民医院的陈杰添和广东省揭阳市人民医

院的管世王，他们协助完成了本书第三章图片的收集与整理工作。

由于时间仓促，书中难免会有一些疏漏及错误之处，恳请读者不吝赐教，以便再版时修订。

杨鑫 胡江 康德华 黄劭敏

2016年11月26日

目 录

第一章 放射治疗计划系统简介.....	1
第一节 放射治疗常见技术	1
第二节 放射治疗计划系统	3
一、放射治疗计划系统的定义	3
二、放射治疗计划系统的相关术语	4
第三节 放射治疗计划系统剂量的常见算法	5
第二章 鼻咽癌放射治疗计划设计的基本原则.....	9
第一节 放射治疗计划的靶区定义	9
第二节 放射治疗计划的靶区及重要器官勾画原则	10
第三节 放射治疗计划的基本设计原则	11
一、鼻咽癌放射治疗计划的特点	11
二、鼻咽癌放射治疗计划设计的基本原则	11
第三章 鼻咽癌放射治疗计划设计的基本步骤与方法.....	13
第一节 常规放射治疗计划设计的基本步骤与方法	13
第二节 Eclipse 计划系统的基本步骤与方法	15
一、Eclipse 系统的登录	16
二、靶区 /CT 图像导入及打开	18
三、CT-marker 点放置和模拟机的选择	23
四、靶区 / 危及器官逻辑勾画	27
五、逻辑运算 (辅助结构的勾画)	33
六、照射野 / 处方的设置	39

七、计划优化	46
八、摆位野的添加	52
第三节 Monaco 计划系统的基本步骤与方法	55
一、打开患者数据	56
二、数据检查	59
三、绘制“Body”	60
四、建立 CT-marker 点	68
五、建立新计划	74
六、处方剂量	76
七、修改计划中心点	77
八、输入计划函数	77
九、输入背景参数	83
十、计划计算	86
第四节 TOMO 计划系统设计的方法	89
一、TOMO 计划系统的历史	89
二、TOMO 计划系统使用的算法	90
三、TOMO 计划系统中的技巧	91
第四章 鼻咽癌放射治疗计划的评估	98
一、剂量体积直方图	98
二、靶区剂量分布	99
三、各危及器官剂量指标	100
第五章 复发鼻咽癌放射治疗计划设计的经验	102

第一章 放射治疗计划系统简介

第一节 放射治疗常见技术

根据国内外统计的数字表明，有 60%~70% 的癌症患者需要接受不同程度（单纯或与手术、药物配合）的放射治疗。放射治疗与手术治疗类似，是一种局部治疗手段，其追求的目标是提高放射治疗的治疗增益比，即最大限度地将剂量集中到病变区域（靶区）内，杀灭肿瘤细胞，而使周围正常的组织和器官少受或免受不必要的照射^[1]。

随着计算机技术和放射治疗计划系统的飞速发展，放射治疗技术日新月异，相继出现了三维适形放射治疗（three-dimensional conformal radiotherapy, 3D-CRT）和调强放射治疗（intensity modulated radiation therapy, IMRT）^[2-3]。3D-CRT 的目的是使放射治疗的三维高剂量分布与靶区的三维形状一致，以保护靶区周围的正常组织。然而，对于形状特殊的肿瘤，传统的 3D-CRT 无法实现三维高剂量分布与靶区的三维形状一致，这时就需要根据要求对每一射束的输出强度进行调节，从而实现肿瘤三维空间上

的高剂量分布适形，这就是所谓的 IMRT。容积弧形调强放射治疗（volumetric-modulated arc radiotherapy, VMAT），又可称为旋转调强放射治疗，是指在直线加速器机架连续旋转的过程中，通过动态多叶光栅（dynamic multileaf collimator, dMLC）连续运动形成一系列子野，并配合通过改变剂量率和机架旋转速度形成可变束流来完成的调强放射治疗方式，而且其兼有旋转照射和动态调强的特点^[4]。VMAT 可以由单弧、多弧或多个部分弧组合完成照射。

VMAT 在图像引导放射治疗技术（image guided radiation therapy, IGRT）的基础上，集新型高精尖加速器与逆向优化治疗计划设计软件、精密三维和二维的剂量验证设备于一体。该项技术可满足全身各部位肿瘤治疗的需要，更适合早期癌症的治疗。

IMRT 在鼻咽癌治疗中的临床应用已经十分广泛与成熟^[5-7]，鼻咽癌是 IMRT 理想的治疗对象，主要原因有以下几点：

1. 鼻咽癌治疗以放射治疗手段为主；
2. 大体肿瘤形状极不规则；
3. 周围危及器官多，且与靶区的解剖关系重叠或交叉；
4. 不同人体靶区内所需肿瘤控制剂量应有差异；
5. 治疗体位固定可靠，且器官无相对运动，重复性好；
6. 患者生存期较长，应提高其生存质量。

第二节 放射治疗计划系统

放射治疗计划系统 (treatment planning system, TPS) 将最新的可视化技术、用户交互技术、先进的剂量计算方法和高效的逆向优化算法结合成一个精确高效的放射治疗计划设计平台。集三维适形放射治疗、逆向调强放射治疗和调强放射治疗计划验证等多功能于一体,可以保证肿瘤专家快速高效地制定复杂的治疗计划。

运用放射治疗计划系统设计 IMRT 用于鼻咽癌放射治疗主要有以下优势:

1. 高剂量区剂量分布与靶区的三维形状基本一致;
2. 靶区内剂量能按处方剂量要求分布;
3. 有效提高放射治疗增益比——物理效应、生物效应;
4. 提高肿瘤局部控制率、生存率及改善生存质量。

一、放射治疗计划系统的定义

根据 IEC60601-2-48 的描述,放射治疗计划系统是一种通过对放射源及患者建模的过程来模拟一个合适患者放射治疗的设备。系统采用一个或几个专门的算法来计算患者体内吸收剂量的分布。放射治疗计划系统是放射治疗技术质量保证 (quality assurance, QA) 中必不可少的工具。

二、放射治疗计划系统的相关术语

(一) 放射治疗计划系统的分类

1. 按维数(计算模型+显示)分类

二维(2D)

三维(3D)

2. 按治疗技术分类

外照射(external radiotherapy)

内照射(brachy radiotherapy)

3. 按治疗模式分类

常规(normal radiotherapy)

适形(conformal radiotherapy)

调强(IMRT、VMAT)

(二) 中山大学肿瘤防治中心放射治疗科现有计划系统

(1) Eclipse (Varian)

(2) Monaco (Elekta)

(3) Pinnacle (Philips)

(4) iPlan (BrainLab)

(5) TOMO (Accuracy)

(6) Oncentra (Elekta)

(7) Xio (Elekta)

第三节 放射治疗计划系统剂量的常见算法

剂量计算是放射治疗计划系统的核心。放射治疗计划系统剂量算法大致可以分为两类：基于修正的算法〔如笔形束卷积算法（pencil beam convolution, PBC）〕和基于模型的算法〔如简串卷积算法（collapsed cone convolution, CCC）和蒙特卡罗（monte carlo, MC）算法〕。前者主要是依赖于机器的物理剂量学数据测量进行修正计算；后者则是根据各种计算模型来建立，更加全面地考虑了射线本身的物理特性。

PBC 算法采用的是卷积技术和快速傅立叶变换，是一维能量非局部沉积算法。PBC 算法不能准确地体现射线穿过两种不同密度组织时的二次建成效应，但在大多数情况下能够较好地满足剂量计算的精度要求。

研究表明，PBC 算法倾向于过高估计靶区内低密度肺组织的吸收剂量，同时过低估计肺组织内的低剂量区域^[8]。各向异性分析算法（anisotropic analytical algorithm, AAA）是三维的笔形束卷积叠加算法，是一种更精确的算法，它的模型建立考虑了原射线、电子线污染及准直器散射的影响，对不均匀介质中的剂量计算能够进行更准确的修正，更接近于实际测量值。

在多种算法中，MC 算法被广泛地认为是模拟辐射输运和进

行介质中剂量计算最精确的算法，也被称为放射治疗剂量计算的“金标准”。然而，完全的 MC 算法因收敛速度慢和耗时多而至今仍难以投入临床实际应用。对完全的 MC 算法加以简化和改进，在保持剂量计算的准确性不变的前提下，Fipple 等开发了用光子线剂量快速计算的 X 线体积元蒙特卡罗 (X-ray voxel monte carlo, XVMC) 算法^[9]，目前已被广泛应用。

对于鼻咽癌放射治疗，有文献比较了瓦里安 Eclipse 治疗计划系统中 AAA 算法和 PBC 算法在鼻咽癌调强放射治疗中靶区的剂量分布和危及器官受照剂量的差别^[10]，指出：“晶体受照剂量差别大的主要原因是晶体的受照剂量主要来自光栅运动中的散射，AAA 算法对散射的修正比 PBC 算法更为精确，所以在鼻咽癌调强治疗计划中 AAA 算法更为精确。”有文献探讨了 Acuros External Beam Algorithm Acuros XB (AXB) 算法与 AAA 在鼻咽癌容积弧形调强放射治疗 (VMAT) 计划验证中的差异^[11]，指出：“使用均匀模体验证鼻咽癌 VMAT 计划时，AXB 与 AAA 算法的差异很小，其中 AXB 略比 AAA 接近实测剂量，而 AXB 比 AAA 计算效率高。综合计算精度与效率，推荐使用 AXB 算法常规计算验证鼻咽癌 VMAT 计划。”有文献用扩充型动态楔形板 (enhanced dynamic wedge, EDW) 模型来比较 Pinnacle3 9.0 治疗计划系统 (TPS) 的白适应卷积算法 (adaptive convolution algorithm, ACA) 和 Eclipse7.3 TPS 的 AAA、PBC 算法的准确性^[12]，说明“AAA 和 PBC 算法对于对称和非对称野准确度均能满足临床需要，而