

主 编 刘宗惠

副主编 杨卫忠

颅脑伽玛刀治疗学

THERAPEUTICS OF
GAMMA KNIFE
FOR CRANIO-CEREBRAL DISEASES

人 民 卫 生 出 版 社

颅脑伽玛刀治疗学

THERAPEUTICS OF GAMMA KNIFE FOR CRANIO-CEREBRAL DISEASES

主编
刘宗惠

副主编
杨卫忠

编者
(按姓氏笔画排序)

于 新
亓树彬
尹卫东
厉 民
刘宗惠
刘树铮
余永传
张金伟
杜吉祥
杨卫忠
邹忠材
陈 琳
周文静
周东学
胡 勇
胡泽勇
常 义
康静波
谢楠柱
雷 进

主编助理
周文军
陈 琳

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

颅脑伽玛刀治疗学/刘宗惠主编. —北京:
人民卫生出版社, 2006. 3
ISBN 7-117-06994-5

I. 颅... II. 刘... III. 脑病- γ 射线-放射疗法
IV. R651.105

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 081158 号

颅脑伽玛刀治疗学

主 编: 刘宗惠

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078)北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph @ pmph. com

邮购电话: 010-67605754

印 刷: 北京人卫印刷厂(富华)

经 销: 新华书店

开 本: 889×1194 1/16 **印张:** 30

字 数: 688 千字

版 次: 2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-06994-5/R · 6995

定 价: 138.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究
(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)



刘宗惠

男，73岁，山西洪洞县人。1932年11月出生，1948年11月参军。1952年毕业于西北人民医学院军医系。1959年元月加入中国共产党。参加工作后一直从事野战外科、普通外科、骨科及胸外科临床工作。1962年转入神经外科。曾任内蒙古军区总医院神经外科副主任、主任，1980年起任海军总医院神经外科副主任、主任、教授。1989年开始招收硕士研究生，1992年起任海军总医院全军神经外科中心主任，1996年12月任海军总医院澳海伽玛刀研究治疗中心主任。1992年起享受国家特殊津贴。在社会实践中，任国内有关神经外科相关7~9种杂志编委，《中华医学杂志》编审专家，《中华神经外科杂志》常务编委，《国外医学·脑血管疾病分册》副主编等。任国际立体定向功能神经外科协会委员，亚洲立体定向功能神经外科学会中国主席，中华神经外科学会常委，中华医学会国产伽玛刀临床推广应用委员会副主席。曾获国家科技进步二、三等奖各一项，北京市科技进步二、三等奖各一项，解放军科技进步和医疗成果二等奖6项，三等奖16项。共培养出研究生17名，主编《颅咽管瘤诊断与治疗》专著，主译《神经系统疾病定位诊断学》，参编神经外科类专著7部，主编《实用立体定向及功能性神经外科学》、《颅脑伽玛刀治疗学》。目前虽已年逾七旬，仍在从事一线的临床、科研与教学工作。

杨卫忠

1969年毕业于福建医科大学，现任福建省神经外科研究所所长、福建医科大学附属协和医院神经外科主任、伽玛刀治疗研究中心主任、教授、主任医师、博士生导师、享受国务院特殊津贴专家。兼任中华医学会神经外科学分会委员、福建省医学会常务理事、福建省神经外科专业委员会主任委员、福建省心脑血管病防治专家委员会委员、福建省医疗卫生高级技术职务委员会委员；国外医学神经病学神经外科学分册、中国临床神经外科杂志、中国现代神经疾病杂志，中华中西医结合杂志等16种医学杂志的常务编委、编委。



目前主要从事神经外科的临床、科研和教学工作，参加过国家、省“九五”、“十五”科技攻关。1989年以来先后在国内外专业杂志上发表论文130余篇；主编和参编书著7本；独立完成9项科研课题，先后11次获得省、部级和省卫生系统科技进步奖。先后13次应邀参加在美国、日本、法国、韩国、意大利、澳大利亚等地召开的国际学术会议，并多次以访问学者身份到国外研修和交流。

THERAPEUTICS OF GAMMA KNIFE FOR CRANIO-CEREBRAL DISEASES

序一

Leksell教授（瑞典）于1950年首先提出立体定向放射神经外科的概念。随后他和Larsson工程师合作设计与研制成功Gamma knife，并很快应用于临床治疗脑功能性疾病。经过不懈的努力与改良，特别是近30年来，计算机辅助的脑神经成像学如CT和MRI的兴起，并很快与立体定向仪相结合，赋予了立体定向伽玛刀治疗学的全新方法和概念，使伽玛刀的应用比以前更快速、精确和高效，临床疾病治疗的范围进一步扩大，治疗过程全部实现了计算机自动化。目前立体定向伽玛刀放射外科已成为神经外科手术的重要组成部分，正发挥着无法替代的作用。

我国立体定向伽玛刀放射神经外科起步较晚，但发展颇快。1996年具有我国自主知识产权的旋转式伽玛刀开始应用于临床，短短几年间，迅速普及到全国各省、市级医院，治疗的各类颅脑疾病达数万例，取得了较好的疗效。

伽玛刀是一种造价昂贵，属于高精尖的医疗用聚焦放射装置，操作复杂，病人所付费用较高。因此该仪器的使用必须由训练有素的神外科和放射治疗科医师协作，严格选择病例，精心制定治疗规划，然后施予治疗处方，唯有这样才能取得良好疗效，否则将可能造成不良反应或严重并发症。

根据临床伽玛刀治疗的需要，充分发挥优势，弥补不足，在深圳傲华医疗设备发展有限公司的大力支持下，由海军总医院全军神经外科中心刘宗惠教授牵头组织了全国各地旋转式伽玛刀中心的一批专家共同编著了《颅脑伽玛刀治疗学》，详细介绍了伽玛刀治疗的最新方法与成就。全书内容新颖、翔实，图文并茂，有许多新知识与新方法可供选用。目前国内尚缺乏如此内容丰富、表达简明的专著，读后使人熟知了伽玛刀的性能，对治疗方法与适应证有了完整和清晰的概念，相信此书的出版将会受到广大读者的欢迎。

我推荐这本书给神经外科医师们阅读，希望大家通过学习，更新观念并获取新知识。对神经内科和从事放射治疗的临床医师们，这也是一本有价值的参考书。

北京天坛医院名誉院长
北京神经外科研究所所长
北京神经外科学院院长
中国工程院院士



2005年5月于北京

GAMMA KNIFE

序二

立体定向放射神经外科 (Stereotactic Radioneurosurgery) 是由瑞典Karolinska大学神经外科Leksell教授于1950年首先提出来的, 他于1967年研制成功了伽玛刀 (Gamma knife)。经过半个世纪的临床应用与不断充实与改进, 特别是20世纪70年代后所兴起的CT、MRI等先进神经成像技术, 促使立体定向放射神经外科更加完善与成熟, 现在立体定向放射神经外科已成为神经外科疾病诊断和治疗的重要组成部分。

以颅脑伽玛刀为标志的立体定向放射神经外科, 我国于1993年引进首台Leksell 伽玛刀 (Gamma knife unit), 同时期我国也自行设计与研制出具有我国自主知识产权的旋转式伽玛刀, 经机械调试、动物实验后于1996年获得国家批准应用于临床。8年来, 经国产旋转式伽玛刀治疗的病例已达数万例, 并取得了较好的疗效。

为了总结经验, 发展优势, 推广伽玛刀的临床应用, 由海军总医院刘宗惠教授牵头组织了全国各地旋转式伽玛刀治疗中心的一些老教授和在伽玛刀治疗中卓有成绩的部分中青年专家共同编著了这本《颅脑伽玛刀治疗学》。他们详细总结了8年来在治疗颅内病变的临床经验, 全部采用自己的资料图片, 内容丰富, 图文并茂, 介绍了许多新观点、新知识。是一本值得阅读的专著, 我很高兴地推荐给神经外科的医师们。希望你们通过学习, 以更新观念, 获取新知识, 从中受益。对神经内科、儿科和从事神经病学、神经肿瘤学和放射肿瘤学的医师和研究生们, 此书也是一本很有价值的参考书, 值得大家一读。

解放军军事医学科学院原院长
神经外科专家

涂通今

2005年5月于北京

THERAPEUTICS OF GAMMA KNIFE FOR CRANIO-CEREBRAL DISEASES

序三

在外放射治疗学和立体定向技术的发展与应用了半个多世纪后，到1950年立体定向放射神经外科概念是才由瑞典Leksell教授首先提出来，1967年研制成功Leksell Gamma knife（伽玛刀），并用于临床治疗脑功能性疾病。近40年来经过多次对伽玛刀装置的改进，特别与CT和MRI的中枢神经系统影像学技术相结合后，使伽玛刀治疗脑内疾病的范围不断拓宽，治疗效果明显提高。目前，伽玛刀治疗已成为神经外科治疗的一种重要的方法。

我国立体定向放射神经外科起步较晚，但发展颇快。为了推动颅脑伽玛刀治疗的发展，海军总医院旋转式伽玛刀中心主任刘宗惠教授担任主编，组织全国各地旋转式伽玛刀中心的一批专家和中、青年学者共同编写了这本《颅脑伽玛刀治疗学》。全书详细介绍了伽玛刀临床治疗的新方法和新成就，总结了对脑内各类疾病治疗的适应证、治疗方法及疗效评价。内容丰富翔实、图文并茂，实用性强，对于青年医师们从中将可获取许多新知识、新理念。该书的出版将对颅脑伽玛刀的治疗起到重要的推动作用。

我愿将此书推荐给神经内、外科的医师们阅读，对一般内、外科、放射治疗科及临床研究生们也将是一本有价值的参考书。

中国人民解放军军医进修学院
解放军总医院神经外科

段国升

2005年7月

序四

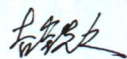
放射治疗学的提出与临床应用已经有100多年的历史了。而立体定向放射神经外科的概念是在20世纪50年代由Leksell提出的,60年代他与合作者研制成功了世界上第一台伽玛刀,并开始用于治疗神经外科的功能性疾病。以后,随着先进的脑神经成像学如CT、MRI、DSA及fMRI等兴起与不断完善,促使立体定向放射神经外科获得了长足的进步与发展。现在,它已成为临床放射治疗学中一门重要的分支学科,在颅脑疾病治疗中正发挥越来越重要的作用。

我国自行研制的旋转式伽玛刀在获得国家MDA注册及美国FDA认证后,成功用于临床。目前已治疗头部各类肿瘤与疾病达数万例,取得可喜的疗效。

北京海军总医院神经外科刘宗惠教授组织国内各旋转式伽玛刀医疗中心的一批专家编著了《颅脑伽玛刀治疗学》一书,是对我国在该领域的一个全面回顾和详细总结,具有继往开来之意义。书中既有宝贵丰富的临床治疗经验,同时也客观分析了使人深思的医疗工作教训,内容翔实,实用性强,必定会使广大青年医生从中受益。

相信这本书的出版,必将对今后颅脑伽玛刀治疗的规范与继续向前发展起到推动和指导性作用,最终有益于广大患者。

中国医学科学院肿瘤医学



2005年7月于北京

序五

20世纪60年代,瑞典Leksell伽玛刀开始用于临床,以立体定向技术为手段、辐射源为治疗方法的立体定向放射神经外科,近年来有了飞速发展。也正因为立体定向放射神经外科治疗的准确、简便、微创等多种优点,加上计算机技术日新月异的发展,伽玛刀技术已日趋成熟。特别可喜的,1996年起我国自行研制,并有知识产权的旋转式伽玛刀,开始在全国各地广泛普及和开展。每年治疗各种脑部疾病达数万例,取得了良好疗效。这门新兴学科正在以其无可比拟的优势越来越多的被人们所认识和接受,并大大地促进了我国立体定向和功能性神经外科学的普及和发展。

如今,由刘宗惠教授主编的《颅脑伽玛刀治疗学》,全面地介绍了伽玛刀技术的基础理论及其临床应用。特别介绍了我国有自己知识产权设计与制造的先进高科技仪器,并对临床应用8年来,全国16个伽玛刀中心的临床治疗进行了总结。对根本上区别于普通神经外科及根据组织敏感性差异的普通放射性治疗的伽玛刀技术治疗原理,治疗方案的设计、临床运用范围、适应证和禁忌证,操作规程,术后反应及并发症,临床经验和注意事项,临床研究方向等均作了系统的介绍。对目前我国市场经济影响下的某些不规范操作,适应证掌握不严,由于管理体系问题、如何较好的与神经外科,放射治疗科充分合作,加强脑病的活检率和新病种治疗的开发性的研究,要加强术后随访和进一步提高远期疗效等问题,指明了方向和注意事项。可以预计,作为国内第一本《颅脑伽玛刀治疗学》专著的出版,将对国内伽玛刀治疗(立体定向放射外科学)工作的顺利开展起到重要作用。并为放疗外科、神经内外科、放射治疗科、精神科等相关学科的医师进行系统学习和正确应用伽玛刀治疗技术提供了一本宝贵的参考书。

为此本人对此书的出版深为赞赏,以志祝贺。

中华医学会香港会员联合会、香港国际传统医学会会长
安徽医科大学前校长
安徽省立体定向神经外科研究所原所长,名誉所长

许建平

2005年7月

前言

立体定向放射神经外科 (stereotactic radiosurgery, SRS) 的概念, 是1950年由瑞典 Karolinska 大学神经外科教授 Leksell 首先提出来的。他将280keV的X射线源安装在立体定向框架上, 把颅内靶点置于立体定向半弧形的几何学中心, 使X射线聚焦于靶中心进行毁损照射, 以代替立体定向开颅电凝手术, 来治疗脑功能性疾病。研究成功后, 他又改用回旋加速器进行治疗, 但此操作复杂, 花费昂贵, 临床应用不便。于是, 他邀请了工程师 Larsson 协同研究, 1967年设计出世界上第一台伽玛刀 (Gamma knife), 用来对帕金森病和疼痛的无创治疗。在应用过程中, 获得许多惊奇的发现。为了适应扩大治疗的需要, 他们又于1975年完成了新一代伽玛刀的设计, 把 ^{60}Co 源由179个增至201个, 准直器由盘形改制成球形, 使治疗范围扩大到各种颅内肿瘤上来, 治疗病例数逐渐增多, 疗效满意。

Leksell 教授先后在国际相关学术会上多次作专题报告, 并发表多篇治疗学术论文, 使人们逐渐认识了伽玛刀治疗颅内疾病的安全性和有效性。20世纪70年代后期到80年代初, 颅脑CT、MRI的出现并迅速与立体定向仪相结合用于临床, 更促使了伽玛刀质的飞跃。1984年第3代伽玛刀完成改型, 用CT和 (或) MRI引导直接定位, 大大提高了其迅捷性与准确性。至1994年底全世界已推广应用Leksell型伽玛刀63台, 且仍呈直线上升趋势。我国于1993年开始引进第一台Leksell伽玛刀, 随后几年间又陆续安装了14台。伽玛刀治疗的颅内疾病病种有十余大类, 已治疗的病例达数万例之多, 取得较满意的疗效。

1994年由我国自行设计研制的具有自主知识产权的旋转式伽玛刀诞生了, 该技术填补了我国神经外科治疗领域的一项空白。经科学家们对伽玛刀装置的机械设备、计算机计划系统、 ^{60}Co 源体、旋转准直器等测试合格后, 又作了动物 (狗) 照射的急慢性生物学反应实验与病理学检查。1996年获得国家医药管理局 (MDA) 注册认证, 1997年通过美国食品与药品管理局 (FDA) 认证。国产旋转式伽玛刀于1996年9月开始推广应用于临床神经外科, 治疗颅脑疾病。

在我国, 通过实行集团式组织与管理, 先后在各省、市、地医院合作建成了20多个旋转式伽玛刀研究治疗中心, 全面开展了专业医务人员的系统培训、专业技术监测与指导、临床治疗与科研以及机械的维护、保养与更新, 取得了斐然的成绩。8年间已治疗各类颅脑疾病22种, 病例数达3万多例, 并发病发生率低。在国内外各类杂志发表有关旋转式伽玛刀治疗、研究论文500余篇, 获得10多项国家和省级科研成果奖, 并多次在全国性和国际学术会议上

进行学术交流, 极大地提高了我国在该领域的学术地位。

伽玛刀是一种医疗用高精尖的放疗设备, 其定位精确、操作复杂, 且治疗费用昂贵, 故该设备必须是由经过训练有素的神经外科医师和放射治疗医师共同进行适应证选择、病灶定位、剂量规划, 只有这样才能取得良好的治疗效果。为了进一步总结经验, 普及和推广国内自行研制生产的医用新技术、新设备、新经验, 我们组织了各省、地区旋转式伽玛刀中心的一批资深专家教授, 共同编写了这本专著《颅脑伽玛刀治疗学》。

本书共分三篇, 十九章, 约69万字, 附有400余幅插图。是一部系统性很强的颅脑伽玛刀治疗的经验指南。全书均采用我们多年来临床工作中积累的大量诊治病例经验及图片资料, 从伽玛刀的结构与原理、立体定向放射神经外科的基础、伽玛刀的临床应用等方面, 全面细致地阐述了伽玛刀在颅内病变治疗上的实际经验和最新成就, 治疗各类疾病的适应证、禁忌证, 各疾病的规划及剂量标准操作守则, 以及长、短期随访与疗效评价。全书内容翔实, 图文并茂, 实用性强, 对于中青年临床医师将可获取新知识, 更新观念, 从中得到益处。该书的出版对颅脑伽玛刀治疗的推广与应用, 将会产生重要的指导作用。

由于本书是由多个伽玛刀治疗中心的专家们分章节分工撰写的, 各位专家的写作风格不尽相同, 为了保持各撰写者独特风格与专长, 在本书的统一性和章节的连续性上可能有的地方稍有重叠, 我们本着合一而成全书, 拆开章节即为一篇论著的原则, 不做强行删改, 尽量保留作者编写思路的原貌。

因撰写者均工作在临床一线, 日常治疗工作繁忙, 在本书的写作过程中, 大家都是牺牲了自己的业余休息时间, 克服许多困难, 埋头钻研写成, 对他们的这种敬业精神与严谨的治学态度, 我深表感谢与致敬。同时, 也对给予本书大力支持的张纪、刘守勋、袁耿清教授表示感谢, 尤其对深圳傲华医疗设备发展有限公司为本书的组织出版工作所给予的大力支持和帮助深表感谢。虽然我们尽力完善本书, 几易其稿, 但在本书内容的整体性和顺序性或文章结构上, 可能仍存有一些缺点和纰漏; 加之由于我们的学识有限, 也可能有些意想不到的错误, 衷心地希望神经外科的同道们, 特别是专门从事颅脑伽玛刀治疗的朋友们对本书的内容不吝指正, 以使我們能够在本书再版时予以改进。

刘宗惠

2005年10月于北京

目 录

上篇 伽玛刀的发展史、结构与原理

第一章 立体定向放射神经外科发展史	3
第二章 旋转式伽玛刀的结构与原理及立体定位技术	13
第一节 概述	13
第二节 旋转式伽玛刀的结构	14
一、放射外科系统	14
(一) 射线源装置	14
(二) 驱动装置	15
(三) 屏蔽装置	15
二、立体定向系统	16
(一) 立体定位框架	17
(二) MRI/CT 头框和适配器	18
(三) 定位支架	19
(四) 治疗床	19
三、治疗计划系统	19
四、控制系统	20
五、治疗程序	21
(一) 治疗前准备	22
(二) 安装立体定位框架	22
(三) 获取 MRI/CT 扫描图像	22
(四) 制定治疗计划	22
(五) 治疗	23
(六) 治疗结束	23
第三节 旋转式伽玛刀的原理	24
第四节 立体定向技术在头部伽玛刀中的应用	24
一、头部伽玛刀立体定位基础	25
(一) Leksell 立体定向仪的定位原理	25
(二) OUR 旋转式伽玛刀定位系统的基本构成	25
二、伽玛刀立体定位方法	25
(一) CT、MRI 扫描	26
(二) PET 扫描	26
三、头部伽玛刀的基本操作程序	26

(一) 伽玛刀治疗前的准备	26
(二) 手术操作	27
(三) 伽玛刀治疗计划的具体设计	27
(四) 伽玛刀治疗的实施	27
(五) 术中意外情况的预防和处理	28
第三章 与伽玛刀治疗相关的影像学设备	29
第一节 电子计算机断层扫描	29
一、CT 的组成与功能	29
(一) 扫描系统	29
(二) 检查床	30
(三) 扫描控制系统	30
(四) 计算机系统	30
(五) 操作控制系统	31
二、CT 的工作原理	31
(一) CT 成像的基本原理	31
(二) CT 图像重建原理	31
(三) CT 图像和 CT 值	32
(四) CT 图像的采集方法	32
(五) CT 血管造影重建	34
(六) CT 脑血流灌注成像	34
三、CT 的临床应用	34
(一) 颅脑 CT 扫描技术	34
(二) CT 脑血管造影	35
第二节 磁共振成像	35
一、磁共振成像系统的组成及功能	35
(一) 主磁体	35
(二) 梯度磁场	36
(三) 射频系统	36
(四) 计算机及数据处理系统	36
(五) 辅助设备	36
二、磁共振成像的基本原理	36
(一) 磁共振现象	36
(二) 磁共振图像的形成	37
三、脉冲序列	38
(一) 自旋回波序列 (SE)	38
(二) 临床应用	39
四、磁共振造影增强检查	40
(一) Gd-DTPA 增强方法	40
(二) MRI 增强检查的适应证	41
五、MRI 的临床应用	41
(一) MRI 检查前准备及适应证和禁忌证	41
(二) MRI 成像技术	41
第三节 数字减影血管造影	48

一、DSA 系统的组成与功能	48
(一) X 射线系统	48
(二) 计算机及控制系统	49
二、DSA 系统的工作原理及减影方式	49
(一) DSA 的工作原理	49
(二) DSA 的减影技术	49
三、DSA 在头颈部的应用	50
(一) 术前准备	50
(二) DSA 的适应范围及造影方法	50
(三) 常用的造影技术	50
第四节 正电子发射体层扫描	51
一、PET 脑显像	52
二、脑受体显像	53
第五节 脑磁图	54
一、生物磁场检测的发展史	54
二、脑磁场的发生机制	55
三、脑磁图的工作原理	56
四、脑磁图的临床应用	57
五、脑磁图的研究进展	59
第六节 解剖图像与功能图像融合技术	59
一、异机图像融合的临床应用	60
二、图像融合发展	61
三、同机图像融合	61
四、PET/CT 的临床应用	62

中篇 立体定向放射神经外科的基础

第四章 放射物理学基础	67
第一节 原子核物理学基础	67
一、原子核的结构	67
(一) 原子核的质量和电量	67
(二) 放射性核素	68
(三) 原子核的结合能	68
(四) 核力与核结构模型	68
二、原子核的放射性衰变	69
(一) 核衰变的方式	69
(二) 放射性衰变的规律	70
三、射线与物质的相互作用	71
(一) α 射线与物质的相互作用	71
(二) β 射线与物质的相互作用	71
(三) γ 射线与物质的相互作用	71
(四) 中子与物质的相互作用	72
第二节 头部伽玛刀的放射剂量学	73

一、头部伽玛刀的发展简史	73
二、头部伽玛刀放射源的特性	74
三、头部伽玛刀常用的放射剂量单位、专业术语及概念	74
(一) 常用放射剂量单位	74
(二) 放射物理常用专业术语及概念	75
四、头部立体定向 γ 射线治疗系统(头部伽玛刀)组成	79
(一) 立体定位系统	79
(二) 三维治疗计划系统	79
(三) 治疗控制系统	79
五、头部伽玛刀的治疗原理和工作原理	80
(一) 治疗原理	80
(二) 工作原理	80
六、头部伽玛刀治疗的剂量测量	80
(一) 头部伽玛刀剂量场的分布特点	80
(二) 头部伽玛刀剂量学参数的测量	80
第三节 头部伽玛刀治疗计划的设计与评估	83
一、头部伽玛刀治疗计划	83
(一) 计算机屏幕上常见术语	83
(二) 制定伽玛刀治疗计划时应考虑的重要问题	83
(三) 制定治疗计划的原则	84
(四) 靶区的定义	84
二、治疗计划的设计	85
(一) 多个等中心点的设置	85
(二) 治疗计划的优化原则	86
三、治疗计划的评估	87
(一) 剂量-体积直方图	87
(二) 小病灶放射外科治疗计划标准值	87
第五章 放射生物学	89
第一节 概论	89
一、电离辐射的种类及其与物质的相互作用	89
二、电离和激发	90
三、传能线密度与相对生物效应	90
四、自由基	90
五、直接作用与间接作用	91
六、氧效应与氧增强比	92
七、靶学说和靶分子	92
八、电离辐射的分子生物学效应	93
(一) 辐射所致 DNA 损伤及其生物学意义	93
(二) 辐射引起的 DNA 功能与代谢变化	94
(三) 染色质的辐射生物效应	94
(四) DNA 辐射损伤的修复	95
九、辐射致癌的分子基础	95
(一) 体细胞突变	95

(二) 癌基因和抑癌基因	96
第二节 电离辐射的细胞效应	97
一、细胞的放射敏感性	97
(一) 不同细胞群体的放射敏感性	98
(二) 不同细胞周期时相的放射敏感性	98
(三) 环境因素对细胞放射敏感性的影响	98
(四) 细胞放射敏感性的机制探讨	99
二、电离辐射细胞周期进程的影响	99
(一) 概述	99
(二) 细胞周期进程的调控	99
(三) 电离辐射影响细胞周期进程的机制	99
(四) 电离辐射影响细胞周期进程的生物学意义	101
三、电离辐射引起细胞死亡及其机制	101
(一) 辐射引起细胞死亡的类型	101
(二) 细胞凋亡	101
四、细胞存活的剂量效应关系	103
(一) 细胞存活的概念	104
(二) 细胞存活的体内、外测量	104
(三) 细胞存活剂量效应曲线的种类	105
(四) 离体培养哺乳动物细胞的存活曲线	106
五、辐射诱导的细胞损伤及其修复	107
(一) 细胞放射损伤的主要种类	108
(二) 细胞放射损伤的修复	108
(三) 影响细胞放射损伤及修复的因素	111
第三节 肿瘤细胞动力学	118
一、正常组织和肿瘤细胞群增殖动力学的比较	118
(一) 细胞周期时间	118
(二) 生长分数	118
(三) 细胞丢失	118
二、人类肿瘤的生长动力学	119
三、肿瘤细胞对辐射的反应	119
(一) 辐射对肿瘤细胞群的影响	119
(二) 肿瘤的剂量效应曲线	120
(三) 肿瘤细胞在体照射的存活曲线	120
(四) 肿瘤组织的放射敏感性	121
第四节 放射治疗中的分次照射	121
一、分次照射中的生物因素	122
(一) 放射损伤的修复	122
(二) 细胞再增殖	123
(三) 细胞周期内的再分布	124
(四) 肿瘤内乏氧细胞再氧合	124
二、多分次照射存活曲线	124
三、分次照射类型及临床应用	125
(一) 分次照射类型	125

(二) 分次照射计划的调整及临床应用	125
第五节 放射治疗与其他疗法的联合应用	126
一、放射治疗与手术联合应用	126
(一) 术前放射治疗	126
(二) 术后放射治疗	127
(三) 术中放射治疗	127
二、放射治疗与化学药物治疗联合应用	127
(一) 细胞对化疗药物和电离辐射反应的比较	127
(二) 放射治疗与化疗联合应用的理论基础	127
三、放射治疗与增温治疗联合应用	128
(一) 增温并用放射治疗的理论基础	128
(二) 增温放疗在临床治疗中的应用	129
四、放射治疗与肿瘤生物疗法联合应用	129
(一) 肿瘤生物疗法抗肿瘤机制	129
(二) 放射治疗与肿瘤生物疗法联合应用的时机和选择	130
第六章 立体定向放射外科治疗的基础研究	131
第一节 立体定向放射外科动物模型	131
一、实验动物及实验部位	131
二、正常神经组织的放射外科模型	132
三、脑血管疾病的放射外科模型	133
四、脑肿瘤的放射外科模型	133
第二节 立体定向放射外科对脑组织生物学效应的实验研究	134
一、脑实质损伤的形态学研究	134
二、血-脑屏障 (BBB) 损伤及代谢改变	135
三、大血管损伤	136
四、部位差异性	136
第三节 立体定向放射外科对中枢神经系统的损伤机制	137
一、放射生物学基础	137
(一) 放射性损伤的分子基础	137
(二) 放射性损伤的细胞基础	137
二、中枢神经系统 (CNS) 的放射性损伤机制	138
(一) 脑组织结构及细胞动力学	138
(二) 剂量潜伏期关系——两种延迟损伤机制	138
第四节 用立体定向放射外科对狗、鼠脑的实验研究结果	139
第一部分 伽玛刀照射后正常狗脑的影像学及组织学变化	139
一、材料和方法	139
二、结果	140
(一) 行为学结果	140
(二) MRI 表现	140
(三) 病理学改变	141
三、有关问题的讨论	142
四、结论	143
第二部分 伽玛刀照射后正常大鼠脑病理学改变	143