



放疗

治疗

常识手册

FANGSHE ZHILIAO CHANGSHI SHOUCHE

主编 居小萍 张火俊 张晓青



第二军医大学出版社
Second Military Medical University Press

放射治疗常识手册

FANGSHE ZHILIAO CHANGSHI SHOUCHE

主编 居小萍 张火俊 张晓青



第二军医大学出版社
Second Military Medical University Press

内 容 简 介

本书包括：放疗的一般常识、临床和运用疾病，具体介绍了放射治疗的设备、原理和方法、疗效和影响疗效的因素、应注意事项以及常见疾病放射治疗的具体实施和此领域的新进展等。

读者对象：恶性肿瘤病人以及正在接受放射治疗的病人；肿瘤科及放疗科医生。

图书在版编目(CIP)数据

放射治疗常识手册/居小萍,张火俊,张晓青主编. —上海:第二军医大学出版社,2014.2

ISBN 978-7-5481-0769-9

I. ①放… II. ①居… ②张… ③张… III. ①放射治疗学—手册 IV. ①R815-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 320456 号

出 版 人 陆小新

责任编辑 画 恒 胡加飞

放射治疗常识手册

主 编 居小萍 张火俊 张晓青

第二军医大学出版社出版发行

<http://www.smmup.cn>

上海市翔殷路 800 号 邮政编码: 200433

发行科电话/传真: 021-65493093

全国各地新华书店经销

江苏天源印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 4.625 字数: 120 千字

2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5481-0769-9/R·1533

定价: 15.00 元

前 言

PREFACE

放射治疗是恶性肿瘤治疗的有效手段之一,大约有 60% 的病人以放射治疗作为首选治疗或综合治疗的一部分。近年来,随着计算机和高新技术的引入,放射治疗设备的更新,肿瘤放射治疗学得到了快速发展,三维适形放射治疗、调强适形放射治疗、影像引导放射治疗、立体定向放射治疗等技术已广泛应用于临床治疗,取得了较好的疗效。随着放射治疗技术的日益精确,肿瘤病人的局部控制率得到不断提高,而正常组织损伤有所下降。

为了肿瘤科临床医生和放疗科室的年轻医生、进修生更多地了解和掌握肿瘤放疗学的常识,我们编写了本手册。旨在进一步加强科室之间的协作,共同努力提高肿瘤病人的生存率,改善生活质量。当然,也希望对其他科室的医生有所帮助。

本书包括三部分:放射治疗的一般常识、放射治疗的临床常识、放射治疗的疾病常识,具体介绍了放射治疗的设备、放射治疗的原理和方法、放射治疗的疗效和影响疗效的因素、放射治疗中的注意事项以及常见疾病放射治疗的具体实施、放射治疗领域的新进展等。

由于编者水平有限,难免有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

2013 年 1 月

目 录

CONTENTS

第一章 放射治疗的一般常识

- 第一节 放射治疗的概述 / 1
- 第二节 放射治疗的常用设备 / 4
- 第三节 射波刀 / 10
- 第四节 恶性肿瘤的放疗效果 / 15
- 第五节 放射效应的持续时间 / 18
- 第六节 良性病的放疗 / 19
- 第七节 放射治疗的目标 / 20
- 第八节 放射治疗的时间和分次效应 / 22
- 第九节 精确放射治疗 / 24
- 第十节 近距离放射治疗 / 28
- 第十一节 放射治疗计划系统与放疗计划 / 32
- 第十二节 正常组织的放射损伤 / 35
- 第十三节 全身放射损伤与防护 / 38

第二章 放射治疗的临床常识

- 第一节 放射治疗前的评估与准备 / 40
- 第二节 放射治疗的流程 / 41
- 第三节 放射治疗中固定器的使用与定位线的保护 / 42
- 第四节 放射治疗与化学治疗联合 / 45
- 第五节 放射增敏剂和放射防护剂 / 49

- 第六节 热疗合并放射治疗 / 53
- 第七节 放射治疗对血象的影响 / 55
- 第八节 放射反应的治疗及护理 / 56
- 第九节 放射治疗期间的饮食与营养 / 59
- 第十节 放射治疗期间应注意的问题 / 61
- 第十一节 再程放射治疗与复发癌再治 / 62

第三章 放射治疗的疾病常识

- 第一节 鼻咽癌 / 64
- 第二节 喉癌 / 70
- 第三节 甲状腺癌 / 75
- 第四节 食管癌 / 78
- 第五节 原发性肺癌 / 85
- 第六节 胰腺癌 / 95
- 第七节 肝癌 / 99
- 第八节 直肠癌 / 102
- 第九节 宫颈癌 / 109
- 第十节 子宫内膜癌 / 114
- 第十一节 膀胱癌 / 118
- 第十二节 前列腺癌 / 122
- 第十三节 脑胶质瘤 / 128
- 第十四节 恶性淋巴瘤 / 132
- 第十五节 乳腺癌 / 138

有关高科技于一身的独立的临床学科——肿瘤放射治疗学。

肿瘤放射治疗学是一门复杂、基础知识广的学科,其基础包括:放射物理学、放射生物学、肿瘤学、临床放疗技术,被称为四大支柱,意在不可缺一。除此之外,临床其他学科都与肿瘤学有密切关联的知识。

肿瘤病人 60% 以上在病情的不同阶段需要作放射治疗。放射治疗疗效可靠,不良反应明确,大约能使 80% 以上的肿瘤得到不同程度的局部控制。另外,良性病的放射治疗也再一次引起了放疗专家们的兴趣,特别在欧洲,放射治疗良性病已成为趋势。放射治疗发展很快,应用很广,设备越来越先进。目前,不少大中城市大医院都能开展此项治疗。在放疗中,利用各种辅助手段提高肿瘤的局部控制率,提高肿瘤的辐射敏感性,同时尽可能减轻或避免正常组织的辐射损伤,是放射工作者孜孜不倦、永不懈怠追求的目标。

在所有恶性肿瘤病人中,有不少是可以用放疗治愈的,如口咽、舌根、扁桃体癌的放疗治愈率在 37%~53%,上颌窦、鼻腔筛窦癌为 38%~40%,早期的舌癌、鼻咽癌和宫颈癌为 86%~94%,食管癌早期为 80% 和中晚期为 8%~16%,国外的早期直肠、喉癌为 80%~97% 等,因此放疗在肿瘤治疗上是有重要价值的。

二、放射治疗的原理

放射治疗是利用天然的或人工的放射性同位素产生的 γ 射线,或利用医用加速器产生的超高压 X 线、 β 线、中子束等照射杀灭癌细胞。放射治疗最大的优点是在于能保留原组织器官的形态和功能,疗效确实,副作用小,病人易接受。放射治疗分体外照射、腔内和插植治疗 3 种。一般以体外放疗为主,腔内和插植为辅。

放射治疗的原理为放射线与生物体的相互作用,分为直接作用和间接作用。直接作用是射线被生物物质所吸收时,直接和细胞关键的靶起作用,靶的原子被电离或激发从而启动一系列的事

件导致生物改变。另一方面,射线在细胞内可能和另一个原子或分子相互作用产生自由基,它们可以扩散到达靶,并造成损伤。

研究表明,细胞核内的 DNA(脱氧核糖核酸)双链对放射线最敏感,射线可直接作用于 DNA 双链,造成 DNA 的单链或双链断裂,或通过间接作用,自由基造成靶损伤。单链断裂尚可修复,而双链断裂即可造成细胞失去无限增生的能力而致细胞死亡。

肿瘤和正常组织是有差别的,在放射治疗疗程中,我们就利用肿瘤和正常组织的差异,从而达到杀灭肿瘤而不致正常组织严重损伤的目的。如通过分次治疗,使肿瘤细胞在对放射线敏感期时给予杀灭,使乏氧的肿瘤细胞再氧合从而对射线敏感,以及正常组织和肿瘤修复放射损伤能力的差异,来达到杀灭肿瘤,保护正常组织功能的目的。

三、放射治疗的适应范围和副作用

放射治疗的适应范围:①单纯根治的肿瘤,鼻咽癌、宫颈癌、食管癌、早期喉癌、早期口腔癌、髓母细胞瘤、早期肺癌等。②与化疗合并治疗肿瘤,肺癌、恶性淋巴瘤等。③与手术综合治疗,乳腺癌、上颌窦癌、喉癌、脑胶质瘤、肺癌、胸腺瘤、直肠癌、软组织肉瘤等,有计划地行术前放疗、术中放疗、术后放疗。④姑息性放疗,骨转移灶的止痛放疗、脑转移放疗、晚期肿瘤所造成局部严重并发症的治疗。

放射治疗的副作用是众所关注的问题,目前只要按正规的计划进行放射治疗,反应一般是可以耐受的。皮肤一般只有若干反应及偶有小片状湿性反应,短期内可自愈。黏膜组织的急性水肿,少数见有浅糜烂,在放疗停后短期内均可恢复,照射区的毛发脱落,可以在放疗后 3~5 个月再生。唾液腺的损害,恢复需要 1~2 年,而少部分病人的软组织纤维化和个别病人的神经纤维损害恢复很难。照射区的个别病人脑局部软化、脊髓炎、脑神经麻痹,不能恢复,这主要是由于治疗计划不当和多疗程治疗累积高剂量生

物效应,以及部分个体对射线高敏感有关系。

四、放射治疗的剂量

放射治疗的剂量取决于肿瘤细胞对射线的敏感性、肿瘤的大小、肿瘤周围正常组织对射线的耐受性等。一般情况下治疗鳞癌需要 60~70 Gy/6~7 周,腺癌需要 70 Gy/7 周以上,未分化癌需 50~60 Gy/5~6 周。

微小病灶、瘤体直径在 1 cm 以下,临床检查不易发现,称之为亚临床病灶或称临床前期病灶。这些病灶体积小,周围有正常组织环绕供氧充分,毒素排泄通畅,放射治疗容易收到好的效果,所以只需一般剂量的 2/3 或 4/5 即可控制肿瘤生长。目前治疗方法多为适当地扩大照射野,使其包括可能浸润或可能转移的淋巴引流区,待达到亚临床剂量后,缩小照射野,针对肿瘤补足剂量。实践证明,用这种方法对保护正常组织和根治肿瘤有明显效益。术后的预防照射,实际上就是针对亚临床灶治疗。对于大的肿瘤,由于血运差及乏氧状态很难达到理想的治疗效果,故最好能采取与热疗或手术相配合的综合治疗。

第二节 放射治疗的常用设备

一、常规放疗设备

常规放疗设备主要指 20 世纪 80 年代以前的深部 X 线机、钴 60 治疗机和低能医用直线加速器,其特点是利用放射线摧毁人体内的肿瘤病灶。由于技术和手段的限制,放疗设备能量仅在千伏级和低能兆伏级,多数采用 X 线外照射为主,有时辅以电子线或核素近距离治疗(腔内或间质内治疗),所开展的治疗技术也较为简单,照射野设置数少,固定束治疗多,二维治疗计划系统仅能进行部分优化和截面内剂量分布的简单计算。当肿瘤靶区剂量达到

致死剂量时,对射线入射路径上的正常人体组织和器官损伤较大。

二、三维适形放疗(3DCRT)设备

20 世纪 90 年代中期,随着计算机和医学数字图像技术的发展(如 CT、MRI),人体内的实体肿瘤的空间形状已经可以被准确勾画。临床放射治疗继而提出了剂量分布应与靶区形状一致,常规放疗设备的矩形和圆形照射野已不再适合新的要求,随之成功研制的 3DCRT 设备迅速在临床得到推广和应用。3DCRT 的主要技术特点是在直线加速器基础上增加了多页准直器(MLC)和相应的三维放疗计划系统(3DTPS)。利用 3DTPS 设计非共面不规则野进行分次照射,野截面形状由 MLC 调节,使与束流观视方向上肿瘤靶区轮廓相符合,能直观射线束对肿瘤的包裹和避开重要器官,可以使靶区边缘剂量提高,总体提高靶区剂量,从而提高肿瘤局部控制率。采用 3DTPS 可以得到精度在 2%~3% 的精确计划,实现肿瘤的精确治疗,但同时也对医用直线加速器提出更多要求。

MLC 是实现 3DCRT 的基本硬件,通常分为手动和电动 2 类。手动 MLC 结构简单,制作容易,国内外厂家均有生产。电动 MLC 又分内置和外置 2 种。内置 MLC 是安装在加速器机头内,替代了原有的一对独立准直器,而外置 MLC 则是外挂在加速器机头下端面。如 ELEKTA、VARIAN 和 SIEMENS 三大直线加速器生产厂家均有自己的 MLC。MLC 的性能主要取决于开野大小、叶片对数和在等中心处最小叶片投影厚度,叶片对数越多、投影宽度越小,适形程度越好。

3DTPS 是实现 3DCRT 的支持软件,主要技术要求是依托直线加速器物理数据联网或独立读入 CT、MRI 和模拟定位机所获得的肿瘤影像参数,以 3D 方式重建病人肿瘤病灶图像,勾画靶区轮廓,设置照射野数量及其方向,计算和优化靶区剂量,输出 MLC 控制参数,使直线加速器和 MLC 能精确地完成 3DCRT 功能(图 1-2)。

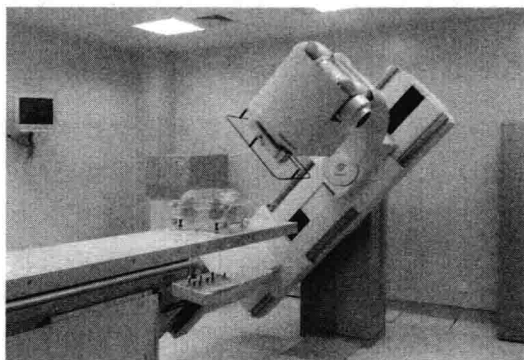


图 1-2 医用直线加速器

三、调强适形放疗(IMRT)设备

由于 3DCRT 技术仅做到了照射野方向的剂量分布与靶区截面形状一致。但临床更希望使高剂量区的剂量分布在三维方向上与靶区体积一致,且靶区内任一点的剂量与处方剂量相等,这就要求治疗设备能使用束流调控方式,控制 X 线束的强度和方向,或使用动态多叶准直器在固定野和旋转运动中实行调强,同时使靶区以外的组织剂量和受照体积减小到最小。基于容积成像技术(CT、MRI)、三维计划和图像显示技术、加速器束流控制技术的进展,应运而生了满足临床需要的 IMRT 设备,如美国 VARIAN 公司 Trilogy 直线加速器。IMRT 设备的主要技术特点首先是需要借助带断层扫描的模拟定位机或 CT 定位机对靶区进行立体定向定位,然后 3DTPS 根据已获得的立体定向定位数据进行靶区三维图像重建(DRR),再按照临床要求的靶区三维剂量分布,计算出各照射野方向上二维强度调制函数,由配有 MLC 的直线加速器或具有笔形束扫描方式的回旋加速器完成对病人的治疗工作,如 Scanditronix MM50。IMRT 做到了精确定位、精确计划、精确摆位、精确照射的精确放射治疗,它提高了靶区剂量精度,从而明显

提升了肿瘤的局部控制率,但由于技术和装置较为复杂,因而治疗时间较长。

四、影像引导放疗(IGRT)设备

临床肿瘤治疗为追求病灶靶区的更加精确,对呼吸造成的靶区空间位置移动提出了新的控制要求。在一个疗程或一段治疗时间内的治疗过程中,肿瘤大小和位置也会发生变化,影像引导可对呼吸、位置、肿瘤大小的变化实现自动检测、验证和调整,即 IGRT (image guide radiotherapy, IGRT)。IGRT 的主要技术特点是将千伏级或兆伏级的 X 射线产生、影像实时获取及其处理技术与直线加速器集成一体,即在常规加速器上增加 Cone Beam CT (CBCT)的方法来实现 IGRT 技术。肿瘤治疗时,先用千伏级或兆伏级 X 线绕病人肿瘤位置旋转一周,在高分率的非晶硅探测器上获得病灶影像。同时进行误差分析,然后再由加速器实时修正治疗参数进行治疗。

Tomotherapy 是近年应用临床的 IGRT 设备(图 1-3)。称为断层扫描放射治疗设备,其主要特点是采用大孔径(85 cm)CT 滑环机架,机头安装在滑环上,机架等中心精度: $\pm 0.1 \text{ mm}$,床定

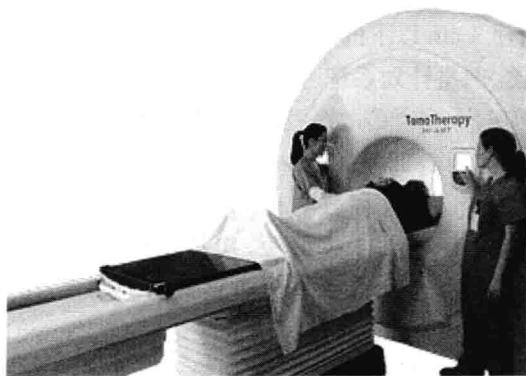


图 1-3 Tomotherapy 治疗机

位精度： $\pm 0.1\text{ mm}$ 。和普通加速器相比，Tomotherapy 无加速器拥有的许多治疗附属部件，如楔形板、手控盒、步进多叶准直器、电子限光筒等，也无照野大小限制。Tomotherapy 出束时产生旋转的扇形射束，射束通过二元气动多叶准直器实现射束强度和分布调整，加速器机头对侧的治疗床下方安装有千伏级电子射野影像系统 (EPID)，作为射野验证和剂量分布测量。在射野中心轴垂直方向上，另外安装有 X 球管和探测器，可以实现影像引导下病人人体位的实时定位。而在整个治疗过程中，病人身体纵向穿过环形机架中心孔，不会发生机架与病人的碰撞。

射波刀 (Cyber knife system) 是影像引导自动追踪立体定向的放疗设备，它是美国 Accuray 公司研制的智能跟踪电子直线加速器，该机经美国 FDA 批准已进入放射治疗和放射外科市场，目前运行于各大医院。其主要技术特点是：采用先进的影像引导技术自动跟踪病人靶区目标，实现影像引导下实时的立体定向放疗。

五、伽马刀治疗系统

即立体定向伽马射线治疗系统，是一种现代放射治疗设备，其独特的剂量分布特征有助于采用高分次剂量和短疗程的时间剂量分割模式治疗 4 cm 以下的病灶 (图 1-4)。伽马刀治疗系统由辐射源、准直器、剂量计划系统、控制系统等组成。Leksell 头部伽马刀治疗系统有 201 个 ^{60}Co 放射源分别放在半球状的金属屏蔽系统内，初装总活度约 $2.22 \times 10^{14}\text{ Bq}$ (6 000 Ci)，经准直的 201 束 γ 射线旋转聚焦于伽马刀的辐射中心，中心剂量率 4 Gy/min，国产头部伽马刀装有 30 个 ^{60}Co 放射源，初装总活度约 $3.15 \times 10^{14}\text{ Bq}$ (8 500 Ci)，经准直的 30 束 γ 射线旋转聚焦于伽马刀的辐射中心，中心剂量率 $> 3\text{ Gy/min}$ ，准直器孔径有 3 mm、12 mm、18 mm 等 3 种，应根据病灶大小选择合适的准直器。伽马刀治疗系统优点是放射半影小，皮肤剂量低。

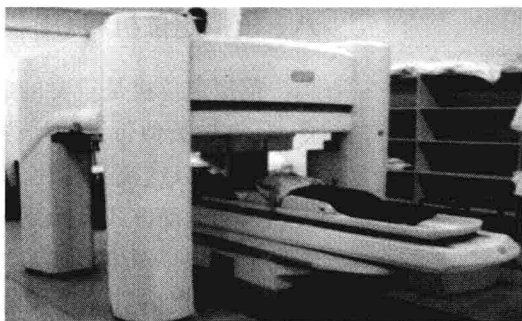


图 1-4 全身伽马刀治疗机

六、重粒子治疗设备

高能重粒子指质子、中子、 π 介子及低原子序数的高能粒子，以质子为代表的高能重粒子（快中子除外）具有特殊的布拉格（Bragg）峰形剂量分布（即射线能量集中峰区，峰区前后的组织剂量很低，峰区位置和宽度可按治疗要求的靶区位置和大小进行调节），故质子的单野照射可得到射线多野共面或非共面照射一样的剂量分布和治疗增益，质子束的单平面旋转可得到 X(γ) 射线立体定向治疗一样的高治疗增益剂量分布。因此，质子治疗比 X(γ) 射线更适于 3DCRT 和 IMRT。

七、近距离后装治疗机

后装机采用的放射源有 ^{192}Ir 、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 等，可用于腔内、组织间及手术中内照射治疗，一般作为外照射的补充。在治疗时，先把空的施源器放入体腔内，或将专用管（针）插入组织内，然后在有防护屏蔽的条件下，由后装机自动把放射源从机内贮源器通过连接管输入施源器内进行照射。达到设置剂量后，放射源自动退回机内贮源器，工作人员再从病人体内取出施源器（管、针）。由于取放施源器时不带放射源，免除了工作人员的职业辐射（图 1-5）。

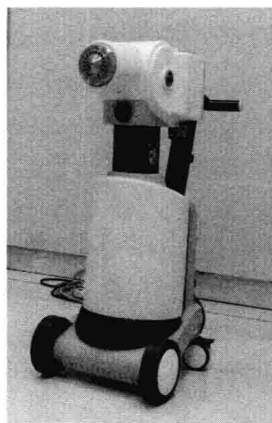


图 1-5 近距离后装治疗机

八、模拟定位机和 CT 模拟定位机

模拟定位机是重要的放疗辅助设备,其结构类似带影像增强器的 X 线诊断机,可以透视或拍片,不同的是机头和床的运动方式及距离同直线加速器完全一致。医生可以定出靶区照射范围,通过机内灯光投影在病人体表皮肤上,划出红线即照射野以便实施放疗,也可拍片供医疗记录照射野。

CT 模拟定位机集 CT 扫描机、三维模拟定位为一体,具有 80 cm 以上大孔径、60 cm 以上的大扫描视野,CT 模拟机的扫描范围可达 100 cm 以上,平板床负载变形小,可实时确定等中心和完成病人体表标记。如在 CT 模拟定位机加装机械手,还可以进行定向引导活检和放射性粒子定向引导植入。

第三节 射 波 刀

射波刀是由美国斯坦福大学 John Alder 教授研发,首台于 1994 年安装于美国斯坦福大学医学中心,开始临床应用,并于 2001 年获得 FDA 认证后开始积极的商业化运营。射波刀是使用 6MV X 线对恶性肿瘤或良性病灶作精准、无创的消融,且能保护邻近正常组织的放射外科设备,它是全世界唯一整合机器人和影像引导自动摆位和治疗中能频繁地以影像监控靶区位移,自动修正照射方向的放射外科系统。该产品的特点是 6MV X 线治疗方向的控制和治疗床的移动(线移和转动)由电脑作高度自动化和高精度的操控,对治疗中病人体位的移动有严密的、频繁的 X 线

摄影监控并作必要的自动修正,体位监控荧幕的显示,相对 x 、 y 、 z 轴的移动和转动,以 0.1 mm 和 0.1° 为单位实时记录。

射波刀的发展专注于肿瘤的精确放射外科治疗,为良、恶性肿瘤病人提供 1~5 天无须住院、不必麻醉、无肿瘤或器官切除的治疗,不但疗效高、副作用低,而且放射外科治疗后恢复期短,全身恶性肿瘤和良性肿瘤或病灶(如三叉神经痛)都适用。

一、技术与方法

立体定位射波手术平台(Cyber Knife,以下简称“射波刀”)是一种新型的立体定向放射外科治疗系统。它是在影像引导系统的实时监控下,将重量仅 150 kg 的发出 6 MV X 线的微型医用直线加速器与具有 6 个自由度关节的机械手臂相结合,根据立体定向原理,使用大剂量、低分割、窄束高能 X 线准确聚焦照射靶区,使之产生强烈局部放射生物学反应,达到肿瘤或病灶消融的目的。射波刀具有无创、精确、射线分散、克服肿瘤移动、安全、有效、病人易接受等优点。

二、仪器设备

射波刀由五大系统组成。

(1) 机器人放射系统 包括 6 MV 微型医用直线加速器和具有 6 个自由度的机械手臂。

(2) 立体定位系统 包括一组 45° 及 135° 正交照射的 X 线摄影机和非晶硅数码瞬时成像设备。

(3) 呼吸追踪系统 主要包括呼吸追踪运动连续摄影记录并回馈至加速器,随呼吸律动做动态的治疗。

(4) 自动治疗床系统 具有 6 个自由动度移动的全自动治疗床(即治疗床可在一定范围内进行上下、左右、前后的平移和旋转)。

(5) 管理系统 包括上述各子系统的综合控制系统,治疗计

划系统,影像融合及绘图软件,头颅、脊椎、肺肿瘤自动定位软件等。

三、临床应用范围

(1) 颅内病变 多形性胶质母细胞瘤、转移性肿瘤、视神经旁肿瘤、听神经瘤、垂体腺瘤、儿童脑瘤、动静脉畸形、三叉神经痛、丛集性头痛、癫痫等。

(2) 脊髓脊椎病变 脊髓恶性肿瘤、脊髓脊椎转移瘤、脊髓良性肿瘤、脊髓骨良性肿瘤、脊髓动静脉畸形等。

(3) 头颈部肿瘤 鼻咽癌、眼眶肿瘤、原发性头颈肿瘤、头颈复发肿瘤、恶性纤维组织细胞瘤、颈脉球瘤等。

(4) 胸部肿瘤 早期非小细胞肺癌、肺门区肺癌、肺脏转移性肿瘤、食管肿瘤、纵隔肿瘤等。

(5) 腹部肿瘤 肝脏原发肿瘤、肝脏转移性肿瘤、胰腺癌、肾肿瘤、肾上腺转移瘤、主动脉旁淋巴瘤、腹壁转移瘤等。

(6) 盆腔肿瘤 宫颈癌、前列腺癌、直肠癌转移癌、盆腔复发性肿瘤等。

(7) 肉瘤 各种软组织的恶性肿瘤。

四、工作流程

(1) 对颅内及脊椎病灶的射波刀治疗 工作流程,包括以下几点。

1) 制作热塑面罩。

2) 对治疗目标区作 CT 立体定位扫描,影像用作治疗计划电脑运算及治疗中体位移动校正的标准。

3) 治疗计划设计,包括 CT 影像病灶和邻近器官外缘的三维描绘和等剂量曲线的运算和绘图,并纳入医师处方指示与最后的认可。

4) 病人躺在治疗床上按治疗计划启动照射。