

中华医学会肿瘤放射治疗学会
中国癌症研究基金会 放射治疗技师培训班

肿瘤放射治疗学讲义

上册

(照射技术部分)

放射技师培训班编写组

一九八七年九月

前 言

肿瘤的放射治疗是肿瘤治疗的一种重要手段之一。最佳的放射治疗决定于放疗医生和其它科技人员组成的队伍的共同努力和协同工作，治疗的成功与否很大程度上依赖于这个队伍中人员的技术素质，因此需要对放疗队伍中的科技人员进行不断地培训和再教育，使其达到和赶上世界最现代的放疗技术水平。本着这个目的，中华医学会肿瘤放射治疗学会，在总会和中国癌症研究基金会的帮助下，委托中国医学科学院肿瘤医院放疗科开设放射治疗技师培训班，对在在职的放射治疗技术员进行分期分批地再教育。

放射治疗技术员在放射治疗的计划设计与执行中起着极其重要作用，是治疗计划的执行者，是医生的得力助手。作为一名放疗技术员除了一般医学常识外还应该懂得解剖学，肿瘤的发生、发展和转移规律，肿瘤的放射物理和生物学基础，尤其是正常组织和器官的耐受量只有这样才能准确地理解和执行放疗医生的医嘱，正确地执行放射治疗计划；并在执行过程中，发现问题及时向医生反映，对不恰当的治疗计划，应建议医生进行修改；同时放疗技术员还应了解现代治疗设备的简单结构和操作规程，才能充分发挥机器提供的优越性能。

实现上述目标，是本讲义编写的宗旨。讲义基本反映了现代放射治疗对一个合格的放疗技师的要求和应掌握的技术内容，讲义中的一些章节，如肿瘤的放射物理基础，不仅对放疗技师，而且对低年放疗医生和低年物理人员以及物理室的技术员，也是一本很好的教科书。因讲义编写仓促，难免有错误和不足之处，希望同志们即时指正。

谷锐之

胡逸民

1987. 8. 5.

目 录

上册

前言

- 一、肿瘤放射治疗总论
- 二、放疗技术人员的职责及应具备的素质
- 三、放射治疗机及其辅助设备

中册

- 四、肿瘤放射治疗的物理基础
- 五、放射治疗的摆位技术
- 六、放射治疗的模型技术

下册

- 七、肿瘤放射治疗的生物学基础
- 八、常见肿瘤的治疗
- 九、癌治疗结果报告的标准
- 十、放射治疗的质量保证和质量控制

放射治疗总论

中国医学科学院肿瘤医院 殷蔚伯

放射治疗总论

放射治疗是治疗恶性肿瘤的重要手段之一，另一方面，放射治疗也主要用来治疗恶性肿瘤，而使用来治疗良性肿瘤越来越少了。

恶性肿瘤的死亡率，在北京死亡原因中在1949年占第十位，1951年占第9位，1956年占第9位，自1963年以后占第一或第二位。1977年全国死于恶性肿瘤人达691,968人。肿瘤是可以治疗的，根据统计，大约40%的恶性肿瘤患者可以治疗。放射治疗，手术治疗以及化学药物治疗组织了三个治疗肿瘤的手段。根据北京日坛医院，上海、杭州及广州肿瘤医院的统计，65—75%的患者在治疗过程中采用过放射治疗（包括单纯放疗，术前或术后放疗，放疗合并化疗等等）。

在医学界的各个学科中放射治疗只有80年历史，是一个较年轻的学科。在我国，在解放前放射治疗是个空白点，仅2个中心，十几位专业人员。解放后，特别是60年代以来，随着肿瘤事业的发展，我国放射治疗专业发展很快。目前几乎每一省都有专业肿瘤医院，不少专区医院甚至县都有了放射治疗科。在世界上，放射治疗发展也较快。四十年代以涂部治疗X线机为代表，五十年代以60钴远距离治疗机为代表，六十年代则以直线加速器为特点。由于放射物理学放射生物学治疗技术以及临床肿瘤学的发展，治疗效果也呈现明显的改进。表I表明了过去常规X线治疗机超高压治疗效果比较。

表1 国内外X线和超高压两个阶段治疗效果比较五年生存率(90)

	X线	超高压线
食管癌	0~2	8~16

宫颈癌	34~45	55~65
鼻咽癌	20~25	40~50
上颌窦	0	22
扁桃体癌	20~30	40~50
精原细胞瘤	65~70	90~95
睾丸胚胎癌	20~25	55~70
何杰金氏病	30~35	70~75
前列腺癌	5~15	55~60
膀胱癌	0~5	25~35
卵巢癌	15~20	50~60
视网膜母细胞瘤	30~40	50~85

下面将分别按放射物理、放射生物、治疗技术及临床肿瘤学分别加以叙述。

放射物理方面

1 放射源

(a) 深部线:

外照射源深部X线已很少使用。

(b) 60钴远距离治疗机: 它据有高能射线的优点。即皮肤量低、深部剂量高, 骨吸收量低以及剂与积量低的特点。此外, 优点为结构简单, 对电要求不高, 不需要水, 维修简单, 刻度及校正也简单。所以在50—60年代曾风行一时, 即使在目前也是很好的治疗设备。它的缺点是半影大, 可以用消半影器来消除。以及半衰期短。根据国际规定, 每3年要更换60钴源一次。在目前, 直线加速器广泛使用以来, 仍不失为基本设备之一, 特别是在发展中国家。

%
深
度
量

图 1、电子束等剂量曲线
6MeV 20 × 20 cm 照射灯

图 2、不同能量电子束的中心深度
量曲线

(c) 电子直线及电子感应加
加速器是目前在临床上常用的。
它的特点，是可以产生两种射
线。一种是电子束，另一种是
高能 X 射线。

高能电子束具有突出的物
理剂量特点：①剂量自皮肤到
达预定深度以后，骤然下降，
可以保护比肿瘤深的组织。

(图 1) ②可以调节能量来调
节电子束的深度。(图 2) ③
皮肤量介于 X 线及 60 钴之间。
但是，其剂量骤然下降特点，
随着能量超过 25MeV 以后逐
渐消失。所以，适合治疗中、
浅层偏心肿瘤。如覃样霉菌病、
乳癌术后局部照射、腮腺癌等
等。一般情况下，电子束在加
速器治疗中仅占 10%。

由于电束并无特异的生物
效应，所以在治疗结果上是与
高能 X 线，60 钴 γ 线机，表
2、表 3 是日坛医院用高能电
子束及 60 钴， γ 线治疗鼻咽
癌及食管癌的结果，其结果相
似。

表2、高能电子束与⁶⁰Co治疗鼻咽癌的结果

五年生存率

期 别	电子束治疗		⁶⁰ CoV线治疗	
Ⅱ 期	8/14	57%	6/11	54.5%
Ⅲ 期	5/16	31%	11/29	37.8%
Ⅳ 期	6/24	25%	14/56	25.0%

表3食管癌髓质型5~7CM善型电子束⁶⁰Co束

治疗结果比较

治疗方法	例数	生存一年		生存三年		生存五年	
		例数	%	例数	%	例数	%
⁶⁰ Co	185	75	40.5%	22	11.9%	16	8.6%
电子束	140	58	41.1%	30	20.9%	15	10.7%

P > 0.05

高能X线治疗,其生物效应与一般X线相同,其优点与X线及⁶⁰Co机比,皮肤保护更好深度剂量高(图3),但随着能量升高,射出剂量高了(图4),骨相对吸收量上升(图5)。所以,高能X线的能量选在什么能量,则根据不同单位的需要来决定。

总的来说,加速器设备复杂,对水、电要求高,对维修技术也高价格贵等等缺点,但是,它可以产生高能X线及电子束,在维修及操作时没有射线。特别,近年来由于技术的发展,有些工业先进的国家,低能电子线加速器已取代了⁶⁰Co。

相
对
质
量
吸
收
量
数

深度(厘米)

图3. 高射X线 ^{60}Co r线及X
线计总深度号比较

表
面
量

图5 各种能量X线在骨肌肉脂
肪的相对吸收

电子直线加速器及电子感应加速器的加速电子,但其加速方式不一样。电子感应加速器相对简单,一般说能量高,而输出量低,主要用其电子束治疗。而直线加速器却相反,一般容易做到的是能量低输出量高。由于技术发展,以及放射治疗方面的应用技术来讲,一般说能量并不高而输出量高。因而近年来在国际市场上主要是买电子直线加速器,美国电子感应及电子直线加速销

售情况如(图6)。

腔内照射：由于外照射的发展，剂量率的提高，因而腔内照射目前主要用于子宫颈癌的照射。而且当前主要用服装，以便达到较好的对工作人员的防护。从服装来讲，可分为高、中及低强度。高强度时，每位病人每次治疗仅需数分钟到十多分钟。因而不需要护理。近年来，由于临床经验的积累，合并症大大减少。

图6 美国放射治疗设备销售情况

组织内照射与腔内照射相同使用较少，同时一般采用防护服

一方面可以达到对工作人员较好的防护，另一方面也可以使插值更加准确。

高LET治疗：LET(线性能量传递)是指在单位长度的能量转换。在单位长度上电离密度大的，LET高。高LET治疗有表4所述的特点，其中最主要的是OER \approx 1。高LET有各种各样的放射源，其不同源的不同特点见图7。下面仅就

表4 LET高治疗特点

	低LET < 10kQV/CM	高LET > 100keV/VM
细胞生存曲线	乙状	指数曲线
亚致死损伤	存在	不存在
修复	存在	不存在(少)
生物效应	低	高

在分裂周期不同阶段的敏感性	差异明显	差异很少
剂量改变的影响	显著	不显著
OER	2.5~3.0	≈ 1
不同种类细胞敏感性不一样	明显且可能复杂	可能与细胞核大小有关

图 7 各种不同放射源的高 LET 特性

快中子治疗及负 π 介子治疗简单的介绍如下:

快中子治疗: 1938 年 Sfona 开始使用, 但由于当时快中子的 RBE (相对生物效应) 认识不足, 而造成了晚期严重损伤。1969 年英国 Hammer, Smith 医院再次开始临床应用, 至今已治疗 900 多例认为在头颈部肿瘤、腮腺、软组织肉瘤局

部控制率有显著提高。于是, 在图 7 各种不同放射流的高 LET 特性 西欧、北美及日本开展了快中子治疗。到目前为止, 还不能重复 HammenSmith 医院临床结果, 即还不能说明快中子治疗局部控制率高。

负 π 介子治疗: 它不仅具有高治疗的生物学缺点, 而且还具体物理剂量分布的优点 (图 8)。它具有一定射程。它突出的优点是在射程末端被重元素 (如碳、氢氧) 所保护, 而使其核爆炸, 产生短射程的电离碎片, 而致局部剂量高且 LET 高。其特点见表 5。但是, 由于其价

格非常昂贵，仅在个别单位试用。

相
对
深
度
量

表5 负π介子特点 (Gouumouograpē 1970 9N10—5)

周围正常组织	肿 瘤
低剂量	高剂量
低LET	高LET
低RBE	高RBE
高OER	低OER
分割照射后恢复快	分割照射后恢复慢
入射剂量高	入射剂量高

照射技术方面

- 1、CT的应用后有以下几个优点。①确定身体及体内脏器的部位。
- ②更准确的确定肿瘤应用 Mevngfmidel，用CT与其它方法相比，76例中，肿瘤不在照射野边缘41例，55%。比其它方法容易

1—8

23例，31%。与其它所一致11例，14%。③正确确定敏感器官的位置，腹部病变27例，体CT后计划不需改变11例41%，胸部例，不需改变计划10例，48%，④准确的计算并校正野内不均一的组织。CT与TPS治疗计划系统联用，可以在数秒内准确划出经过校正的计量分布图。

2、模拟定位机：为了使在TPS上制定的放射治疗计划能够正确执行，采用模拟定位机定位。因为模拟定位机是模拟 ^{60}Co 及加速器的，在治疗时也是可以重复的。

3、模室：通过制造各种非固定器，以保证在定位及照射时的位置一致且不能活动以及制造各种铅模。

放射生物方面

肿瘤放射生物学是研究照射线治疗肿瘤的控制，提高放射治疗肿瘤的疗效，早在廿年代Confavd即强调分割治疗。1927 Requod证实，照射同样的剂量，分四次照射比一次照射造成精子上皮损伤大，上皮肤反应小。到1944年Sframdgvlif的皮肤癌的内剂量等效曲线，当前放射治疗的常规方法为每周照射五次，每次200cgy。

1906Bequail及Trebondou定律指出细胞放射敏感性与再增殖能力成正比。而且正常组织与肿瘤组织在照射以后的修复，再分布，再增殖以及氧化的不一样，造成放射治疗肿瘤的可能性。

目前，主要研究分以下几方面

同氧细胞增敏剂：目前在临床上试用的仅为MISONIDAZOLE (RO-07-0582)目前对其增敏效果报导还不多，但其毒性限制了临床上的应用。其毒性为胃肠道反应，中枢神经系统毒性反应(包括惊厥、脑功能障碍，而致死亡)。周围神经病也常见。目前已在西欧、北美进行第三阶段的临床实验，预计不久可以得出结论，当前正

在寻找新的同氧细胞增效剂，如，SR—250 g, Sk—2555 Demefhylnvisauidagole 等等。

关于热疗，目前在临床上应用不多由于加温方法特别是组织内温度监测还不行，所以，加强治疗仍限于表浅肿瘤。但实验室进行很多工作。

关于时间剂量因子：目前主要趋势是小剂量多次照射。

其它如高压氧舱等已不在应用

临床肿瘤学

由于临床肿瘤学的发展，对肿瘤的生物行为有了进一步了解，改进了治疗方法，提高了生存率。如何杰金氏病，从不治疗到高剂量 Pefers 1960 以及淋巴结照射 (капсам 1970) 把何杰金氏病的五年生存率从 50·3% 提高到 73·3%，(图 9) 说明何杰金氏的病程规律通过实践，，提高了认识，改进治疗方面，提高了生存率。

图 9 不同治疗时期治疗何杰金氏病的生存率包括全部期别

放疗技术人员的职责

及应具备的素质

一名放疗技术人员在放射治疗中担负着十分重要的工作，必须要明确我们的职责和提高本身的素质。

医生和物理人员为病人精心设计一个完好的放疗计划，要通过技术员准确无误地执行，这对保证放疗病人的疗效起着决定性的作用。一局病人只见医生一、二次，而技术员要每天对每个病人进行摆位治疗。这就好象一张美好的建筑蓝图，要通过一砖一瓦而砌成。但是建筑施工的质量好坏，是否达到设计要求，是否按图纸施工，有否偷工减料，可以通过手摸目测、仪器检查等手段进行验收。它是有形的、实实在在存在的。然而，放射治疗这张蓝图的施工是无形的，它全凭技术员准确熟练的医疗技术和高度的责任感来完成。病人的体位、机器的角度、剂量的多少等等……。每一个病人每一个照射野都不得有丝毫的疏忽。只要有半点差错，就可能给病人带来不必要的损失。而且往往是不可弥补和修改的错误，也是无法返工和挽救的，病人一个疗程结束了，也无法验收。全凭技术员的医德和医技来衡量。因此，放疗技术人员必须看到所肩负的重任，明确自己的职责，提高本身的素质，以保证病人的治疗效果，放疗技术人员职责和应具备的素质是什么呢？

1、放射治疗技术员的职责

一、熟悉放疗设备的性能，（基本结构、射线性质、工作范围和特点）按操作规程操作机器，爱护设备，注意设备安全，禁止非本组人员操作机器。

二、与医生配合执行好治疗计划

（1）照射时射野中心一定要对准靶区，治疗区内剂量分布要均

匀，剂量要准确。操作中体位、固定器、角度、照射距离、射野面积、填充物及挡块等都要正确而且重复性要好。

(2) 治疗中要保护好肿瘤周围重要器官，免受或少受照射。因此，挡块的制作和摆放都要十分细心和准确，填充物和蜡块要合理得当。

(3) 要协助医生核对治疗计划，如射线能量的选择，射野的结合，楔形板的使用，每种条件是否都在本机条件规范之内，剂量的计算和剂量比是否正确等等。

三、每日工作前，检查设备状况，认真测量机器射线的质与量，进行校对标点记录。检查剂量率的符合情况，若超出范围（ $\pm 3\%$ ）则必须请物理维修人员校正后再开机。

四、对初诊患者应了解病情及治疗计划意图，认真阅读放疗计划单，注意核对医嘱、剂量等各项条件。遇有疑问不清时，立即请主管医师更正和说明，否则不予治疗。非常规治疗计划，主管医师首次应一同摆位。对患者及家属要交待放疗注意事项及时间安排。

五、在放射治疗工作中要严肃认真、坚守岗位，讲究医德。操作准确无误，态度和蔼，避免对患者造成心理负担。

(1) 治疗摆位前要认真阅读治疗单，核对病人姓名，进行治疗条件预选，应做到一人开机二人摆位（其中一人做校核工作）。

(2) 摆位中要有次序地完成各工作条件，尤其要注意体位两照射野的重迭区、楔形滤过板的角度的方向及重要器官的遮挡，注意体位的固定。

(3) 摆位完毕，必须重新核对治疗单射野、角度、体位等条件，开机前要再次核对剂量。

(4) 治疗过程中应密切监视病人和设备运行情况，任何人不及

离开工作岗位。

(5) 治疗结束时，要检查体位移动情况，要及时记录和提请病人注意。

六、在治疗过程中，不得擅自修改治疗计划条件，若发生摆位剂量等差错应及时报告技术员组长及主管医师不得自行涂改和隐瞒不报。

七、设备出现故障时，应立即切断电源，撤离病人，保护现场，请维修人员处理，禁止非维修人员检修。

八、各种治疗记录应即时登记，统计报表填写应数字准确，字迹工整清晰，机长应进行校核检查。

九、全部治疗工作结束后，设备各种条件复位，注意水、电的断开，要有另人重复检查一次。

做好清洁卫生工作，关好门窗。

II 放疗技术人员应具备的素质

一、职业道德修养

我们在工作中接触的大部分病人是癌症患者，而治疗手段是用放射线。因此职业上就要求我们每个人必须有高度的责任心和同情心。肿瘤病人他们不同程度地存在精神上创伤和病痛的折磨，他们希望在心理上有所依赖，许多肿瘤患者起初对自己病情不十分了解，一旦知道自己患了癌症，在思想上压力很大，使他的性格改变会沉默寡言会厌生、或性情暴躁。在治疗时他们会提一些这样或那样的要求，如要求提前治疗，询问照射多少次，一次照多少等等，给我们工作带来不便。这时我们应体谅他们的心情，主动帮助他们解决放疗中一些困难，耐心解答提出的问题，鼓励他们树立战胜癌症的信心，减少他们精神上的压力。放疗中往往有些病人会有放疗反应，如不想吃饭，恶心、乏力，或因放疗引起一些水肿，暂时病情有些加重等等。这些就要通

过我们一言一行消除病人的疑虑恐惧，使病人有安全感。技术员还应掌握各类病人的特点和心理状态，因人而异做好病人的思想工作。首先要求我们本身应有广泛的兴趣爱好，与各类病人都能融洽，有共同语言便于谈心。

另外，我们手中使用的治疗工具是一种看不见、摸不到有一定穿透能力的放射线用其所长可以为人类造福，可以根治或缓解肿瘤病人痛苦。用的不当会反其道而行之，会杀人不见血，可以人不知鬼不觉的给他人带来危容致残。因此在工作中我们不可有半点疏忽而等闲视之有许多血的教训使我们记忆犹新，没有责任心，不讲医德，不讲职业道德就要受到良心的谴责和社会的批评，就没有资格从事我们这项工作。

二、作风修养

每项工作都有自己的工作作风，和长期从事这项工作所养成自己的风度和形象。演员有他的风度，工人、农民各自都有自己的形象。我们必须在工作实践中有意识陶冶情操，培养谦虚、谨慎温文尔雅的性格，同时锻炼沉着有自制能力。因为我们是一名医务工作者，身穿白大衣，起码要衣冠整洁，言谈举止、站、立、坐、行都要文雅，动作有分寸，培养稳中有快，快而不慌的步骤，动作轻柔，举止端正。可以从稳健的情绪，乐观的态度而感染影响病人，给病人以舒适可信任感。

再则，技术员的工作不是单一的，要同医生、护士、物理维修人员等等有关人员协调工作密切配合才能很好地完成病人的放疗计划。这样就要求我们相互之间，平等相待，尊重他人取长补短，大家为了一个共同目标——为病人解除痛苦，工作不应有高低贵贱之分。要想受到别人尊重，首先要尊重别人，同时要养成自己的良好工作作风，