



放射治疗的防护 与安全



一. 肿瘤放射治疗定义

肿瘤放射治疗:

- 利用**放射线**如放射性同位素产生的 α 、 β 、 γ 射线和各类X射线**治疗机**或加速器产生的X射线、电子线、中子束、质子束及其它粒子束等治疗恶性肿瘤的一种方法。
- 放疗已成为肿瘤治疗三大方法之一。我国约70%、美国约50%癌症患者进行放疗。



一. 肿瘤放射治疗定义

- 放疗主要形式：

体外放疗： 仪器位于人体外，直接把高能量射线照在肿瘤部位。大多数病人在医院接受的都是体外放射。

体内放疗： 将放射源密封植入肿瘤里或靠近肿瘤。



一. 肿瘤放射治疗定义

- **射线的治疗作用：**肿瘤细胞的生长和分裂比正常细胞快。高剂量射线可杀死或破坏肿瘤细胞，抑制它们的生长、繁殖和扩散。正常细胞也会受到破坏，但是大多数都会恢复。
- **放疗的副作用：**电离辐射可以破坏或消灭癌细胞，同时也损伤正常细胞，损伤的轻重主要取决于治疗剂量和治疗部位及病人的健康状况。



二. 肿瘤放射治疗应用

1. 根治性放疗

2. 姑息性放疗

3. 综合治疗

(1) 与手术联合的综合治疗，包括术前、术后和术中放疗

(2) 与药物联合的综合治疗，包括化疗药物、放射增敏剂和生物反应调节剂

4. 急诊放射治疗



二. 肿瘤放射治疗应用

肿瘤放射治疗的基本原则

- 照射范围应包括肿瘤
- 要达到基本消灭肿瘤的目的
- 保护邻近正常组织和器官
- 保护全身情况及精神状态良好



二. 肿瘤放射治疗应用

体外照射类型与射线的选择

- **近距离放疗**：表面剂量高，对深部组织损伤小，适用于表浅肿瘤。
- **远距离放疗**：源与皮肤的距离大于50cm，剂量分布均匀，深度量高，适用于深部肿瘤。

根据射线质的不同远距离放疗可划分为：

- **千伏级X线治疗**，有接触治疗(30~60kV)，浅层治疗(60~140 kV)，中层治疗(140~180 kV)，深层治疗(180~400 kV)。
- **超高压治疗(兆伏射线)**，包括直线加速器产生的高能X线、高能电子束及 ^{60}Co (1.25MeV)， ^{137}Cs (0.66MeV)。
- **高LET射线治疗**，有快中子、质子、负 π 介子、重离子治疗等。



二. 肿瘤放射治疗应用

- **体腔内照射：**属近距离放疗，将体腔管或放射源置于体腔内进行照射。也可将放射性核素（ ^{32}P ， ^{198}Au 等）注入胸、腹腔内进行照射。
- **组织间照射：**将含有放射源的管道或针插入肿瘤组织内照射，现多用后装治疗机进行治疗，属近距离放疗的一种。
- **内照射：**口服或静脉注射放射性核素进行治疗（属核医学范畴）。



三. 放射治疗过程中射线来源

散射线

- 散射线为一切离开原发射线方向的辐射。无论何种射线类型，只要从射线出口发出，便会经由与物质的各种相互作用过程发生能量和运动方向的改变，即散射。
- 出束口构件、空气、治疗设备（治疗床、相关辅助设施等）和治疗室内的墙壁、地板、顶棚，甚至受照患者的身体都可以成为散射线的来源。
- 康普顿效应是光子(X、 γ 射线)散射的主要来源，发生该效应对应的光子能量范围很广，放疗常用的光子能量都在该范围以内；对于电子，由于其质量轻，故与物质相互作用时发生散射的几率很大。



三. 放射治疗过程中射线来源

漏射线

- 从医用射线装置的射线出口或防护套中泄漏出的非可控射束。
- 漏射线的数量及其漏射方向由射线装置的相关设计和构件的加工组合所决定。
- 漏射线能量与初始射束相差不大，对职业人员危害较大。但一般可通过实际测量确定漏射线的主要方向。漏射线在标准距离(1m)处造成的吸收剂量率通常是衡量射线装置本身辐射防护性能的一个重要指标。



三. 放射治疗过程中射线来源

感生放射性

- 入射粒子能量大于10 MeV时，就有足够的能量将靶核打碎而产生感生放射性核素，因此高能加速器治疗室内相对于低能加速器治疗室更容易产生感生放射性。
- 在约为2mGy年剂量中，感生放射性造成的剂量贡献占到1/3以上。能量在1GeV以上的加速器工作人员所受到的照射剂量中，大约有50%的剂量来自于感生放射性。



四. 肿瘤放射治疗事故

我国放疗领域中辐射事故有以下几个特点：

- **事故发生率高。**钴治疗机是7%。医用加速器的事故次数不多，但受害人群是很大的。
- **同类事故重复发生。**如丢源事故在近距离放疗实践中很明显。由于输出量不准确而造成的事故时有发生。
- **多人受照事故较多。**监督设备不健全而使事故不能及时发现的多入受照事故较多。根据我国经济状况，在解决了认识问题后完全有能力配备齐监督性监测设备。如果监督性监测设备比较齐全严格投入使用，我国的事故发生率和严重程度可以大大下降。
- **人为因素事故比例较高。**人为因素中，主要是监督管理不严、不深入。其次是人员安全素养差。



四. 肿瘤放射治疗事故

我国放射事故发生的主要原因:

- **从事故中吸取具体教训不够。**放疗实践中事故发生率高，同类事故重复发生等都与本原因有关。
- **质量保证工作不到位。**例如机器出了故障或检修后再使用时必须进行输出量检查这项工作虽然在规范中明确写上了，但实际运行中做得很不严格。
- **医务人员安全素养差。**防护知识缺乏，安全意识差，发现异常情况不能联想到是否有事故发生，也不向技术负责人请示，有的领导对异常情况甚至不能作出正确判断等就是安全素养差的种种表现。
- **监督监测不得力。**
- **安全防护设备缺乏。**放射源不在贮存(安全)位置的事故是完全可以由工作人员的个人剂量报警仪发现的。



五. 防护概要

放疗中对患者的防护不是要求避免对患者的照射，而是要求设法使肿瘤靶体积邻近的**正常组织或器官**受到的**漏射辐射和散射辐射**的剂量减少到可以**合理做到的尽量低的水平**，降低放射治疗并发症的发生率。

进行防护的意义在于：

- 适应我国电离辐射医学应用迅速发展的趋势
- 维护医疗职业人员、患者或受检者和公众免受过度辐射危害。



- **放疗中放射防护所关注的对象**
 - 放射工作人员所受职业照射；
 - 患者所受医疗照射；
 - 放疗工作场所可能给公众带来照射。
- **针对这三类对象的防护必须从**
 - 相关设备、机房设施、安全操作、管理制度诸方面着手，涉及放疗所有的各个环节并且贯穿全过程。



放射治疗使用的源

- 放射性同位素： β 、 γ 射线；
- X射线治疗机和加速器：不同能量的X射线
- 各类加速器：电子束、质子束、中子束、负 π 介子束，以及其他重离子束等。



体外远距离照射本照射方式

X射线治疗机

钴治疗机

γ 刀

电子直线加速器

质子放疗系统



X射线治疗机

- 临床治疗用的X射线机根据能量高低分为：
 临界X射线、
 接触治疗X射线（10kV~60kV），
 浅层治疗X射线（60kV~160kV），
 深部治疗X射线（180kV~400kV），
- 普通X射线机与钴-60机、加速器相比，具有深度剂量低、能量低、易散射、剂量分布差等特点，因此逐渐被后者取代。



X射线治疗机

X射线管额定 电压, kV **泄漏辐射, 空气比释动能率控制值, mGy/h**

>150

距源组件表面 300

距X射线管焦点 10

≤150

距X射线管焦点 1

≤50

距源组件表面 1



X射线深部治疗机



钴治疗机

- 与X射线治疗相比 ^{60}Co 治疗的特点：
 - ①射线穿透力强，提高了深部肿瘤疗效；
 - ②皮肤反应轻，
 - ③ ^{60}Co γ 射线可用于骨后病变治疗；
 - ④旁向散射少，放射反应轻；
 - ⑤ ^{60}Co 治疗机经济可靠、维修方便，

缺点：需换源，不治疗时亦有少量放射线。



钴治疗机

- 实施放射治疗的防护要求

由于钴治疗机利用高活度的源提供光子，因放射性衰变，剂量率降低量每月大约1%。一个半衰期(5.26年)后，治疗所需时间为初始治疗时的2倍。因此，至少每5年要更换新的 ^{60}Co 源。同时，在每次更换源或较大的调整后，必须全面校准治疗机产生的剂量率。



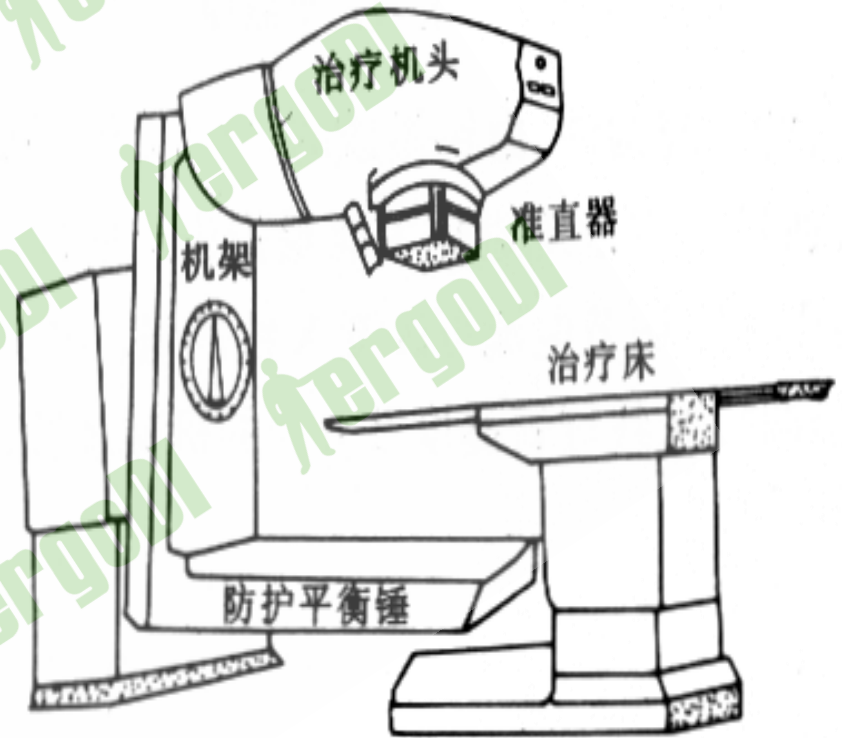
钴治疗机

- γ 远距治疗应用的要求
- ① γ 远距治疗工作人员： γ 远距治疗单位应配备放射治疗的医学专家、物理学工作者和技术人员，正确合理地使用放射治疗并保证放射治疗的质量。 γ 远距治疗工作人员除应具备高中以上文化水平和放射治疗专业知识外，还应掌握放射防护知识，并经过培训，考试合格。



钴治疗机

- γ 远距治疗应用的要求
- ② γ 远距治疗与防护的质量保证：实施 γ 远距治疗应建立质量保证体系，保证辐射照射的准确性及防护的最优化。实施 γ 远距治疗应使用符合标准的 γ 远距治疗设备，建设合格的治疗室，配备辐射剂量和辐射防护的测量仪器，并由有资格的人员进行质量控制检测。同时应做好患者防护。



钴60治疗机的基本结构



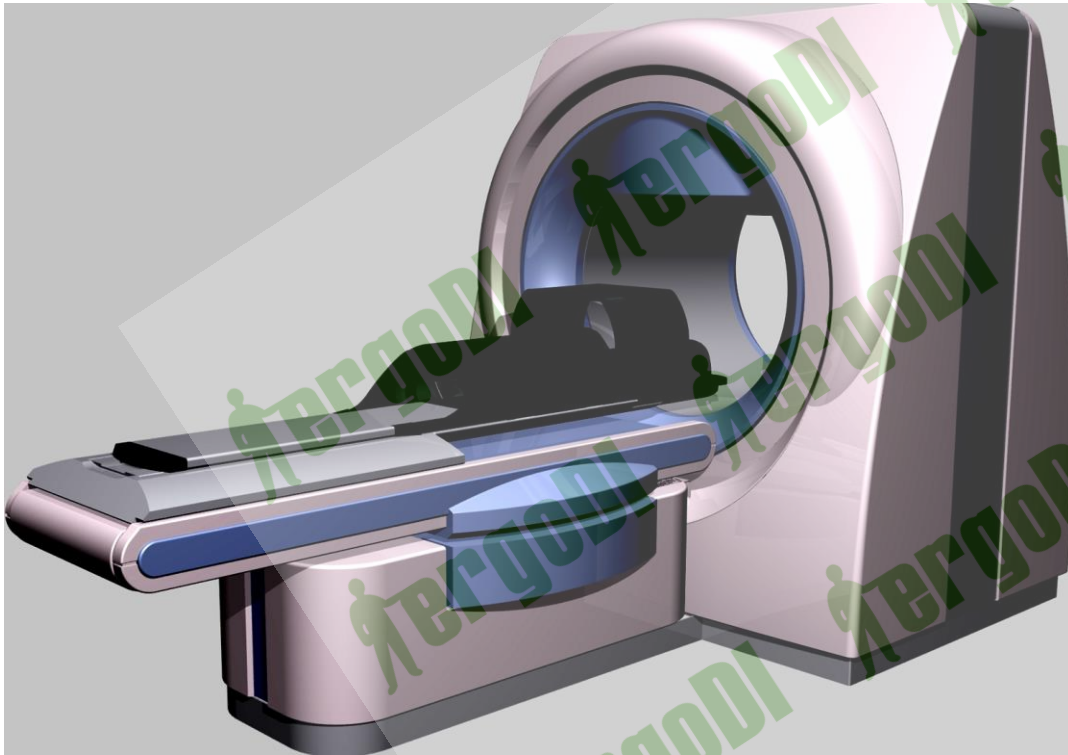
γ 刀

- γ 刀为立体定向放射治疗设备，通过三维空间把射线束投照在靶内形成高剂量，而周围正常组织受照剂量低。病灶与正常组织剂量界限分明，达到控制、杀灭病变同时又保护正常组织的目的，



γ 刀剂量学特点

- 小野集束照射，剂量分布集中；
- 小野集束照射，靶区周边剂量梯度变化较大；
- 靶区内及靶区附近的剂量分布不均匀；
- 靶周边的正常组织剂量很小。

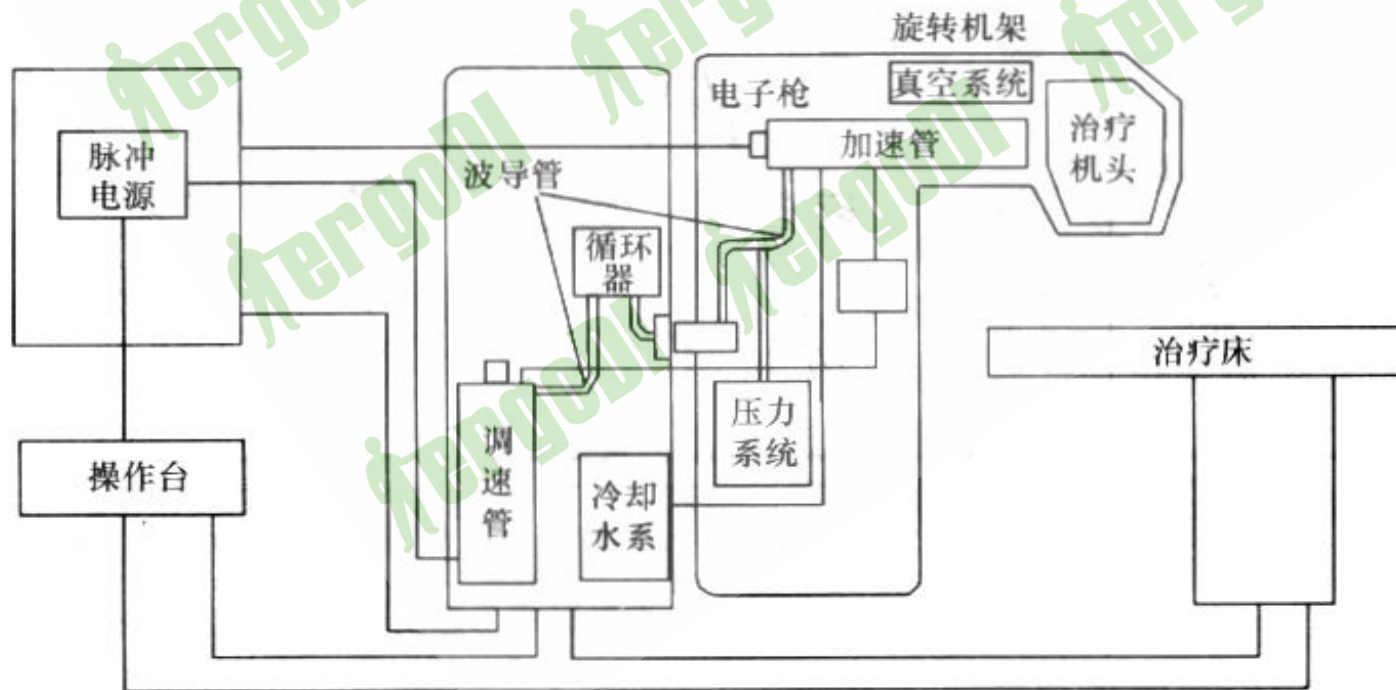


γ 刀—钴⁶⁰源 放射外科系统

半衰期为5.24年；
最高源活度可达 $2.96 \times 10^{14} \text{Bq}$

电子直线加速器

- 医用电子直线加速器有高能X射线及高能电子束两种射线束模式应用于放射治疗





电子经阳极和阴极间脉冲高压作用；

经波导管将高功率微波送入加速管；

电子束经偏转磁铁偏转，产生高能、高发射率的电子束；

射线束经均整、扩散和准直达到治疗部位。

医用电子直线加速器



医用电子直线加速器临床应用特点

- 与 ^{60}Co 治疗机相比，电子直线加速器可以产生能量更高、强度更大的X射线和电子线，
- 医用电子直线加速器通常有两档能量X射线和多档能量电子线供治疗选择，适用于全身各部位肿瘤的常规放射治疗。
- 医用电子直线加速器无需永久放置源，设备在不加高压时无射线产生，
- 设备结构复杂、技术要求高、日常维护及质量保证费用较高。

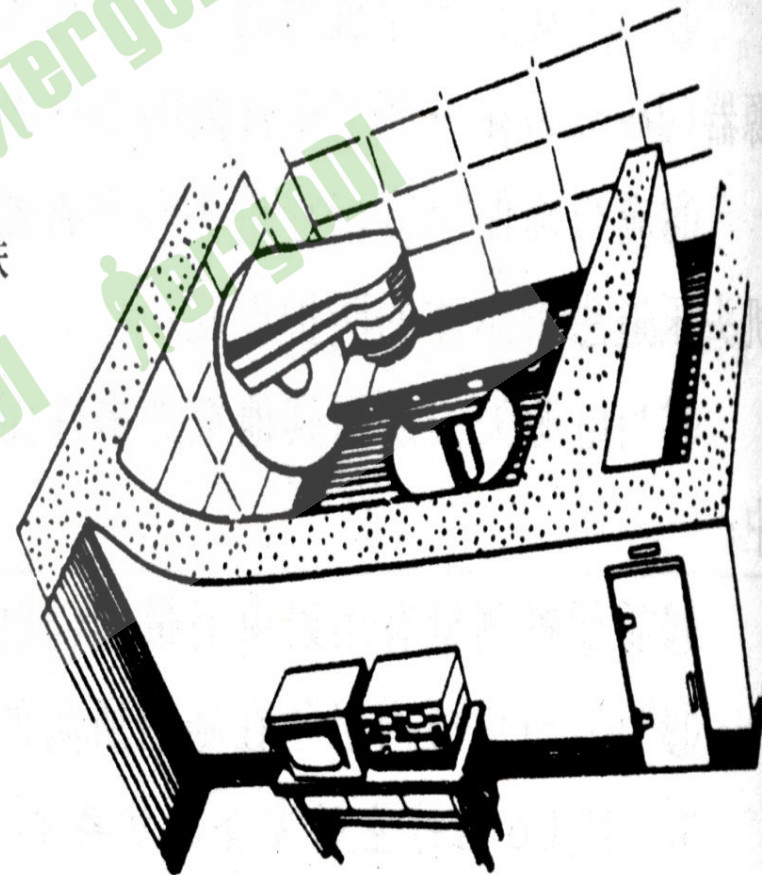
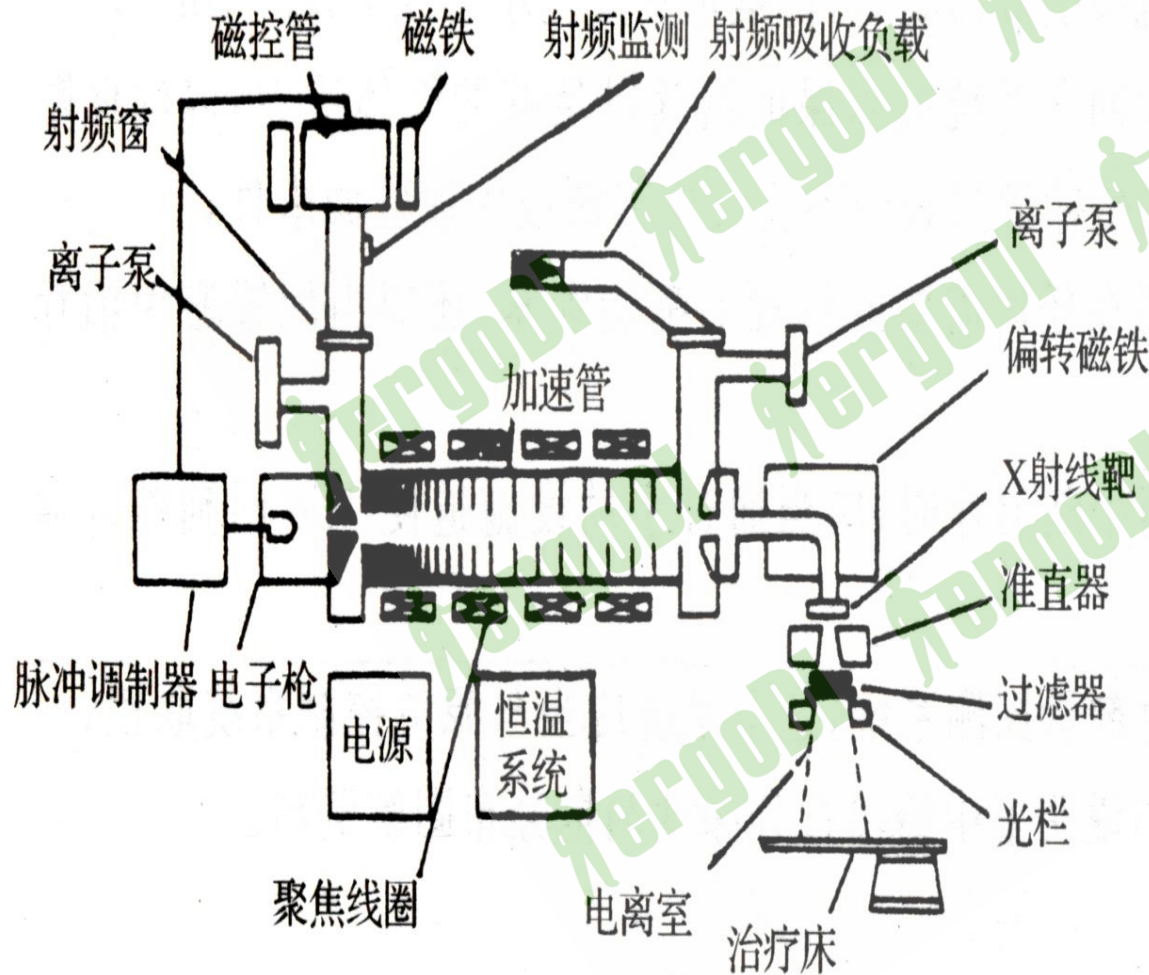


医用加速器

- 加速器是粒子加速器的简称。按被加速粒子的能量不同，可分为高能、中能和低能粒子加速器。
- 临床放射治疗用的电子直线加速器或电子感应加速器，属于低能粒子加速器。
- 电子直线加速器属直线加速器，电子感应加速器属于回旋加速器。
- 电子直线加速器输出的电子能量通常为5~40MeV；电子感应加速器输出的电子能量通常为4~45MeV。这两种加速器可以通过靶将电子转化为X射线。



医用加速器





医用加速器

电子加速器运行中可能产生的辐射

加速类型	加速电子	射束能量 (MeV)	辐射类型
		1~10	电子 X射线
电子直线加速器	电子	>10	电子 X射线 快中子 热中子 γ射线
电子感应加速器	电子	1~50	电子 X射线



医用加速器

对治疗室的安全防护要求

- (1) 治疗室选址和设计时应当考虑确保周围环境的辐射安全。
- (2) 对有用射束朝向的墙壁和天棚按主屏蔽要求设计，其余墙壁按散射辐射屏蔽要求设计。
- (3) 所有贯穿屏蔽墙体的导线管道不能影响该屏蔽墙体总体屏蔽效能。



医用加速器

- 对治疗室的安全防护要求

(4) 使用电子标称能量大于10MeV的加速器时，治疗室的屏蔽设计中必须**考虑对中子辐射的屏蔽问题**。

(5) 治疗室应当有足够的使用面积；出入治疗室的通道应当是**迷宫式**；迷宫口的防护门应当与加速器运行启动开关连锁。

(6) 治疗室外防护门的上方配置辐射危险灯光警示信号，红灯表示有辐射危险，绿灯表示安全。灯光警示系统应当与控制台运行开关系统联锁。

医用加速器

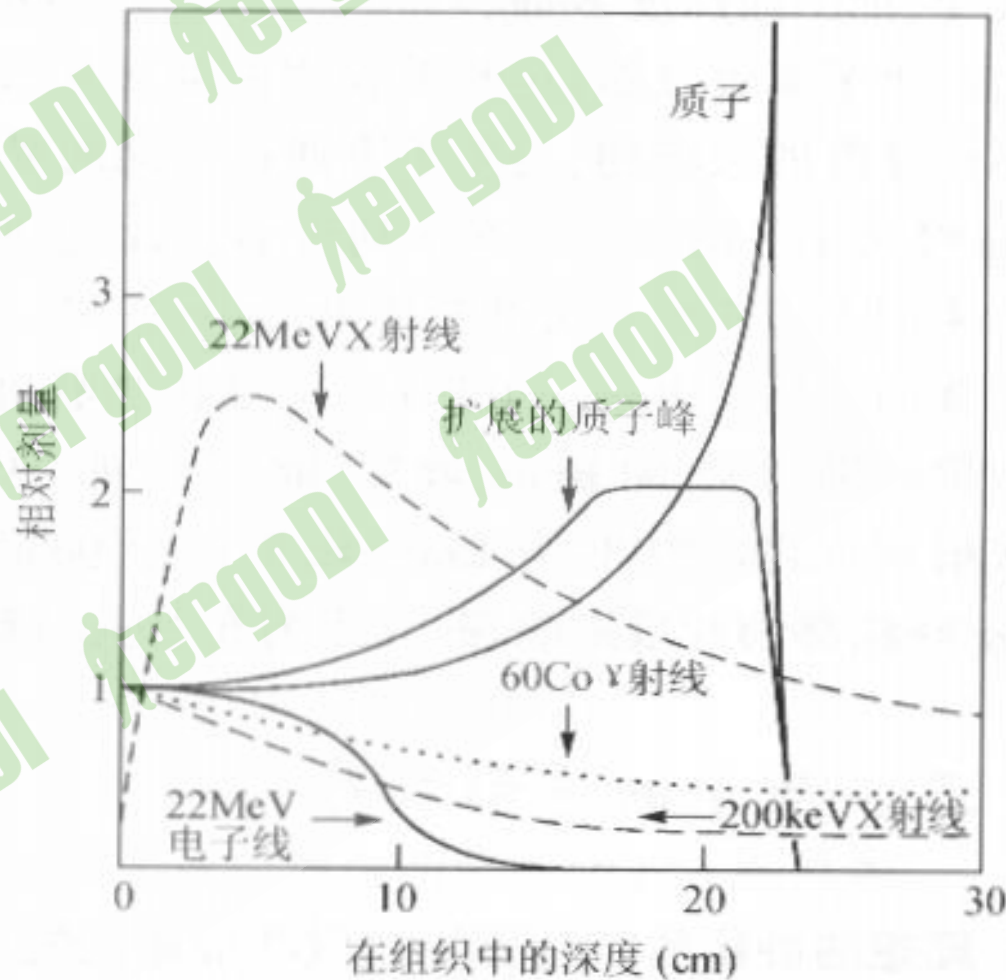
- 辐射检测设备





质子放疗系统

质子进入人体后，在质子径迹终点处，能量骤然释放，形成一个尖锐的剂量峰，即Bragg峰。





近距离治疗

- 腔内照射或管内照射
- 组织间照射
- 模敷贴照射
- 术中置管术后治疗



放射治疗的监督管理



放射诊疗工作单位必备的条件

- 具有与所从事的放射工作相适应的场所、设施和装备及相应的资料。
- 从事放射工作的人员必须具备相应的专业及防护知识和健康的身体条件。
- **3.** 有专职、兼职放射防护管理机构或人员以及必要的防护用品和监测仪器。
- **4.** 严格的有关安全防护管理规章制度的文件。
- **5.** 申请单位取得“放射工作许可证”后，方可从事经许可的放射工作。



医用电子直线加速器使用场所例行监督检查表

序号	项目	检查内容	设计建造	运行状态	备注
1*	A 控制台及安全联锁	钥匙开关			
2*		控制台是否有紧急停机按钮			
3*		电视监控与对讲系统			
4*		人员通道门联锁装置			
5	B 警示装置	出入口电离辐射警告标志			
6		出入口有工作状态显示			



医用电子直线加速器使用场所例行监督检查表

7*	C* 照射室紧急设施*	紧急开门按钮及指示、说明*	+	+	+	+
8*		紧急照明或独立通道照明系统*	+	+	+	+
9**		治疗室内有紧急停机按钮*	+	+	+	+
10**		治疗床有紧急停机按钮*	+	+	+	+
11**	D* 监测设备	治疗室内有固定辐射剂量监测报警仪器*	+	+	+	+
12**		个人剂量报警仪*	+	+	+	+
13**		个人剂量计*	+	+	+	+
14*	E* 其他*	通风系统*	+	+	+	+
15*		火灾自动报警装置*	+	+	+	+



医用治疗 γ 射线机例行监督检查表

序号	检查项目	设计建造	运行状态	备注
1*	控制台有钥匙控制			
2*	钥匙由专人管理			
3*	门机联锁系统			
4*	治疗室电视监控设施或观察室			
5*	防护门			
6	A 通风设施			
7*	场所设施 工作室 室内紧急停机按钮			
8*	控制台上紧急停机按钮			
9*	出口处紧急开门开关			
10*	出入口处电离辐射警告标志			
11*	出入口处机器工作状态显示			
12	场所内文字说明、声音、光电等警示			



医用治疗X射线机例行监督检查表

13*	B	环境辐射水平监测仪表	+	+	+	+
14*	监测设备	个人剂量计	+	+	+	+

+

+



放射治疗场所的防护



放射治疗场所

放射治疗场所的划分

- 在平面布局上，放射治疗场所宜设在底层并自成一区，其中治疗室（机房）应独立出来自成一区。在基本设施上要求治疗室内噪声不应超过50分贝；Co-60治疗室、加速器治疗室、 γ 刀治疗室及后装机治疗室的出入口应设“迷路”，防护门和“迷路”的净宽均应满足相关设备要求。



放射治疗场所

- 对于 γ 远距治疗室，平面布局和防护的要求
 - (1) 治疗室可**单独**建造，也可建在建筑物底层的一
 - (2) 治疗室及其辅助设备室，如操作室、检查室、候诊室应设计合理布局；
 - (3) 治疗室应采用迷路形式与操作室相通；
 - (4) 治疗室应有足够的使用面积，一般不应小于 30m^2 ，层高不低于 3.5m ；



- (5) 布置治疗机时，有用线束不应朝向迷路。
- (6) 机房屏蔽防护设计时，机房周围的环境剂量应小于个人剂量限值。
- (7) 屏蔽设计要严格按GBZ/T 152-2002要求设计。
- (8) 迷路内墙与外墙共同防护迷路外某区域的安全时，可作为一个整体来计算其屏蔽厚度；
- (9) 单层建筑的治疗室，应考虑天空反散射的影响；
- (10) 防护门应有放射源控制系统与防护门的联锁装置。



放射治疗场所

医用电子/质子加速器室，平面布局和防护的要求

- (1) 总体布局基本上和 γ 远距离治疗室的总体布局相同，但治疗室的使用面积应足够大；
- (2) 治疗室选址和建筑设计必须符合GB18871-2002的要求，保障周围环境安全；
- (3) 在屏蔽防护设计中，应采用设备的最大工作负荷；



放射治疗场所

- (4) 应根据治疗室周围的自然条件、人员活动和分布情况等选择居留因子与利用因子的最大值；
- (5) 在计算有用线束所需的屏蔽厚度时，不应把可能吸收一部分射线的可移动体考虑在内；
- (6) 在计算散射和泄漏辐射所需的屏蔽厚度时，应考虑产生最大散射和泄漏辐射的预期使用条件。



放射治疗场所

- (7) 有用线束直接投照的防护墙（包括天棚）按初级辐射屏蔽要求设计，其余墙壁按次级辐射屏蔽要求设计；
- (8) 穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果；
- (9) X射线标称能量超过10MeV的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护；



放射治疗场所

- (10) 治疗室和控制室之间必须安装监视和对讲设备；
- (11) 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门必须与加速器联锁；
- (12) 治疗室外醒目处必须安装辐照指示灯及辐射危险标志；
- (13) 治疗室通风换气次数应达到每小时3~5次。



放射治疗场所

- 医用X射线治疗，平面布局和防护的要求：
 - (1) 治疗室的设置必须充分考虑周围地区与人员的安全，一般可以设在建筑物底层的一端。50keV以上治疗机的治疗室必须与控制室分开。治疗室一般应不小于 24m^2 。室内不得放置与治疗无关的杂物；
 - (2) 治疗室有用线束照射方向的墙壁按主射线屏蔽要求设计，其余方向的建筑物按漏射线及散射线屏蔽要求设计；



放射治疗场所

- (3) 治疗室必须有观察治疗的设备（如工业电视或观察窗），观察窗应设置在非有用线束方向的墙上，并具有同侧墙的屏蔽效果；
- (4) 治疗室内的适宜位置，应装设供紧急情况使用的强制中止辐照的设备；
- (5) 治疗室门的设置应避开有用线束的照射，无迷道的治疗室门必须与同侧墙具有等同的屏蔽效果。



放射治疗场所

- (6) 治疗室内门旁应有可供应急开启治疗室门的部件；
- (7) 治疗室门必须安装联锁设备，门外近处应有醒目的照射状态指示灯和电离辐射警告标志；
- (8) 治疗室要保持良好的通风。电缆、管道等穿过治疗室墙面的孔道应避开有用线束及人员经常驻留的控制台，并采用弧状孔、曲路或地沟。



放射治疗场所

- 放射治疗场所的屏蔽
- 在射线操作场所，需要考虑外照射防护。外照射防护的基本方法有：时间防护、距离防护和屏蔽防护



放射治疗场所

- 电离辐射外照射的屏蔽防护，关键在于设置厚度合适的屏蔽体。屏蔽体的厚度取决于辐射的类型和能量源的活度、屏蔽材料的衰减特性以及相关的剂量约束值。



放射治疗场所

- 常用的屏蔽材料
- ① β 辐射的防护：主要选择铝、有机玻璃、混凝土等低原子序数的物质，它们能使韧致辐射减少到最低限度



放射治疗场所

- 常用的屏蔽材料
- ②X、 γ 射线的防护：**铅**、铅玻璃和铅橡皮具有抗辐射、耐腐蚀、对X、 γ 射线衰减能力强、结构及机械性能差、价格较贵、对1Mev以上光子的衰减能力差等特点。**铁**具有防护性能、机械强度高、可制作成固定式防护器件等特点。**水**成本较低，但结构性能差。**土**具有成本较低、结构性能好、屏蔽能力稍差等特点。



放射治疗场所

- 屏蔽厚度的计算方法
- 屏蔽设计的一般原则（偏安全原则）
- 绝不允许低估辐射水平，但也不能过分高估。
- ① 选用相关源项最大的辐射发射率。
- ② 对源项应用的扩展应留有余地。
- ③ 周边环境的变化所致的影响。
- ④ 分区域设计



放射治疗场所

- 安全防护措施(安全联锁、报警用具)
- 联锁装置是指射线装置存在某种危险状态时能立即自动切断电源或束流的电气线路。在现代联锁设计中，考虑多重性和冗余性。在采用双重联锁的情况下，按钮、触点和继电器必须妥善设置，以使两套电路不可能同时失效。对双重联锁的主要要求是：无论哪一路电路失灵，都应给出明显的信号。只有当两电路都指示“安全”时，这一系统才是安全的；当两电路指示不一致或者都指示危险时，必须断路。



放射治疗场所

- 安全防护措施(安全联锁、报警用具)
- 医用放射治疗射线装置的安全联锁分为两个系统，一是人身安全联锁系统，旨在保障工作人员的人身安全；二是机器安全联锁系统，旨在保护机器的设施和运行安全。



放射治疗场所

- 安全防护措施(安全联锁、报警用具)
- 人身安全联锁系统：一旦人员误入或因紧急情况（如火灾等）而需要进入机房，通过保护装置的联锁机构，自动切断射线来源（对于加速器装置，就是切断束流；对于放射源装置，就是强行使源归位），从而保证人身安全。



放射治疗场所

- 安全防护措施(安全联锁、报警用具)
- 机器安全联锁系统：机器安全联锁系统包括粒子束流安全保护、高压保护、真空保护、循环冷却水保护等，保证机器设施的安全以及运行安全。



远距离放射治疗—医用X射线（1）

- 治疗室设在建筑物底层的一端。50KV以上治疗机的治疗室必须与控制室分开。
- 治疗室有用线束照射方向的墙壁按主射线屏蔽要求设计，其余方向的建筑物按漏射线及散射线屏蔽要求设计；
- 治疗室须有观察治疗的设备



远距离放射治疗—医用X射线（2）

- 治疗室门的设置应避开有用线束的照射；
- 治疗室内有可供应急开启治疗室门的部件；
- 治疗室门必须安装联锁设备，门外近处应有醒目的照射状态指示灯和电离辐射警告标志；
- 治疗室要保持良好的通风。



远距离放射治疗—钴机和 γ 刀（1）

- 治疗室单独建造，或建在建筑物底层的一端；
- 治疗室及其辅助设备室同时设计，并根据安全、卫生、方便的原则合理布局；
- 治疗室应采用迷路形式与操作室相通；
- 治疗室应有足够的使用面积，一般不应小于 30m^2 ，层高不低于 3.5m ；
- 有用线束不应朝向迷路。



远距离放射治疗—钴机和 γ 刀（2）

- 机房屏蔽防护设计时，机房周围的环境剂量应小于相关放射工作人员和公众中的个人剂量限值。
- 屏蔽设计要严格按国家标准GB/T16136-1995《 γ 远距离治疗室设计的放射防护要求》的有关要求设计。
- 单层建筑的治疗室，应考虑其顶棚的屏蔽厚度
- 防护门应设有放射源控制系统与防护门的联锁装置，确保关上门后才能开机，开机后不能开启，但从操作室内可开门。



医用加速器

对治疗室的安全防护要求

- (1) 治疗室选址和设计时应当考虑确保周围环境的辐射安全。
- (2) 对有用射束朝向的墙壁和天棚按主屏蔽要求设计，其余墙壁按散射辐射屏蔽要求设计。
- (3) 所有贯穿屏蔽墙体的导线管道不能影响该屏蔽墙体总体屏蔽效能。



- (4) 使用电子标称能量大于10MeV的加速器时，治疗室的屏蔽设计中必须考虑对**中子辐射的屏蔽**问题。
- (5) 治疗室应当有足够的使用面积；出入治疗室的通道应当是**迷宫**式；迷宫口的防护门应当与加速器运行启动开关连锁。
- (6) 治疗室外防护门的上方配置辐射危险灯光警示信号，红灯表示有辐射危险，绿灯表示安全。灯光警示系统应当与控制台运行开关系统联锁。



医用电子/质子加速器室（1）

- 治疗室选址和建筑设计必须符合GB4792的要求，
- 在屏蔽防护设计中，应采用设备的最大工作负荷；
- 应根据治疗室周围的自然条件、人员活动和分布情况等选择居留因子与利用因子的最大值；
- 在计算散射和泄漏辐射所需的屏蔽厚度时，应考虑产生最大散射和泄漏辐射的预期使用条件。
- 有用线束直接投照的防护墙（包括天棚）按初级辐射屏蔽要求设计，其余墙壁按次级辐射屏蔽要求设计；



医用电子/质子加速器室（2）

- X射线标称能量超过10Mev的加速器，屏蔽设计应考虑中子辐射防护；
- 治疗室和控制室之间必须安装监视和对讲设备。
- 治疗室入口处必须设置防护门和迷路，防护门必须与加速器联锁；
- 治疗室外醒目处必须安装辐照指示灯及辐射危险标志；
- 治疗室通风换气次数应达到每小时3~5次。



第二章

放射治疗相关设备的主要放射防护与安全性能要求



X射线治疗机

实施放射治疗的防护要求

- A. 放射治疗的正当性要求：放射治疗必须建立**处方管理制度**，只有具有资格的处方医师才可申请X射线治疗。
- B. 优化治疗计划：在对计划照射的靶体积施以所需要的剂量的同时，应使正常组织在放射治疗期间所受到的照射保持在可合理达到的尽量低的水平。



X射线治疗机

- C. 防护安全操作要求：操作者必须熟练掌握并严格执行操作规程。
- D. 质量保证的一般要求：放射治疗应配备相应的治疗医师、物理师、技术员等有资格的人员。放射治疗应建立质量保证管理组织和制定质量保证大纲，建立对实施治疗计划的核查制度，完好地保存治疗记录。



X射线治疗机

E. 治疗机质量控制检测要求：每日放射治疗前，应检验照射的启动、终止及其相应的照射状态显示以及治疗室门联锁。治疗单位**每周**应对治疗机组合照射条件和紧急中断照射设备进行**实验检查**；用放射治疗剂量测量仪检验辐射输出量。



钴治疗机

- 实施放射治疗的防护要求

至少每5年要更换新的 ^{60}Co 源。同时，在每次更换源或较大的调整后，必须全面校准治疗机产生的剂量率。



钴治疗机

γ 远距治疗应用的要求

- ① γ 远距治疗工作人员： γ 远距治疗单位应配备放射治疗的医学专家、物理学工作者和技术人员，正确合理地使用放射治疗并保证放射治疗的质量。
- ② γ 远距治疗与防护的质量保证：实施 γ 远距治疗应建立质量保证体系，保证辐射照射的准确性及防护的最优化。



第三章 肿瘤放疗的放射 防护与安全



1 远距离放疗的防护

- 防护原则：运用正当性和最优化的原则，避免一切不必要的照射。
- 对患者，在达到疗效前提下使肿瘤部位剂量高，正常组织剂量尽可能低。降低正常组织剂量的方法：
 - 肿瘤照射剂量分次给予；
 - 利用一个以上射束。
- 对职业人员，应在保证正常工作和相应的经济代价的条件下，采取必要的防护措施，使所受到的照射达到合理做到的尽量低的水平。



1 远距离放疗的防护

- 放疗的目的是治病，保证疗效和治疗安全是患者防护的两个最重要指标。由于放疗是人体局部接受大剂量直射照射，患者病灶部位不同、病程不同，辐射剂量也不同，即患者防护不可能以剂量限值衡量或管理；
- 职业人员不可避免地受到辐射照射，但这种照射在非事故情况下，属于全身性长期小剂量慢性照射，防护原则是执行剂量限值制度。



2 远距离放疗的安全保障

- 钴机故障时快速反应原则
 - 紧急关闭机器;
 - 如果关闭按钮失效, 快速将病人移出照射束;
 - 移动病人时, 操作者须处于辐射束之外。
- 钴机故障时注意事项
 - 在进入房间前, 根据现场情况采取其它应急操作, 如转动机架, 或从外边关闭准直器。
 - 只有从辐射束下移走病人, 且工作人员已离开机房(关门后), 才能由专业维修人员用手动方式将钴源移到“关闭”位置。



2 远距离放疗的安全保障

- 质量保证和安全检查：按规定的间隔，对治疗设备进行一系列的检查，检查项目包括：
 - 定位装置，如激光器或定位光源；
 - 源-皮距测量装置；
 - 机器读数或指示，如机架角度和照射野大小；
 - 灯光定位器对准情况；
 - 门的联锁和警告系统。
- 记录保存：所有校准和常规质量保证记录均应反映在工作本上。病人每次射束治疗之后，相关的资料必须立即记在病历卡中。



3 远距离放疗的防护与安全操作

- 每天按校验单逐项检查，确认治疗机正常；
- 确保病人了解治疗期间可能出现的情况，并对治疗程序逐一进行解释；
- 病人治疗前，查验其身份和治疗处方；
- 除病人之外无人留在房间内；
- 启动治疗前，检查定时器或剂量监测器的读数；
- 病人有明显移动或装置出现故障，立即停止治疗；
- 按规定完成全部照射治疗后，从治疗室移走病人；
- 在病人治疗记录中详细记录治疗的情况；
- 将可能的失误或治疗错误，报告有关主管人员；



4 远距离放疗患者的防护

肿瘤放疗的正当性判断：

- 根据患者肿瘤的类型、病期、身体条件，确定是否属于放疗适应证；
- 采用放疗比其它方法有明显的优越之处；
- 肿瘤的辐射敏感性、照射方式(全身或局部)和放疗引起的危险程度进行利益代价权衡；
- 良性疾病尽量不采用放疗；

经全面分析，证明病人获得的利益大于付出的代价，则认定放疗是正当的。这是放疗医生的职责。



4 远距离放疗患者的防护

放疗最优化原则的实施，必须明确

- **放疗医生的防护职责：**根据已有的资料和治疗条件制定周密的治疗方案。最主要的是确定处方剂量；其次是选择恰当的辐射类型(X、 γ 射线或电子束)；再次是根据肿瘤深度、位置、大小选择合适的照射方式。
- **放疗物理人员的防护职责：**治疗计划的物理部分是准确实施投照，使靶区接受的吸收剂量达到处方剂量，其相对偏差须在 $\pm 5\%$ 以内。同时使靶区周围正常组织的剂量达到最小。



4 远距离放疗患者的防护

实施放疗时的患者防护要点

- 治疗前放疗计划剂量的核对
- 治疗病人的摆位与观察
- 疗程中射束位置的检查
- 操作人员须及时报告治疗偏差
- 周围健康组织的屏蔽：尤其注意对眼晶体、性腺、脊髓、喉、膀胱等辐射敏感器官的屏蔽。慎重对待儿童、孕妇的放疗，对于儿童患者重点注意对骨髓、脊髓、性腺及眼晶体的防护。
- 放疗后注意病人的反应与定期复查



4 远距离放疗患者的防护

患者的防护用品

- **性腺防护裙**：使用柔软材料，铅当量不小于0.5mmPb。
- **阴囊屏蔽器**：轻型屏蔽器不小于0.5mm铅当量，重型屏蔽器不小于1.0 mm铅当量。
- **卵巢屏蔽器**：不小于1.0 mm铅当量。
- **阴影屏蔽器**：轻型屏蔽器不小于0.5mm铅当量，重型屏蔽器不小于1.0 mm铅当量。
- **防护眼镜**：给患者佩戴合适铅当量的眼镜，可使眼晶体的受照剂量减少到原来的1/10。



4 远距离放疗患者的防护

患者的剂量水平控制

- 肿瘤放疗的处方剂量高达数十Gy，因而肿瘤放疗的电离辐射剂量学问题非常重要。
- 对肿瘤放疗患者所受的医疗照射剂量，重点关注的是患者肿瘤靶区的吸收剂量，包括吸收剂量及其分布的准确测定、施给剂量的方案设计、剂量验证和给准剂量等。这些剂量学问题对肿瘤放疗的质量保证至关重要，实际上是肿瘤放疗的关键性问题。



4 远距离放疗患者的防护

患者的剂量水平控制

(1) 靶外剂量的控制

射线照射到人体或模体后，在模体中的任意点的剂量由来自放射源的原发射线和来自周围模体散射的散射线叠加而成。

(2) 射野的等剂量分布

(3) 临床治疗剂量学原则



4 远距离放疗患者的防护

(3) 临床治疗剂量学原则

- ①肿瘤剂量要求准确
- ②治疗区域剂量分布均匀
- ③尽量提高靶区剂量
- ④有效保护周围重要组织和器官



4 远距离放疗患者的防护

(4) 保证治疗效果和预防周围正常组织免收不必要照射常采取的措施

①组织补偿

- 等效组织填充物：在皮肤表面及组织欠缺的位置填入组织等效物，以改善剂量分布。等效组织填充物包括石蜡、聚乙烯、薄膜塑料水袋、凡士林、纱布等。

②楔形板

- 为适应治疗需要，通常在射野加楔形板对线束进行修整，获得理想形状的剂量分布，楔形板因其形状是一端厚一端薄而得名。

③射野挡铅



4 远距离放疗患者的防护

放疗过程的质量控制

- 处方剂量达数十Gy，质量保证与放射防护密切相关。
- 质量保证：通过一系列相关活动，确保各种放疗设备性能处于最佳状态运行，保证从治疗计划设计、验证到临床实施所有环节的操作达到最佳质量，在可合理达到的最佳精度范围内准确施予靶区所需剂量，最大限度减少对周围正常组织的照射。
- 高质量的放疗不仅须有性能合格与配套的相应设备，还应有高素质的相关人员。凡放疗患者，不但要对症采用合适的放疗技术，还必须力求最佳质量的放疗效果，以追求高精度、高疗效和低副作用。



4 远距离放疗患者的防护

高度重视放疗设备的全面匹配。

- 模拟机、治疗计划系统(TPS)、剂量仪、测量用水箱、各种固定架、各种挡块模具等辅助设备、定位设备、模室设备和剂量监测设备，与放射治疗设备同等重要，是保证放疗质量的必要条件；
- 主要放疗设备中，远距离与近距离放射治疗设备也需要互相匹配。与过去比，各放射治疗单位的辅助设备有较大增长，但仍然不尽如人意，尤其省级以下医院更必须大力加强各种有关配套放射治疗设备的配置。



5 远距离放疗的防护监测

放疗机防护性能的监测

- 验收制度
- 放射防护性能测试制度
 - ①有用线束线质、线量的监测
 - ②安全联锁装置的检测
 - ③放射防护性能的测试



5 远距离放疗的防护监测

放射工作场所的防护监测

- 放射防护人员应对治疗室、控制室、候诊室和周围环境的辐射水平进行监测。
- 工作场所监测分为常规监测和操作监测。
- 常规监测用以说明该工作环境对继续进行操作是否令人满意，有否要求重新评价操作程序的现象发生。
- 操作监测是对某项特定的作业提供一种检验，为及时决定能否进行这项作业提供依据。



5 远距离放疗的防护监测

放疗工作人员的监测

- **个人累积剂量监测**：通过佩戴个人剂量计，测定工作人员在一定时间内累积剂量，评价是否超过职业人员年剂量限值。
- **个人剂量报警**：放疗工作人员进行放射性工作操作时，尤其出入治疗室或检修放疗机时，须配带个人剂量报警装置，提示人们放射源是否启动的信息，起报警作用。防止在放射源工作状态误入放疗室遭受超剂量照射。另一方面，当工作人员因工作需要必须在有放射性的场所下工作，达到操作剂量限值时，进行报警，提醒人员迅速离开工作场所。



二. 近距离放疗的防护与安全

- 远距离放疗时，在对肿瘤部位进行照射的同时，射线对所通过的健康组织的辐射量往往超过其耐受程度，导致健康组织受到一定损害，使远距离放疗的应用受到了一定的限制。
- 为给肿瘤以足够的辐射剂量，可采用不同途径，包括紧贴肿瘤植入一个小的放射源，这种疗法称为近距离放疗。



1 近距离放疗中的放射防护

放射防护重点

- (1) 辐射照射：时间、距离、屏蔽
- (2) 放射性污染：所有密封源都应定期进行泄漏检验，例如每6个月1次。
- (3) 防止放射源丢失



1 近距离放疗中的放射防护

《放射性核素敷贴治疗卫生防护标准》(GBZ 134-2002) :

- 贮源箱表面**5cm**和**100cm**处空气吸收剂量率分别不得超过 **$10\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$** 和 **$1\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$** ;
- 治疗室面积不小于 **10m^2** , 墙面和地面易于去污, 患者座位间保持**1.2m**的距离, 配有 β 污染检查仪等;
- 治疗时, 用**3mm**厚的橡皮泥或橡胶板屏蔽周围的正常组织, 一次最大允许敷贴面积成人不大于 **200cm^2** , 儿童不得大于 **100cm^2** 。



1 近距离放疗中的放射防护

《后装 γ 源近距离治疗卫生防护标准》(GBZ121-2002)：

- 距贮源器表面**5cm**处的任何位置，泄漏辐射的空气比释动能率不得大于 **$100\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$** ，距贮源器表面**100cm**处的球面上，任何一点的泄漏辐射的空气比释动能率不得大于 **$10\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$** ；
- 治疗中技术人员必须密切注意控制系统的各项显示与病人状况，同时必须详细记录与治疗有关的一切资料；
- 实施放疗中，除患者外，治疗室内不得停留任何人员。



三. 医学放射工作人员的防护与安全

1. 医学放射工作人员防护要点
2. 职业照射个人剂量监测
3. 职业照射健康监护
4. 防护与安全知识培训



1. 医学放射工作人员防护要点

- 放疗的职业人员：
 - 放射肿瘤医师；
 - 病理学、医学影像学专业技术人员；
 - 医学物理人员；
 - 放疗技师和维修人员；
 - 其他相关临床医师，护理人员、服务人员等。



医学放射工作人员防护要点

- 放疗过程剂量很高，但职业照射水平较低。
- 远距离放疗时，工作人员一般不留在治疗室，经校准的射束不会造成对工作人员有意义剂量的照射。
- ^{60}Co 治疗机，注意源在关闭装置时的辐射泄漏和使用穿过屏蔽层的辐射。
- 直线加速器能量低于10MeV时，受照仅来源于穿过屏蔽层的照射；超过10MeV时，光核反应会产生中子和活化产物。治疗结束后马上进入治疗室的人员会受到残余放射性照射，但剂量比较低。
- 近距离放疗时，操作者（例如外科医生，妇科医生和护士）的手部和面部常受到照射。



1. 医学放射工作人员防护要点

- 对于远距离治疗中的职业人员的防护而言，在正常的工作条件下，除了极少可能受到医用放射源及射线装置发出的有用射线束照射，更多的情况是可能受到散射线、漏射线或感生放射性的照射。
- 由于对设备、机房进行严格的屏蔽，散射线与漏射线的绝对量大大降低，正常情况下，医技人员的受照剂量均十分安全。



2. 职业照射个人剂量监测

外照射个人剂量监测

- 个人监测：利用工作人员个人佩带剂量计所进行的测量，或是测量他们体表、体内或排泄物中放射性核素的种类和活度以及对这些测量结果的解释。
- 个人监测包括外照射个人监测，内照射个人监测和皮肤污染的个人监测。
- 对放射治疗而言，由于基本上使用的是外照射，通常不会产生内照射污染，个人剂量监测主要是外照射。



2. 职业照射个人剂量监测

外照射个人剂量监测对象：

- 控制区工作的任何人员；
- 偶尔进入控制区并可能受显著照射的工作人员；
- 或受照剂量可能大于 5mSva^{-1} 的工作人员。
- 个人监测不现实或不可行时，经审管部门认可，可根据工作场所的监测结果，和根据受照地点、时间的资料对工作人员的受照剂量做出评价，如果预计照射剂量在 $1\text{mSva}^{-1}\sim 5\text{mSva}^{-1}$ 范围，应尽可能对其进行个人监测。



2. 职业照射个人剂量监测

外照射个人剂量监测目的：

- 得到有效剂量的评价，需要时获得受到有意义照射的组织中当量剂量的评价，以说明符合管理要求和法规的要求；
- 为控制操作和设施的设计提供信息；
- 在事故过量照射的情况下为启动和支持适当的健康监护和治疗提供有价值的信息。



第四章 事故与应急



放射治疗事故

我国放射治疗现场:

放疗医院800家，放疗机1800台；X、 γ 刀治疗的科室有226个，适形调强治疗的科室239个。

每年约有50万肿瘤患者接受放射治疗，放疗机输出量合格率仅为64%，每年约1.5万余人属于事故性照射。



放射治疗事故

放射治疗受其自身的性质决定，是最容易发生严重后果的一类实践。

患者暴露在很强的辐射下，受到的剂量（**20Gy~80Gy**）大于正常组织可耐受剂量的上限，因此事故性过量照射的可能性相当大，严重的会造成致命的后果；但是照射不足又会影响治疗效果（例如肿瘤得不到有效控制）。



放射治疗事故

放疗中的事故性医疗照射，包括：

- ①**差错**，如弄错患者的照射剂量或分次剂量与处方数值严重不符以及可能导致过度急性次级效应的治疗事件；
- ②**故障**，各种可能造成患者的受照剂量与所预计值显著不同的设备故障或其他异常偶然事件。



放射治疗事故

放疗中正常照射的后果：

在放射治疗中，由于某些正常组织接受的剂量约与肿瘤剂量相同，会发生一些副反应或并发症，这已是治疗的一部分，在多数情况下，是不可避免的。

通常认为副反应是轻微的和一过性的，并发症却是严重的和永久的；副反应可以有较高的发生率，而并发症的发生率要低。

传统做法是放射治疗的耐受剂量被定在“5-5”水平，即5年有5%的并发症。



放射治疗事故

放疗意外照射的后果：

分为三类：

- ①对肿瘤局部控制率的影响；
- ②早期(或急性)并发症；
- ③晚期(或慢性)并发症。



放射治疗事故

对肿瘤局部控制率的影响：

给予的肿瘤剂量明显低于处方剂量会严重影响患者治愈的可能性；

事故性中，增加肿瘤控制率，但是，某些正常组织也会相应受到超剂量照射。导致患者死亡或生活质量严重下降。

处方剂量的选择是基于可接受的利益 / 代价比，任何非故意的偏移都是不合要求的。



放射治疗事故

早期(或急性)并发症:

急性并发症是早期必然的反应(是一种细胞杀伤效应), 它与剂量有关, 并有阈值。

这些反应通常见于快速增殖的组织或器官(如皮肤、黏膜和骨髓), 在照射后几天或几周内就可观察到, 通常是一过性的。

早期反应的主要决定因素是:

- ①所给予的剂量;
- ②总放射治疗时间;
- ③受照体积的大小和部位或受照器官的百分比。



放射治疗事故

晚期(或慢性)并发症:

这类并发症也是必然的损伤效应，并有**阈值**。晚期反应主要见于含慢增殖细胞的组织或器官，也可见于有快速增殖细胞的器官，是非常严重急性反应的结果。晚期并发症的病理生理是复杂的，综合有细胞丢失、支持组织改变(如血管，胶质细胞)和放射纤维化缓慢进行性发展。继发肿瘤也是放射的晚期(随机的)反应。

这些晚期并发症通常发生于照射结束**6个月**以后，但也可能发生得更晚(几年)，通常认为是不可逆的，常常缓慢发展。

照射剂量是晚期并发症的一个主要决定因素。



放射治疗事故 事故性医疗照射的可能起因：

分类	例数	百分比(%)
外照射治疗中的意外照射		
设备问题	3	6.5
维护	3	6.5
射线束校准	14	30.0
治疗计划和剂量计算	13	28.0
模拟	4	9.0
治疗摆位和治疗实施	9	20.0**
总数	46*	100
近距离治疗中的意外照射		
设备和放射源问题	5	15.0
放射源订购、运送、校准和接受	3	9.0
放射源贮存和治疗准备	5	15.0
治疗计划和剂量计算	6	18.0
治疗实施	11	34.0
放射源的退出	3	9.0
总数	33*	100

* 表中事故的例数少于原出版物中的数量，因为原出版物包括非密封源的事件和影响公众的事故；

** 可能治疗摆位中的错误比表中所列的要多，因为许多情况可能未做报道，特别是当后果不太严重时，如影响1次或几次治疗



放射治疗事故

远距离放疗事故的原因：

(1) 设备问题，诱发因素是：

- ①没有进行有效安全评估，软件包由旧型号加速器转换而来；
- ② 机器故障很难修复；
- ③ 由于难以鉴别其原因而延误了宣传警示和采取有效行动。



放射治疗事故

远距离放疗事故的原因：

(2) 维修，诱发因素是：

- ① 维修工程师对操纵射线参数(如能量)失误的后果认识不足，缺乏培训及缺少能诊断机器故障的专家；
- ② 维修工程师未与医学物理师就机器维修情况进行沟通，在未进行射线剂量校准的情况下恢复治疗；
- ③ 在能量选择器或关键功能失效情况下操作机器；
- ④ 忽略了相互矛盾的显示和信号；
- ⑤ 缺少快速、稳定的检测设备；
- ⑥ 间断的错误，难以重复、鉴别和维修。



放射治疗事故

远距离放疗事故的原因：

(3) 射线束校准，诱发因素是：

- ① 射线束校准过程培训不足，对校准证书、剂量仪器和决定大气压校正因子的条件理解不够；
- ② 缺乏重复的、独立的吸收剂量测定；
- ③ 缺乏明确的程序和方案，以及缺乏对程序依从性的整体监督；
- ④ 人员(物理师)变动时，工作人员之间的沟通和信息交流不到位。



放射治疗事故

远距离放疗事故的原因：

(4) 治疗计划系统，诱发因素是：

- ① 对TPS理解不够(未对工作人员进行新TPS的培
训)；
- ② 缺乏对TPS使用前的正规检测(在TPS用于患者
治疗之前缺乏完整的操作测试)；
- ③ 缺乏对计划的独立验证(对选定点用手工计算
核对或在模体中测量)。



放射治疗事故

远距离放疗事故的原因：

(5) 治疗模拟，诱发因素是：

- ① 以非常规体位进行治疗模拟；
- ② 未对胶片上的解剖部位进行验证。

(6) 治疗摆位和实施，诱发因素是：

- ① 未遵循鉴别患者和正确使用治疗单的规程，包括缺乏对患者治疗部位的解剖标记的核实，对治疗前患者反映治错了部位未做仔细的调查；
- ② 医生仅依赖于向患者询问治疗部位。



放射治疗事故

事故的预防措施之一，建立组织结构：

放射治疗是多学科的专业，**关键的人员**包括放射肿瘤医生、医学物理师、放射治疗技师和剂量员，其他与放射治疗有关或可能参与放射治疗不同步骤的人员是模室技术员、护士、维修工程师等。要特别注意人员的工作负荷。

放射治疗科的结构应有明确规定，特别是有关每个工作人员**的作用和责任**。另外，工作人员和专业小组之间的关系，都应予以明确，以便每个人明白她或他在这个结构中的责任以及其他人员的责任。所有影响放射治疗科结构的决定应予记录，信息应能有效和快速地在科室内传递。



放射治疗事故

事故的预防措施之二，开展教育和培训：

接触放射源和患者的工作人员应具备必要的教育基础和接受特殊的培训，培训不仅包括每个操作细节，还应包括治疗方案的设计。应包括典型事故的回顾和分析，以及预防方法的描述，也应该有专业持续发展规划。下面给出与放射治疗有关人员：

- (1) 放射肿瘤医生；
- (2) 医学物理师
- (3) 放射治疗技术员、剂量员和护士
- (4) 维修工程师



放射治疗事故

事故的预防措施之三，设备验收和测试：

应进行的重要工作：放射源需要安全接收、登记和贮存；放射测量设备检测和校准；房间的屏蔽效果测量；放射源检测和校准；远距离治疗机和遥控后装机使用前的检测验证。

验收测试是证明设备是否符合或超出所定购的规格。由医学物理师确认设备是否符合订购规格。

验收测试对预防意外照射至关重要。因为安全连锁第1次在医院测试，所以负责验收的医院工作人员，通常是医学物理师，而且必须熟悉这些标准。

验收测试结束后，开始测量临床数据。这些数据的格式应满足输入TPS的要求。全部数据应逐日记录以备案，并要签署日期及物理师签字。

临床数据测量结束后，应遵循质量保证规程，进行质量控制检测。



放射治疗事故

事故的预防措施之四，机器故障的监控：

一些不安全的维护或对无法解释的错误动作未进行追踪监控会导致致命的事故。

最棘手的问题是一些不能被维修工程师重复的错误动作，例如间断性故障，或者是仅在特殊情况下发生的故障。对此维修工程师很难找出原因并予以排除。建议用户和制造商，对无法解释的错误动作应进行追踪监控，并把信息及时传递给同类型机器的其他用户以及维修工程师。



放射治疗事故

事故的预防措施之五，工作人员之间交流：

沟通应通过科室的制度给予保证。

① 如果发现治疗机工作不正常，应马上报告给医学物理师，如果这一现象被怀疑是由机器性能变化引起的，物理师应马上进行适当的检测来评估；

② 如果放射治疗技术员发现或患者自己反映有未预料的症状出现时，放射肿瘤学医生应立即要求物理师做验证以发现治疗过程不同步骤中的任何可能的错误；

③ 如果在多例患者中发现未预料的反应，应立即通知医学物理师，并要求他们对治疗机的剂量学做验证。

在以上任何一种情况下，医学物理师应建议放射肿瘤学医生只有在机器性能或治疗参数验证后才能继续治疗患者。



放射治疗事故

事故的预防措施之六，识别患者和患者治疗单：

一些意外照射导致一个疗程或部分疗程治疗了另一个患者，或治疗了错误的部位。

质量保证是非常重要的，它包括规定、有效地识别患者(照片、身份)和照射部位，以及执行放射治疗单核实。

至少**1**次 / 周。



放射治疗事故

事故的预防措施之七，保证远距离治疗质量：

- (1) 射线束校准。应定期进行质量控制检验，尤其是在参考条件下给予剂量验证。
- (2) 治疗计划系统。应对计算的绝对剂量和相对剂量仔细验证，应清楚地理解治疗计划系统算法所依据的物理基础。
- (3) 体内测量。



放射治疗事故

事故的预防措施之八，保证近距离治疗质量：

- (1) 放射源活度和鉴别。** 治疗之前，验证放射源活度后，源或贮藏器应用独一无二的鉴别物标记，以防止不同源之间可能出现混淆。
- (2) 剂量计算和治疗计划。** 特定放射性核素的软件用于不同的核素可能会导致严重的剂量计算错误和意外照射，剂量描述应参照一些国际组织的建议。
- (3) 放射源驻留位置和从患者体内退出。**



放射治疗事故应急

肿瘤放疗事故的应急是放疗中辐射防护最后一道有效阻止事态扩大或危害扩散的防线，相关单位应急管理的主要责任是编制事故应急计划及其执行程序并完成应急准备。



放射治疗事故应急

未来意外照射的潜在可能性：

(1) 随着放射治疗在世界范围的发展，在没有广泛教育计划的国家，可能会有更多的与人员培训不足有关事故。

(2) 认为现代机器更安全，需要较少的质量保证，这是一个普遍的误解。

(3) 加速器作为新型治疗装置或替代Co-60远距离治疗机，安装数量在增加，许多是在发展中国家，会由于加速器维修不充分而发生事故。与机械故障相比，计算机控制系统数量的增加也会导致更多的计算机相关事故。



放射治疗事故应急

未来意外照射的潜在可能性：

(4) 加速器的增加会淘汰 ^{60}Co 远距离治疗机及一些旧的 ^{137}Cs 装置，不正确的丢弃这些旧设备会使事故增加。10年后或更长，这些事故的频率可能会降低。

(5) 高剂量率(HDR)近距离治疗、“伽玛刀”装置。多叶光栅和适形调强放射治疗(IMRT)等新技术可能会产生新类型的意外照射。



放射治疗事故应急

事故应急内容：

(1) 应急组织与职责

医院成立由正副院长分别兼任正副组长，包括3位专业医师组成的辐射防护小组，该小组兼有处理事故应急责任，设备事故时，统一由医院辐射防护小组负责处理。

(2) 应急准备详细描述应急准备

为了控制和消除事故源，对已发生的事故能及时迅速正确地处理，医院应该制定《放射性事故的处理及预防规章制度》，其中明确：

A.在重大修理及调整后，要对剂量率及时加以测量，未经测量不得使用机器治疗，以防超剂量照射事故的发生。



放射治疗事故应急

事故应急内容：

B.每年组织有关人员观看放射事故的录相使大家受到教育，思想上予以高度重视。

C.设备操作人员除严格的按照操作规程进行治疗外，不得擅自及禁止使用的开关及转动钥匙位置。

D.操作人员应集中注意力，观察病人治疗和机器运行的情况。

E.对同中心照射的病人，治疗前在治疗室内预先试转一次，以免在治疗中旋转臂或机头压到病人。



放射治疗事故应急

事故应急内容：

除此之外还制定了《放射事故应急处理措施》，一旦发生事故立即关闭机器并让病人脱离治疗床；关闭治疗室大门；维持现场不准任何人进入，避免事故的扩大，并立即汇报给主管人员；在有关领导统一组织指挥下排除故障；对参加事故处理的人员进行登记并模拟测量计算个人受照剂量，佩戴个人剂量监测元件；查清事故发生的原因，弄清是属机器故障还是人为原因；填写事故报告表并逐级上报，同时做好医院存档。



放射治疗事故应急

事故应急内容：

(3) 应急计划

应急是放射防护最后一道屏障，应急计划是指导应急活动的行动指南，相关医疗单位应制定有针对性的应急计划，也需具备应急组织和应急计划基本落实到位的能力。

(4) 应急能力的保持

放疗事故是低概率事件，应急计划的落实与应急能力保持是降低低概率事件危害的有效措施，有关单位应该进行定期的放射事故应急知识与应急技能的培训和应急演习，提高放射性工作人员应对事故的能力。



全国放射

工作人员个人防护培训

上海仁机仪器仪表有限公司—核检测仪器制造商—www.radtek.cn 021-61649690



苏州大学放射医学与公共卫生学院



典型案例



案例—1

- 1996年8月24日，哥斯达黎加San Jose'城San Juan de Dios 医院的放疗室更换 ^{60}Co 放射源，因时间单位的设计错误，操作者误将秒定为分钟的1/100，导致将照射剂量低估了1.66 倍。直至当年9月27日有114个病人因而受到超剂量的放射治疗。



后果

- 最严重的损伤病人接受了超规定治疗的剂量大约为50%。超剂量照射虽未高达致病人早期（数天内）死亡，但在有些病例中超剂量照射促使病人死亡。
- 不少病人在超剂量照射数月或数年后发生慢性并发症，而且这些并发症继续在恶化。



事故原因

- 弄错患者的照射剂量或分次剂量与处方数值严重不符



案例—2

- 加速器事故：操作员在选择X射线模式后，又将其改变到电子束模式，其间设备执行了最初的指令，未正确执行第2个指令；偏转室未达到正确位置，机器在没有X射线靶和射束均整器条件下启动，导致严重超剂量。



后果

- 患者颈椎发生放射性脊髓炎，致左臂、双腿瘫痪，左侧声带麻痹(患者不能讲话)，神经性肠、膀胱麻痹，左侧膈肌麻痹，
- 意外照射后5个月死于超剂量并发症。



事故原因

- 加速器控制软件设计缺陷
- 维修工程师未重现设备功能失常



案例—3

- 高剂量率近距离治疗机事故（美国）
- 某医院装有16GBq Ir源的高剂量率近距离治疗机治疗1例患者，处方剂量是18Gy，分3次给予。把5根施源管植入肿瘤中，在第1次治疗中，放射肿瘤医生在把源放进第5根施源管时遇到困难，决定退出源，结果源脱离驱动装置，仍留在患者体内。在放射源与施源管在患者体内的情况下被推回护理室。放射源留置患者体内约4d，直到含源的施源管脱落。
- 患者所接受剂量16000Gy(距放射源1cm)，而处方剂量为18Gy。



事故原因

- 放射肿瘤医生在放源治疗时操作失误
- 工作人员忽视了外面放射探测器发出的警告，未用手提式放射探测器进行测量
- 护理室人员把施源管丢弃在用于贮存非放射医疗废物的区域，后来被焚化公司运走



后果

- 患者很快死亡，超剂量照射是主要死亡原因
- 另外的94名其他人员受到照射，包括在癌症诊所、护理室的人员，急救人员，垃圾处理公司的工人。



事故性医疗照射的教训

- 多数事故中，几个诱发因素结合起来，使初始的差错逐渐发展为意外照射，并在一些案例中导致非常严重的或致命性后果。
- 缺乏管理是最根本原因。
- 缺乏合适的人力资源，不合格或未训练的人员上岗。
- 缺乏有效的、系统的质量保证措施(程序)和缺乏有效的相互沟通程序。
- 当购买新机器或引进新技术时，或当工作负荷增加时，忽视对人员和资源的评估和培训。
- 医院管理、源供应商和进口商由于对放射源的不负责任的处理。



放疗事故的预防措施

- 建立规范的放射治疗机构准入和放射治疗技术准入制度以及监督管理制度，加强卫生执法监督力度。
- 放疗机构应采取一切合理的措施，防止发生潜在的事故性医疗照射。
- 高度重视对放射治疗工作者的教育培训。
- 事故预防应作为设备、工作场所设计和操作规程设计的不可分割的部分。
- 应用纵深防御原则，针对给定的安全目标运用多种防护措施。
- 应将放疗设备设计成可用通过自动拒绝设计规范以外的操作要求或通过指令的有效性提问的方法来减少人员失误。



放疗事故的预防措施

- 放疗机构应建立一个全面的质量保证大纲。
- 治疗设备在安装、调试时，源改变之后和可能影响剂量测定的大修大改之后均应进行校准，并按标准测试程序进行常规检测。
- 工作规程应要求关键性步骤的独立确认。患者身份和与治疗计划的准确对应要经双重核实。
- 应频繁并全面清点近距治疗用源，并为放射源的储存和最后处理做好安排。
- 放疗机构必须制定应急计划并做好应急准备工作，使相关人员了解应急计划的目的是定期进行演习。



谢谢

