



第十二章 医疗照射的的辐射防护

学习目标

- ◆掌握医用诊断X线的防护原则
- ◆熟悉核医学检查的辐射防护方法和放射防护监测的基本内容
- ◆了解肿瘤放射治疗的防护基本要求





第一节 医用诊断x线的防护

一、防护原则

正当性和最优化是**医疗照射防护**的**基本原则**：它要求临床各科医师要充分重视**患者防护**，严格掌握各种医疗照射的适应证，尽量避免对患者造成不必要的照射。在必须采用射线诊断的前提下，也要尽量选择采用最佳方法，并把医用辐射设备工作条件调节到最优化状态，从而将射线剂量合理降到最低水平。

(一)医疗照射的正当性

在医疗照射给患者带来的**利益大于**可能引起的**辐射危害**时，所进行的医疗照射才是正当的。





随着计算机技术、相关学科与生物医学的不断发展和相互渗透，新的放射学科、新的技术不断涌现，确定医疗照射的正当性的尺度也在发生变化。

医疗照射的正当性判断实际上要靠医学放射工作人员和有关各科临床医师具体掌握，

首先掌握好**适应证**，正确合理使用X线诊断的医疗照射；尽量避免不必要的重复检查；尤其要慎重进行**妇女与儿童**施行X线诊断检查的正当性判断。

确认照射检查对受检者的病情诊治和健康有好处，也就是得到的**效益明显大于**付出的全部**代价**时，所进行的放射性工作就是正当的，值得进行的。





(二)放射防护的最优化

1. 医疗照射的防护**最优化**应从医用辐射源设备抓起

应当把施行医疗照射所使用的系统设计成可以及时发现系统内部单个部件故障的模式，使得对受检者与患者的任何计划以外医疗照射减到最小，有利于避免或减少人为失误。这是对医用辐射源安全和医用辐射设备设计的最基本要求。

2. 强调做好每天的操作规程非常重要

这是因为进行医疗照射的**操作情况**直接影响到受检者与患者的防护。在安全防护操作方面，医疗照射的操作人员负有主要责任，应有**制度和措施**保证工作人员认真做到，在分析设备供方所提供资料的基础上，确认各种可能引起计划之外的医疗照射的**设备故障**和**人为失误**；有效地防止设备故障和人为失误；将可能出现的故障和失误的后果减少到最小；制定应付各种可能意外事件的**应急预案或程序**，必要时进行**应急训练**。





3. 医疗照射质量保证包括

对各类型医用**辐射设备有关物理参数**进行调试时以及调试后定期进行的**测量**；

对患者诊断和治疗过程中所施行医疗照射的有关物理与临床方面的**验证**；

有关医疗照射**施程序序和结果的记录**；

辐射剂量测定和监测仪器的校准及工作条件的验证；

放射治疗的质量保证要**定期并独立地进行质量审核与评审**。





(三)个人剂量限制

受检者与患者所受医疗照射的防护要按照正当性和防护最优化原则，在放射诊断和治疗过程中，不产生过高的个体照射量，保证个人所受的放射性剂量不超过规定的相应限值。

个人剂量的限制是强制性的，必须严格遵守。各种规定的个人剂量限值是**不可接受的剂量范围的下界**，而不是可以允许接受的剂量上限。即使个人所受剂量没有超过规定的相应的剂量当量限值，也要按照最优化原则考虑是否要进一步降低剂量。





二、诊断X线机防护性能的要求

医用X线有效的防护，重点在X线机本身的固有安全防护和X线机房的固定防护设施上，其中对X线机的要求有：

1. X线管必须装在配有限束装置的X线管套内，构成X线源组件的一部分，才可以使用。
2. X线管组件辐射窗不能比指定应用所需要的最大射线束所需要的大。必要时可借助接近焦点装配的光栅，将辐射窗限制到合适的尺寸上。
3. 除了牙科X线机外，当X线源组件在相当于规定的1小时最大输入能量加载条件下以标称X线管电压运行时，源组件的泄漏辐射距焦点1m处，在任一 100cm^2 区域内的平均空气比释动能应不超过 $1.0\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。





4. 各种医用诊断x线机，对于可在正常使用中采用的一切配置，投向患者体表的x线束的第一半值层必须分别满足表12—1的要求。

5. 除了乳腺摄影x线机外，x线管组件中遮挡x线束材料的质量等效过滤必须符合如下规定：

(1)在正常使用中不可拆卸的材料，应不小于**0.5mmAl**。

(2)必须用工具才能拆卸的固定附加过滤片与不可拆卸材料总过滤，应不小于**1.5mmAl**。





6. 除了牙科X线机和乳腺摄影x线机外，投向患者x线束中的材料所形成的质量等效总过滤，应不小于2.5mmAl。





表12—1医用诊断x线机的半值层





三、放射防护设施

国家职业卫生标准《医用X射线诊断卫生防护监测规范》，对医用诊断X线机房的防护设施做出了技术要求：

(一)医用诊断x线机房防护设施的要求

1. 医用诊断X线机房的设置必须充分考虑邻室及周围场所的防护与安全，一般可设在建筑物底层的一端。
2. 机房应有足够的使用面积。新建x线机房，单管头200mA x线机房应不小于24m²，双管头的宜不小于36m²。牙科X线机应有单独机房。





3. 摄影机房中**有用线束朝向的墙壁应有2mm铅当量的防护厚度**，其他侧墙壁应有**1mm铅当量的防护厚度**。透视机房各侧墙壁应有**1mm铅当量的防护厚度**。设于多层建筑中的机房，天棚、地板应视为相应侧墙壁考虑，充分注意上下邻室的防护与安全。机房的门、窗必须合理设置，并有其所在墙壁相同的防护厚度。

4. 机房内布局要合理，不得堆放与诊断工作无关的杂物。机房要保持良好的通风。机房门外要有电离辐射标志，并安设醒目的工作指示灯。

5. 受检者的候诊位置要选择恰当，并有相应的防护措施。





6. X线机摄影操作台应安置在具有0.5mm铅当量防护厚度的防护设施内。
7. 每台x线机应配备适量的符合防护要求的各种辅助防护用品，如铅橡胶手套、铅橡胶围裙、铅防护座椅等。
8. 各X线机房内应注意配备专门供受检者使用的各种辅助防护用品，以及固定特殊受检者体位的各种设备。





(二)辅助防护设施

1. 技术方面可以采取屏蔽防护和距离防护原则。

屏蔽防护是指使用原子序数较高的物质，常用铅或含铅的物质，作为屏障以吸收不必要的X线。

距离防护是指利用x线曝射量与距离平方成反比这一原理，通过增加X线源与人体间距离以减少曝射量。

从X线管到达人体的X线，有**原发射线**和**继发射线**两类，**继发射线**是**原发射线**照射穿透其他物质过程中发生的，其能量比原发射线小，但影响较大。通常采用X线管壳、遮光筒和光圈、滤过板、荧屏后铅玻璃、铅屏、铅橡皮围裙、铅手套以及墙壁等，进行屏蔽防护。

增加人体与X线源的距离以进行距离防护，是简易的防护措施。





2. 放射线工作者方面应遵照国家有关放射防护卫生标准的规定制定必要的防护措施，正确进行X线检查的操作，认真执行保健条例，定期监测射线工作者所接受的剂量。在X线环境工作时要穿戴铅围裙、铅围脖、铅帽、铅眼睛、铅手套、铅面罩及性腺防护等，并利用距离防护原则，加强自我防护。

3. 工作人员及患者的防护用品 包括X线防护服、X线防护眼镜、X线防护围脖、X线防护帽子、x线防护手套、性腺防护、乳腺防护、护手、护臂等。

4. 防护装置包括移动式X线防护屏风、悬吊式X线防护屏风、X线防护床边帘、升降式移动X线防护帘、X线防护玻璃等。





四、医用x线诊断防护安全操作要求

1. 医用X线诊断工作者必须熟练掌握业务技术和射线防护知识，认真配合有关临床医师做好X线检查的正当性判断，正确掌握其适用范围，并注意查阅以往检查资料，避免不必要的额外检查，合理使用x线诊断。
2. 医用诊断X线机应按有关规定进行质量控制检测。
3. 根据不同诊断检查类型和需要，选择使用合适的设备以及相应的各种辅助防护用品(包括供受检者使用的)。
4. 参照国际基本安全标准(IAEA)有关放射诊断的医疗照射指导水平，认真选择各种操作参数，力求受检者所受到的照射是达到预期诊断所需的最低剂量。





5. 除了临床必需的透视检查外，应尽量采用摄影检查。
6. 采用普通荧光屏透视的工作人员在透视前必须做好充分的暗适应。在不影响诊断的前提下，应尽可能采用“高电压、低电流、厚过滤”和小照射野进行工作。
7. 进行消化道检查时，要特别注意控制照射条件和避免重复照射，对工作人员和受检查者都应采取有效的防护措施。
8. 摄影时，工作人员必须根据使用的不同X线管电压更换附加过滤板。





9. 摄影时，工作人员应严格按所需的投照部位调节照射野，以便有用线束限制在临床实际需要的范围内并与成像器件相匹配。对受检者的非投照部位应采取适当的防护措施。

10. 摄影时，工作人员应在屏蔽室(区)等防护设施内进行曝光操作。并应通过观察窗等密切关注受检者。

11. 进行X线摄影检查时，工作人员应注意合理选择胶片以及胶片与增感屏的组合，并重视暗室操作技术的质量保证。

12. 进行X线检查时，只要可行，就应对受检者的辐射敏感器官(例如性腺、眼晶体、乳腺和甲状腺等)采取适当的屏蔽保护。





13. 施行X线检查时应注意候诊受检者的防护。摄影中除正在接受检查的受检者外，其他人员不应留在机房内。透视时拟同时进入机房候诊的受检者要恰当安置，并有相应屏蔽防护措施。

14. 只有在把受检者送到固定设备进行检查不现实或医学上不可接受的情况下，并采取相应防护措施(包括距离和屏蔽防护等)后，才可使用移动或携带式X线机施行检查。携带式X线机不宜用于常规透视。

15. 在X线检查中，对儿童等特殊受检者可采取相应固定体位措施。对有正当理由需要检查的孕妇应注意尽可能保护胚胎或胎儿。当受检者需要扶携时，对扶携者也应采取相应的防护措施。





16. 在放射诊断临床教学中，对学员必须进行射线防护知识教育，并注意对他们的防护，对示教病例严禁随意增加曝光时间。





五、妇女x线检查的防护

(一)检查原则

1. 为保障育龄妇女、孕妇及其后代的健康和安全，必须使受检者的照射剂量降低到合理的最低水平，避免不必要的照射。
2. 限制对育龄妇女进行x线普查，如X线透环、乳腺x线摄影等，降低集体受照剂量。严格控制对孕妇进行腹部X线检查，以减少胚胎、胎儿的受照危害。
3. 临床医师对就诊的育龄妇女、孕妇必须优先考虑选用非X线的检查方法，根据临床指征确实认为x线检查是合适的检查方法时方可申请x线检查，并应尽量采用x线摄影代替X线透视检查。





4. 对有生育计划的育龄妇女进行腹部或骨盆部位的X线检查时，应首先问明是否已经怀孕，了解月经情况，严格使检查限制在月经来潮后的十天内进行，对月经过期的妇女，除有证据表明没有怀孕的以外，均应当作孕妇看待。

5. 妇女妊娠早期，特别是在妊娠8~15周时，非急需不得实施腹部尤其是骨盆部位的X线检查，原则上不对孕妇进行X线骨盆测量检查，如确实需要也应限制在妊娠末三个月内进行，并在医嘱单上记录申请此项检查的特殊理由，经有资格的放射科专家认同后方可实施。

6. 孕妇分娩前，不应进行常规的胸部X线检查。

7. 避免对育龄妇女、孕妇重复进行X线检查。





(二)放射科工作人员应遵守的原则

1. 放射科工作人员接到育龄妇女、孕妇的x线检查申请单时，首先要进行审查，对末次月经、妊娠情况填写不清的应询问清楚并根据患者病情主动与临床医师磋商决定是否进行下腹部x线检查。如确认没有必要做x线检查时，有权退回x线检查申请单。
2. 必须熟练掌握业务技术、放射防护知识，并针对育龄妇女、孕妇生理特点制备足够铅当量的各种适用的屏蔽物。
3. 应用于育龄妇女、孕妇检查的X线机必须符合《医用X射线诊断放射卫生防护要求》的规定。
4. 制定出最佳X线检查方案，选择最佳的投照条件或摄影条件组合，以减少受检者的受照剂量。





5. 根据诊断需要。严格进行射线束的准直，限制照射野范围，并对非受检部位(特别是孕妇的下腹部)采取有效的屏蔽防护，以减少不必要的照射。

6. 透视前，做好充分的暗适应，以缩短曝光时间，在不影响诊断的前提下，选用高电压、低电流、厚滤过、小射野的透视条件。

7. 在进行X线检查时，应使受检者采取正片的体位，以减少眼睛、甲状腺、乳腺、卵巢等放射敏感器官的受照。

8. 尽量采用先进的技术和设备，如影像增强器、稀土增感屏和与其匹配的x线胶片。

9. 做好X线检查的质量保证工作，避免不必要的重复照射。





(三)特别x线检查

1. 宫内节育器的X线检查

(1)带节育器(简称带环)的妇女,在有出血、感染、腰疼等异常情况或怀疑节育器脱落时,应首先进行妇科、超声波检查,在上述检查不能确诊时,方可进行X线检查,避免无临床指征的X线检查。

(2)对妇女节育器的x线透视(简称X线透环)检查,应逐渐过渡到腹部X线平片检查,并应用铅屏蔽物将曝光范围局限于盆腔部位。

(3)严格限制对带环妇女进行X线透环检查的频率,在带环后第一年不得超过两次,以后每1~2年不得超过一次。





(4)X线透环检查时，禁止育龄妇女在X线机房内排队等候检查。

(5)农村计划生育透环员必须经过放射防护知识与X线检查技术的培训与考核，取得合格证后方可从事X线透环工作。

(6)携带式小型X线机必须进行防护改装，达到《医用X射线诊断放射卫生防护要求》中的规定后方可应用于计划生育透环工作。





2. 乳腺X线检查

(1)避免对无临床症状的育龄妇女进行乳腺x线健康检查，对50岁以下妇女除有乳腺癌个人史、家族史或其他高危因素适应证外，不宜作定期乳腺X线普查。

(2)严格掌握乳腺X线检查的适应证。对年轻妇女特别是20岁以下的妇女，更应慎重使用乳腺X线检查，妇女怀孕期间不宜进行乳腺X线检查。

(3)应避免对乳腺进行重复X线检查。

(4)在进行乳腺X线检查时，应注意对育龄妇女眼睛和甲状腺的防护。

(5)乳腺X线诊断必须由受过专门训练的放射科医师承担。





(6)不应使用一般医用诊断X线机进行乳腺X线检查，应使用专用软X线装置如钼靶X线机并配合先进技术和稀土增感屏进行乳腺X线检查，使一次检查乳腺中心部位的最大剂量当量不高于10mSv。





3. 子宫输卵管造影

- (1) 严格掌握子宫输卵管造影检查的适应证，减少不必要的照射。
- (2) 该项检查要限制在月经干净后5~10天内进行。
- (3) 尽量避免重复X线检查。
- (4) 在子宫输卵管造影检查后三个月内应避免妊娠。

怀孕三个月以内的孕妇，由于胚胎的造血系统及各种组织器官未发育成熟，当受到大剂量X线直射时，有发生畸胎的可能。生长发育期的儿童也应尽量减少X线检查，必须检查时应以摄片为主，因为摄片所用的x线量远低于透视。患有造血系统疾病的病人如再生障碍性贫血、粒细胞白血病等，进行x线检查有可能加重病情的进展。任何原因所致的白细胞减少在进行X线检查时都必须慎重。





六、儿童x线检查的防护

(一)检查原则

1. 儿童X线检查所受的医疗照射，必须遵循X线检查的正当性和放射防护最优化原则，在获得必要诊断信息的同时使受检儿童的受照剂量保持在可以合理达到的最低水平。
2. 对儿童施行X线诊断检查，必须注意到儿童对射线敏感、其身躯较小又不易控制体位等特点，采取相应有效的防护措施。儿童X线群检必须加以控制。
3. 必须建立并执行X线诊断的质量保证计划，提高X线诊断水平，减少儿童受检者的所受照射剂量。
4. 各种用于儿童的医用诊断X线机的防护性能、工作场所防护设施及安全操作均须符合《医用x射线诊断放射卫生防护要求》的规定。





(二)专用于儿童x线诊断设备的防护要求

1. 透视用X线机必须配备影像增强、限时装置及影像亮度自动控制系统。
2. 摄影用X线机必须具备能调节有用线束矩形照射野并带光野指示的装置。
3. X线机应配备供不同检查类型、不同儿童年龄使用的固定体位的辅助设备。
4. 非专用于儿童的X线机，用于儿童X线检查时应按要求执行。





(三)x线防护设备和用品的防护要求

1. X线机房必须具备为候诊儿童提供可靠防护的设施。
2. 专供儿童x线检查用的机房内要合理布局，并按儿童喜欢的形式装修，以减少儿童恐惧心理，最大限度地争取儿童合作。
3. 使用单位必须为不同年龄儿童的不同检查配备有保护相应组织和器官的具有不小于0.5mm铅当量的防护用品。





(四)对临床医师的要求

1. 应严格掌握儿童X线诊断适应证。对患儿是否进行X线检查应根据临床实际需要和防护原则进行分析判断，确有正当理由方可申请X线检查。
2. 在对患儿进行诊断时，应优先考虑采用非电离辐射检查法。
3. 在X线透视下进行骨科整复和取异物时，不得连续曝光，并注意尽量缩短时间。





(五)对x线工作者的要求

1. 必须熟练掌握儿科放射学业务技术和射线防护知识，仔细复查每项儿童X线检查的申请是否合理，有权拒绝没有正当理由的X线检查。
2. 除临床必需的X线透视检查外，应对儿童采用X线摄影检查。
3. 透视前必须做好充分的暗适应，透视中应采用小照射野透视技术。
4. 对儿童进行x线摄影检查时，应严格控制照射野，将有用线束限制在临床实际需要的范围内。照射野面积一般不得超过胶片面积的10%。
5. 对儿童进行X线摄影检查时，应采用短时间曝光的摄影技术。





6. 对婴幼儿进行X线摄影时，一般不应使用滤线栅。
7. 对儿童进行X线检查时，必须注意非检查部位的防护，特别应加强对性腺及眼晶体的屏蔽防护。
8. 使用移动式设备在病房或婴儿室内做X线检查时，必须采取防护措施减少对周围儿童的照射，不允许将有用线束朝向其他儿童。
9. 未经特殊允许不得用儿童做X线检查的示教和研究病例。
10. 对儿童进行X线检查时，应使用固定儿童体位的设备。除非特殊病例，不应由工作人员或陪伴者扶持患儿。必须扶持时，应对扶持者采取防护措施。





第二节 肿瘤放射治疗的放射防护

随着放射物理学的进展和放射病理学研究，放射治疗已经成为治疗恶性肿瘤的主要手段之一。放射治疗一般是指X线治疗和⁶⁰Co射线治疗，也有用放射性同位素进行腔内或组织间治疗，还有用高速发射的电子，中子和质子等作为放射源的。由于射线固有的特性，决定了它既能造福人类，也有可能对人体健康带来危害。因此，使用射线的防护问题，必须要引起人们的广泛注意。





一、医用x线治疗机的防护

(一)治疗室的防护要求

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。50kV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24m²。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。
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。
6. 治疗室内门旁应有可供应急开启治疗室门的部件。
7. 治疗室门必须安装连锁设备，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。





(二)防护安全操作要求

1. 操作者必须熟练掌握并严格执行操作规程。重要的安全操作内容必须在治疗机控制室醒目悬挂。
2. 放射治疗操作者必须佩戴个人剂量计。治疗过程中，操作者必须始终监视着控制台和患者，并及时排除意外情况。
3. 操作者不得擅自拆除辐射安全与连锁设备。当维修需要时，必须经过负责人员同意，并在控制台醒目告示治疗机正在维修。维修后及时恢复安全与连锁设备，检验其控制功能正常，并经负责人员确认后方可进行放射治疗照射。





4. 50kV以上治疗机照射时，除患者外，治疗室内不应有其他人员滞留。
5. 使用50kV以下手持治疗机时，操作者必须穿戴防护手套和不少于0.25mm铅当量的围裙，并尽可能远离治疗机的X线管组件。





二、医用 γ 照射远距离治疗的防护

(一)治疗室设施要求

1. 治疗室可单独建造，也可以建在建筑物底层的一端。
2. 治疗室及其辅助设施，如操纵室、检查室、候诊室等应同时设计，并根据安全、卫生、方便的原则合理布置。
3. 治疗室应采用迷路形式与操纵室相通。
4. 治疗室应有足够的使用面积，一般不应小于 30m^2 。
5. 布置治疗机时，有用线束不应朝向迷路。
6. 治疗室应有良好的通风，一般为每小时换气 $3\sim 4$ 次。





(二) γ 治疗设备的安全防护要求

1. γ 源置于贮存位置时，机头泄漏射线的空气比释动能率的限制值为：
 - (1)距机头表面5cm的任何位置上，不大于200 μ Gy/h。
 - (2)距源1m的任何位置上，平均不大于10 μ Gy/h，最大不大于50 μ Gy / h。
2. 源置于照射位置时，距源1m处机头泄漏射线的空气比释动能率：当源不大于185TBq时，不大于距源1m处有用射线空气比释动能率的0.1%；当源大于185TBq时，不大于0.05%。
3. 准直器对有用射线的透过率不大于2%。
4. 平衡锤对有用射线的透过率不大于0.1%。





5. γ 源盒放射物质泄漏造成治疗设备表面的 β 污染水平必须小于 $3.7\text{Bq} / \text{cm}$ 。
6. 气路系统必须提供充足气压，保证放射源抽屉在每日连续100次送源过程中不出现卡刹或中途停留现象。
7. 机头和准直器必须能在任何需要的位置锁紧，并有防止机头压迫患者的保护措施。
8. 当停电或意外事故中断治疗时，放射源应能自动恢复到贮存位置。
9. γ 治疗设备应配备有用射线的监测仪表，并与源位开关连锁。





(三) γ 治疗设备的技术要求

1. 医用 γ 治疗设备内的放射源强度(简称源强或源)必须不少于37TBq(1000Ci)。
2. 距源1m处有用射线空气比释动能率的监测值与标称值之间的相对误差小于10 %。
3. 照射野内有用射线空气比释动能率的不对称性小于5%。
4. 计时器走时误差不大于1%。
5. 治疗机同中心位置的距离误差不大于4mm。
6. 中心轴指示器指示中心位置的距离误差不大于2mm。
7. 经修整的半影区宽度, 应小于10mm。





8. 灯光野边界线与照射野边界线之间的距离不大于3mm。
9. 源皮距指示器位置指示误差不大于3mm；治疗时，源皮距不小于60cm。





三、外照射放射治疗中对患者的防护

(一)体外放疗中患者防护的基本原则

1. 放射治疗医师必须根据临床检查结果，对患者肿瘤诊断、分期和治疗方式利弊进行分析，选取最佳治疗方案，并制定最佳治疗计划。
2. 良性疾病尽量不采用放射治疗。严格控制对放射治疗敏感的良性疾病的体外放疗。
3. 在保证肿瘤得到足够精确的致死剂量，使其得以有效抑制或消除的前提下，按病变情况，采用适当技术措施，保护射野内外的正常组织和器官，使受照剂量尽可能小，以获取尽可能大的治疗效果。





4. 放射治疗医师必须定期对治疗中患者进行检查和分析，根据病情变化需要，调整治疗计划。密切注意体外放疗中出现的放射反应和可能出现的放射损伤，采取必要的医疗保护措施。

5. 体外放疗用设备、场所和环境必须符合有关辐射安全标准。





(二)体外放疗操作的要求

1. 首次体外射束放疗前，必须由上级或另一位放射治疗医师负责核对治疗计划。
2. 放射治疗医师应对病变组织精确定位，并在患者受照皮肤表面做出射野标记。首次体外放疗前，主管放射治疗医师必须指导放射治疗技术员正确摆位，落实照射计划。
3. 放射治疗技术员必须认真核对处方剂量的预定照射时间或加速器剂量监测器读数，确保患者靶区和正常组织的受照剂量在规定范围内。





4. 体外放疗时，必须根据肿瘤位置和对靶区剂量分布要求，正确使用楔形滤过板和组织补偿块，以对组织不均匀性、人体曲面或斜入射造成的对剂量分布的影响进行修正。使其符合治疗要求，保证靶区吸收剂量的均匀性在 $\pm 5\%$ 以内。
5. 必须根据患者靶区的范围选用或制作合适的射线挡块，对非照射部位。特别是敏感器官和组织，进行屏蔽防护。对于儿童患者应重点注意对骨髓、脊髓、性腺及眼晶体的防护。
6. 在照射过程中，必须采取措施保持患者治疗体位不变。对于儿童患者，可使用体位固定装置或适当使用镇静剂或麻醉剂。





7. 患者治疗时，必须详细记录设备运行情况。发现异常时，应分析产生原因并及时修正。
8. 在照射过程中，必须通过观察窗或闭路电视监视患者，发现体位变化及其他情况，应立即停止照射，并记录下已照射时间。继续治疗时，必须重新摆位，完成预定照射时间或治疗剂量。
9. 照射结束后，发现远距治疗 γ 射线机的钴-60放射源未退回贮存位置时，必须迅速将患者从治疗室内转移出去。放射治疗技术员应详细记录患者在完成照射后在治疗室内的滞留时间和所处位置，并估算超量受照剂量。





第三节 核医学检查的辐射防护

放射性药物的使用给医学的诊断与治疗提供了较先进的手段，但也存在一定的弊端，例如，它可以造成放射性物质的扩散、产生放射性污染和放射性废物，从而直接影响着环境及核医学工作者和公众的健康，应在满足诊断和治疗需要的前提下，尽可能减少一些不必要的照射，从辐射防护最优化的原则出发，保证核医学工作者的辐射安全，把可能的危害减到最小。





一、临床核医学场所的放射防护要求

1. 按照工作场所的分级，对活性实验室、病房、洗涤室、显像室等场所的室内表面及装备结构要有不同的防护要求，见表12—2。
2. 生产和操作放射性核素或药物的通风橱，在半开的条件下风速不应小于 1m/s 。排气口应高于附近 50m 范围内建筑物的屋脊： 3m ，并设有活性炭过滤装置或其他专用过滤装置，排出空气浓度不应超过有关限值。





表12-2不同级别工作场所室内表面和装备的要求*

地板与墙壁接缝

无缝隙

易清洗且不易渗透

易清洗

易清洗 需要 应设抽风机 特殊要求... 需要

易清洗 需要 有较好通风 一般要求 需要

易清洗 一般自然一般要求 只需清洗设备

通风

注：*：依据国际放射防护委员会(ICRP)第57号出版物；
：仅指实验室；*：下水道宜短，大水流管道应有标记
以便维修。





二、放射性药物操作的放射防护要求

1. 操作放射性药物应有专门场所，如给药不在专门场所进行时则需采取适当防护措施。药物使用前应有屏蔽。
2. 给药用的注射器应有屏蔽。难以屏蔽时应缩短操作时间。
3. 操作放射性药物应在衬有吸水纸的托盘内进行，工作人员应穿戴个人防护用品。
4. 放射性碘化物操作应在通风橱内进行，操作人员应注意甲状腺的保护。
5. 在控制区和监督区内不得进食、饮水、吸烟，也不得进行无关工作以及存放无关物件。





6. 为体外放射免疫分析目的而使用含 ^3H 、 ^{14}C 和 ^{125}I 等核素的放免药盒可在一般化学实验室进行，无需专门防护。
7. 工作人员操作后离开工作室前应洗手和作表面污染监测，如其污染水平超过相应的导出限值，应采取去污措施。
8. 从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测，以保证超过有关导出限值的物件不携出控制区。





三、临床核医学治疗的放射防护要求

1. 使用治疗量 γ 放射体药物的区域应划为控制区。用药后病人床边1.5m处或单人病房应划为临时控制区。控制区入口处应有放射性标志，除医护人员外，其他无关人员不得入内，病人也不应该随便离开该区。
2. 配药室应靠近病房，尽量减少放射性药物和已接受治疗的患者通过非限制区。
3. 根据使用放射性核素的种类、特性和活度，确定病房的位置及其防护墙、地板、天花板厚度。病房应有防护栅栏，以与病人保持足够距离。或使用附加屏蔽。限制工作人员在附近的工作时间。





4. 接受治疗的患者应使用专用便器或设有的专用浴室和厕所。
5. 治疗患者的被服和个人用品使用后应作去污处理，并经表面污染辐射监测证明在导出限值以下后方可作一般处理。
6. 使用过的放射性药物腔内注射器、绷带和敷料，应作污染物件处理或作放射性废物处理。
7. 接受 ^{131}I 治疗的患者，在出院时体内允许最大活度为 $1.1 \times 10^9 \text{Bq}$





8. 对近期接受过放射性药物治疗的患者，外科手术处理应遵循下列原则：

(1)应尽可能推迟到患者体内放射性水平降低到可接受水平不需要辐射安全防护时再作手术处理。

(2)进行手术的外科医师及护理人员应佩戴个人剂量计。

(3)对手术后的手术间应进行辐射监测和去污，对敷料、覆盖物等其他物件也应进行辐射监测，无法去污时可作放射性废物处理。

9. 对近期使用过治疗量放射性核素的病人，其死后尸体的处理应遵循相应的原则。





第四节 放射防护监测

放射防护监测的目的主要是控制和评价辐射危害。放射防护监测的内容包括：一是对辐射场剂量进行测量；二是将测量结果与国家标准进行比较，对其安全程度做出评价，也就是对测量结果是否符合安全标准做出判断，确定放射工作是否可以继续进行。评价中可以提出某些潜在的危险，建议进行调查；指出某些不符合防护要求的地方，建议改进。防护测量不是目的，必须进行评价才能使测量具有防护的意义。防护监测包括场所监测和个人剂量监测两个方面的内容。





一、场所放射防护监测

场所放射防护监测包括射线机房内、外环境辐射场的测定。

1. 医用诊断x线机和机房的监测项目有用线束入射体表处，空气照射量率或比释动能率的监测；x线管头组装体泄露辐射水平和工作人员防护区散射线的辐射水平等内容。通过监测可以发现潜在危险区，从而采取必要的防护措施，达到防护要求，估算处于该场所的人员在特定时间内的受照剂量，对改善防护条件和屏蔽设计提供有价值的信息。

2. 外环境是指X线机房门口、窗户、走廊、楼上、楼下及周围邻近房间。外环境辐射监测的结果是评价放射性工作单位，在使用射线装置过程中对周围居民有无影响的依据。若监测结果超过国家标准，就应该提出改进措施，使其达到标准。





二、个人剂量监测

(一)监测原则

1. 任何放射工作单位都应该根据所从事的具体工作和源的具体情况，负责安排职业照射监测和评价，职业照射的评价主要应以外照射个人监测为基础。

(1)对于任何在控制区工作，或有时进入控制区工作且可能受到显著职业外照射的工作人员，或其职业外照射年有效剂量可能超过 5mSv/a 的工作人员，均应进行外照射个人监测。

(2)对于在监督区工作或偶尔进入控制区工作、预计其职业外照射年有效剂量在 $1\sim 5\text{mSv/a}$ 范围内的工作人员，应尽可能进行外照射个人监测。





(3)对于职业外照射年剂量水平可能始终低于法规或标准相应规定值的工作人员。可不进行外照射个人监测。

2. 所有从事或涉及放射工作的个人。都应接受职业外照射个人监测。





(二)监测的量

职业外照射个人监测所要测量的量是个人剂量当量 $H_p(d)$ ， d ，指人体表面指定点下面的深度。根据 d 取值的不同， $H_p(d)$ 可分成：

1. $H_p(0.07)$ ，适用于体表下0.07mm深处的器官或组织，多用于皮肤。
2. $H_p(3)$ ，适用于体表下3mm深处的器官或组织，多用于眼晶体。
3. $H_p(10)$ ，适用于体表下10mm深处的器官或组织，在特定条件下也适用于有效剂量评价。





(三)监测方法

1. 光子辐射

(1)对于单一成分已知能量的 γ 或X线，可用无能量鉴别功能的普通个人剂量计测定个人剂量当量。

(2)当遇到以下情况时，应使用能量鉴别式个人剂量计测定个人剂量当量：

- 1)单一成分未知能量的 γ 或X线；
- 2)多种成分已知能量的 γ 或X线；
- 3)多种成分未知能量的 γ 或X线。





2. 强贯穿辐射和弱贯穿辐射混合辐射场

(1)对于弱贯穿辐射(如 β 射线和低能X线)不明显的强、弱贯穿辐射混合辐射场,一般可只监测Hp(10)。

(2)对于弱贯穿辐射很明显的强、弱贯穿辐射混合辐射场,应使用能识别两者的鉴别式个人剂量计,或用躯体剂量计和四肢剂量计分别测量Hp(10)、Hp(3)和Hp(0.07)。





3. 中子和 γ 射线混合辐射场

(1)中子剂量与 γ 剂量的比值不论为多大，且此比值是否已知，原则上都应使用能分别测量中子剂量和光子剂量的**鉴别式个人剂量计**，测定中子和光子的个人剂量当量，然后计算总剂量。

(2)中子剂量与 γ 剂量的比值不超过10%且该比值已知时，也可只用**光子剂量计**测定光子剂量，然后根据光子剂量监测结果和两者比值计算总剂量。





4. 不均匀照射从事可能受到复杂和非均匀照射的操作时，工作人员除应佩戴常规个人剂量计外，还应在身体可能受到较大照射的部位，或与主要器官相对应的体表部位佩戴**局部剂量计**(如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计或足踝剂量计等)，例如在进行密封源操作时，需要在手指上另外佩戴指环剂量计。





5. 异常照射

(1)在预期外照射剂量大大超过剂量限值的情况下(例如从事有可能发生临界事故的操作或应急操作时),工作人员除应佩戴常规个人剂量计外,还应佩戴**报警式个人剂量计**或**事故剂量计**。

(2)当工作人员受到事故照射或应急照射时,除了根据其佩戴的剂量计所提供的结果外,估算事故剂量还应参考其他方法测得的剂量资料,

例如受到中子照射后工作人员体内感生的 ^{24}Na 和 ^{38}Cl ,头发和羊毛衫中的 ^{32}P ,或其他感生放射性核素的测量资料。此外,基于外周血淋巴细胞染色体畸变分析的生物剂量计也是有价值的。





(四)记录、档案和报告

1. 记录

(1)记录应有利于操作管理，有利于放射卫生防护主管部门监管，有利于放射防护和医学监护使用，有利于工作人员查询。记录应包括监测计划、预处理、测量、校准、个人监测结果、质量保证和评价方法等内容，有时可能还要包括工作场所监测的结果。

(2)外照射个人监测结果应记录在统一的表格上。





(3)当工作人员职业外照射个人监测结果可疑时，应对其受照情况进行复查，并将复查结果附在其相应的个人监测记录中。

(4)当剂量计丢失、损坏或因故得不到读数时，应尽量确定其名义剂量，并将名义剂量及其确定方法记入监测记录。

(5)当工作人员的外照射个人监测结果小于MDL时，可记录为 $1 / 2MDL$ 。





2. 档案

(1)所有从事或涉及职业外照射工作的单位应为本单位工作人员建立职业照射**个人监测档案**，指定专门人员负责管理本单位放射工作人员的**职业照射个人监测档案**，在工作人员调换工作单位时，向新用人单位提供工作人员职业外照射**个人监测档案**的复制件，在工作人员停止放射工作时与放射卫生防护主管部门或他们指定的部门协商，为保存工作人员的**职业照射个人监测档案**作出安排。

(2)职业照射**个人监测档案**除了包括放射工作人员平时正常工作期间的**个人剂量记录**外，还应包括其在**异常情况(事故或应急)**下受到的**过量照射记录**。





(3)在工作人员年满75岁之前，放射工作人员的职业照射个人监测档案应妥善保存；在工作人员停止放射工作后，其职业照射个人监测档案至少也应保存30年。

(4)主管个人监测的上级部门有权检查和调阅基层放射工作单位的职业照射个人监测档案。





3. 报告

(1)负责职业外照射个人监测的单位在完成一个监测周期的监测任务后，应将**监测结果通知单**及时送交被监测单位。

(2)负责职业外照射个人监测的各级(包括中央、省、地区)单位，应将负责范围内本年度放射工作人员职业外照射**个人监测的数据**及时**整理、汇总、计算和分析**，以便掌握**个人剂量**和**集体剂量**的变化趋势及其分布情况。

(3)负责职业外照射个人监测的各级单位，应将本地区本年度的职业外照射个人监测最终结果按规定逐级报告上级主管部门。监测中发现异常情况应及时报告。

