



中华医学会核医学分会  
技术与继续教育学组

中华医学会核医学分会第十一届委员会  
技术与继续教育学组  
系列专家讲座

***I-125*粒子植入治疗  
放射防护**

**Radiation protection in  $^{125}\text{I}$  Seeds Implanting Therapy**

中国医学科学院肿瘤医院  
核医学科  
耿建华  
gengjean@163.com



- 中国医学科学院肿瘤医院研究员，博士
- 物理师
- 2个国家标准委员会委员
- 中国医学装备协会核医学装备与技术专委会常务副主任委员
- 医学物理学会核医学物理专委会主任委员
- 中华医学会放射医学与防护分会委员及多个杂志编委等
- 发表论文100余篇，主编及参编专著16部，科技进步奖2项，论文获奖14项

## I-125衰变发出的射线

电子被钛合金管外壳吸收

X及 $\gamma$ 光子:

	能量keV	绝对强度%
X1	27.2018	40.2
X2	27.4724	79.4
X3	31	26
$\gamma$	35.4919	6.82
平均	28.4	152.4

Ag棒发射22.1和25.2KeV的荧光X射线

骨扫描Tc-99m: 140 KeV, PET F-18:511 KeV

## 核医学常用核素射线半值层

- 对I-125粒子:
  - 铅半值层: 0.025mm
    - 0.25mm铅衣, 阻挡99.9%的射线
  - 水半值层: 2cm(组织中)
    - 在组织中2cm, 射线数量减为1/2
    - 4cm射线数量减为1/4
    - 6cm射线数量减为1/8
    - 8cm射线数量减为1/16
    - .....

$^{125}\text{I}$	0.02 mm
$^{201}\text{Tl}$	0.051 mm
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0.25 mm
$^{111}\text{In}$	0.72 mm
$^{18}\text{F}$	4.0 mm
$^{131}\text{I}$	2.4 mm



## 放射诊疗管理规定——核医学许可项目

- PET影像诊断□
- SPECT影像诊断□
- $\gamma$ 相机影像诊断□
- 骨密度测量□
- 籽粒插植治疗□
- 放射性药物治疗□
- 其他核医学诊疗项目□

## 防护设施1



测量表面污染及环境辐射

个人剂量监测

## 防护设施2



操作用L屏



铅屏



铅衣



# 粒子管理

- **粒子订购**
  - 提前6个月环保局办理放射性同位素转让审批
  - 手术前订购
- **粒子接收**
  - 点对点接收，签字确认
  - 登记放射性同位素使用台账
- **粒子质量检验**
  - 外包装测定，包装表面的辐射剂量低于国家允许的辐射剂量水平的 $5\mu\text{Sv/h}$
  - 泄漏检验
  - 10%的粒子需测定活度
  - 质量检验记录
- **放射性粒子储存**
  - 在专门的储存仓库中，严格保管制度，出入库均需记录
- **粒子转运**
  - 由核医学科到手术科室
  - 外包装
- **粒子退回**
  - 存储
  - 退回记录、签字



# 125I粒子治疗放射防护

- 核医学科
  - 订购、交接、储存、质量检验、转运.....
- 消毒
- 手术室
  - 医护人员佩戴个人剂量、防护设施、剂量检测、粒子数目.....
- 病房
  - 剂量验证、确认粒子数目和位置
  - 病房控制区 (1.5米), 防护
  - 粒子排出
- 患者出院后
- 患者死亡后
  - 活度 $>100\text{mCi}$ ,取出粒子



# 粒子植入操作流程

1. 收患者——植入医师
2. 确定处方剂量及治疗靶区——植入医师
3. 对患者术前宣教，放射性植入知情同意——植入医师
4. 治疗计划——核医学科、植入医师、放疗科
5. 订购粒子——核医学科
6. 将粒子装入装载器（“弹夹”）——厂家、核医学科
7. 抽查粒子质量检验10%——核医学科
8. 送至手术室——核医学科
9. 消毒——手术室、供应室
10. 植入——手术室、植入医师
11. 病房：1.5m控制区，铅围裙覆盖植入部位——病房医师
12. 剂量验证——核医学科、植入医师



# 每一个交接环节必须有记录

- **核医学科：**
  - 接收记录
  - 质控记录
  - 交出记录
  - 回收记录
  - 回厂记录
- **消毒：供应室**
  - 接收记录
  - 交出记录
- **手术室**
  - 接收记录
  - 植入记录
  - 剩余交出记录

# 粒子植入患者宣教材料



中华医学会核医学分会  
技术与继续教育学组

## 1. 什么是放射性粒子？

放射性粒子也称为放射性籽源、种子源。每粒大小直径约为0.8毫米，长度为4.5毫米。目前使用的粒子为钛合金管外壳，钛合金与人体组织相容性好，适合永久植入。钛合金管壳内有放射性核素碘-125 ( $^{125}\text{I}$ )。放射性核素碘-125发射出的射线能杀伤及杀死肿瘤细胞，从而达到治疗一些肿瘤的目的。

## 2. 植入放射性粒子的患者对周围有辐射吗？

植入放射性粒子的患者对周围有辐射，但是小量的，可防护的，因为粒子使用的放射性核素碘-125发出的射线能量低，只有27 keV-35keV；而且射线在组织中经过2厘米的距离，射线数量减为1/2，经过4厘米的距离，射线数量减为1/4，经过6厘米的距离，射线数量减为1/8，……，其中绝大部分射线被肿瘤组织吸收用于治疗。一般在距离患者植入部位1.5米外就是安全范围。

## 3. 放射性粒子的辐射怎样随时间降低？

粒子中的放射性核素碘-125半衰期为60天，即植入60天后，碘-125的射线数量减为1/2，120天后，碘-125的射线数量减为1/4，180天后，碘-125的射线数量减为1/8，……，以此类推，360天后，碘-125的射线数量减为1/64。时间越长，放射性越弱。

## 4. 住院期间如何防护对周围人的辐射？

下面的方法都可以降低放射性核素碘-125发出的射线对周围人群的照射。

- (1) 增加距离：需长时间接触者，最好与植入粒子的患者保持1.5米的距离，无关人员不许近距离接触粒子植入患者（1.5米内）；
- (2) 缩短时间：尽量缩短与植入粒子患者的近距离接触时间；
- (3) 使用屏蔽：可在患者植入粒子部位覆盖铅围裙，0.25毫米厚的铅围裙，可以挡住99.9%的射线。

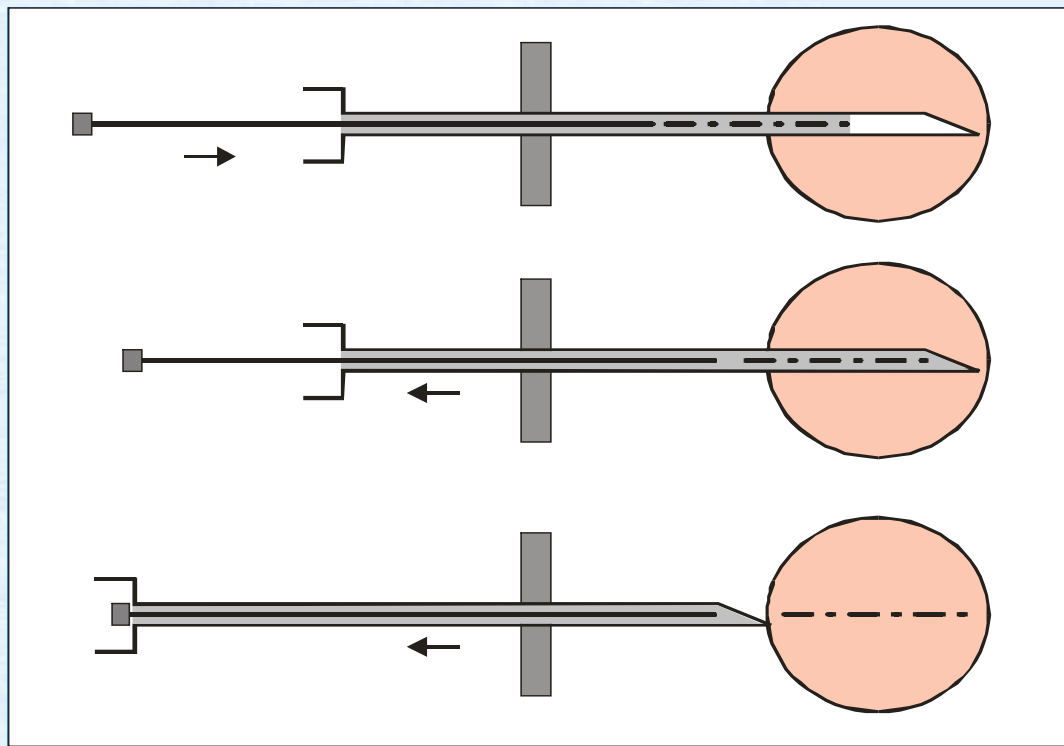
## 5. 出院后如何防护对家人的辐射？

植入粒子的患者出院后，如需与患者长时间接触时，距离至少应保持在1米；儿童和孕妇不得与患者同住在一个房间，更不能同睡一张床；患者不能怀抱儿童；儿童也不能长时间坐在病人腿上；如有放射性粒子从体内排出来，请将粒子用镊子拣起放入带盖瓶中，立即送交医护人员，不可随意丢弃。（GBZ178-2006）

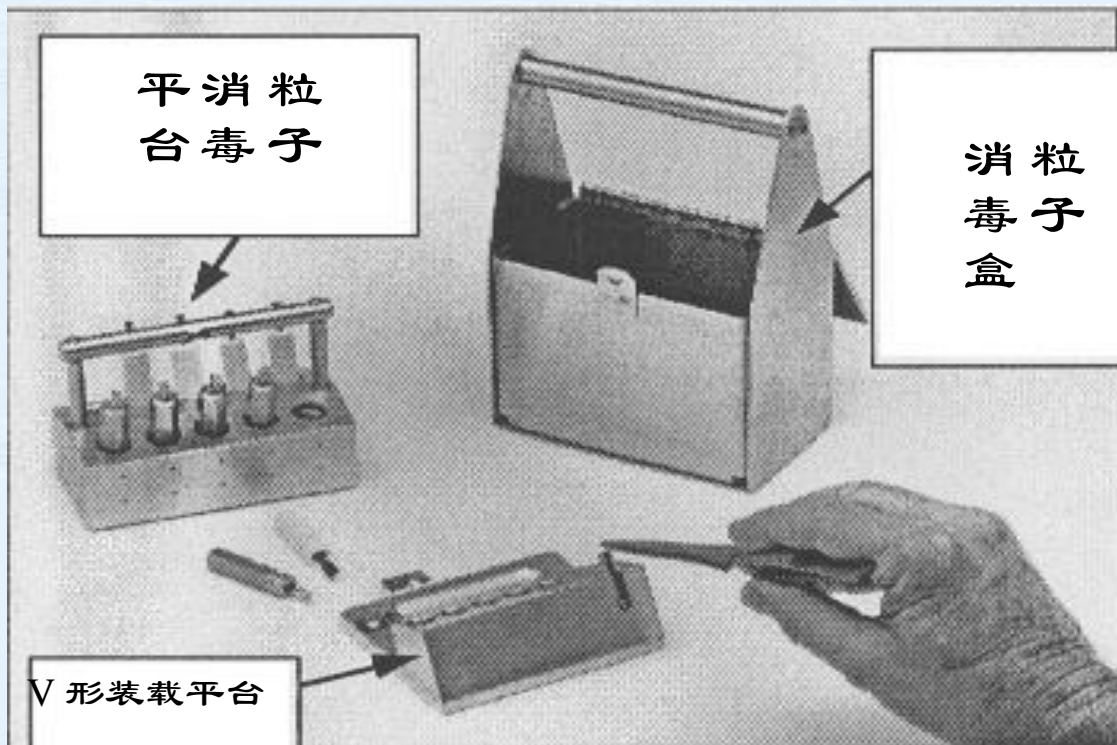
# 粒子植入

植入针穿刺到正确位置

推入粒子到针尖部位  
(使用植入枪和  
**shuttle**植入器的情况有所不同)



# 粒子消毒盒



## 装载过程中的防护

- 中国医学装备杂志，2012年第10期
  - 使用防护车
  - 穿戴防护衣
  - 不要将粒子全部倒出



## 装载过程中的防护

距离 /cm	将粒子一次 全部倒出装载 不使用防护 /mSv	将粒子分两次 倒出装载 不使用防护 /mSv	将粒子分三次 倒出装载 不使用防护 /mSv	将粒子分四次 倒出装载 不使用防护 /mSv	将粒子分八次 倒出装载 不使用防护 /mSv
10	5.62	2.81	1.88	1.41	0.73
30	1.12	0.56	0.38	0.28	0.15



# 植入过程中的防护1

## ■ 消毒



## 植入过程中的防护3

- 按照治疗计划植入粒子
  - 速度
  - 穿戴防护衣



# 植入过程中的防护3

《中国医学装备》2014.10

距离/cm	植入10粒	植入40粒	植入80粒
30	5.10±2.59	20.39±10.36	40.79±20.72
50	2.43±1.76	9.71±7.05	19.41±14.10
100	0.98±0.52	3.90±2.08	7.80±4.17
150	0.36±0.30	1.46±1.19	2.92±2.38
200	0.19±0.26	0.75±1.06	1.50±2.12
300	本底	本底	本底

表1  $^{125}\text{I}$ 粒子植入术中距植入点不同距离处的剂量率 $\mu\text{ Sv/h}$

注：表中剂量率包含本底，本底为 $0.15\ \mu\text{ Sv/h}$ 。



# 植入过程中的防护4

《中国医学装备》2014.10

距离cm	植60粒	植70粒	植80粒	植90粒	植100粒	110粒	植86粒
30	7.76	10.54	13.74	17.37	21.42	25.90	15.87
50	3.61	4.90	6.39	8.07	9.96	12.04	7.38
100	1.28	1.73	2.26	2.85	3.52	4.26	2.61
150	0.69	0.94	1.23	1.55	1.92	2.32	1.42
200	0.45	0.61	0.80	1.01	1.24	1.50	0.92
300	0.24	0.33	0.43	0.55	0.68	0.82	0.58

表2 一次植入手术中的受照剂量估算值( $\mu$  Sv)

注：表中最后一列为40例平均植入86颗粒子的情况。



## 植入过程中的防护5

《中国医学装备》2014.10

距离/cm	无防护	植入处覆盖0.25 mm Pb铅围裙
30	40.29 ± 25.36	0.43 ± 0.21
50	18.73 ± 15.18	0.21 ± 0.12
100	6.14 ± 4.80	本底
150	2.33 ± 1.94	本底
200	0.90 ± 0.94	本底
300	本底	本底

表3 植入术中患者卧位，有无防护时不同距离处的剂量率 $\mu$  Sv/h

注：表中上述剂量率数据为包含本底数据，本底 = 0.15  $\mu$  Sv/h

## 植入后的防护

- 住院期间
  - 手术部位覆盖铅围裙
- 出院后
  - 距离防护
  - 穿戴铅围裙或短裤

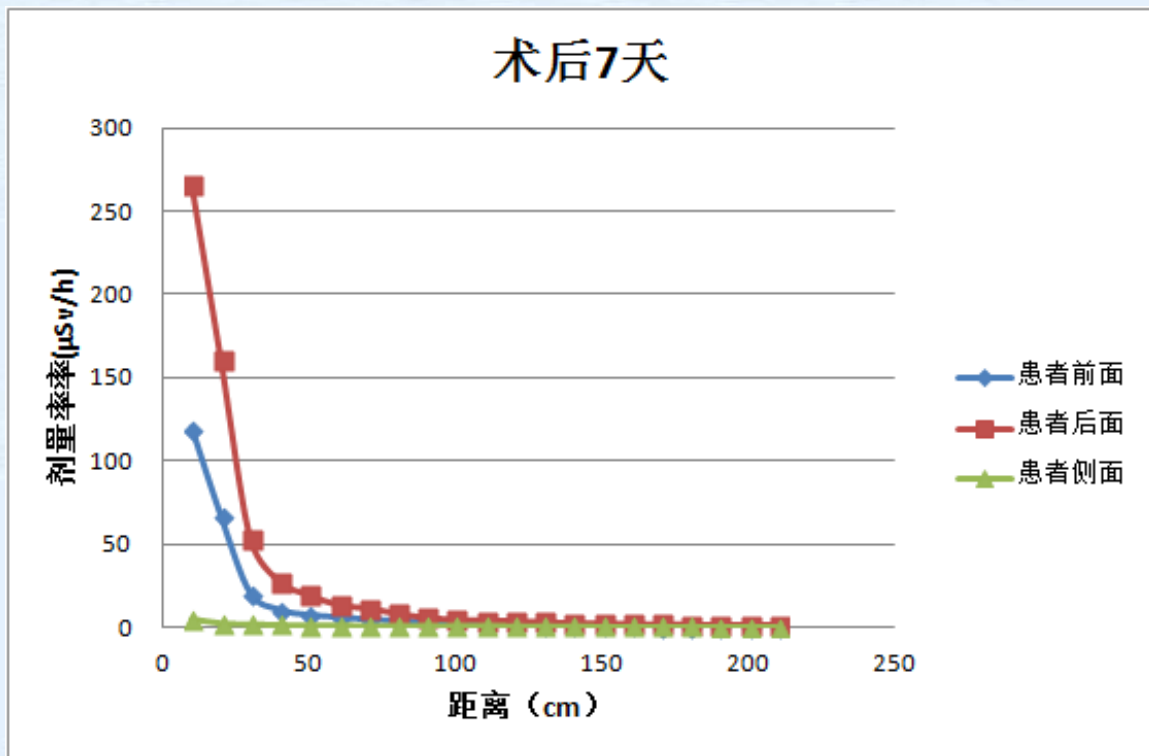
中国医学装备,2018,15(4):22-25

## 植入后的防护

表2 植入81粒<sup>125</sup>I粒子的患者  
穿着0.25mmPb的铅短裤周围的剂量率( $\mu$  Sv/h)

距离(cm)	植入7d		植入56d
	患者身体前方	患者身体后方	患者身体后方
10	0.10	0.20	0.15
20	0.07	0.15	0.09

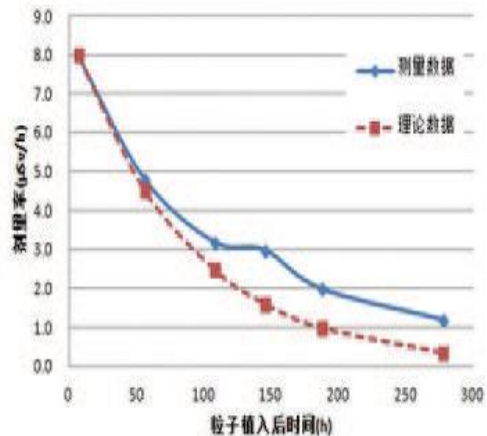
## 植入后的防护



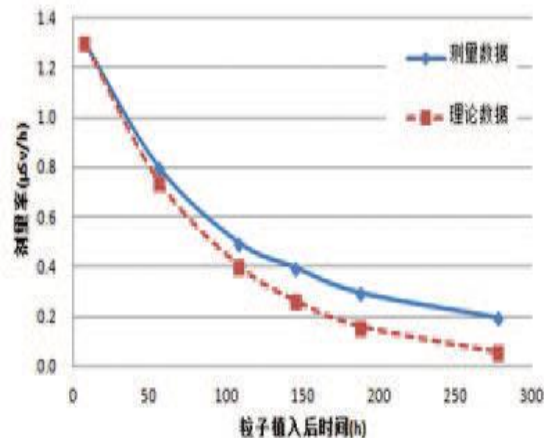


# 植入后的防护

患者前面



患者侧面



患者后面

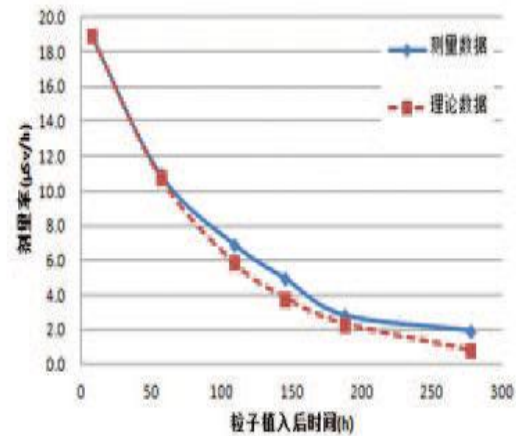




表3 不同距离处月受照剂量(mSv)

时间	患者身体方位	30cm	50cm	100cm	150cm	200cm
第1个月	患者身体前方	13.29	5.00	2.13	0.92	0.41
	患者身体后方	33.68	12.01	2.45	1.12	0.48
	患者身体侧方	1.24	0.73	0.61	0.22	0.10
第2个月	患者身体前方	9.40	3.54	1.51	0.65	0.29
	患者身体后方	23.82	8.49	1.74	0.79	0.34
	患者身体侧方	0.88	0.52	0.43	0.16	0.07
第3个月	患者身体前方	6.64	2.50	1.07	0.46	0.21
	患者身体后方	16.84	6.01	1.23	0.56	0.24
	患者身体侧方	0.62	0.37	0.30	0.11	0.05
第4个月	患者身体前方	4.07	2.23	0.81	0.33	0.10
	患者身体后方	14.68	5.01	0.95	0.41	0.15
	患者身体侧方	0.47	0.27	0.17	0.09	0.03
第5个月	患者身体前方	3.41	1.97	0.50	0.21	0.03
	患者身体后方	11.17	3.71	0.61	0.29	0.16
	患者身体侧方	0.31	0.19	0.07	0.03	0.01
第6个月	患者身体前方	3.05	1.61	0.31	0.14	0.00
	患者身体后方	7.63	2.40	0.47	0.25	0.18
	患者身体侧方	0.21	0.14	0.01	0.00	0.00
第7个月	患者身体前方	2.50	1.25	0.25	0.11	0.00
	患者身体后方	5.33	1.64	0.47	0.24	0.15
	患者身体侧方	0.16	0.10	0.00	0.00	0.00
第8个月	患者身体前方	1.93	1.06	0.25	0.11	0.00
	患者身体后方	4.64	1.52	0.47	0.22	0.10
	患者身体侧方	0.11	0.07	0.00	0.00	0.00
第9个月	患者身体前方	1.30	0.86	0.25	0.11	0.00
	患者身体后方	3.89	1.40	0.47	0.19	0.03
	患者身体侧方	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00

注：术后第4 d起每日与患者相处24h，在不同距离处每个月的受照剂量。





## 植入后的防护

综上所述，植入 $^{125}\text{I}$ 粒子的患者出院后，其身体后方剂量率最高，前方次之，侧方最低。随着时间及距离的增加，患者周围剂量率快速下降。由此建议患者在术后2个月内尽量与家庭成员，尤其是儿童保持1 m以上的距离，或穿戴铅防护用品，以减少对家庭成员及周围的辐射。同时，术后患者在家休息至少1个月再去上班，上班时与同事的距离 $>1.5\text{ m}$ ，并尽量避免背对同事，应穿戴铅防护用品，以减少对周围同事的辐射。

## 参考文献

- IAEA. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. IAEA, VIENNA, 2014
- 耿建华,曹仲年,赵卫强,等.  $^{125}\text{I}$ 粒子装载过程中工作人员受照剂量的研究[J]. 中国医学装备,2012,10:1-3.
- 耿建华,肖泽军,杨剑,等.  $^{125}\text{I}$ 粒子植入治疗前列腺癌过程中医护人员受照水平的研究[J]. 中国医学装备,2014,10:23-25.
- 杨剑,耿建华,洪浩,等.  $^{125}\text{I}$ 碘粒子植入治疗的前列腺癌患者出院后对周围人员辐射水平的研究.中国医学装备,2018,15(4):22-25.

# 中华医学会核医学分会第十一届委员会 技术与继续教育学组成员名单

组长	姚稚明 缪蔚冰
副组长	王茜 范岩 刘纯
传媒管理	林端瑜 余飞
委员	王闯 程兵 黄斌豪 邓群力 袁梦晖 边艳珠 李忠原 黄占文 张卫方 李凤岐 褚玉 潘建英 程祝忠 梅丽努尔·阿布都热西提 肖欢 武兆忠 杨吉琴 农天雷 徐微娜 苏莉 江勇 董萍 黄谋清 马宏星 耿建华 陈亮 杨治平 肖茜 李梦春 郑堃 李从心 向阳
秘书	李旭 郑山