

# $^{125}\text{I}$ 种籽源植入手术中工作人员的电离辐射防护

杨立军, 张曙光, 于学仁

(中国核工业北京 401 医院, 北京 102413)

**摘要:**为探讨操作 $^{125}\text{I}$ 种籽源应采取适当防护措施的必要性,阐述了 $^{125}\text{I}$ 种籽源植入手术各阶段的电离辐射监测结果,并对无防护条件下手术医生可能受到的辐射剂量做出估算:对于总活度为 925 MBq 的 40 粒种籽源,在开源、核对及装源入植源器操作时,操作距离 30 cm,操作时间 10 min,则操作者受照剂量为 70  $\mu\text{Sv}$ ;对于手术医生,从辐射防护角度进行估计,一例手术,包括插植和带源缝合操作,医生在其操作位置的受照剂量可达 184  $\mu\text{Sv}$ 。并对 $^{125}\text{I}$ 种籽源植入手术中工作人员的电离辐射防护提出了建议。

**关键词:**  $^{125}\text{I}$  种籽源;植入;电离辐射;防护

中图分类号:R14

文献标志码:A

文章编号:1000-6931(2008)S0-0340-04

## Ionizing Radiation Protection for Operator During $^{125}\text{I}$ Seeds Source Interstitial Implantation

YANG Li-jun, ZHANG Shu-guang, YU Xue-ren

(China Nuclear Industry Beijing 401 Hospital, Beijing 102413, China)

**Abstract:** It is necessary to search for the proper ionizing radiation protecting method on operating  $^{125}\text{I}$  seeds source interstitial implantation. The monitor results of ionizing radiation for  $^{125}\text{I}$  seeds source interstitial implantation during the stages of operation are described. The radiation dose that doctor may suffered under non-protect condition is evaluated. The radiation exposure to operator is 70  $\mu\text{Sv}$  for the 40 pills seeds source of 925 MBq total activity during the whole procedure, such as opening the container, checking and installing the  $^{125}\text{I}$  seeds source under the 30 cm operating distance and 10 min. It is estimated to operating doctor for one case that the radiation exposure is 184  $\mu\text{Sv}$ . Four suggestions of ionizing radiation protection for this kind of operation were made.

**Key words:**  $^{125}\text{I}$  seeds source; interstitial implantation; ionizing radiation; protection

采用内置放射性种籽源治疗癌症是现代医学中的重要治疗手段与方法之一。植入 $^{125}\text{I}$ 种

籽源,是利用 $^{125}\text{I}$ 放出的低能 $\gamma$ 射线和X射线,近距离照射肿瘤的一种有效治疗方法。 $^{125}\text{I}$ 种

籽源永久种植的处方剂量<sup>[1]</sup>为 160 Gy,初始剂量率为 70 mGy/h,由靶组织的体积、形状制定植入计划,确定种植<sup>125</sup>I种籽源的总活度。种植<sup>125</sup>I种籽源的总活度也可由经验公式<sup>[2]</sup> $A=5(L+W+H)/3$ 计算得出。式中: $A$ 为植入<sup>125</sup>I种籽源的总活度,37 MBq; $L$ 、 $W$ 、 $H$ 分别为靶组织的长、宽、高,cm。

以植入<sup>125</sup>I种籽源的总活度 370 MBq 为例,当该源为点源且无屏蔽时,距离 30 cm 处的辐射剂量率理论值为 141  $\mu$ Sv/h。显然,操作<sup>125</sup>I种籽源的人员会受到一定剂量的照射。因此,<sup>125</sup>I种籽源植入手术的医务人员,尤其是<sup>125</sup>I种籽源植入手术的操作者,应配备适当的电离辐射防护设备,采取必要的防护措施,以使植入手术的医务人员得到足够的保护,并使其所受辐射剂量水平尽量低。

## 1 实验

### 1.1 <sup>125</sup>I 的物理特性

<sup>125</sup>I 是碘的放射性同位素,其衰变类型为轨道电子俘获;半衰期  $T_{1/2}=59.6$  d;主要发射 35.5 keV 的  $\gamma$  射线和 27.5 keV 的 X 射线;空气比释动能率常数  $\Gamma=9.79 \times 10^{-18}$  Gy  $\cdot$  m<sup>2</sup> / (Bq  $\cdot$  s)。

### 1.2 试剂和仪器

<sup>125</sup>I 种籽源由原子高科股份有限公司生产,单个种籽源的活度范围为 11.1~37 MBq,对应于 1 m 处的空气比释动能率范围为 0.38~1.32  $\mu$ Gy/h。

测量辐射剂量率的仪器是美国 S. E. International 生产的 Inspector 辐射检测仪,对 X、 $\gamma$  射线的最低响应能量为 20 keV;辐射剂量率测量范围为 0.01~1 000  $\mu$ Sv/h;误差不大于  $\pm 20\%$ ;测量周期为 30 s。仪器由中国原子能科学研究院放射性计量测试部(国防科工委放射性计量一级站)进行校准。

### 1.3 <sup>125</sup>I 种籽源植入治疗程序及辐射监测

<sup>125</sup>I 种籽源植入治疗程序示于图 1。首先,由主治医师与物理师共同制订 1 个<sup>125</sup>I 种籽源植入治疗计划;然后,按照植入治疗计划预订购置相应活度的<sup>125</sup>I 种籽源;<sup>125</sup>I 种籽源到货后,院方对种籽源进行到货开罐验收,包

括对源的包装、源的外观、源的核素及活度进行核对;对种籽源核对无误后,将种籽源装入植源器中;对患者进行种籽源植入手术;种籽源植入后进行手术口的缝合;之后,将患者送回病房。

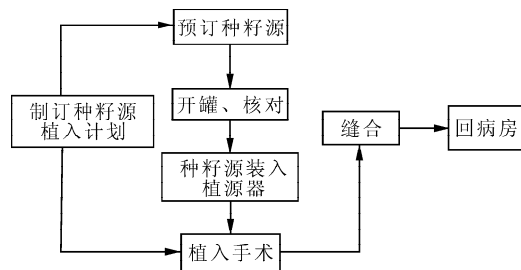


图 1 <sup>125</sup>I 种籽源植入治疗流程

Fig.1 Therapy procedure of <sup>125</sup>I seeds source interstitial implantation

在临床植入手术的各阶段,辐射监测人员持辐射检测仪监测手术岗位的辐射剂量。

## 2 结果

共对 50 余例临床植入手术进行辐射监测。

### 2.1 开罐、核对及装入植源器操作的辐射剂量率

从到货开罐,对种籽源的核素、活度进行核对,到将种籽源装入植源器,该阶段每操作 10 粒约需 5 min。对于总活度为 296 MBq 的种籽源,测量无屏蔽时距源 10 cm 处的辐射剂量率为 900  $\mu$ Sv/h。

对于含源(296 MBq)植源器表面,测量距离 10 cm 处的剂量率为 18  $\mu$ Sv/h。

不同<sup>125</sup>I 种籽源在水屏蔽体不同位置处的辐射剂量率列于表 1。

### 2.2 植入<sup>125</sup>I 种籽源手术操作的辐射剂量率

一般地,植入<sup>125</sup>I 种籽源手术的操作时间为每 10 粒 5~10 min。表 2 列出不同<sup>125</sup>I 种籽源植入手术时,距<sup>125</sup>I 种籽源植入位置 40 cm 处的辐射剂量率。

植入种籽源操作时,手术医生的胸部距离植入部位表面通常为 30~40 cm。监测这一距离位置的辐射剂量率,对估算手术医生的受照剂量有参考价值。植入部位与辐射剂量率的关系列于表 3。

表1 不同<sup>125</sup>I种籽源在水屏蔽体不同位置处的辐射剂量率  
Table 1 Radiation dose rate of <sup>125</sup>I seeds source in water shield

<sup>125</sup> I种籽源粒数	<sup>125</sup> I种籽源总活度/MBq	水屏蔽厚度/cm	距离/cm	剂量率/( $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ )
20	592	4	斜上方 30	40
10	296	4	侧面 30	5
10	296	4	上方 30	50

表2 不同<sup>125</sup>I种籽源植入手术时  
距<sup>125</sup>I种籽源植入位置40 cm处的辐射剂量率  
Table 2 Radiation dose rate in 40 cm away  
from different <sup>125</sup>I seeds source operations

活度/ MBq	植入源 粒数	植入手术时间/ min	剂量率/ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ )
129.5	5	2	10
259	10	7	21
518	20	14	40
1 036	40	29	70

表3 <sup>125</sup>I种籽源植入不同部位周围的  
辐射剂量率

Table 3 Radiation dose rate around different parts  
of <sup>125</sup>I seeds source interstitial implantation

植入 部位	活度/ MBq	监测 距离 <sup>1)</sup> /cm	剂量率/ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ )
喉部	296	30	90
间皮瘤	925	30	300
食道	370	30	25
乳腺	259	40	45
上腹部	1 036	40	90
下腹部	296	30	70

注:1) 监测距离指探测器到手术伤口表面的距离,以下同

### 2.3 手术缝合操作的辐射剂量

手术缝合操作时间因病例个案而异,最短为3~5 min,最长为48 min。

手术伤口缝合后周围的辐射剂量率列于表4。

## 3 监测结果讨论

### 3.1 开罐、核对及装源入植源器操作的辐射防护

监测结果表明,<sup>125</sup>I裸源的辐射剂量较大,对于总活度为296 MBq的种籽源,距源10 cm

表4 不同手术部位缝合后的辐射剂量率

Table 4 Radiation dose rate of different operated parts

手术 部位	活度/ MBq	监测 距离/cm	剂量率/ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ )
食道	370	40	2.4
乳腺	259	40	45
上腹部	1 036	40	90
下腹部	296	40	10

处的辐射剂量率为900  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。由此估算,对于总活度925 MBq的40粒种籽源,在开源、核对及装源入植源器操作时,操作距离30 cm,操作时间10 min,则操作者的受照剂量为70  $\mu\text{Sv}$ 。<sup>125</sup>I射线对水的半值层为2 cm,从采取盐水平屏蔽措施后的监测结果(表1)可看出,辐射剂量降低50%以上。

### 3.2 插植<sup>125</sup>I种籽源操作的辐照剂量估算

插植<sup>125</sup>I种籽源操作的辐照剂量率与插植部位(深度)密切相关。由表3数据得出,在距离插植部位表面30~40 cm处(手术医生的位置),平均剂量率为0.68~3.24 pSv/(h·Bq)。最大辐射剂量率的插植操作是喉部、间皮瘤以及种籽源总活度较大的部位。以最大平均剂量率3.24 pSv/(h·Bq)估算,一例插植<sup>125</sup>I种籽源总活度1.036 GBq、操作40 min(折合在种籽源全部插植完毕的辐射下工作时间为20 min)时,手术医生位置的受照剂量为112  $\mu\text{Sv}$ 。

### 3.3 插植<sup>125</sup>I种籽源后进行缝合手术时的辐照剂量估算

缝合操作时间是影响操作者受照剂量的最主要因素。从表4所列不同手术部位缝合后的辐射剂量率监测结果可估算缝合操作者的受照剂量。以表4中最大辐射剂量率手术为例,最长缝合操作时间为48 min、剂量率为90  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 时,操作缝合手术的医生位置的受照剂量为72  $\mu\text{Sv}$ 。

### 3.4 插植<sup>125</sup>I种籽源手术的电离辐射防护

上述监测结果表明,在无任何防护条件下插植<sup>125</sup>I种籽源手术的辐射剂量较大。从辐射防护角度进行估计,一例手术,包括插植和带源缝合操作,医生在其操作位置的受照剂量可达184  $\mu\text{Sv}$ 。可见,对施行<sup>125</sup>I种籽源植入手术的医务人员必须配合以适当的辐射防护措施。

<sup>125</sup>I的射线对铅的半值层<sup>[3]</sup>为0.025 mm,手术医生穿戴0.3 mm铅当量的防护服,可使受照剂量减少99.9%,降低为0.1  $\mu\text{Sv}$ 左右。

## 4 结论和建议

通过本工作,可得到以下结论:1) 对于总活度为925 MBq的40粒种籽源的一次开罐、核对及装源入植源器操作,通常可造成操作员70  $\mu\text{Sv}$ 的辐射剂量;2) 装源入植源器操作中,先行对种籽源采取盐水屏蔽措施可降低辐射剂量50%以上;3) 一例插植和带源缝合操作手术,可造成医生在其操作位置的受照剂量为184  $\mu\text{Sv}$ 。

为实现<sup>125</sup>I种籽源植入手术操作员及医生的辐射防护,提出以下建议:1) <sup>125</sup>I种籽源植入手术的医务人员必须穿戴衬铅防护服,以降低手术中的受照剂量;2) 选用屏蔽性能好的植源器可大幅降低手部受照剂量;3) <sup>125</sup>I种籽源植入手术主要操作人员除佩带法定个人剂量计外,还应佩带个人电子剂量报警仪,以防止超剂量照射;4) 每个<sup>125</sup>I种籽源植源手术室应配备手持式电离辐射检测仪,以防止手术中<sup>125</sup>I种籽源意外失落。

## 参考文献:

- [1] 王俊杰,唐劲天,黎功主. 放射性粒子近距离治疗肿瘤[M]. 北京:北京医科大学出版社,2001:19-20.
- [2] 庄洪卿,王俊杰. 放射性粒子组织间近距离治疗大肠癌[J]. 中华放射医学与防护杂志,2006,26(3):301-302.
- [3] 殷蔚伯,谷铎之,陈东福,等. 肿瘤放射治疗学[M]. 北京:北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社,1993:25-26.