

碘-125 籽源组织间照射患者和周围人员受照剂量的测量和估算

刘伟琪, 裴永法, 任礼华, 岳 麓

中国分类号: R144 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2001)04-0196-02

【摘要】 目的 测量碘-125 籽源植入人体模型后患者和周围人员的受照剂量。方法 模拟前列腺癌治疗, 用 FD3101Y 剂量仪测量体表、离体表 30 cm 和 100 cm 处的外照射剂量率, 用 LiF TLD 探测器测量体模内各主要器官的剂量当量。结果 患者体表剂量与各主要器官剂量当量都较低。结论 碘-125 籽源组织间放射治疗对患者和周围人员都是一种较安全的肿瘤治疗方法。

【关键词】 碘-125 籽源; 剂量; 测量估算

Estimation and Measurement of Exposure Doses to the Circumstance and Patients after Iodine-125 Seeds Permanent Interstitial Implanting. LIU Wei-qí, PEI Yong-fa, REN Li-hua, et al. *Institute of Radiation Medicine, Fudan University, Shanghai 200032, China.*

【Abstract】 Objective To measure the exposure doses to the personnel after implanting Iodine-125 seeds into the simulated human body, phantom. **Methods** The exposure dose rates were detected by FD3101 gamma-dosimeter at the phantom surface and the locations at 30 cm and 100 cm from the phantom, respectively. Extensive dose equivalent measurements were performed at various organ locations in the phantom, using TLD dosimeters. **Results** All results were listed in table 1 and table 2. **Conclusion** Exposure doses have been measured and calculated after Iodine-125 seeds implant. They are much lower than those presented in national standards, it is believed that Iodine-125 seeds permanent interstitial implant is promising radiotherapeutic application.

【Key words】 Iodine-125 Seed; Exposure Dose; Estimation and Measurement

碘-125 是人工放射性同位素, 衰变时产生特征 X 射线和 γ 射线, 光子能量为 27~32 keV 和 35 keV; 半衰期为 60.25 d。碘-125 的生物物理学特性适用于组织间放疗, 在国外已广泛地应用于恶性肿瘤的治疗, 尤其是前列腺癌、肺癌和脑癌的治疗^[1]。国内也已起步。本文就碘-125 籽源在人体模型上植入后(模拟前列腺癌治疗)体模表面及距离表面 30 cm 和 100 cm 处的外照射剂量率进行监测, 并用 TLD 探测器对各主要器官组织的剂量当量进行测量和累积有效剂量当量的估算。

1 材料和方法

1.1 碘-125 籽源 采用上海欣科药业有限公司提供的碘-125 籽源(seed), 其外形尺寸: $d 0.8 \text{ mm} \times 4.5 \text{ mm}$, 外壳用 0.05 mm 钛合金包覆, 放射性活度平均为 9.62 MBq, 共 70 粒, 最大值或最小值离平均值之差小于 5%。

1.2 人体模型 采用上海放射医学研究所研制的 SM-2 型非均匀等效人体模型, 它是用石蜡、聚乙烯、人骨等材料做成, 模横截共分为十三块, 模型内各组织和器官部位均有 $d 3 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$ 小孔置热释光剂量探测器(TLD)用。

1.3 模拟照射 用与体模同样材料制成椭圆柱形状(上大下稍小)的前列腺模型, 外形尺寸为 $4 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 2.5 \text{ cm}$ (见图 1)。将 70 粒碘-125 籽源分 4 层均匀地植入其周围预先设置的 $d 1 \text{ mm}$ 小孔内, 再将装入籽源的椭圆柱模型周围预先位置放到人体模型第 12 和第 13 块的预留腔内。

1.4 外照射剂量率测试 采用上海电子仪器厂产品 FD-3103 型数字 γ 辐射仪, (预先经上海计量测试研究院校), 分别从人体模型的正面、反面和侧面对模型的头部、胸部、腹部和前列腺部位的体表、30 cm 和 100 cm 处等不同位置进行外照射剂量率的测量。

1.5 器官和组织的剂量当量测试 采用从中国防化院购置的 LiF(Mg, Cu, P) 玻璃管 TLD 探测器(经上海计量测试研究院 33 keV X 射线照射刻度)。将预先退火并标有号码的 TLD 探测器分别置入人体模型各紧要器官(如性腺、乳腺、红骨髓、骨表面、

肠、肾等)的预留孔内, 放置 13 d 后取出, 用 FJ-377 热释光剂量仪测量。

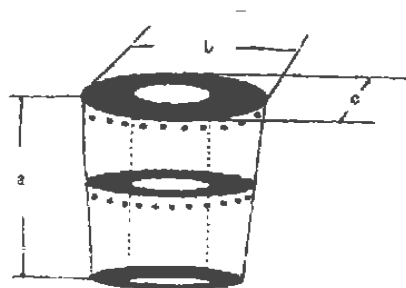


图 1 碘-125 籽源植入的前列腺模型

2 结果

2.1 体模外剂量 在人体模型内前列腺部位植入碘-125 籽源 70 粒后, 体模各部位表面及离体表 30 cm 和 100 cm 处的外照射剂量率列于表 1。

2.2 器官与组织剂量 用 LiF TLD 探测器测得各紧要器官的平均剂量当量率和累积剂量当量分别列于表 2。累积剂量当量 $H = 1.44 T_{1/2} \cdot \dot{H}$, 其中 \dot{H} 为初始平均剂量当量率, $1.44 T_{1/2}$ 为同位素有效生存时间^[2]。

2.3 患者周围人员可能受到的照射剂量 假设患者周围人员离患者 30 cm, 每天接触 8 h, 离体表 30 cm 处平均初始吸收剂量率为 $57.9 \times 10^{-8} \text{ Gy/h}$, 减去实验室室内本底辐射剂量率 $12.3 \times 10^{-8} \text{ Gy/h}$, 因患者引起的吸收剂量率增量为 $45.6 \times 10^{-8} \text{ Gy/h}$, 当碘-125 籽源全部衰变完, 患者周围人员所受的累积剂量当量为:

$$H = D \cdot Q \cdot N = \dot{D} \cdot T \cdot Q \cdot N \text{ ————— (1)}^{[3]},$$

式中 Q 为品质因素, N 为修正因子, 均为 1。 \dot{D} 为平均初始吸收剂量率增量为: $45.6 \times 10^{-8} \text{ Gy/h}$, T 为同位素有效生存时间, $T = 1.44 T_{1/2} = 1.44 \times 60 \times 24 = 2073.6$ 小时。代入(1)式得 $H = 0.95 \text{ mSv}$ 。

基金项目: 上海市科技发展基金资助项目(994190020)

作者单位: 复旦大学放射医学研究所, 上海 300032

作者简介: 刘伟琪(1945~), 男, 江苏人, 研究员, 主要从事辐射剂量防护研究。

参考文献

- [1] Phillip LR, Edward LC. Absolute kilovoltage calibration of a diagnostic X-ray generator[J]. Medical physics, 1975, 2(1): 1-4.
- [2] Andran GM and Crooks HE. Checking diagnostic X-ray beam quality[J]. British Journal of Radiology, 1967, 41: 193-198.

- [3] Unfors Tomas. Method and apparatus for measuring X-ray radiation[P]. U. S. Patent Documents, 1998, June 2 5761270.
- [4] Simon WE, IV. 3. Noninvasive evaluation of a diagnostic X-ray machine using the Victoreen Model 6000A NERO[J]. British Journal of Radiology, 1985, Supplement 18: 96-99.

(收稿日期: 2001-04-02)

表 1 碘-125 籽源植入后体模表面及周围外照射剂量率($\times 10^{-8}$ Gy/h)				
测量位置		体表	离体表 30 cm	离体表 100 cm
体模正面	腹部	264.4	124.8	61.7
	前列腺	6224	166.5	54.4
	胸部	28.2	103.9	54.1
	头部	23.3	25.6	41.1
体模反面	腹部	36.1	44.3	29.1
	前列腺	242.4	55.9	30.8
	胸部	19.8	24.2	27.1
	头部	19.5	21.2	22.7
体模侧面	腹部	60.2	37.8	22.7
	前列腺	142.6	46.3	22.4
	胸部	22.1	23.0	20.9
	头部	23.3	20.9	21.8
平均		591.7	57.9	34.1

3 讨论

①从表 1 可以看出,虽然植入碘-125 籽源总放射性活度 673.4 MBq,但由于它的 γ 射线能量低,经人体组织吸收衰减后,在体表测到的外照射剂量率除前列腺部位略高外,其他部位均较低。

②有些测量点如正面和反面胸部离体表 30 cm 处的剂量率反而比体表高,这是由于放射性活度集中在腹部前列腺部位,胸部体表和离体表 30 cm 处的剂量主要是从前列腺部位发出的散射线所致,因角度等关系胸部体表处所受到的经腹部前列腺部位体表散发出的散射线比离胸部 30 cm 处要少。

③同样因组织吸收衰减的原因,各器官组织的剂量当量率,因性腺部位离前列腺近数值比较高,其他器官组织除小肠、肾离前列腺稍近还有些剂量以外,都因被组织吸收,剂量率同环境本底一样。根据各器官的权重因子 W_T (见表 2),可计算出患者所受总累积有效剂量当量: $H_R = \sum W_T \cdot H_T = 105.1$

mSv,可见患者本人一次治疗所受累积剂量并不高,而且前列腺周围器官,组织受照剂量也较低。

④患者周围人员的受照剂量也很低,低于国家标准规定的职业人员和公众人员的受照剂量限值^[4],因此患者在植入碘-125 籽源后无需采取特殊的防护措施,可照原来一样生活,甚至包括正常的性生活,但鉴于腹部尚有一定的外照射剂量,患者在植入籽源后的治疗期间,应尽量减少长时间与家属的直接接触,尤其是避免较长时间让儿童坐在其怀中。

表 2 I-125 籽源植入体模各器官和组织的剂量当量			
器官组织名称	平均剂量当量率(mSv/h)	累积剂量当量(mSv)	权重因子 W_T
性腺	0.187	387.8	0.25
乳腺	同环境本底 *		0.15
红骨髓	同环境本底		0.12
肺	同环境本底		0.12
甲状腺	同环境本底		0.03
骨表面	0.021	43.5	0.03
脑	同环境本底		0.06
小肠	0.032	66.4	0.06
肾	0.023	47.7	0.06
胰	0.0001	0.21	0.06
脾	同环境本底		0.06

注: * 本底辐射剂量率为 12.3×10^{-8} Gy/h

参考文献:

[1] Ling CC. Permanent implants using Au-198 Pd-103 and I-125: Radiobiological consideration based on the Linear Quadratic Model [J]. Int J Radiation oncology Biol Phys, 1992, 23: 81.

[2] 中华人民共和国卫生部医政司. 核医学诊断与治疗规范 [M]. 北京: 科学出版社, 1997, 281.

[3] 田德祥. 电离辐射量及其单位 [M]. 北京: 原子能出版社, 1993, 32-33.

[4] GB 4792-84. 放射卫生防护基本标准 [S].

(收稿日期: 2001-04-12)

【工作报告】

一起工业探伤人员意外照射调查

沈金霞¹, 王 勇¹, 麻秀梅², 葛 强¹

中图分类号: TL733 文献标识码: D

1999 年 12 月,潍坊市某压力容器厂工业探伤室两名操作人员巴某、王某在机房内工作时,探伤机自动曝光,意外受到不同程度的照射,现报告如下。

1 原因及经过

1999 年 12 月 29 日上午 10 时,某压力容器厂两名探伤工在机房内贴片时,探伤机在暂停一段时间后自动曝光。贴片完成后,发现机器运行条件为 200 kV, 10 mA,曝光计时 2 min。两名探伤工均佩戴 LiF(Mg, Cu, P)热释光剂量计,5 天后将剂量计送市卫生防疫站测得巴某的剂量当量为 16.36 mSv,王某为 2.11 mSv。探伤机型号: XX-2515 型定向探伤机。

2 临床表现

意外受照 5 天后,两名探伤工均出现不同程度的神经衰弱综合症,巴某较为严重。血常规检查两人均大体正常,巴某、王某的 WBC 分别为 $6.9 \times 10^9/L$ 和 $5.5 \times 10^9/L$ 。用抗辐射药物综

合治疗 2 个月后复查,两人的外周血象均在正常值范围,神经衰弱综合症也均明显好转。

3 小结

(1)探伤机自动开启曝光是造成这次事故的直接原因,属机器故障,今后应加强对机器的定期检查与维修,避免类似事故的再次发生。

(2)两名探伤工所受照射剂量差异较大,这是由于意外照射发生时两人所处的位置不同,巴某位于主线索正前方离探伤机 1m 处,王某位于探伤机侧面 3 m 处且有一定的屏蔽。

(3)两名操作人员临床表现大致正常,表明此次事故未造成严重后果,这与剂量监测结果基本一致。

(4)工业探伤室建设时应增设门机联锁装置,以避免类似事件的发生。

(5)放射防护监督部门要加强对放射工作场所的预防性和经常性卫生监督,加大宣传力度,提高单位领导及放射工作人员的法制观念和防护意识,最大限度地降低放射危害,保护工作人员和公众的健康与安全。