

文章编号: 1001-098X(2003)04-0174-04

·放射医学·

## 放射性介入操作中的剂量和健康效应研究现状

张良安

**摘要:** 介入性放射学是近年发展起来的、在一些计算机新技术和生物工程新材料基础上利用放射诊断学手段进行诊断和治疗的新技术, 它的出现, 确实给人们带来了巨大的利益, 但也开始注意到它可能给病人造成辐射损伤。在一些放射性介入的操作中, 病人接受剂量可能大到能引起病人的皮肤和眼晶体损伤, 因而病人的辐射防护问题已引起了国内外广泛的重视, 而且开展了较为广泛的研究。

**关键词:** 介入放射学; 辐射剂量; 健康效应; 辐射防护

**中图分类号:** R144.1      **文献标识码:** A

## Current situation of the study work of radiation dose and health effect in interventional radiology

ZHANG Liang-an

(*Institute of Radiation Medicine, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Tianjin 300192, China*)

**Abstract:** Interventional radiology is a new technique in medical diagnosis and therapy. Based on the new computer technique and bioengineering material, it has gotten much progress. Though the patients can get a lot of benefits from this technique, scientists have noticed that the latency radiation risk of the patients. In some interventional radiological procedures, skin or lens injuries of the patients may be induced in non-optimized interventional radiology. Therefore, the scientists of radiation protection put their attention on the problem of the patient protection in the world.

**Key words:** interventional radiology; radiation dose; health effect; radiation protection

与普通的外科操作相比, 放射性介入操作的利益代价比确实要高得多, 但大量研究表明, 放射性介入操作确也可能给病人造成值得重视的剂量。引起高剂量的原因主要是荧光照射时间、拍片数量和 DSA (数字减影血管造影) 中较低管电压的采用等。放射性介入操作既可能产生确定性损伤, 也可能产生随机辐射损伤<sup>[1,2]</sup>, 在这种情况下, 剂量可能大到能引起病人的皮肤和眼晶体损伤。

在 UNSCEAR (联合国原子辐射效应科学委员会) 2000 年报告<sup>[3]</sup>中, 放射性介入的剂量问题已被特殊描述。在 IRPA (国际辐射防护学会) 2001 年学术会议上, 放射性介入操作中的剂量和健康效应研究受到了极大的重视。近年来, 这方面的研

收稿日期: 2002-12-09

**作者简介:** 张良安 (1943-), 男, 中国医学科学院中国协和医科大学放射医学研究所 (天津, 300192) 研究员, 博士生导师, 主要从事辐射剂量学研究。

究工作也越来越多<sup>[4,5]</sup>, 本文将重点介绍其主要内容和进展。

### 1 健康效应

#### 1.1 病人的健康效应

目前, 已有不少关于放射性介入操作引起确定性效应的报道, 但还未见到随机效应的有关报道。从 FDA (美国食品和药物管理局) 收集到的皮肤损伤报告中可以看出, 一半以上的皮肤损伤是由射频心导管剥离和冠状血管扩张术引起的<sup>[6]</sup> (见表 1)。表 2 列出了皮肤损伤的典型病例报告。值得注意的是, 两个表中所列的皮肤损伤均在进行荧光导引时产生的。此外, 也有关于眼晶体损伤的报道<sup>[1,7]</sup>。

#### 1.2 职业人员的健康效应

一般来说, 职业人员主要接受散射辐射和漏

表1 FDA收集到的皮肤损伤报告

操作类型	皮肤损伤报告例数
射频心导管剥离	13
化疗中的导管植入	1
经颈静脉肝内门体分流术	3
冠状血管扩张术	4
肾血管扩张术	2
多次肝胆放射性介入操作	3
多次操作胆管引流	1

辐射的照射。当荧光导引操作时间太长,又没有有效的眼晶体的防护设备,则可能产生眼晶体确定性效应<sup>[9]</sup>。

## 2 辐射剂量

### 2.1 评价用的主要剂量学量

放射性介入操作既有可能产生确定性损伤,也有可能产生随机辐射损伤。确定性损伤的严重程度

表2 皮肤损伤的典型病例报告

病例	性别	年龄	操作类型	损伤程度
A	男	40	2次冠状血管扩张术和经皮经腔冠状动脉成形术	皮肤坏死,要求12cm×10cm的植皮
B	女	-	射频心导管剥离	二度烧伤(7.5cm×12.5cm)
C	女	25	射频心导管剥离	皮肤溃疡3周(操作后)
D	女	34	射频心导管剥离	皮肤干裂损伤3周(操作后)
E	女	62	胆管引流	皮肤烧伤,要求植皮
F	女	61	肾血管扩张术	皮肤坏死,要求植皮

可用ESD(进入表面剂量)来定量描述。肿瘤和遗传效应这类随机损伤应当用ED(有效剂量)来定量描述。

目前,估算ED主要是通过测量DAP(剂量-面积乘积)和蒙特卡罗(Monte Carlo)理论计算来完成。用蒙特卡罗模拟方法可以估算由DAP至ED的转换因子。只要有线束品质、成像的解剖位置和拍片方案等信息,就可以通过这些转换因子由

DAP估算ED,但应注意的是,在透视过程中,由于受AERC(自动照射量率控制)的作用,管电压在变化,估算时应当考虑这一因素。通常,将所有的成像解剖部位分为6大区,即:大脑/颈动脉、胸、肝/腹、肾/骨盆、股动脉和四肢,同一大区内的转换因子相同。表3列出了一些常用的放射性介入操作的主要解剖部位及其相应的DAP至ED的转换因子典型值<sup>[9]</sup>。

表3 不同解剖部位及其相应的由DAP估算ED的转换因子

解剖部位	放射性介入操作项目	转换因子 (mSv·Cy <sup>-1</sup> ·cm <sup>-2</sup> )
大脑/颈动脉	大脑血管造影、颈动脉血管造影、大脑栓塞治疗	0.10
胸	动静脉漏管血管造影、胸部血管造影、动静脉漏管血管扩张术、胸部治疗操作	0.14
肝/腹	PCT或CT动脉门静脉造影、肝脏血管造影、经颈静脉肝活检、腹部血管造影(不包括肾和肝)、支架移出或插入、经颈静脉肝内门体分流术、腹部治疗操作(不包括肾和肝)	0.16
肾/骨盆	肾血管造影、肾造口术、肾血管扩张术	0.16
股动脉	股动脉血管造影	0.16
四肢	上肢血管造影、下肢血管造影	0.01

### 2.2 病人和职业人员剂量水平

表4和表5列出了放射性介入操作中病人剂量水平的代表性结果<sup>[9]</sup>。在一些复杂的放射性介入操作中,病人皮肤表面剂量率很高,例如在高水平模式进行荧光透视时,其剂量率高达180 Gy·min<sup>-1</sup>。不少人报道,如果某次放射性介入操作中荧光透视时间过长,拍片又太多,就有可能引起急性辐射损伤。在一些放射性介入操作中,ESD的值都已达到或超过

确定性效应的阈值。例如,有人报道,射频心导管剥离时,荧光照射190min,局部皮肤剂量达8.4Gy。

在UNSCEAR 2000年的报告中,这类职业受照的水平结果不多,表6列出了该报告中所列举的英国的一个研究结果。国内虽有些研究报道,但十分不规范,表7中列出了这方面研究的一个典型结果。从趋势上看,上球管职业受照的剂量水平要高于C型臂+DSA的情况。总的来说,职业人员所接

表4 每次IC(介入心脏学)操作时的病人剂量水平

操作项目	使用技术	FST(荧光照射时间) (min)	DAP(Gy·cm <sup>2</sup> )	ED(mSv)
冠状血管	运动电影	4.3(1.5~15)	(21~40)	(2~9)
	荧光电影照相术	7(3.6s)	-	10.6
	数字电影	5.7	47.7	9.4
脑血管	DSA	4.7	48.5	3.6
	颈动脉介入操作	3.9(1.2~11.8)	27.4(9.5~80)	4(1~12)
	数字介入操作	12.1(2.9~3.6)	74(21~196)	7.1(2.1~19.6)
腹部血管	肝(DSA)	10.3(2.3~28.6)	137(28~279)	23(4~48)
	肾(DSA)	12.1(5.5~21)	95(41~186)	16(6~34)
	肠系膜和(或)腹动脉介入操作	14.7	65	10
	数字电影	8.0(1.8~27)	118(32.6~301)	18.9(3.5~48)
	肾血管造影	5.1(2.9~7.6)	39.8(17.4~72)	6.4(2.8~11.5)
	股骨头(DSA)	2.3(0.9~13.7)	74(19.8~184)	9.0
外围血管	主动脉-髂部+双腿介入操作	4.5(±1.2)	32(19~68)	-
	股动脉造影	2.4(±1.2)	26	4
	股动脉介入操作	7.2(1.8~17.2)	46.7(3~114)	7.5(0.5~18.2)
	下肢介入操作	3.7(±3.1)	30(9~77)	6.2
	静脉造影(臂)	-	23(75max.)	-

表5 不同作者报道的每次IR(介入放射学)操作时的病人剂量水平

操作名称	FST(min)	ESD(Gy)	DAP(Gy·cm <sup>2</sup> )	ED(mSv)
经皮经腔冠状血管成形术	11.5(2.4~28)		93(33~402)	28.9(7.5~57)
	30(9~70)	0.15(0.05~0.3)	28.5(20~50.5)	-
	15	1	-	10
	21(±62%)	0.38(at spine)	37.6(±41%)	6.9
	12.4	-	72.2	14.2
经皮经腔血管成形术	14	0.4	75	10
	19.7(5.3~26)	-	68.5(22~150)	-
	24(5~45)	0.3	140(73~223)	12.5
	17.9(6.9~57.3)	-	68(15~338)	-
经颈静脉肝内门体分流术	48.4(21.7~100)	-	525(73~113)	83.9(43.7~181)
	32(9~79)	1.7	226(111~354)	27(14~44)
	59(26~115)	0.4	77(7~240)	8(2~40)
	48	1.2(5max.)	220	50
	-	-	182(470max.)	-
射频心导管剥离	42(27~108)	-	116(26~217)	-
	50(31s)			17
	21.4(142max.) (190max.)	0.9(6.2max.) (8.4max.)		
	28(3~109)		103(7~516)	
瓣膜成形术	53(40~120)		56	
栓塞治疗	25	-	180	25
	37.4(8.1~58)	-	121(34~286)	-
	23(1~75)	-	114(7~394)	-
	34.1(15.2~55.8)	0.34(0.19~0.66)	105(57.2~201)	10.5(5.7~20)
	43(31~74)	0.62(0.13~1.34)	116(29~243)	1.67
胆管引流	7.1(0.6~26.3)	2.1	68.9(30~163)	-
	30.4(3.6~114)	0.11(0.01~0.37)	43.1(3.8~149)	6.9(0.6~23.9)

表6 英国放射性介入操作职业照射水平(1991)

职业类型	人数	年集体剂量 (man·Sv)	平均年剂量 (mSv)
摄片人员	5 719	0.28	0.05
放射科医生	767	0.14	0.18
心血管病医生	196	0.089	0.44
其他临床医生	474	0.044	0.09
护士	1 561	0.13	0.08
修理技师	1 098	0.090	0.08
其他	944	0.053	0.06

受的剂量比病人要低得多。

#### 4 问题讨论

从以上所列的数据可看出,不同作者估算的剂量结果差异特别大,同一作者估算结果的不确定度也非常大。引起这种情况的原因十分复杂,但其主要原因应是:病人的病变程度和体形;设备及其附件的机械、物理和几何条件;IR和IC专家所具有

表7 不同机型的职业照射水平

类型	例数	体表剂量率( $\mu\text{Sv}\cdot\text{min}^{-1}$ )					
		头	颈	胸	腹	上肢	下肢
上球管	10	12.6	12.0	11.2	9.70	12.4	9.87
C型臂+DSA	10	9.30	10.1	9.49	9.62	10.8	9.23

的包括病人防护知识在内的技术基础、操作技能和责任心;剂量测量技术等。有的因素虽然对结果的影响很大,但确定它十分困难:在双球管X射线系统中,作为准直器的X射线球管产生的水平线束也可能照到病人的臂部,造成病人接受较大的皮肤剂量,对水平线束的这种情况进行测量几乎是不可能的<sup>[6]</sup>,因为在整个操作中,很难判定水平管准直器的线束是否会照到病人的皮肤上,这时病人的体型和重量就成了重要因素,对于体型较肥胖者,为了获得较好的影像质量,要求ESD的值会更高;胶屏距对结果的影响也较大,如果将胶屏距从120 cm改变到90 cm,这时的ESD可能增加1.8倍;过滤片的使用与否对剂量结果的影响也较大。此外,通常没有每个病人的荧光照射时间的资料,因此,即使对已经发生确定性效应的病人进行细致的ESD估算,其不确定度也很难优于50%<sup>[8]</sup>。一般而言,在剂量估算时,由于间接估算方法可能掩盖一些不必要的影响因素,这些无用因素会使结果的不确定度增大,因而,应尽可能地使用直接测量结果估算ESD和ED。

duced by occupational exposure in non-optimized interventional radiology laboratories[J]. Br J Radiol, 1998, 71: 728-733.

#### 参考文献:

[1] Vano E, Gonzalez L, Beneytez F, et al. Lens injuries in-

[2] Vano E, Arranz L, Sastre JM, et al. Dosimetric and radiation protection considerations based on some cases of patient skin injuries in interventional cardiology[J]. Br J Radiol, 1998, 71: 510-516.

[3] United Nations. Sources and Effects of Ionizing radiation, Vol.1: Sources, 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes [M]. United Nations Publication Sales No. E.00.1x.3, New York: United Nations, 2000.

[4] Ban N, Hiraoka T, Fujiwara N, et al. Measurement of the hand doses of radiologists during interventional radiology with CT fluoroscopy [M/CD]. The First Asian and Oceanic Congress for Radiation Protection, T-5 A-1 Seoul(KOREA), 2002-10-20-24.

[5] Fukuda A, Kitabayashi K, Iwamoto Y, et al. Exposure doses to interventional cardiologists during intracoronary radiotherapy with phosphorus-32 [M/CD]. The First Asian and Oceanic Congress for Radiation Protection, T-5 A-4, Seoul (KOREA), 2002-10-22-24.

[6] Faulkner K, Vano E. Deterministic effects in interventional radiology[J]. Radiat Prot Dosim, 2001, 94(1-2): 95-98.

[7] Igit ET, Meric N, Bor D, et al. Lens of the eye: radiation dose in balloon dacryocystoplasty[J]. Radiology, 2001, 219(2): 577-578.

[8] Kusma T. Radiation protection in medicine [M/CD]. The First Asian and Oceanic Congress for Radiation Protection, SYM-A-2, Seoul(KOREA), 2002-10-22-24.