

文章编号: 1001-098X(2004)05-0222-04

·放射医学·

## 放射性介入操作中辐射剂量与防护措施

肖锋

**摘要** 由放射性介入操作所导致的辐射剂量已引起人们越来越多的关注,尤其是考虑到该项操作的频率不断增加和日趋复杂化。现有研究的主要集中于三个方面:目前放射性介入操作中的剂量水平、操作人员和患者的辐射危险以及辐射防护措施。

**关键词** 辐射防护;辐射剂量;介入放射学

中图分类号 R144.1 文献标识码 A或

### Radiation dose and radiation protection in interventional radiology

XIAO Feng

(Institute of Radiation Medicine and Public Health, Suzhou University, Suzhou 215007, China)

**Abstract** There is growing concern regarding the radiation dose delivered during interventional procedures, particularly in view of the increasing frequency and complexity of these techniques. Studies have focused on three fields: the radiation dose levels currently encountered in interventional procedures, the consequent risk to operators and patients and protection methods.

**Key words** radiation protection; radiation dose; interventional radiology

介入放射学(interventional radiology, IVR)是以影像诊断为基础,在医学影像诊断设备的引导下,利用穿刺针、导管及其他介入器材,对疾病进行治疗,或采集组织学、细菌学及生理生化资料进行诊断的学科。早期的影像引导措施是直接X线透视,现在发展到间接X线透视、数字减影血管造影、超声、CT和MRI,这些影像措施为介入操作提供了准确的定位信息、监视操作过程、控制和记录操作结果。

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,但大量的研究表明,它也可能给病人和操作者造成一定的辐射损害。在美国,由 Miller DL 等<sup>[1]</sup> 领导的研究组的调查结果表明,一些 IVR 操作具有潜在的产生临床意义的辐射剂量,研究中 6% 的病例的累积剂量超过 5Gy。近 25 年来,随着设备和技术的不断改进,IVR 得到了飞速的发展,大量的儿童患者也接受了介入治疗。与诊断性 X 线检查相比,放射性介入操作中患者所接受的辐射剂量相对较高,这是由于透视时

间延长、高电流及照相的次数增加等原因造成的。本文就有关 IVR 操作中辐射剂量与防护的研究现状综述如下。

### 1 辐射的危害效应

#### 1.1 确定性效应

确定性效应的产生和严重程度随吸收剂量而改变。反应剂量阈值定义为导致 1%~5% 个体产生效应的辐射量,一般有数周的潜伏期才出现临床症状。最高皮肤剂量(peak skin dose, PSD)是评价确定性效应的最好指标,但测量困难,未被推广。目前主要采用直接的热释光剂量计测定进入皮肤表面剂量(entrance surface dose, ESD)来定量描述确定性损伤的严重程度。已有学者<sup>[2,3]</sup>报道了介入操作引起工作人员由辐射导致的晶体混浊以及心脏射频导管消融术而导致病人皮肤损害的病例。下列因素可能会增加病人皮肤损害的危险:曾做过高剂量的操作、患有结缔组织病、患有糖尿病以及毛细血管扩张-共济失调症的纯和基因携带者。出版于 2000 年的 ICRP(国际放射防护委员会)第 85 号出版物<sup>[4]</sup>指出:急性照射(病人)剂量达 2Gy 时可能造成红斑和白内障,达 7G 可造成脱发,达 12G 时可造成迟

作者单位: 215007, 苏州大学放射医学与公共卫生学院放射卫生教研室

发性皮肤坏死;而延缓性照射(工作人员)在3月内眼晶体的剂量达4Gy可能导致白内障,若超过3月则需5.5Gy。

## 1.2 随机性效应

随机性效应主要是致癌和遗传效应,其可能性与剂量相关,没有阈值。任何器官遭受辐射都有可能致癌,皮肤和甲状腺是主要的随机性效应器官。

VIR操作对人群剂量和辐射危险的贡献要小于单纯X线诊断的原因可能有两个:一是放射性介入操作的频率较低,二是放射性介入操作中病人的年龄较后者偏大。目前评价随机性效应损伤主要用有效剂量(effective dose, ED)来定量描述,但ED是覆盖整个人群类型、年龄、性别和危险度估计模式的平均损害指标,用于接受特定介入治疗的病人有一定的局限性和不确定性,因其年龄分布与总体人群不一样。最常见的介入治疗如经皮腔内冠状动脉成形术和经皮腔内血管成形术主要是用于40岁以上的病人,但是在儿童和年轻人中也进行少量的介入治疗,如治疗动静脉畸形、先天性疾病等,因此,应进行这种年龄分布的调查,对每种操作的典型危险因素进行评估。

## 2 辐射暴露水平

### 2.1 病人的剂量水平

很多研究者对放射性介入操作中病人的剂量水平进行了调查分析,但什么样的介入操作是“高剂量”?大多学者认为,“高剂量”是指足以引起确定性效应的剂量,即 $PSD > 2Gy$ 。出版于2000年的ICRP报告<sup>[4]</sup>已按照病人皮肤的最大累积吸收剂量对介入操作进行了分类:高剂量操作被定义为引起数百mGy剂量的操作,中剂量指引起数十mGy剂量的操作,而低剂量操作是引起低于10mGy剂量的操作。事实上,许多操作都有可能引起高剂量,即使这些操作由熟练的操作者使用减少剂量的技术和现代荧光透视设备来施行。病人的暴露水平与许多因素有关,对于同一操作的不同病例在荧光透视时间、成像数目、剂量-面积乘积和累积吸收剂量方面均有很大差异,这依赖于病变的本质、解剖位置和操作的复杂性<sup>[1]</sup>。Miller DL等<sup>[1]</sup>研究表明,超过5Gy的操作主要是栓塞、经颈静脉肝内门腔静脉分流术和肾/内脏动脉支架放置等。

### 2.2 职业人员的剂量水平

介入操作中,工作人员直接受到散射线辐射,其辐射暴露水平明显高于放射检查。对职业人员的剂量水平的研究表明,尽管目前尚未超出年有效剂量限值(20mSv),但在心脏介入操作中已非常接近该限值。常规职业人员的个人剂量监测并不能提供对辐射危险的充分评估,因为它主要依赖铅围裙内的个人剂量计的读数来估算有效剂量,而不能提供一些受高剂量照射的器官(如手、甲状腺、眼)的准确信息。剂量-面积乘积可作为衡量职业人员暴露水平的重要指标。Staniszewska MA等<sup>[5]</sup>对42例介入操作中职业人员受照剂量进行研究,结果表明,施手术者接受剂量最高;由单项操作来评估年有效剂量值以及眼晶体和手的年当量剂量值如下:冠状血管成形术年有效剂量为25 mSv、手的年当量剂量为438 mSv、眼晶体年当量剂量为265 mSv,而腹部和神经介入中的腔内血管成形术年有效剂量为4 mSv、手的年当量剂量为360 mSv、眼晶体年当量剂量为41 mSv。上述资料表明,在非心脏介入,手的剂量是主要的限制因素,因为甲状腺和眼睛可以得到屏蔽;而在心脏介入中,眼睛更应该注意防护,因为手可以得到很好的防护。

## 3 防护措施

放射性介入操作给病人和操作者造成很高的辐射剂量,因此在保证临床需要、达到临床治疗效果的前提下,尽量降低辐射剂量,并采取各种防护措施。

### 3.1 质量保证

通过全面的质量保证体系可以达到理想的目的,包括设备的质量控制和对病人及操作人员进行常规剂量监测的程序,操作人员的检测必须以制定的水平和法规规定的剂量为限制。ICRP<sup>[4]</sup>建议,对于最大累积吸收剂量接近或超过1Gy(对于可能重复的操作)或3Gy(对于任一操作)者均应在病历中记载并随访病人。不同的设备对病人和操作人员造成的剂量亦不同。已有报道,因使用非专为介入操作设计的X射线设备而导致介入操作人员的晶体损害,其受照剂量大大超过了ICRP规定的剂量限值<sup>[2]</sup>。质量保证计划能确保在低剂量照射下获得足够清晰的图像,从而降低病人和职业人员的辐射危险。IEC(国际电工委员会)对下一代介入性荧光透视检查设备已建立了标准,要求包含实时的剂量监

测装置。

### 3.2 降低剂量的一般技术

1990年,英国国家辐射防护局出版物强调介入操作医师应熟知各种降低剂量的方法,包括:将照射野控制在所需的最小范围内、使用脚踏式间歇透视、人工调整管电压和管电流以获取足够清晰的图像等,通过使用这些方法,病人剂量可降低20%~50%。减少剂量的关键是时间、距离和屏蔽三方面。首先,参与介入操作的人员应技术熟练,接受过辐射防护的培训,尽量减少荧光透视的时间和照相次数,避免重复性操作;其次,操作人员应尽量远离病人。Irie T等<sup>[6]</sup>研究发现,通过使用一种改进的持针器装置能显著减少操作者手部的散射剂量,随操作人员的手与CT扫描平面的距离增大,剂量明显下降。此外,操作人员除常规佩戴防护用具外,还应使用一些屏蔽防护装置。King JN等<sup>[7]</sup>报道,使用一种一次性灭菌无铅手术用悬垂帘,可大大减少操作者的剂量,使手部的受照剂量降至可忽略水平。

### 3.3 降低剂量的特殊方法

#### 3.3.1 优化滤线器

已有不少研究证明,在X线球管与病人之间放置滤线器可明显降低剂量,铜是很好的滤线器材料。Nicholson R等<sup>[8]</sup>用水体模对使用铜滤线器的效果进行评价,结果表明,使用0.35mm厚的铜做滤线器可使病人的皮肤剂量下降58%,而对图像质量影响不大。

#### 3.3.2 去除滤线栅

去除防散射的滤线栅可以降低病人的剂量,当照射野较小或对图像质量要求不高时可去除滤线栅,如儿童的心脏介入操作、儿童的普通血管介入操作和除成人脊髓血管造影外的神经介入操作。

#### 3.3.3 脉冲透视

采用脉冲透视(pulsed fluoroscopy)可降低剂量,在其他参数不变的情况下,剂量减少程度与X线球管的开启与关闭时间相关,缩短荧光透视时间或使用脉冲透视可大大降低剂量。Nikolic B等<sup>[9]</sup>对20例子官动脉栓塞术进行研究,发现使用脉冲透视后,卵巢吸收剂量和皮肤吸收剂量比持续透视分别减少了1/2和1/3。

#### 3.3.4 影像冻结

数字荧光透视在一次透视结束后给操作人员提

供影像冻结(last image hold)的功能,这一功能可以显著降低剂量。Mooney RB等<sup>[10]</sup>将数字荧光透视设备与普通X射线设备相比较,发现在相同透视时间下,采用数字荧光透视设备和影像冻结技术使病人剂量下降了30%。

#### 3.3.5 路图

路图(road mapping)指使用的参照图像上叠有当前图像,它可减少透视时间而不影响图像质量。但是,精确的图像叠加是不可能的,路图仅用来帮助定位导管,并提供周围组织解剖情况。Pecher G等<sup>[11]</sup>回顾性分析了1208例血管性介入操作,认为通过使用路图和保留透视的最终图像技术,可减少照相的次数,与脉冲透视和防护屏联用,可使操作人员剂量下降61%,病人剂量下降17%。

#### 3.3.6 感兴趣区透视

感兴趣区(region-of-interest, ROI)透视又称低剂量透视技术,透视采用半透明自动调节隔板,使用各种剂量率控制技术和计算机处理,在相同亮度下显示图像中央和图像周围两部分。Xu T等<sup>[12]</sup>证明,使用ROI透视技术可降低病人和操作人员的剂量,而并不降低图像质量。

#### 3.3.7 剂量分散技术

在保持介入操作的部位始终在照射野中心的前提下,通过改变X射线束的入射角度来分散皮肤表面的辐射剂量,可避免单一皮肤区域接受全部剂量。尤其在一些时间较长的介入操作如栓塞术中,若保持X射线束的入射方向不变,则病人的皮肤剂量可能达到2~3Gy,通过使用剂量分散技术,可以避免出现红斑等确定性效应的发生。Miller DL等<sup>[13]</sup>认为,剂量分散技术不仅使PSD下降,而且能缩小遭受最大剂量的皮肤面积。

#### 3.3.8 超低剂量透视

超低剂量(ultra low dose)荧光透视系统是由计算机根据病人的不同部位自动控制曝光参数(kV, mA),它能调整图像质量与剂量间的平衡关系,从而以最低的剂量产生临床可接受的图像质量。

综上所述,在一些较复杂的IVR操作中,给病人和操作人员造成了高剂量的照射,皮肤和晶体的损害已有发生,因此,IVR操作的辐射防护已是一个迫在眉睫、亟需解决的重要问题。通过对IVR操作人员进行辐射防护的培训,并采取各种降低剂量的技术,能大大降低病人和操作人员的辐射剂

量。今后的研究主要集中于降低剂量的方法以及开发利用新的介入性引导工具。

#### 参 考 文 献

- 1 Miller DL, Balter S, Cole PE, et al. Radiation doses in interventional radiology procedures: the RAD-IR study: part I: overall measures of dose[J]. J Vasc Interv Radiol, 2003, 14(6): 711-727.
- 2 Vano E, Gonzalez L, Beneytez F, et al. Lens injuries induced by occupational exposure in non-optimized interventional radiology laboratories[J]. Br J Radiol, 1998, 71(847): 728-733.
- 3 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(845): 510-516.
- 4 ICRP. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures[J]. ICRP Publication 85, 2000, 30(2): 7-67.
- 5 Staniszewska MA. Personnel exposure during interventional radiologic procedures[J]. Medycyna Pracy, 2000, 51(6): 563-571.
- 6 Irie T, Kajitani M, Itai Y. CT fluoroscopy-guided intervention: marked reduction of scattered radiation dose to the physician's hand by use of a lead plate and an improved I-I device [J]. J Vasc Interv Radiol, 2001, 12(12):1417-1421.
- 7 King JN, Champlin AM, Kelsey CA, et al. Using a sterile disposable protective surgical drape for reduction of radiation exposure to interventionalists[J]. Am J Roentgenol, 2002, 178(1): 153-157.
- 8 Nicholson R, Tuffee F, Uthappa MC. Skin sparing in interventional radiology: the effect of copper filtration[J]. Br J Radiol, 2000, 73(865): 36-42.
- 9 Nikolic B, Spies JB, Campbell L, et al. Uterine artery embolization: reduced radiation with refined technique[J]. J Vasc Interv Radiol, 2001, 12(1): 39-44.
- 10 Mooney RB, Mckinstry J. Paediatric dose reduction with the introduction of digital fluorography[J]. Radiat Prot Dosim, 2001, 94(1-2): 117-120.
- 11 Pecher G, Koenig H, Pecher S, et al. Reduction of radiation exposure for patient and investigator in interventional radiography[J]. Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr, 1998, 169(5): 505-509.
- 12 Xu T, Le HQ, Molloy S. Patient-specific region-of-interest fluoroscopy device for X-ray dose reduction[J]. Radiology, 2003, 226(2): 585-592.
- 13 Miller DL, Balter S, Noonan PT, et al. Minimizing radiation-induced skin injury in interventional radiology procedures[J]. Radiology, 2002, 225(2): 329-336.

(收稿日期: 2004-06-10)

### 《中国新药杂志》征订启事

《中国新药杂志》是由国家食品药品监督管理局主管, 中国药学会、中国医药集团总公司和中国医药科技出版社共同主办的国家级刊物, 是专门报道新药的临床应用、质量评价、科研动态、市场管理及生产技术成果的科技期刊。

《中国新药杂志》为中国科技论文统计源期刊、全国中文药学核心期刊、中国生物医学期刊引文数据库和中国学术期刊综合评价数据库信息源期刊及“中国期刊方阵‘双效’期刊”, 其刊载内容被《美国化学文摘(CA)》、《中国药学文摘》、《中国学术期刊文摘》、《中文科技资料目录·中草药》、《万方数据——数字化期刊群》等权威检索期刊或数据库收录。

《中国新药杂志》辟有论坛、综述、实验研究、新药与临床、药物化学、制剂研究、生物技术、新药分析与检验、临床药学、临床实验与生物统计、药物不良反应、新药介绍与评价、信息传递及药品管理等十几个栏目。欢迎广大读者订阅!

本刊为月刊, 大16开本, 国内外公开发售, 邮发代号: 82-488, 国外发行代号: M4240, 每期定价10元, 全年120元(含邮费)。另外我部还有少量1999年、2000年合订本(定价120元)和《中国新药杂志》发行十周年纪念光盘(内有本杂志1992年至2001年的所有文章, 定价150元), 可同时订阅。以上所有订阅刊物免邮费。

邮局汇款地址: 北京市海淀区知春路20号中国医药大厦703室《中国新药杂志》编辑部  
邮编: 100088; 银行汇款户名: 中国新药杂志编辑部; 开户银行: 工商银行北京新街口北展分理处; 帐号: 0200025509014401838; 联系电话: 010-62359357; 传真: 010-62045458; E-mail: cndj@public.fhnet.cn.net