

## 南平市介入放射学职业照射状况的研究

张远浩<sup>1</sup>, 祖庆<sup>1</sup>, 李朝晖<sup>1</sup>, 刘宝英<sup>2</sup>

中图分类号: R148 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2011)04-0417-02

**【摘要】** 目的 了解我市常见的三类介入放射学第一术者的职业照射剂量分布, 评估介入放射工作人员的职业照射风险。方法 收集 2 家医院心脏、肝脏、下肢等三类介入手术 65 例。利用热释光探测器对第一术者眼睛、甲状腺、躯干、四肢等 8 个部位进行单次介入手术剂量测量。结果 不同介入手术中, 射频消融术第一术者的平均剂量最大(中位值为 88  $\mu$ Sv), 下肢静脉造影剂量最小(中位值为 18  $\mu$ Sv)。常见三类介入放射学手术的剂量分布为心脏介入剂量(中位值为 56  $\mu$ Sv) > 肝脏介入剂量(中位值为 29  $\mu$ Sv) > 下肢介入剂量(中位值为 18  $\mu$ Sv)。第一术者左手的剂量最大(中位值为 104  $\mu$ Sv), 右脚剂量最小(中位值为 11  $\mu$ Sv)。结论 应加强介入放射学的辐射防护, 确保介入放射工作人员的职业安全。

**【关键词】** 职业照射; 放射防护; 介入放射学; 有效剂量; 当量剂量

介入放射学是一门新兴学科<sup>[1]</sup>。由于它具有创伤小、操作简单、恢复快、并发症少等优点, 已在许多临床领域取得了巨大进步, 现已发展成为与外科、内科并列的现代医学三大技术, 而且有望更进一步扩大其发展和采用新程序<sup>[2]</sup>。与诊断 X 射线相比, 介入放射学工作者受照剂量比传统 X 射线工作者高数倍到数十倍, 介入放射学工作者手部剂量百倍或千倍于全身剂量, 特别是非心血管的介入放射学操作更甚<sup>[2]</sup>, 因此, 加强介入放射学的防护已经是一项刻不容缓的工作。笔者调查了南平常见的介入手术操作人员的职业照射剂量水平, 并评估介入放射工作人员的职业照射风险。

## 1 材料和方法

1.1 研究对象 选择 2 家三甲医院的介入设备大 C 型臂数字减影血管造影机各 1 台(设备采用照射量率自动控制技术), 介入操作人员 18 人。

1.2 试验材料和仪器设备 剂量元件为中国防化院生产的 GR-200A 型 Li(Mg, Cu, P) 片状热释光剂量元件, 规格为  $\varnothing$  4.5 mm  $\times$  0.8 mm, 测读仪为北京核仪器厂生产的 FJ-427A1 型微机热释光剂量仪, 退火炉为北京核仪器厂生产的 FJ-411A 型热释光退火炉。

1.3 调查方法和内容 利用热释光探测器对第一术者的左眼、甲状腺(铅围脖内、外)、胸部(铅衣内、外)、腹部(铅衣内、外)、左手、右手、左脚、右脚等 8 个部位进行检测。手术结束后, 连同本底送回实验室检测。为了减少误差, 每个部位佩戴 2 个探测器, 取平均值。采集时间为 2010 年 4~6 月, 共采集心脏介入 42 例、肝脏介入 13 例、下肢介入 10 例等 3 类介入手术 65 例。

1.4 质量控制 对同一批元件退火后统一照射后, 使用热释光剂量仪进行读数, 控制分散度在  $\pm 5\%$  之内。将已筛选过的剂量元件送中国剂量科学研究院进行检定。为了减少元件布放的误差, 所有手术元件的布放均由笔者一人完成。

1.5 统计学分析 数据的整理使用 Microsoft Excel 2003, 数据的统计分析使用 SPSS11.5 for windows 统计软件。

## 2 结果

2.1 基本情况 根据手术介入部位的不同, 手术分为三类: 肝

脏介入手术、心脏介入手术、下肢介入手术, 其中肝脏介入 13 例, 心脏介入 42 例, 下肢静脉造影 10 例。所占的比例分别为: 20.0%、64.6%、15.4%。设备采用照射量率自动控制技术, 曝光条件由设备自动完成设置。

## 2.2 剂量检测结果

2.2.1 不同介入手术名称第一术者的剂量 65 例不同手术的第一术者的表面平均剂量(按表 2 均值计算, 如未特别指出, 文中的平均剂量均按此计算)见表 1。可见射频消融术操作者剂量最大, 下肢静脉造影剂量最小(单因素方差分析:  $F=9.642$ ,  $P=0.000$ )。

表 1 不同名称介入手术第一术者剂量分布表

介入部位	手术名称	例数	第一术者表面平均剂量( $\mu$ Sv) <sup>1)2)</sup>	F	P
心脏	冠脉造影术	34	17~221(56)	7.916	0.000
	冠脉成形术	4	47~153(58)		
	射频消融术	4	36~160(88)		
肝脏	肝动脉灌注化疗术	4	19~35(28)		
	肝动脉栓塞化疗术	9	23~39(32)		
下肢	下肢静脉造影术	10	5~40(18)		

注: 1) 括号内的数值为中位数; 2) 为防护服外剂量。

2.2.2 不同介入部位第一术者的剂量 根据介入部位的不同, 将 65 例手术分为三类: 肝脏介入、下肢介入和心脏介入。单次手术术者体表平均剂量: 心脏介入 > 肝脏介入 > 下肢介入(经单因素方差分析,  $F=23.227$ ,  $P=0.000$ )。各部位及均值的剂量见表 2。

表 2 介入操作者体表各部位单次手术剂量监测结果( $\mu$ Sv)

部位	肝脏介入		下肢介入		心脏介入	
	范围	中位值	范围	中位值	范围	中位值
眼睛	5~32	20	5~21	11	5~181	50
围脖外	5~36	19	5~19	15	5~127	40
围脖内	5~14	5	5~5	5	5~66	8
胸外	21~47	32	5~21	13	10~211	56
胸内	5~13	5	5~10	5	5~106	8
左手	46~120	103	5~109	28	14~1 052	144
右手	10~74	52	5~76	13	5~175	44
腹外	5~13	5	5~60	32	5~304	76
腹内	5~5	5	5~20	5	5~88	13
左脚	5~14	5	5~16	13	5~82	23
右脚	5~12	5	5~19	5	5~74	17
均值 <sup>1)</sup>	19~39	29	5~40	18	17~221	57

注: 1) 均值 = (眼睛 + 围脖外 + 胸外 + 腹外 + 左手 + 右手 + 左脚 + 右脚) / 8。

作者单位: 1 南平市疾病预防控制中心, 福建 南平 353000; 2 福建医科大学公共卫生学院, 福建 福州 350004

作者简介: 张远浩(1975~), 男, 医学硕士, 主管医师, 主要从事职业病防治与放射防护工作。

通讯作者: 刘宝英 教授, 硕士生导师。

2.2.3 术者各部位剂量 对于同一类介入手术,术者各部位的剂量不同,经 Friedman Test,差异有显著性(肝脏介入: $\chi^2 = 82.334$ ,  $P = 0.000$ ;下肢介入: $\chi^2 = 29.698$ ,  $P = 0.000$ ;心脏介入: $\chi^2 = 204.975$ ,  $P = 0.000$ )。不同类别介入手术第一术者各部位的剂量(见表 2)分述如下。

2.2.3.1 眼部的剂量 三类介入手术中,心脏介入手术第一术者眼睛的剂量最大,下肢介入剂量最小。经 Kruskal - Wallis 检验,三类介入手术第一术者眼睛的剂量差别有统计学意义( $\chi^2 = 25.054$ ,  $P = 0.000$ )。

2.2.3.2 甲状腺的剂量 甲状腺部位剂量范围 5 ~ 127  $\mu\text{Sv}$ ,中位值为 28  $\mu\text{Sv}$ 。由于佩戴铅围脖,甲状腺剂量中位值下降到 5 ~ 8  $\mu\text{Sv}$ 。经 Kruskal - Wallis 检验,三类手术甲状腺部位铅围脖外的剂量差别有统计学意义( $\chi^2 = 24.975$ ,  $P = 0.000$ )。

2.2.3.3 手部、脚部的剂量 经 Kruskal - Wallis 检验,三类介入手术第一术者手部和脚部的剂量差别有统计学意义(左手: $\chi^2 = 19.699$ ,  $P = 0.000$ ;右手: $\chi^2 = 8.056$ ,  $P = 0.018$ ;左脚: $\chi^2 = 23.316$ ,  $P = 0.000$ ;右脚: $\chi^2 = 17.110$ ,  $P = 0.000$ )。

2.2.3.4 躯干的剂量(胸部和腹部的剂量) 躯干由于穿戴防护服,躯干的剂量较之防护服外有明显的下降,65 例手术中,第一术者胸部的剂量中位值为 5  $\mu\text{Sv}$ ,腹部的剂量中位值为 10  $\mu\text{Sv}$ 。经 Kruskal - Wallis 检验,三类介入手术第一术者躯干部位的剂量(铅围裙外)差别有统计学意义(胸部: $\chi^2 = 30.066$ ,  $P = 0.000$ ;腹部: $\chi^2 = 35.427$ ,  $P = 0.000$ )。

2.3 当量剂量的估算 根据前期的调查数据显示:我市肝脏、四肢、心脏介入手术每位术者开展的平均例数大概为 50、100、200 例。以单次手术的中位值和最大值进行估算,对三类手术的第一术者的眼睛、左手、左脚的年当量剂量及全身有效剂量进行粗略估算。结果见表 3。

表 3 估算的第一术者眼、甲状腺、手年当量剂量( mSv)

部位	肝脏介入		下肢介入		心脏介入	
	按中位值计算	按最大值计算	按中位值计算	按最大值计算	按中位值计算	按最大值计算
眼	1.0	1.6	1.1	2.1	10.0	36.2
甲状腺	0.25	0.7	0.5	0.5	1.6	13.2
左手	5.15	6.0	2.8	10.9	28.8	210.4
左脚	0.25	0.7	1.3	1.6	4.6	16.4

2.4 全身有效剂量的估算 本次研究采用 NCRP(美国全国辐射防护委员会)推荐的计算方法来估算年有效剂量,公式为  $E = 0.5H_w + 0.025H_N$ 。  $H_w$  指衣领处铅围裙外的剂量,  $H_N$  指铅围裙内胸部或腹部的剂量<sup>[3]</sup>。结果见表 4。

表 4 第一术者年有效剂量的估算(  $\mu\text{Sv}$ )

介入手术	胸内中位值	胸内最大值	围脖外中位值	围脖外最大值	中位值估算的年剂量当量	最大值估算的年剂量当量
肝脏	5	13	19	36	150	370
下肢	5	10	16	19	300	550
心脏	10	106	40	127	1 200	11 200

### 3 讨论

介入放射学辐射暴露的研究已经成为医疗辐射防护研究的重点。本次研究表明:我市开展主要的介入手术中以心脏介入第一术者的所受的平均剂量最高,其中又以射频消融手术产生的剂量最高。主要是由于心脏的介入手术较为复杂,难度大并时间较长,此外,心脏介入手术多由心内科医生操作,对机器的性能不够熟悉,且防护意识不如放射科医生,不注意个人防护,导致所受剂量较高,与国内有关文献报道相一致<sup>[4,5]</sup>。

从三类介入手术操作者各部位剂量分布来看,我市介入工作人员各部位接受的剂量分布规律总体上与国内情况基本一致<sup>[6]</sup>:左手的剂量最大,头(眼)、脚的剂量较小,右脚的剂量最

小,但我市介入放射工作人员头、胸、腹、左手、右手的剂量较国内的平均水平略高。这可能是由于我市介入放射学开展的时间较短,操作的频度较小、介入工作人员经验不足、防护意识薄弱造成的。由于使用移动防护屏,肝脏介入手术各部位的剂量与心脏和下肢介入剂量分布略有差别。表现为肝脏介入术者腰腹部以下的剂量有显著的降低。表明:合理使用屏蔽防护对于降低职业照射有着重要的意义。

手部剂量远高于其他部位的剂量,这是由于在心脏或其他部位介入操作时,双手置于 X 射线下进行操作,距球管较近且手部由于精细操作的要求,往往难以穿戴铅手套进行屏蔽防护。因此要注重介入放射工作人员手部的监测。尽管本次研究的三类介入手术术者的眼晶体剂量不高,也低于目前的国家职业卫生限值。而研究中发现多数的心内科医生在介入手术时既不使用铅吊帘,也不使用铅眼镜,留有很大的辐射安全隐患。随着业务量的扩展,如果不注意加强防护,心脏介入医生的眼晶体的剂量有可能接近或超过眼晶体年剂量限值。因此,任何时候做好眼晶体的防护,使之最优化都是值得提倡的。

我市三类介入操作者的年有效剂量均较国外的介入操作者的年有效剂量水平低<sup>[7-10]</sup>,亦远低于国家标准限值。除心脏介入操作者的剂量略高于全国水平外,肝脏和下肢介入操作者年平均有效剂量均较全国水平低。介入第一术者的眼晶体、手、脚等器官的年当量剂量也远低于国家职业卫生限值。这可能与我市介入放射学开展的时间短,操作的频度较小有关。同时也表明,在目前的工作状态下,介入手术对操作者产生的辐射风险很小。但值得注意的是个别的手术如射频消融术由于曝光时间长产生较大的剂量,如果不注意加强个人防护,在例数增多的情况下,介入放射工作人员接受的照射剂量则相当可观。尤其是随着心血管疾病的日益增多,心脏介入手术也在快速地增长,按单次介入手术最大有效剂量值估算,如果按每人每年开展 1 000 例以上,心脏介入第一术者的年有效剂量超过放射工作人员年剂量限值。

我市介入放射学职业照射风险目前尚在安全范围内,但是心脏介入术者的平均有效剂量还是大于全国放射工作人员年平均有效剂量,介入放射工作人员眼、手、躯干等部位的剂量也较全国水平略高。因此要严格介入诊疗机构和介入人员的准入管理,加强对介入诊疗机构管理者和介入人员的防护知识、法规的培训,使之提高防护意识。介入诊疗机构应当积极采取各种防护措施尽量降低介入操作者的辐射剂量:尽可能选择防护性能好、具有剂量减少特征的 X 射线装置,同时优选照射条件,尽可能减少 X 射线输出量和操作时间,在不影响诊断治疗要求的前提下,尽可能降低管电压和管电流,适当选择射野;缩短曝光时间,设置合理的曝光程序,合理使用低脉冲率的透视方式;尽可能减少操作室内人员,减少散射;充分利用距离防护、时间防护与屏蔽防护等外照射防护三措施,降低操作者和患者的受照剂量。

### 参考文献:

- [1] Gary J, Berker MD. 2000 Rsn annual oration in diagnostic radiology: The future of interventional radiology [J]. Radiology 2001 220: 281 - 292.
- [2] WHO. 金延方,程刘泉译. 介入放射的效能与辐射安全 [M]. 北京:人民卫生出版社 2002.
- [3] National Council on Radiation Protection and Measurements (1995) Use of personal monitors to estimate effective dose equivalent and effective dose to workers for external exposure to low - LET radiation [R]. NCRP Report No.
- [4] 郑振权,李冰,袁庆海,等. 三种介入放射学操作中工作人员受照剂量的监测 [J]. 中华放射医学与防护杂志 2001, 21: 449 - 450.

## 无损检测及其职业病危害因素与防护

赵同强, 卢 锐, 吴家兵

中图分类号: TL75<sup>+</sup> 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2011)04-0419-01

【摘要】 目的 全面了解各种无损检测的职业病危害因素, 以便采取相应的防护措施。方法 根据各种无损检测方法的原理和特性, 采用经验法等方法识别其产生的职业病危害因素。结果 对常用无损检测方法所产生的职业病危害因素进行了识别, 并提出针对性的防护措施。结论 针对各种无损检测方法所产生的职业病危害因素, 采用相应的防护措施, 确保无损检测工作人员的身体健康与安全。

【关键词】 无损检测; 危害因素; 防护

众所周知, 无损检测通常又称为无损探伤, 简称 NDT。是在不破坏和损伤受检物体的前提下, 探测其内部或外表缺陷的无损检测技术。金属、非金属和各种复合材料在生产、加工过程中常会出现气泡、分层、材质不均、粘合不良等各种缺陷。因此, 在工业生产中, 许多重要设备的原材料、零部件、焊缝等必须采取无损检测方法, 及时的发现缺陷, 以便改进生产工艺, 确保生产质量。

检测原材料、零部件中缺陷的无损检测的方法十分广泛, 声、光、电、热等多种物理效应均可应用。目前, 最常见的无损检测方法有射线检测(RT)法、超声检测(UT)法、磁粉检测(MT)法、渗透检测(PT)法和涡流检测(ET)法等, 其常用的设备主要有射线探伤机、超声波探伤仪、磁粉探伤仪、渗透探伤仪和涡流探伤仪。其职业病危害因素和防护措施也应无损检测方法的种类不同而差异很大。为此对常见的无损检测方法的用途、原理及其职业病危害因素和防护措施予以简要介绍。

### 1 射线检测(RT)法

射线检测(RT)法是利用 X、 $\gamma$  等射线检查金属材料和非金属材料的内部, 如铸件和焊缝中的气孔、夹渣、未焊透等体积性(圆柱状和球状)缺陷的一种无损检测方法。是目前应用最广泛的一种无损检测方法。

X、 $\gamma$  等射线在物质中具有衰减作用和一定的衰减规律, 其穿透物质后的强度就小于穿透前的强度。其衰减的程度随被透照物质的种类、厚度或密度而不同。射线透过被检物质时, 有缺陷部位(如气孔、夹渣等)与无缺陷部位对射线吸收能力不同。缺陷部位所含的空气或夹杂物对射线的吸收能力大大低于无缺陷部位对射线的吸收能力。透过有缺陷部位射线强度高于无缺陷部位射线强度, 从而在照片或荧光屏上形成黑度较大的缺陷影像<sup>[1]</sup>。

射线探伤(RT)法的职业病危害因素主要是电离辐射即 X 或  $\gamma$  等射线。其防止电离辐射对人体危害的基本措施是: 缩短接触时间, 增大防护距离和进行屏蔽防护等<sup>[2]</sup>。

作者单位: 十堰市东风职业病防治中心, 湖北 十堰 442000  
作者简介: 赵同强, 男, 副主任医师, 从事职业卫生和放射卫生检测与评价。

- [5] 李冰, 庄树武, 徐践, 等. 4 种介入诊断治疗患者体表剂量的测量[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2001, 21: 311-312.
- [6] 强永刚. 医学辐射防护学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008: 183-190.
- [7] Marx MV, Niklason L, Mauger EA. Occupational radiation exposure to interventional radiologists: a prospective study[J]. J Vasc Interv Radiol. 1992, 3: 597-606.
- [8] Tsapaki V, Kottou S, Vano E, et al. Occupational dose con-

### 2 超声检测(UT)法

超声检测(UT)法是利用超声波能透入金属材料的深处, 并由一截面进入另一截面时, 在界面边缘发生反射的特点来检查金属件缺陷的一种无损检测方法, 它主要用于检测形状比较简单的金属件内部或表面所存在的夹杂物(夹渣)、裂缝、缩管、气孔、分层、划伤和白点等缺陷。

人耳可听得见的声波的频率范围大致是 20Hz 至 20kHz。频率大于 20kHz 的声波叫超声波。用于无损检测的超声波频率为 400kHz(0.4MHz)~25MHz, 其中用得最多的是(1MHz~5MHz)。超声波在介质中传播时, 遇到不同介质界面具有反射特性, 由于气体、液体和固体介质弹性差异很大, 故对超声波的传播影响不同, 所以在异质界面上就会产生反射、折射和波形反射。超声波检测(UT)法正是利用超声波在被检测材料中传播时, 材料的声学特性和内部组织的变化对超声波的传播产生一定的影响, 可以获得等于或大于超声波波长的缺陷或其他异质界面的反射波。在荧光屏上形成脉冲波形, 根据这些脉冲波形来判断缺陷位置和大小。

由于我国对工业超声波危害的研究很少, 安全标准亦未制订。超声波对人体的危害尚未有权威定论。其防治措施基本上是按照噪声控制的原则进行, 在不影响设备性能的前提下, 尽量降低其向周围辐射的强度, 适当封闭或遮断超声源向操作人员处传播<sup>[3]</sup>。

### 3 磁粉检测(MT)法

磁粉检测(MT)法是将待测磁性金属件加以磁化, 再用润湿铁粉涂其表面以显示金属件表面和邻近表面下裂纹的探伤方法。

将待测金属件置于强磁场中或通以大电流使之磁化, 若金属件表面或表面附近有缺陷(裂纹、折叠、夹杂物等)存在, 由于它们是非铁磁性的, 对磁力线通过的阻力很大, 磁力线在这些缺陷附近会产生漏磁。当将导磁性良好的磁粉(通常采用磁性氧化铁粉)施加在物体上时, 缺陷附近的漏磁场就会吸住磁粉, 堆集成可见的磁粉迹痕, 从而把缺陷显示出来。非荧光磁粉检测时, 在波长范围为 400~760nm 的可见光下观察磁

straints in interventional cardiology procedures: the DIMOND approach[Z].

- [9] Delichas M, Psarrakos K, Molyvda - Athanassopoulou E, et al. Radiation exposure to cardiologists performing interventional cardiology procedures[J]. Eur J Radiol, 2003, 48: 268-273.
- [10] Dendy PP. Radiation risks in interventional radiology[J]. Br J Radiol, 2008, 81: 1-7.

(收稿日期: 2011-04-11)