

天津市心血管病介入手术辐射防护优化分析

庞新新, 王建军, 王 莹

中图分类号: R815 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2009)04-0423-03

**【摘要】** 目的 了解掌握心血管病介入手术中所致工作人员的辐射剂量及危害, 分析辐射防护的重要性。方法 利用热释光剂量法对实际手术过程中医生、病人、护士进行剂量监测, 并将防护前后的剂量作比较对照。结果 介入手术中工作人员接受的剂量水平较高, 不同种类的介入手术辐射剂量有很大差异, 有效屏蔽可降低受照剂量 80% 以上。结论 在注重达到诊疗目的的同时在介入手术中必须做到辐射防护的最优化。  
**【关键词】** 血管造影术; 介入放射学; 医疗照射; 辐射防护; 最优化分析

介入放射学是以影像诊断为基础, 主要利用经血管或非经血管穿刺及导管等介入技术, 在影像监视下对一些疾病施行治疗, 或者采取活体标本进行细菌学、组织学、生理和生化诊断。介入放射学包括介入治疗和介入诊断。介入放射学是一个新兴学科, 它是通过 X 射线影像导视来完成诊断、治疗工作。心脏介入因其具有微创、疗效可靠等特点, 现已广泛应用于临床。它是在 X 射线的介导下, 采用经皮穿刺和导管技术进行诊断和治疗。心脏介入具有曝光量大、时间长、需要多角度投照、施术医师需要近台操作, 给心脏介入的防护提出较高的要求, 加强这方面的防护, 对工作人员的健康和介入工作的开展都有重要意义。

1 天津市心脏介入诊疗现状

天津市目前开展心血管病介入治疗的医疗机构有 15 家, 从业医生、护士、技师共计 200 余人。年手术约 7 000 ~ 8 000 例, 就医分布很不平均, 有些医院年手术台数不足 10 台。

表 1 心脏介入手术种类数据

种类	名称	百分比
冠状动脉造影检查	单纯检查	55%
	PCI 治疗	31%
	右心导管检查术	2%
	外周支架治疗	0%
心脏电生理手术	电生理检查术	2%
	射频消融治疗术	1%
封堵术	房间隔缺损封堵	1%
	动脉导管未闭封堵	0%
	室间隔缺损封堵	0%
心脏起搏器置入术	起搏器置入	6%
	起搏器更换	0%
	起搏器复位	0%
	起搏器清创	0%
临时起搏器急救	漂浮电极术	1%
	临时起搏电极术	1%

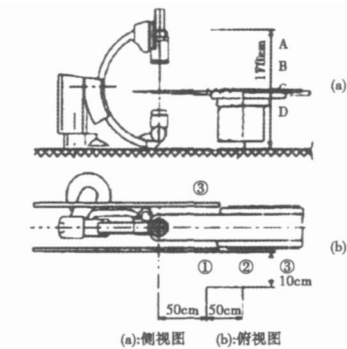
2 材料与方法

- 2.1 病例资料 搜集 2008 年 1 月至 2009 年 4 月心脏介入病人 37 例, 其中冠状动脉造影 CAG 25 例, 支架 10 例, 射频 2 例。
- 2.2 设备 飞利浦公司生产的 INTEGRA ALLURA H5000F 型心血管造影系统, 最大曝光条件: 150 kV 1000 mA 自动调节。
- 2.3 剂量监测方法 采用热释光剂量计 LF(MgCpP) 粉末

的塑料管贴片。热释光读出装置采用 FJ-427A1 型, 经过国家计量站刻度。

2.4 贴片位置 病人甲状腺、性腺; 医生前臂、眼部、性腺、胸部铅衣内外、铅围脖内外; 护士铅衣内外; 医生铅屏幕内外、护士铅屏幕内外。

2.5 工作人员位置图 (图 1)



①②③工作人员常见操作位置 ABCD:检测点位置  
(图中①②分别为主辅医生;③为护士)

图 1 典型心血管病介入手术位置

3 结果

实测结果列表 2

表 2 心脏介入手术辐射剂量监测结果范围值 (mGy)

监测位置	造影	支架	射频
病人甲状腺	0.329 ~ 1.439	0.906 ~ 22.130	0.704 ~ 2.054
病人性腺	0.119 ~ 0.077	0.101 ~ 1.530	0.028 ~ 0.906
1号医生铅幕内	0.007 ~ 0.039	0.024 ~ 0.096	0.008 ~ 0.085
1号医生铅幕外	0.091 ~ 0.143	0.097 ~ 1.781	0.103 ~ 1.336
1号医生眼部	0.009 ~ 0.034	0.012 ~ 0.138	0.011 ~ 0.114
1号医生铅围脖内	0 ~ 0.017	0.003 ~ 0.024	0.003 ~ 0.018
1号医生铅围脖外	0.015 ~ 0.061	0.010 ~ 0.154	0.011 ~ 0.084
1号医生胸部铅衣内	0 ~ 0.015	0 ~ 0.023	0 ~ 0.018
1号医生胸部铅衣外	0.009 ~ 0.087	0.020 ~ 0.174	0.050 ~ 0.112
1号医生性腺	0 ~ 0.017	0 ~ 0.022	0 ~ 0.018
1号医生前臂	0.015 ~ 0.085	0.042 ~ 0.260	0.094 ~ 0.214
2号医生眼部	0.012 ~ 0.033	0.024 ~ 0.107	0.012 ~ 0.054
2号医生铅围脖内	0 ~ 0.015	0 ~ 0.026	0 ~ 0.018
2号医生铅围脖外	0.002 ~ 0.182	0.033 ~ 0.390	0.022 ~ 0.195
2号医生胸部铅衣内	0 ~ 0.018	0.002 ~ 0.023	0 ~ 0.019
2号医生胸部铅衣外	0.014 ~ 0.081	0.062 ~ 0.213	0.020 ~ 0.165
2号医生性腺	0.007 ~ 0.022	0.005 ~ 0.106	0 ~ 0.032
2号医生前臂	0.006 ~ 0.112	0.067 ~ 0.565	0.052 ~ 0.229
护士铅衣内	0.003 ~ 0.013	0 ~ 0.020	0 ~ 0.012
护士铅衣外	0.011 ~ 0.048	0.013 ~ 0.022	0.011 ~ 0.034
护士铅屏内	0 ~ 0.014	0.003 ~ 0.019	0 ~ 0.009
护士铅屏外	0.014 ~ 0.076	0.004 ~ 0.032	0.009 ~ 0.017
DAP (Gy · m²)	27 ~ 54	98 ~ 460	123 ~ 267

注: 1号医生为主刀, 2号为辅助医生。

作者单位: 天津市辐射环境管理所, 天津 300191  
作者简介: 庞新新 (1979 ~), 男, 满族, 天津市人, 工程师, 从事环境影响评价与辐射环境管理工作。

4 分析与讨论

4.1 心血管病介入手术辐射防护分析

4.1.1 屏蔽可显著提高防护效果 表 2 所示,屏蔽可提高防护效果 80% 以上。合理使用床下铅帘、床上铅玻璃。资料显示 0.25mmPb 的铅衣可使散射线减少到 1/500<sup>[1]</sup>。工作人员应穿铅衣(0.5mmPb)、带铅围脖铅眼镜。

4.1.2 充分利用路标和图像冻结功能 DSA 的血管路径图技术冻结功能,可减少插管的曝光时间,提高工作效率。

4.1.3 合理调整射线管、病人和增强器的距离 射线管和增强器的距离越近,X 射线的辐射量越大;射线管与病人的距离越近,辐射量也越大;增强器与病人的距离越远,辐射量也越大。在实际工作中,应尽量加大射线管和病人的距离,病人应尽量靠近增强器。这样既能减少散射线,也能提高图像质量。

4.1.4 提高医生素质,合理掌握手术适应症,提高阳性率 介入放射学工作者长时间在床边操作,距离射野和散射体(包括病人)较近,因而接受的散射线剂量比普通荧光透视和影像增强透视明显偏高。介入放射学工作者受照剂量与曝光时间成正比,在手术较为复杂或操作不够熟练的情况下,往往可能接受较大的剂量。

4.2 辐射安全 与其他放射检查相比,介入放射的特点就是长时间的透视和大量的摄片,对病人和医生来说辐射剂量很高,对健康有危害,所以意识并注意辐射安全和防护对医患都很重要。辐射防护的目的就是在于避免确定性效应的发生并减少随机性效应。介入放射操作越来越复杂精细,要求透视的时间远远大于常规诊断的透视时间,相应地导致 X 射线损伤的危险性相应增加。有资料显示,在部分接受介入治疗的病人中,出现红斑、一过性癫痫、皮肤溃疡和皮肤纤维化,局部辐射暴露的影响因素包括透视时间、剂量率和操作方式。可能导致的皮肤辐射损伤见表 3。

表 3 皮肤的辐射损伤<sup>[2]</sup>

皮肤损伤 效应	达到阈值的透视时间 (h)			生效应的时间
	典型的阈值 吸收剂量 (Gy)	常见的透视 剂量率 (0.02Gy/h)	高透视剂量 率 (0.2Gy/h)	
早期短暂性红斑	2	1.7	0.17	数小时
一过性癫痫	3	2.5	0.25	3 周
红斑	6	5.0	0.50	10 天
持续癫痫	7	5.8	0.58	3 周
干性脱皮	10	8.3	0.83	4 周
侵袭性纤维化	10	8.3	0.83	—
真皮炎缩	11	9.2	0.92	14 周以上
毛细血管扩张	12	10.0	1.00	52 周以上
湿性脱皮	15	12.5	1.25	4 周
晚期红斑	15	12.5	1.25	6~10 周
真皮坏死	18	15.0	1.50	10 周以上
继发溃疡	20	16.7	1.67	6 周以上

如果暴露的皮肤区域的吸收剂量接近或超过皮肤反映阈值,应术前告知病人可能的损伤。由于辐射剂量不可能精确估计,在介入治疗过程中应该记录各种操作参数,这对医生和病人来说都是重要的参考信息:①计划后续治疗(包括同一区域的再辐射暴露)。②避免此区域皮肤的辐射、刺激和损伤。③采取各种方法,降低辐射效应的危险性介入操作中医生的辐射暴露比放射检查的暴露更值得重视,因为医生更加接近病人,靠近原始照射野的时间更长,直接受到剂量率更高。因此靠近病人的需要和设备设计在这方面很重要,介入放射的环境要求

更加合理的检测职业辐射暴露的方法。检测的对象有:工作量、设备、操作步骤、DAP 它们都是有效的预见参数。工作人员的辐射确实与 DAP 值有很好的相关性。表 4 表明了各种操作的典型吸收剂量。

表 4 心脏介入放射的职业辐射水平范围值<sup>[3]</sup>

操作类型	员工类别	眼部剂量 (μGy)	手部剂量 (μGy)	甲状腺剂量 (μGy)	有效剂量 (μGy)
PTCA	心脏科医生 <sup>1)</sup>	16~45	38~72	—	4.6
	心脏科医生 <sup>2)</sup>	178~200	190~240	—	23
	心脏科医生	470	1100	—	50
	心脏科医生	130	160	80	5~10
RF消融	技师	150	—	—	—
	心脏科医生	320 <sup>3)</sup>	—	—	18(28) <sup>4)</sup>
	护士	—	—	—	2
	心脏科医生	300	1000	—	—

注:1)正常高剂量组;2)高剂量组;3)未另加防护;4)导管从腹股沟区域进入,有效剂量是从锁骨下进入的 2 倍。

4.3 介入治疗培训 介入辐射的职业辐射剂量很高,因此对相关人员进行职业培训和防护培训很重要。所有参与心血管病介入治疗有关的医生、放射技师、护士、维修技师都应有用最适宜的病人和工作人员的防护产生最佳的临床效果的习惯,必须有丰富的知识和对有关检查的获益和潜在危险性的正确判断。

防护培训的基本要求<sup>[4]</sup>:①对电离辐射医学应用的利与害有正确的认识,防止麻痹思想和恐惧心理;②了解有关放射防护法规和标准的主要内容,掌握放射防护基本原则;③了解、掌握减少工作人员和受检者所受照射剂量的原理和方法,以及有关防护设施与防护用品的正确使用方法;④了解可能发生的异常照射及其应急措施。

建立必要的职业资质是介入放射学健康发展的必然趋势。培训和教育方针应建立在国家级的水平上,以保证高质量的介入放射诊疗服务。必须有相关专业的资格证书来约束介入放射学的从业资格。

4.4 优化建议 鉴于专指受检者与患者因疾病诊治目的或各种健康检查需要而主动接受的医疗照射,是既重要又特殊的一类照射。种类繁多的医疗照射,不仅诊断与治疗的剂量相差好几个数量级,就是各种 X 射线诊断检查所致受检者剂量也可能达数百倍差别,心脏介入诊断和治疗更是如此,不同医院、不同患者、不同医生都会有差别。国际放射防护委员会(ICRP)指出,与放射工作人员所受职业照射的防护不同,剂量限值不适用于医疗照射;医疗照射的防护只能遵从实践的正当性和防护的最优化两条原则<sup>[5]</sup>。

心血管病介入治疗辐射防护最优化主要体现在与设备相关因素和与操作过程相关因素。

与设备相关:①设备必须符合国际的或国家标准。满足各种特殊操作的要求,其性能必须与操作性质相符合;②设备应该常规调节到满足低剂量的有效范围内,尽可能提高图像质量;③剂量测量和提示应该是设备的标准功能配置;④设备更新;⑤辐射防护最优化改造。与操作过程相关:①诊断与治疗操作应尽量缩短时间,避免重复性操作;②选择最佳操作方式,在保证临床需要的情况下使用最小剂量;③避免对敏感器官的直接照射,调节集线器或选择其它投照方式;④线束可调,保证皮肤表面剂量低于显性效应的阈值;⑤建立各种常规方式操作的参考剂量值(指导水平)。

必须全过程实行质量保证。

国内外大量调查数据表明,即使施行同一种放射检查或治疗,在不同医疗机构由于设备、操作、防护以及受检者等因素不同,对受检者和医生所致的辐射剂量的差别很大,甚至能达几个数量级,可见医疗照射的辐射防护最优化留有很大余地,而往往施行医疗照射容易注重医疗目的而忽视防护最优化。因此,自 2003年 4月 1日起施行的 GB18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定了控制医疗照射的一系列要求,而且也首次建立了我国的诊断性医疗照射的指导水平,藉以强化医疗照射的防护,其中包括拍摄正位胸片(AP)、侧位胸片(LAT)、腰椎摄影(AP/LAT/LSJ)、头颅摄影(AP/LAT)、腹部摄影(AP)、牙齿摄影(口内片、全景)、乳腺摄影、X射线 CT检查以及胸部透视等检查类型的指导水平。

介入放射学检查或治疗由 DAP(X射线束的横截面积与所致平均剂量的乘积,在 X射线诊断中用作所授予能量的一种量度<sup>[9]</sup>)来体现有效剂量。DAP是与整个检查程序有关的剂量学量。如果已知其他投照参数,如照射位置、照射野尺寸、焦皮距、管电压等,地估算出受检者的器官剂量分布和有效剂量。雅典大学给出了心血管介入手术的 DAP指导水平,见表 5。

表 5 雅典大学心血管介入手术 DAP指导水平

手术类别	DAP(Gy·cm <sup>2</sup> )	透视时间(min)
CAG	29±9	2.0±1.5
PCI	75±30	10±6

医疗照射指导水平或参考剂量是调查水平的一种,是放射科室内部质量控制的重要内容之一,其目的是促进辐射防护最

优化工作的深入开展,采用现行的良好的辐射实践,因此它又是一个动态的管理范畴,随着技术的改进,应重新进行有代表性的调查,确定新的医疗照射指导水平或参考剂量水平<sup>[7]</sup>。

这一切都将直接影响着辐射剂量总量的高低,而最终都将影响介入工作人员及患者总体受照射剂量水平。降低辐射剂量涉及到介入工作中的所有环节,是保障介入工作人员及患者身体健康的关键,将会是今后介入工作中讨论最多的话题之一。

参考文献:

[1] 邱玉会.放射防护技术与管理[M]. 济南:黄河出版社, 2002

[2] ICRP. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures [R]. ICRP Publication 85 Oxford: Pergamon Press, 2000

[3] 世界卫生组织(WHO).介入放射的效能与辐射安全[M]. 金延方,程流泉译. 北京:人民卫生出版社, 2002

[4] GBZ/T149—2002 医学放射工作人员的卫生防护培训规范[S].

[5] ICRP. Radiological Protection and Safety in Medicine [R]. ICRP Publication 73 Oxford: Pergamon Press, 1991.

[6] GBZ/T146—2002 医疗照射放射防护名词术语[S].

[7] 郑钧正.放射诊断的医疗照射指导水平[J]. 中国辐射卫生, 2005 15: 128—131.

(收稿日期: 2009—06—09)

(上接第 422 页)

3 讨论

不确定度是对测量结果质量的定量评定,表明了测量的水平,从上述计算结果中发现,本实验室测量个人剂量当量 H<sub>p</sub>(10)的不确定度为 9.70% (95%置信度),符合国家职业卫生标准要求,但很接近 10%的限值,需要查找原因。

从表 1中可以发现不确定度主要受探测器分散性、刻度因子影响,其次是探测器重复性和量值传递。首先应考虑把探测器分散性引入的分量降下来,而分散性事实上是探测器的剂量特性、退火条件、筛选工作、测读仪稳定性以及实验人员(主要是探测器放在加热盘上的位置)等因素的综合反映,所以要严格按照退火程序进行退火,并尽可能一致的速度快速冷却,定期清洗探测器,规范、熟练实验人员的测量方法和操作步骤,最重要的是做好筛选工作和维护读出仪的稳定。

探测器的筛选是热释光剂量测量中的一项重要工作,在个人剂量当量测量中,可以选用简便的标准差方法,按照 ±5%来筛选,淘汰或者暂时淘汰不符合要求的探测器,受过大剂量照射的探测器往往是要被淘汰的,所以平时测量中要注意探测器的分类储存,以减少筛选的工作量。维护读出仪的稳定必须抓住几个关键环节:一是做好光路的清洁,擦除凝结在滤光片上的挥发性脏物;二是做好仪器的预热和测量前的参数核对,必须用“1”和“10”键查看读出仪的计数,与刻度时的计数大致相同时方可使用,连续测量时,也要间隔一段时间,检查计数,

检查读出仪的稳定性;三是做好加热盘的清洁工作,保证与探测器有良好接触,用酒精擦拭加热盘后,须经 300℃空测,使空盘本底读数降低至通常的水平后方可使用;四是探测器经过多次使用后,应调整读出仪的灵敏度,用实验方法获得新的 10<sup>5</sup>光源计数。

减小探测器重复性引入的不确定度分量,关键在于规范合理的退火和冷却,以及探测器的储存和清洗。刻度系数的不确定度主要受读出仪的性能和探测器的剂量特性影响,在日常工作中,至少做到读出仪的参数与刻度时基本一致,保证刻度系数的正常合理使用。

本次评定的数据较小(0.23mSv),所以在测量分散性时,要求标准剂量学实验室对探测器按 0.50mSv的剂量进行照射,如果照射的剂量不这么小,有可能减小分散性,从而可能略微减小相对总不确定度。然而,根据近几年的监测,宁波市放射工作人员人均年剂量已在 1mSv以内,所以,从 2009年第一季度的实际人均剂量和从严的角度出发,又是合理的。在今后的工作中,本实验室将严格落实质量保证计划,重点做好以上提到的几个方面,切实减小不确定度,提高测量质量。

参考文献:

[1] JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示[S].

[2] 程荣林.不确定度及其评估方法[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2001, 21(3): 230

(收稿日期: 2009—04—07)