

## 介入放射学辐射防护状况

刘 伟, 李海亮, 宋 钢, 邓太平

中图分类号: R815 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2009)01-0119-02

介入放射学就是在 X射线透视引导监控下, 通常在局部麻醉和/或镇静下, 经皮或者其他途径进行的介入性诊断和治疗的操作系统, 如病灶定位、治疗等<sup>[1]</sup>。按照操作项目, 介入放射学可大致分为血管内介入操作和非血管性介入操作两大类。血管内介入操作主要包括栓塞治疗、药物灌注治疗、血管扩张术、心脏介入等; 非血管性介入操作主要包括穿刺及引流术、经皮穿刺针吸活检、支架植入术、凝固治疗等。由于介入放射学对心、脑血管疾病及一些癌症的诊断及治疗起着十分重要的作用, 在临床上得到了广泛的应用, 在某些国家以每 2~4 倍增的速度继续普及。近年来, 介入放射学在我国发展十分迅速, 很多县级以上医院都开展了介入放射程序, 已经发展成为了继内科、外科后的临床医疗支柱。介入放射学程序需较长时间的曝光, 操作者必须长时间暴露在 X射线线下在诊视床旁边近台操作, 导致介入放射学工作人员和患者接受的辐射剂量相对较大。随着适应症的越来越广泛, 进行介入放射学诊疗的工作人员和患者成为一个接受较高辐射剂量的人群, 引起了国际放射防护界的广泛关注。例如 2000 年国际放射防护委员会 (ICRP) 85 号报告《避免医用介入放射学操作放射损伤》、联合国原子辐射效应科学委员会 2000 年报告《电离辐射源与效应》、2005 年 IAEA 安全导则 RS-G-1.5《电离辐射医疗照射的辐射防护》等都对介入放射学的放射防护问题给予了充分重视。

### 1 患者剂量

在一些介入操作中, 病人皮肤剂量可以接近某些癌症分次放射治疗时的剂量水平。病人接受高辐射剂量可以导致皮肤红斑 (2Gy)、白内障 (2Gy)、永久性脱发 (7Gy) 以及迟发性皮肤坏死 (12Gy)。因此 ICRP 85 号报告<sup>[1]</sup>建议: 在实际操作过程中当病人皮肤最大累积剂量接近、达到或超过下列剂量时, 应记录其剂量值、照射部位及照射范围: 1Gy (对任何可能重复性操作); 3Gy (对任何操作)。同时也建议: 对所有估计皮肤最大累积剂量达到或超过 3Gy 的病人, 应于照射后随诊 10~14 d。在美国, 由 Miller DL 等<sup>[2]</sup>调查结果表明, 一些介入放射学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。Mooney 等人<sup>[3]</sup>在对颅内动静脉畸形 (AVM) 的患者栓塞治疗时, 检测皮肤剂量最高可达 4.6Gy 而患者的有效剂量预计将介于 100~200mSv。由这个有效剂量可能发展成癌症的几率大约是 1%, 随着有效剂量增大, 其致癌的几率也会随着增加。而有人曾报道过一次介入放射学操作皮肤剂量最高可达 43Gy。在这种情况下, 患者有很大的可能性遭受皮肤和眼晶体损伤<sup>[4-6]</sup>。在国内, 李雅春等<sup>[6]</sup>对 155 例介入放射诊疗受检者皮肤剂量进行检测, 照射野的皮肤入射剂量大于 1Gy 有 19 例, 大于 2Gy 有 11 例, 大于 9Gy 有 4 例。根据剂量效应关系, 155 例受检者中就可能 11 例在照射野部位出现确定性效应—皮肤红斑, 更严重者可出现脱毛及皮肤坏死。肖峰等人<sup>[7]</sup>在肝脏介入放射学操作中, 检测患者的最高皮肤剂量为 1.759mGy。虽然检测的结果有些尚未超过 ICRP 规定的阈值剂量

2Gy 但例如肝癌患者常需进行 2 次以上的此类操作, 而在同一部位进行的多次操作可导致皮肤耐受量降低。所以根据 ICRP 建议, 对于可能重复的操作, 最大皮肤剂量接近或超过 1Gy 者均应在病历中记载并随访。肖峰等人<sup>[7]</sup>在对患者测得有效剂量: 男 29.22mSv 女 29.27mSv 与 Larkin CJ 等<sup>[8]</sup>研究相比较, 相当于内镜逆行性胆胰管造影术的 2.7 倍, 为腹部摄片的 42 倍, 钡灌肠检查的 4.2 倍。马奔等人<sup>[9]</sup>报道, 一次子宫动脉栓塞术中卵巢最高辐射剂量为 774.25mGy。陈胜利等<sup>[10]</sup>在对肺部进行介入放射学诊疗的患者的剂量检测, 剂量面积乘积、皮肤入射剂量、有效剂量的中位数值分别为 7.334Gy·cm<sup>2</sup>、437mGy、10.27mSv 远远超过我国 GBZ 13-2006 中规定的应急人员在一次应急事件中不得超过的剂量水平。可见患者在一次介入放射学诊疗时便接受了大剂量的 X 射线辐射, 应引起充分重视。

不同介入放射学程序其患者所受剂量是有差别的。ICRP 85 号报告<sup>[1]</sup>按照病人皮肤的累积吸收剂量对介入放射学操作进行了分类: 几百 mGy 为高剂量, 几十 mGy 为中等剂量, 少于 10mGy 为低剂量。许多介入放射学诊疗程序都被列入了高剂量操作。即使这些操作由熟练的操作者使用减少剂量的技术和先进的荧光透视设备来施行。在比利时, Dejerckx<sup>[11]</sup>等研究结果表明, 冠状血管成形 (PTCA) 病人皮肤入射剂量可达 12857.31mGy。肝动脉造影病人皮肤入射剂量可达 108263.30mGy。Katriis<sup>[12]</sup>等研究结果表明冠状血管造影 (CA) 病人皮肤入射剂量可达 1350mGy。剂量面积乘积可达 46Gy·cm<sup>2</sup>。Dowling A<sup>[13]</sup>等研究结果表明, 经皮穿刺经腔血管成形术 (PTA) 剂量面积乘积可达 60Gy·cm<sup>2</sup>, 经颈静脉肝内门腔静脉分流术 (TIPS) 剂量面积乘积可达 354Gy·cm<sup>2</sup>。Hemand<sup>[14]</sup>等研究结果表明, 射频消融术最高皮肤剂量可达 1.8Gy。McParland<sup>[15]</sup>等研究结果表明, 栓塞治疗 (ET) 病人皮肤入射剂量可达 4.6mGy。Ruiz<sup>[16]</sup>等研究结果表明, 经胆道引流 (PTCD) 剂量面积乘积可达 291Gy·cm<sup>2</sup>。Miller<sup>[2]</sup>等研究结果表明支架置入剂量面积乘积可达 16.785Gy·cm<sup>2</sup>。

西班牙 Vannom E<sup>[14-15]</sup>等对于在 2~10 年内经历 4~14 次冠状血管造影和 5~10 次 PTCA (经皮冠状血管成形术) 的 14 例患者的皮肤辐射剂量及损伤进行了研究, 估计每个操作 DAP 的平均值对于冠状血管造影是 46Gy·cm<sup>2</sup>, 对于 PTCA 为 82Gy·cm<sup>2</sup>; 每个操作的最大皮肤剂量的平均值对于诊断研究为 217mGy 对于 PTCA 为 39mGy。少数操作可能实际上更高, 尤其是肝脏化学栓塞、肿瘤栓塞的操作, 而脊柱栓塞的病例曾报道的平均 PSD>5Gy。Miller DL 等<sup>[2]</sup>也研究表明, 超过 5Gy 的操作主要是栓塞、经腔静脉肝内门腔静脉分流术 (TIPS) 和肾/内脏脏动脉支架放置等。可以发现以上的可能导致患者高剂量的介入操作主要都集中在照射野为胸部和腹部的诊疗。Miller DL 等<sup>[2]</sup>在对进行脑神经栓塞 345 例患者中不同照射部位的剂量检测中发现, 前后平面和侧面之间剂量相差不大, 没有单一皮肤区域接受高剂量辐射; 在李冰等<sup>[17]</sup>绘制的患者 X 射线剂量分布图, 也可以看出, 脑血管造影其剂量分布较为均衡, 而其他心血管造影、栓塞等治疗的 X 线剂量分布图就有集中区域。而在对非诊疗部位的剂量研究中也发现收到较高照射的也都集中在胸腹部位置, 肖峰<sup>[7]</sup>等人在对进行肝脏介入操

作者单位: 山东省医学科学院放射医学研究所 山东 济南 250062  
作者简介: 刘伟 (1960~), 男, 山东鱼台人, 硕士研究生在读, 从事放射卫生工作。  
通讯作者: 邓太平

作患者剂量调查中发现, 吸收剂量最大的器官或组织为肾上腺 (608.23 mGy), 其次为肝脏 (164.71 mGy)、胃 (177.18 mGy)、食管 (158.65 mGy)、肺 (140.84 mGy), 而眼晶体和四肢的吸收剂量最小。所以在介入放射学诊疗过程中要对患者胸腹部剂量控制引起足够的重视。

从以上所列数据可以看出, 不同作者的剂量估算结果差异特别大, 大者可达3个数量级, 同一作者的不确定度也特别大。引起这种情况的原因十分复杂, 主要原因可能是: 病人的病变程度和体型, 设备及其附件的机械、物理和几何条件, 职业人员的技术基础、操作技能和责任心, 剂量测量技术等。

## 2 工作人员职业照射

一般来说, 职业人员主要接受散射辐射和泄漏辐射的照射。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>[18]</sup>。辐射效应研究显示: 当职业工作者的眼睛长时间受照, 辐射剂量在3个月内达到4 Gy或者3个月内以上达到5.5 Gy时, 可出现白内障。国内外研究<sup>[1, 19-23]</sup>表明对从事介入放射学操作的工作人员的职业照射:

(1) 职业人员接受的剂量比病人要低得多。

(2) 床上球管机的操作者头前部、颈前部、胸和腹部剂量远大于下肢接受的剂量, 床上球管式X射线机既有有用束又有较多的散射线, 且操作者腰部以上均暴露在射线范围内, 致使临床操作人员接受到较高的辐射剂量, 而如果对床球管进行屏蔽, 又容易造成操作者使用不方便, 使介入放射作时间延长, 屏蔽降低的剂量与延长操作时间增加的剂量相消。床下球管机现在基本都为DSA机器, 其操作者下肢接受的剂量远大于手指、头前部、颈前部、胸和腹部剂量, DSA机器可以通过在床侧安装铅帘来最大限度的降下球管造成的额外辐射, 因此建议介入诊疗时尽量采用下球机器。

(3) 手指剂量远高于其他部位的剂量, 这是由于操作者需要将手置于X射线下进行操作, 且无法进行屏蔽; 铅围脖、铅围裙对降低操作者颈、胸、腹及下肢的射线起到非常有效的作用, 虽然铅帽及铅眼镜对保护操作者的头颅及眼晶体起到有效的屏蔽, 但在实际工作中由于这两件物体影响操作者手术, 许多操作者都没有带铅帽及铅眼镜, 因此操作者的头颅、眼晶体及手指的防护尤其值得开展。

(4) 操作人员穿戴防护服对降低操作人员剂量水平效果非常明显, 在不影响操作的情况下应尽量使用防护服。

## 3 剂量控制措施

工作人员的受照剂量同病人的受照剂量相关<sup>[24]</sup>, 病人的剂量越大, 介入治疗室内的散射线越多, 将会导致工作人员受照剂量的增加。因此尽可能的减少患者的受照剂量, 是介入人员的重要责任, 这包括设备相关的因素和操作相关的因素两个方面。

(1) 设备的要求: 尽量使用专用的介入放射学设备。最好能具有内置式完整的放射量测量系统, 在操作过程中对放射量测量信息如PSD、CR、DAI和FSI等进行实时监测, 给操作者及时反馈, 以避免检查期间患者接受的皮肤剂量超过确定性效应的阈值。同时设备应能具有剂量的减少特征, 如影像增强电视系统、脉冲荧光透视法、低剂量连续荧光透视法、无辐射的可视化准直器和滤线器定位等。

(2) 加强对操作者的训练: 既包括介入操作技术的训练, 也包括辐射管理方面的训练。随着操作者的经验增长, 操作程序的规范化, 操作时间和荧光透视检查时间将逐渐减少, 操作者在辐射安全、辐射防护和辐射剂量减少方面接受广泛而正式的训练对有意识地使剂量减少到最低程度也有重要作用。

(3) 设备维护及质量保证计划对患者的剂量控制也发挥重

要的作用。

从以上的讨论可以看出, 介入放射操作的辐射防护是一个重要问题, 因此应该: 尽快制定介入放射操作的辐射防护法规及其有关的技术标准, 规范这类操作; 尽快建立从业人员的培训和资格制度, 惟有当他们具备有关的辐射防护知识, 并考核合格后, 方能允许上岗; 在开展较复杂的放射性介入操作时, 应当要求进行病人剂量的测量。

## 参考文献:

- [1] ICRP 2000b Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures ICRP Publication 85. Ann ICRP 30(2).
- [2] Miller DL, Balter S, Cole PE. Radiation dose in interventional radiology procedures: the RAD-IR student part: overall measures of dose [J]. J Vasc Interv Radiol 2003; 14(6): 711-727.
- [3] Mooney BR, McKinstry CS, Kamei HAM. Absorbed dose and deterministic effects to patients from interventional neuroradiology [J]. The British Journal of Radiology 2000; 73: 745-751.
- [4] Vano E, Gonzalez L, Benitez F et al. Lens injuries induced by occupational exposure in non-optimized interventional radiology laboratories [J]. Br J Radiol 1998; 71: 728-733.
- [5] Vano E, Aranz L, Sastre M 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.
- [6] 李雅春, 杜国生, 马永忠, 等. 155例介入放射学受检者剂量调查 [J]. 中国辐射卫生, 2007; 16(1): 51-54.
- [7] 肖锋, 徐国干, 涂彧等. 肝脏介入操作所致患者辐射剂量的初步研究 [J]. 苏州大学学报 (医学版), 2005; 25(3): 405-408.
- [8] Larkin CJ, Workman A, Wright RE et al. Radiation doses to patients during ERCP [J]. Gastrointestinal Endoscopy 2001; 53(2): 161-164.
- [9] 马奔, 陈春林, 刘萍, 等. 30例妇科良性疾病介入治疗的辐射剂量分析 [J]. 妇产科临床杂志, 2005; 6(5): 331-333.
- [10] 陈胜利, 黄齐好, 朱栋梁. 肺部病变介入放射治疗中患者的X射线辐射评价 [J]. 中国职业医学, 2004; 31(4): 31-33.
- [11] Deierckx D, Consales K, Gerardy N et al. Patient dosimetry measurements in 50 radiology department in Belgium [J]. Radiation Protection Dosimetry 2005; 117: 135-138.
- [12] Karatsis D, Efstathiopoulos E, Betsou S et al. Radiation exposure of patients and coronary arteries in the senior: a prospective study [J]. Catheter Cardiovasc Interv 2000; 51(3): 259-264.
- [13] Dowling A, Marnett JF. Medical exposures directive: implications for interventional radiology [J]. Radiat Prot Dosimetry 2001; 94(1-2): 19-23.
- [14] Hemando J, Torres R. Comparison between thermoluminescence dosimetry and transmission ionization chamber measurements. IAEA-CN-85/177. Proceedings of the Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology [J]. Nuclear Medicine and Radiology 2001; 286-290.
- [15] MΦarland B J. A study of patient radiation doses in interventional radiological procedures [J]. The British Journal of Radiology 1998; 71: 175-185.
- [16] Ruiz Cruces R, Garza-Granados J, Diaz Romero FJ et al. Estimation of effective dose in some digital angiographic and interventional procedures [J]. Br J Radiol 1998; 71(841): 42-7.

头、全身 CT检查中患者甲状腺、性腺辐射剂量与防护

陈伟伟<sup>1,2</sup>, 宁尚义<sup>1</sup>, 李福生<sup>1</sup>

中图分类号: R816 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2009)01-0121-02

自从 1973 年的最初使用以来, CT 在放射诊断中的使用日益广泛, 有些部位的检查已经列入常规体检项目中, 接受照射的受检查者与患者日益增多, 它在带给人们清晰、准确、便利的医学诊断信息的同时, 受检查者与患者的辐射防护问题越来越引起世界各国的普遍关注。根据联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) 的报告, 医疗照射是公众所受电离辐射的最大人工来源。医疗照射防护已成为涉及所有公众成员及其后代的重要公共卫生问题。多个权威组织均出版各自的标准和报告书, 欧盟更将其与介入放射和放射治疗列为一类, 同属病人的高剂量应用, 并在法律上要求对病人的剂量进行评估<sup>[1]</sup>。国际原子能机构 (IAEA) 等组织 1997 年出版的《国际电离辐射防护和辐射源安全的基本标准》(BSS) 对 CT 受检者推荐了剂量指导水平: 头部为 50mGy, 腰椎为 35mGy, 腹部为 25mGy<sup>[2]</sup>。甲状腺、性腺是电离辐射的敏感器官, 过量照射会产生远期不良后果。医学统计证明: 甲状腺累计受照剂量达 0.2mGy 以上时, 可引起放射性甲状腺良性结节、慢性放射性甲状腺炎、放射性甲状腺功能减退甚至急性放射性甲状腺炎<sup>[3]</sup>。0.1~0.2mGy 对性腺的照射可有效地产生发生学上的异常 (畸形)<sup>[4]</sup>。因此对距离 CT 扫描部位较近的重要射线敏感器官: 甲状腺、性腺的屏蔽防护就显得尤为重要。

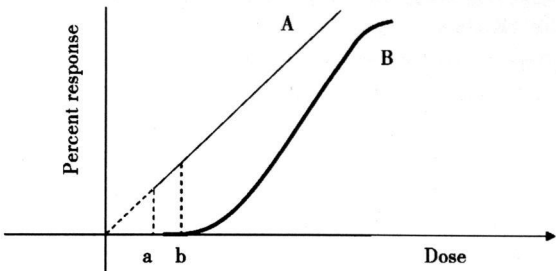
1 X射线照射产生辐射效应的类型

X射线的辐射效应主要有两类: 随机性效应和确定性效应。

1.1 随机性效应 随机性效应 (stochastic effect) 其发生的几率与辐射剂量间存在线性无阈值关系的辐射效应。但产生辐射效应的严重程度与剂量无关。如图 1 中曲线 A 所示: 存在极限点 a, 大于 a 点的剂量能够产生效应, 并且产生效应的几率随剂量的增加线性上升; 但小于 a 点的剂量可能产生辐射效应, 也可能不产生, 没有确定的阈值。这就意味着, 很小量的辐射都存在产生随机性效应的可能性。典型的随机性效应导致的辐射伤害包括: 癌症、基因突变等。

1.2 确定性效应 确定性效应 (deterministic effect) 只有当生物组织或器官接受到超过某一阈值的剂量时才产生的辐射效

应。达到阈值后, 辐射损伤程度随剂量的增加而严重。如图 1 中曲线 B 存在确定的阈值点 b, 在 b 点以下的剂量不会产生辐射效应, 超过 b 点的剂量会产生辐射效应。典型的确定性效应导致的辐射伤害包括脱发、皮肤溃烂等<sup>[5]</sup>。



曲线 A 描述的是随机效应。在极限点 a 以下, 不存在统计意义上确定的生物效应; 曲线 B 描述的是确定性效应, 存在确定的阈值点 b, 在 b 点以下不会产生辐射效应, 在 b 点以上会产生辐射效应。

图 1 剂量-生物效应曲线

2 CT辐射对人体的影响与 CT剂量的关系

根据美国医学调查, 美国在每年的 CT 检查数量从接近 1980 年的 360 万, 到 1990 年的 1330 万, 再到 1998 年的 3300 万, CT 检查已占全部放射学检查的 13%, 估计 CT 检查的辐射剂量接近所有集体剂量的 30%<sup>[6]</sup>。作为对比, 在英国 CT 在所有应用辐射检查中只占 4%, 但其辐射剂量的比例却占所有辐射剂量的 40% 以上<sup>[7,8]</sup>。在我国仅各类型 X 射线 CT 机已达到了 4760 台 (绝对数居世界各国第三位)。

不仅 CT 检查数量大大增加, 而且检查技术能力也在显著地提高, 在经历数次技术创新, 如滑环 CT、螺旋 CT 以及多层螺旋 CT (MSCT) 等, 与 X 射线平片相比, 明显提高了疾病的检出能力, 但其放射剂量也明显高于 X 射线平片。更不容忽视的是, 儿童对放射线影像的灵敏度是中年人的 10 倍多, 女孩比男孩更敏感。一个小小的风险 (0.35%) 在大量的检查 (270 万/a) 成倍增加的情况下, 于是个体患癌症的小风险成为令人关注的大的公众健康问题<sup>[9]</sup>。当今, 由于螺旋 CT 和多层螺旋 CT 的潜在的高辐射剂量, 放射工作者应认识到 CT 辐射的危害性, 并且在实际工作中在获得满意的医学影像信息时应尽可能降低病人受到的来自 CT 的辐射。

3 CT辐射剂量测量与病人所受剂量评价

在 CT 检查中, 暴露于射线的条件是不同于传统的 X 射线

作者单位: 1 山东省医学科学院放射医学研究所, 山东 济南 250062 2 济南市中心医院  
作者简介: 陈伟伟 (1968~), 女, 山东济南人, 硕士生在读, 主管技师, 从事放射诊断技术工作。  
通讯作者: 李福生

[ 17 ] 李冰, 庄树武, 徐践. 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, 2001, 21 ( 4 ): 311—312

[ 18 ] 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

[ 19 ] 陈群, 余乐宁. 介入放射操作人员个人剂量水平调查 [ J ]. 中国辐射卫生, 2007, 16 ( 4 ): 424—425

[ 20 ] 柯先明, 李刚. 芜湖市介入放射学防护状况调查与分析 [ J ]. 中国辐射卫生, 2003, 12 ( 2 ): 92—93

[ 21 ] 许晓虹, 匡云谷. 介入放射工作者受照剂量及其防护措施

的探讨 [ J ]. 中国辐射卫生, 2000, 9 ( 1 ): 31—32

[ 22 ] 张引, 苗金萍. 包头市介入放射治疗工作人员的受照射剂量 [ J ]. 中华放射医学与防护杂志, 2005, 25 ( 2 ).

[ 23 ] 张良安. 放射性介入操作中的剂量和健康效应研究现状 [ J ]. 国外医学·放射医学核医学分册, 2003, 27 ( 4 ): 174—177

[ 24 ] Williams J. The interdependence of staff and patient doses in interventional radiology [ J ]. Brit J Radiology 1997, 70: 498—503

( 收稿日期: 2008—12—26 )