·技术研究·

介入放射治疗患者所受辐射剂量的单中心调查与分析

范文哲，杨建勇，何 祚，杨广奇，李家平*
(中山大学附属第一医院介入放射科，广东 广州 510080)

摘 要：【目的】初步调查介入放射治疗的患者术中所受 X 射线辐射的剂量并探讨降低辐射的方法。【方法】采用 DSA 机配置的穿透电离室型剂量监测系统(AEP)，实时读取记录 947 名患者在 1651 例次介入放射操作中的透视时间、摄影帧数、面积-剂量乘积(DAP)和入射表面剂量(ESD)，运用秩和检验、关联性分析及线性回归分析等统计学方法分析以上数据，比较分析各种不同类型患者、介入操作辐射数据的差异性及相互关系。【结果】患者的透视时间、摄影帧数、DAP、ESD 的均值分别为(13.5 ± 12.1) min、(230 ± 180)帧、(194 ± 192)Gy·cm^2，(0.60 ± 0.17)Gy，年龄大于 50 岁的患者、同一部位的所有栓塞操作均有较高的 ESD(或 DAP)，相关性分析则只有 ESD 与 DAP 之间的相关性较好，呈线性正相关(r = 0.978，P < 0.01)。【结论】患者的辐射剂量因介入放射操作的类型、患者的年龄及操作者的熟练程度的不同存在着显著差别，使用总 ESD 比单独摄影帧数和透视时间预测总 DAP 更加精准。

关键词：介入放射学；辐射；防护
中图分类号：R814.3 **文献标志码**：A **文章编号**：1672-3554(2011)03-0398-04

Investigation and Assay of Patients Received Interventional Radiology Procedures: a Single Center Experience

FAN Wen-zhe, YANG Jian-yong, HE Zuo, YANG Guang-qi, LI Jia-ping*
(Department of Interventional Radiology, The First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China)

Abstract:【Objective】 To investigate the radiation doses of patients during interventional radiology procedures and explore the preventive measures.【Methods】Radiation dose was measured 1651 times in 947 cases during the interventional operation with area exposure product (AEP) system equipped with DSA (Philip FD20). Perspective time, photography frames, dose-area product (DAP) and entrance surface dose (ESD) were all real time recorded on the DSA. Rank sum test, relevance analysis, and simple linear regression were assessed with statistic analysis.【Results】Mean value of perspective time, photography frames, DAP and ESD were (13.5 ± 12.1) min, (230 ± 180) frames, (194 ± 192) Gy·cm^2, and (0.60 ± 0.17) Gy. DAP and ESD were higher in the patient ≥ 50 years old and in the embolization procedures. It was observed that there were linear correlation between DAP and ESD (r = 0.978, P < 0.01).【Conclusion】There was a significant difference in radiation doses in different kinds of procedures, range of patient ages and levels of the performer skills. Total ESD can achieve make more precise prediction of total DAP than use of photography frames or perspective time alone.

Key words: interventional radiology; radiation; protection
[J SUN Yat-sen Univ(Med Sci),2011,32(3):398-401]

介入放射学是基于放射学设备进行诊断和治疗的新学科，几十年来发展迅猛，开创了微创治疗的新领域。但患者由于直接暴露在 X 线下，经常接受长时间的手术操作带来的辐射，其危害正受到日益关注，国内外不断有关于介入操作导致患者辐射损伤的案例报道[1]。因此，本文通过对我院 947 例接受放射介入手术的患者(共 1651 例次)的辐射调查资料进行分析，比较不同类别介入操作

收稿日期：2010-11-13
基金项目：广东省医学科研基金(A2007158)
作者简介：范文哲，博士研究生，研究方向：肿瘤及血管介入临床及基础研究，E-mail：fanwz2007@126.com；* 通信作者：李家平，博士，教授，硕士生导师，研究方向：肿瘤及血管介入临床及基础研究，E-mail：jpli3s@medmail.com.cn

辐射剂量差异,并探讨优化介入操作、降低辐射的有效措施。

1　材料和方法

1.1　病例入选及一般资料

本研究纳入 2009 年 6 月至 2010 年 11 月在中山大学附属第一医院介入放射手术室行介入手术操作的所有病例，共 947 名患者、1 651 例次操作。对于同一个患者经历多次操作,每次操作定义为一个单独例次。由作者记录每位患者的年龄、性别、临床诊断及介入治疗的方法。患者年龄从 3 岁到 93 岁,平均年龄 48.7 岁,其中,男性 923 例次,女性 728 例次;原发性肝癌占 29.8%,各种原因引起的梗阻性黄疸占 18.5%，主动脉及外周血管病占 16.6%,脑部血管病占 13.3%,其余为妇科肿瘤、消化道出血等。

1.2　数据收集及介入操作

介入操作设备为荷兰飞利浦平板数字平板血管造影(DSA)系统,型号为 FD20，床下球管配备影像增强器，具有内置穿透电离室型区域剂量测量系统 (area exposure product，AEP),可实时记录摄影帧数、透视时间、剂量–面积乘积 (dose area product,DAP)、入射表面剂量 (entrance surface dose，ESD) 等辐射剂量相关数据。其中摄影帧数是指一次介入操作中拍摄造影图像时所采用的帧率(frame/s) 与摄片时间(s)乘积的总和;透视时间是指一次介入操作过程中 X 线透视检查的总时间; DAP 是指射束的横截面积与所致平均剂量的乘积，单位是 Gy·cm^2，常用于评估患者的有效剂量,评价随机性效应;而 ESD 是指射入受检者体表处照射野中心的吸收剂量，用反散射后空气中的吸收剂量表示,单位是 Gy。ESD 是由计算机从一次介入操作中患者不包括组织反射的吸收总剂量(cumulative dose，CD)经校准后换算系数演算得出。ESD 可以在换算为 CD 后,精确估算出介入参考点初始最高皮肤剂量(peak skin dose,PSD)[2]。

本科室的介入放射手术基本囊括除心血管介入以外目前所有介入放射学操作，纳入研究的所有手术均由主治以上职称并有 5 年以上介入临床工作经验的医师与 5 年以上 DSA 系统操作经验的技师共同完成。其中操作的类型按具体操作部位分为六大类:头颈部介入操作、胸部介入操作、腹部介入操作、盆部介入操作、椎体介入操作及四肢介入操作。本文首先针对同一部位不同介入操作类型(主要为灌注与栓塞)和不同部位的肿瘤经动脉灌注化疗术的相关辐射剂量数据进行比较,而后把原发性肝癌行经肝动脉灌注化疗栓塞术(transcatheter arterial chemoembolization，TACE)的患者分为男组和女组以及 < 50 岁组和 ≥ 50 岁组进行比较分析不同患者的状况下相同介入操作的辐射剂量差异。

1.3　统计分析

数据的整理与归纳使用 Microsoft Excel 2007,数据的统计学分析使用 SPSS 13.0 for Windows 统计软件。采用关联性相关分析和简单线性分析分别对摄影帧数、透视时间、DAP 和 ESD 之间的相关性进行分析，而两参数间差异的显著性检验则用秩和检验。所有的研究结果均为双侧检验,检验水准为 0.05。

2　结　果

表 1 以不同部位的介入操作类型列出所有患者的基本临床数据,并以均值的形式列出 1 651 例次的基本辐射剂量数据，包括摄影帧数、透视时间、DAP 和 ESD。最大透视累计时间、摄影帧数、DAP值及 ESD 值分别是 60.8 min、568 帧、1 044 Gy·cm^2 和 2.90 Gy。

2.1　辐射剂量的统计学比较

同一部位的不同介入操作类型的相关数据比较分析后,结果显示,支气管动脉栓塞术比支气管动脉灌注化疗术、子宫动脉栓塞术比髂内动脉灌注化疗术透视时间长 (P = 0.021、P = 0.031)、DAP (P = 0.015、P = 0.025) 及 ESD (P = 0.033、P = 0.042)增大,差异有统计学意义(P < 0.05);而不同部位的肿瘤经动脉灌注化疗术的辐射相关数据经两两比较后,差异均无统计学意义(P > 0.05)。行经肝动脉灌注化疗栓塞术的患者 < 50 岁组比 ≥ 50 岁组的透视时间短 (P = 0.011)、DAP (P = 0.033)及 ESD(P = 0.041)值小,差异有统计学意义，而男组与女组之间的各辐射数据差异无统计学意义(P = 1.432)。

2.2　相关性分析

对摄影帧数、透视时间、DAP 和 ESD 等的相关性的分析表明，仅有 ESD 和 DAP 值成正相关,

表 1 不同介入操作类型中患者基本资料及辐射剂量数据

Table 1 Patient basic data and doses in different part of interventional radiology procedures ($\bar{x} \pm s$)

Type of procedures	Case	Sex (case)		Age/years	Perspective time/min	Photograph /frame	DAP/(Gy·cm^2)	ESD/Gy
		Male	Female					
Head & neck	229	160	69	45 ± 21	13.6 ± 29.9	237 ± 275	178 ± 115	0.69 ± 0.46
Thorax	136	78	48	53 ± 22	15.2 ± 12.5	253 ± 339	268 ± 143	0.57 ± 0.65
Abdomen	816	542	274	52 ± 13	13.2 ± 24.5	281 ± 189	190 ± 158	0.63 ± 0.26
Pelvis	383	75	308	44 ± 15	14.3 ± 12.0	223 ± 110	169 ± 154	0.40 ± 0.32
Centrum	23	13	10	45 ± 13	3.9 ± 1.2	10 ± 9	36 ± 28	0.10 ± 0.07
Extremities	64	45	19	50 ± 32	13.8 ± 12.1	125 ± 241	185 ± 190	0.39 ± 0.24
Sum	1651	923	728	49 ± 30	13.5 ± 12.1	230 ± 180	194 ± 19	0.60 ± 0.17

而且为线性相关($r = 0.978, P < 0.01$);摄影帧数和 ESD 或 DAP 之间的相关性以及透视时间和 ESD 或 DAP 之间的相关性均欠佳(r 分别为 0.24、0.51、0.03、0.40, 所有 $P > 0.05$)。由 ESD(Gy) 预测 DAP(Gy·cm^2) 的直线回归方程拟合如下:$\hat{Y} = 4.84 + 373.48X, P < 0.01$(图 1)。

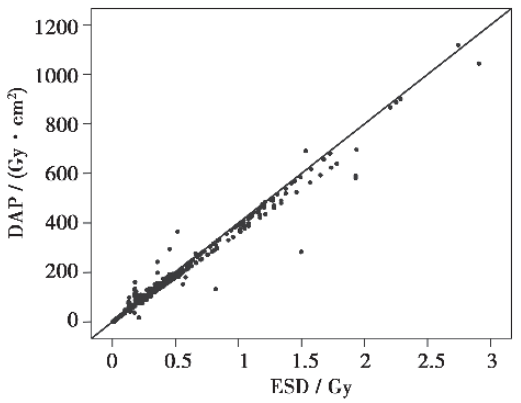


图 1 ESD 与 DAP 的散点图

Fig.1 Scatter plot of ESD compared with DAP

3 讨 论

介入放射治疗的主要辐射危害来源于 X 线机的透视和摄影, 所以透视时间和摄影帧数可作为剂量的一种指示参考,理论上透视时间越长、摄影帧数越多,患者所受的辐射剂量越大。但辐射剂量的也会受到血管造影机的类型、诊治方案的选择、医师的操作经验以及技师对机器的使用熟练程度等因素的影响[3]。

本研究的 1 651 例患者中, 有 18.1%的 ESD 大于 1 Gy, 主要为 62.3%的主动脉及外周血管介入、17%的经皮经肝胆管引流术(percutaneous transhepati cholangio drainage, PTCD)、10.2%的头颈部介入,而未出现 ESD 大于 3 Gy 的病例,与美国食品药品监督管理局(FDA) 推荐 ESD 阈值的安全范围位于 1 ~ 2 Gy 是吻合的[4]。ICRP 曾于 2000 年按照患者皮肤的最大累积吸收剂量将介入放射学的操作划分为高剂量(大于 0.1 Gy)、中剂量(大于 0.01 Gy) 和低剂量(低于 0.001 Gy) 的操作。按此定义,本科室的高剂量操作为 80.7%,主要为各种血管灌注栓塞术、血管球囊扩张及支架植入术等;中剂量操作为 15.1%,主要为 PTCD、非血管支架植入术及血管灌注化疗术; 低剂量操作为 4.2%, 主要为 PTCD 置换内外联合引流管及部分椎间盘环切术,所有数据与文献报道接近[5-6]。

本研究的结果还表明,几乎同一部位的所有栓塞操作都比单纯灌注术有较高的 DAP 和 ESD, 而同一部位的肿瘤动脉灌注化疗术的 DAP 和 ESD 则基本一致。这可能是与栓塞术通常需要超选择进入二级以上的血管分支,对操作技术有较高要求有关。同时发现,患者的辐射剂量与患者自身年龄有关,与性别关系不大。年龄大于 50 岁患者的动脉血管容易出现硬化、迂曲、延长、狭窄、闭塞等情况,术中控制导管、导丝必须掌握一定技巧,而且大部分介入手术都在局部麻醉下进行,年龄较大患者配合程度稍差,导致透视操作时间增加。因此,我们推测复杂的操作直接延长透视时间, 与高辐射剂量相关, 这些与国际电工技术委员会 (IEC)2000 年及 Donald 等的研究报道是一致的[7-8]。

摄影帧数、透视时间、ESD 和 DAP 之间相关行分析的结果表明, 单独摄影帧数或透视时间不是反映辐射剂量最好指标, 这与我们的实际经验可能不一致。笔者认为在其他条件相同的情况下,同种操作类型的剂量和相关数据会因病变的实际

情况、操作的复杂性以及操作者的熟练程度的不同而有较大的差别。摄影帧数、透视时间、ESD 和 DAP 之间相关系数的差异，可能是因为在某一操作中记录的 ESD(或 DAP)是摄影 ESD(或 DAP)和透视 ESD(或 DAP) 之和,摄影时所用的管电流为几百个 mA,而透视时的管电流只有几个至几十个 mA,在相同时间下,摄影 ESD(或 DAP)比透视 ESD(或 DAP)要大,但透视时间通常较长,所以透视辐射剂量占总剂量的比例很难预算。因此,使用两者结合的总 ESD，比单独用摄影帧数或透视时间预测总 DAP 要更加精准,国际上也有类似的报道[8]。本研究得出的 ESD(Gy) 与 DAP (Gy·cm^2) 的直线回归方程将有利于研究辐射剂量数据间的关系,准确估算辐射总量,指导辐射防护。

在辐射防护工作中,医生的操作经验及熟练程度对患者和介入放射医护人员的辐射水平的影响是确定的,但如何定义及分级此主观概念,国际上尚存争议。因为操作者可在术中主宰透视时间、摄影帧数、进入复杂血管分支的水平等等因素,经验丰富的操作者可以熟练运用仪器和设备,迅速判断手术出现的情况并做出应对，自然能缩短透视时间,减少摄影次数,从而减少辐射剂量[9]。为最大限度减少该因素产生的统计学偏倚,纳入本研究的病例相关操作均由 5 年以上介入临床工作经验的医师与 5 年以上 DSA 系统操作经验的技师共同完成。

上述研究表明，针对降低患者的辐射剂量,操作人员的防护意识及介入技术方面仍存在很大的整改空间。①加强对介入医生操作技术和辐射防护意识的培训;严格遵守操作章程,所有的介入操作的辐射测量数据须及时记录与反馈;术前对患者病情及影像资料的研究需要认真、仔细讨论,构思出最佳手术步骤。②尽量使用操作简便、快速、有效的仪器和设备，如细小血管的插管使用微导管等,最大限度上缩短操作时间；避免重复透视与摄影;尽量采用高管电压低管电流的条件;随时将照射野控制在所需的最小范围内,并争取在一次透视结束后给操作人员提供影像冻结的功能;采用剂量分散技术、感兴趣区域透视等新技术可在不影响图像质量下帮助操作者更好导入目标血管[10]。

综上所述，不同的介入放射操作对患者的辐射剂量有显著的差异，而相同的介入放射操作也会因患者的年龄、病变的实际情况、操作的复杂性以及操作者的熟练程度等不同而有较大的变化。使用总 ESD 比单独摄影帧数和透视时间预测总 DAP更加精准。

参考文献：

[1] ICRP. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures [J]. ICRP Publication 85, 2000, 30(2): 57-67.

[2] Miller DL, Balter S, Cole PE, et al. Radiation doses in interventional radiology procedures:The RAD IVR study: Part II: Skin Dose[J]. J Vasc Interv Radiol, 2003, 14(8): 977-990.

[3] Chida K, Kato M, Kagaya Y. Radiation dose and radiation protection for patients and physicians during interventional procedure [J]. J Radiat Res (Tokyo), 2010, 51(2): 97-105.

[4] Food and Drug Administration. Public Health Advisory: avoidance of serious X-ray induced skin injuries to patients during fluoroscopically guided procedures [Z/OL].Rockville,MD:Center for Devices and Radiological Health,1994. http://www.fda.gov/MedicalDevices/Safety/AlertsandNotices/PublicHealthNotifications/ucm063084.htm

[5] Livingstone RS, Mammen T. Evaluation of radiation dose patients during abdominal embolizations [J]. Indian J Med Sci, 2005, 59(12): 528-534.

[6] Ioannis AT, Helen G, Petros NM, et al. Patient doses from noncardiac diagnostic and therapeutic interventional procedures[J]. J Vasc Interv Radiol, 2006, 17 (9): 1489-1498.

[7] International Electrotechnical Commission. Medical electrical equipment. Part 2-43: particular requirements for the safety of X-ray equipment for interventional procedures. Report 60601-2-43. IEC[Z/OL]: Geneva, 2000. http://www.techstreet.com/standards/BS_EN/60601_2_43_2001product_id=1116446

[8] Donald LM, Stephen B, Beth AS, et al. Clinical Radiation Management for Fluoroscopically Guided Interventional Procedures [J]. Radiology, 2010, 257(2): 321-332.

[9] Shigeru S, Shigeru F, Takeshi Y, et al. Radiation exposure to patients' skin during cardiac resynchronization therapy[J]. Europace, 2009, 11(12): 1683-1688.

[10] Chida K, Kagaya Y, Saito H, et al. Evaluation of patient radiation dose during cardiac interventional procedures: what is the most effective method[J]. Acta Radiol, 2009, 50(5): 474-481.

(编辑　刘清海)