

·心脏介入 Cardiac intervention·

心脏介入患者受照剂量研究

白 玫, 刘 彬, 郑钧正

【摘要】 目的 调查我院心脏介入诊疗过程中患者受照剂量分布和剂量参考水平,并分析各种剂量参数如皮肤峰值剂量(PSD)和剂量面积乘积(DAP)之间的相关性。方法 对 135 例患者的剂量数据进行分析研究,其中接受冠状动脉造影(CAG)患者 84 例,接受经皮心脏介入(PCI)患者 51 例。记录每例患者 DAP 值、参考点累计剂量值(CD)以及透视时间,总采集图像幅数。采用热释光剂量片(TLD)矩阵测量患者皮肤剂量。TLD 矩阵大小为 10 行 9 列,行间隔 5 cm,列间隔 4 cm。结果 对于 PCI,DAP 均值为 7946.91 $\mu\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$;CD 均值为 1395.3 mGy,平均透视时间 10.9 min,平均采集 945 幅。PSD 范围为 38.91 ~ 184.79 mGy。DAP 与 PSD 的相关性为 0.54,PSD 与 CD 的相关性为 0.53。对于 CAG,DAP 均值为 2690.84 $\mu\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$;CD 均值为 431.6 mGy,平均透视时间为 2.9 min,平均采集 544 幅。PSD 范围 26.18 ~ 120.37 mGy。DAP 与 PSD 的相关性为 0.52,PSD 与 CD 的相关性为 0.45。结论 患者所受皮肤剂量峰值低于所致皮肤损伤辐射阈值(2 Gy)。各种辐射剂量参数(如 DAP,CD 和透视时间等)的结果与其他学者的研究结果相仿。从结果可以看出 PSD 与 DAP、CD 等参数相关性较差,因此基于这些数据对个体皮肤峰值剂量进行估算的方法较不科学,需要对其进一步研究。

【关键词】 心脏介入;受照剂量;皮肤峰值剂量;剂量面积乘积

中图分类号: 文献标识码:A 文章编号:1008-794X(2007)-04-0222-04

Survey on patient dose in cardiac intervention BAI Mei, LIU Bin, ZHENG Jun-zheng. Xuanwu Hospital of Capital University of Medical Sciences, Beijing 100053, China

【Abstract】 **Objective** To collect information of patient doses of interventional radiology in Beijing Xuanwu Hospital, and investigate correlation between the peak skin dose (PSD) and dose-area product (DAP). **Methods** Radiation doses from 135 patients have been studied including 84 coronary angiographies (CAG) and 51 percutaneous transluminal coronary angioplasties (PCI). Dose-area product (DAP) values, cumulative dose (CD) at interventional reference points, fluoroscopy times, total number of cine frames were collected for each patient. Skin dose measurements were made with thermoluminescent dosimeters(TLD) placed as a 10 × 9 arrays of TLDs on the body. The grid of TLDs arrays was 5 × 4 cm. **Results** Mean values for dose-area product were 2690.84 $\mu\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ for CAG and 7946.91 $\mu\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ for PCI. Mean values for CD were 431.6 mGy cm^2 for CAG and 1395.3 mGy for PCI. Mean fluoroscopy times were 2.9 min for CAG and 10.9 min for PCI and mean number of frames were 544 and 945 for CAG and PCI, respectively. PSD values ranged from 26.18 to 120.37 mGy for CAG and 38.91 to 184.79 mGy for PCI. The relationship between DAP and PSD was $r = 0.52$ for CAG and $r = 0.54$ for PCI. The correlation of PSD with CD was $r = 0.45$ for CAG and $r = 0.53$ for PCI. **Conclusion** Comparison shows that patients DAP, CD and fluoroscopy time values were comparable with other publications. Skin dose values of investigated patients are below the threshold dose for radiation skin injury (2 Gy). There is no good relationship between DAP and PSD. So calculation of individual maximum skin dose based on DAP data is not reliable and needs to find a new reference value for skin dose. (J Intervent Radiol, 2007, 16: 222-225)

【Key words】 Cardiac intervention; Patient dose; Peak skin dose; Dose-area product

在介入放射学方兴未艾发展并不断成熟时,控

制辐射危害的重要性和迫切性已经引人注目地凸显出来,不能不加以研究。国际放射防护委员会(ICRP)于 2000 年发表其第 85 号出版物《避免介入放射学中的辐射危害》^[1],列举了施行不当导致

基金项目:国家自然科学基金资助项目(3047531)

作者单位:100053 北京 首都医科大学宣武医院

通讯作者:白 玫

患者以及工作人员过量受照引发辐射损伤案例。联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)出版的 2000 年报告书突出强调了加强介入放射学中放射防护的迫切性^[2]。然而,由于介入诊疗过程的复杂性与多样性,在实际手术过程中对患者所受剂量的监测十分困难。因此,在介入诊疗过程中,如何真实反映患者受照剂量情况是一项亟待解决的工作。

本研究采用临床现场监测与模拟试验研究相结合的方法,初步研究建立了心脏介入诊疗过程中患者受照剂量分布情况及其剂量参考水平并对各剂量参数间的相关关系进行客观分析。

1 材料与方法

1.1 采集病例

对首都医科大学宣武医院介入中心实施冠状动脉造影(CAG)和经皮心脏介入(PCI)诊疗过程中患者的剂量水平进行调查,随机采集 PCI 病例 51 例,CAG 病例 84 例。

1.2 剂量探测器

血管造影系统为西门子 AXIOM Artis 血管造影系统。采用自动曝光条件采集图像。剂量面积乘积(DAP)和介入参考点处的累积剂量(CD)、透视时间和采集幅数的测量结果可以由血管造影系统自配电离室和记录系统读出。DAP 电离室由中国计量科学研究院完成剂量标定。

采用热释光剂量片(TLD)对患者受照剂量进行测量,TLD 片为中国军事医学科学院生产的直径为 4.5 mm 的 LiF:Mg,Cu,P 型热释光探测器,采用中国军事医学科学院生产的 BR2000D-Ⅲ 型热释光剂量读出器读取剂量。所用 TLD 片和读数器均由中国计量科学研究院完成剂量标定。

1.3 患者受照剂量测量方法

患者体表剂量分布、峰值剂量(PSD)使用 TLD

矩阵进行测量。具体方法是将 TLD 探测器排列成 10 行 9 列的矩阵,行间隔 5 cm,列间隔 4 cm。为了便于操作及减少对 TLD 探测器的污染,将探测器用硫酸纸包裹,放置于白布制成的矩阵袋中。术前将 TLD 矩阵放置于患者与手术床之间,术后将其取出进行读数。将测得数据制表并绘制剂量分布图,从而得到患者入射皮肤表面的剂量分布和峰值剂量 PSD。

2 试验结果

2.1 CAG 及 PCI 诊疗过程中患者受照参考剂量

本次试验对象年龄为 35 ~ 86 岁,135 例中男 95 例,女 40 例;受试患者身高为 158 ~ 190 cm,受试体重为 55 ~ 120 kg。记录每例手术的 DAP,CD,透视时间,采集图像幅数,并测量受检者的最大皮肤剂量。统计结果表明,CAG 手术中 DAP 的范围为 761.10 ~ 6053.80 μGym^2 ,平均值为 $2690.84 \pm 1337.25 \mu\text{Gym}^2$;参考点处的累积剂量 CD 范围为 120.0 ~ 1016.0 mGy,平均值为 $431.66 \pm 210.48 \text{ mGy}$;透视时间 1.0 ~ 9.9 min,平均 $(2.94 \pm 1.83) \text{ min}$;采集图像 345 ~ 960 幅,平均 $(544.1 \pm 112.4) \text{ 幅}$;PSD 为 26.18 ~ 120.37 mGy,平均 $(63.96 \pm 24.07) \text{ mGy}$ 。PCI 手术中 DAP 1642.3 ~ 16197.3 μGym^2 ,平均 $(7946.91 \pm 4062.95) \mu\text{Gym}^2$;CD 值从 287 ~ 2883 mGy,平均 $(1395.26 \pm 702.66) \text{ mGy}$;透视时间从 2.2 ~ 26.4 min,平均 $(10.91 \pm 6.96) \text{ min}$;拍摄 412 ~ 1724 幅,平均 $(944.7 \pm 328.6) \text{ 幅}$;PSD 38.91 ~ 184.79 mGy,平均 $(114.74 \pm 42.84) \text{ mGy}$ 。

2.2 患者 PSD 分布情况

采用 TLD 矩阵分别记录 84 例 CAG 和 51 例 PCI 诊疗过程中患者入射皮肤表面的剂量分布情况。图 1 为 84 例 CAG 患者入射皮肤表面剂量分布图(即 PSD 位置的出现频率分布图),图 2 为 51 例 PCI 患者入射皮肤表面剂量分布。每幅图的下部为原始

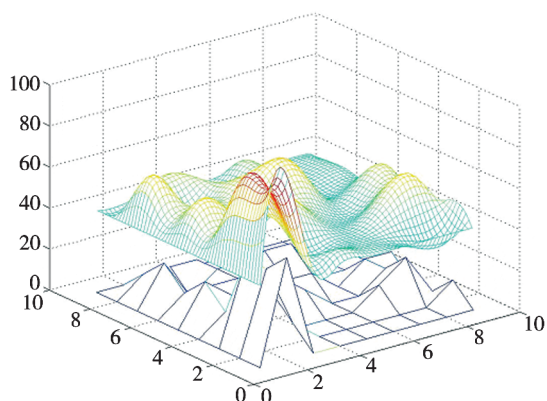


图 1 CAG 诊疗过程中患者 PSD 位置出现频率分布图

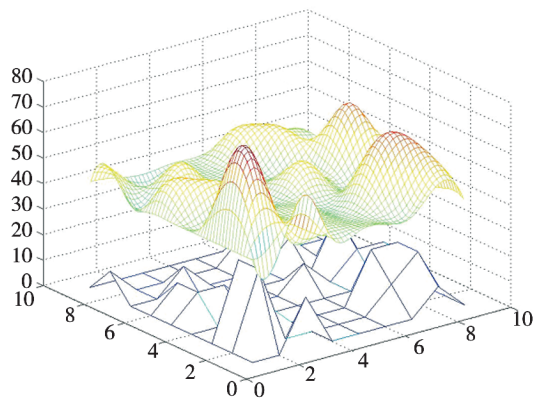


图 2 PCI 诊疗过程中患者 PSD 位置出现频率分布图

TLD 矩阵剂量分布,为了便于观测剂量分布,对其进行插值,插值结果显示在上部(z 轴相应加 10)。

2.3 DAP 的估算

本研究分别对 CAG 和 PCI 诊疗过程中 DAP 与透视时间、采集图像幅数进行多元回归分析。

对于 CAG 诊疗过程,透视时间和采集图像幅数经过 F 检验有统计学意义,回归方程为:

$$\text{DAP} = -1480.153 + 329.276 \times \text{透视时间} + 5.887 \times \text{采集图像幅数}$$

根据所得到的回归方程,将随机抽取的部分病例的透视时间和采集图像幅数代入该方程,计算 DAP,并将计算结果与实验测量值相比较,结果如表 1 所示。

表 1 CAG 诊疗中 DAP 实验值与回归方程计算值

DAP 实验值	透视时间	采集图像幅数	DAP 计算值	误差(%)
3035.5	1.9	550.0	2383.3	-21.5
2946.7	1.6	592.0	2531.8	-14.1
2339.6	1.5	450.0	1662.9	-28.9
2390.3	1.8	542.0	2303.3	-3.6
4855.5	3.3	651.0	3438.9	-29.2
3617.2	4.8	666.0	4021.1	11.2
4704.8	5.4	690.0	4360.0	-7.3
1885.6	1.4	568.0	2324.6	23.3
1751.8	1.0	477.0	1657.2	-5.4
1250.9	1.6	371.0	1230.8	-1.6
2869.3	2.0	652.0	3016.7	5.1
2610.5	2.1	662.0	3108.5	19.1
3908.4	4.1	521.0	2937.0	-24.9

对于 PCI 诊疗过程,透视时间和采集图像幅数经过 F 检验有统计学意义,回归方程为:

$$\text{DAP} = -1295.943 + 309.798 \times \text{透视时间} + 6.118 \times \text{采集图像幅数}$$

根据所得到的回归方程,将随机抽取的部分病例的透视时间和采集张数代入该方程,计算 DAP,并将计算结果与实验测量值相比较,结果如表 2 所示:

表 2 PCI 诊疗中 DAP 实验值与回归方程计算值

DAP 实验值	透视时间	采集张数	DAP 计算值	误差(%)
11952.5	23.4	1195.0	13264.3	11.0
8623.4	7.1	1084.0	7535.5	-12.6
5696.5	6.9	873.0	6182.7	8.5
5957.9	7.6	712.0	5414.5	-9.1
8985.1	14.5	880.0	8580.0	-4.5
11346.4	16.6	884.0	9255.0	-18.4
2322.5	2.2	412.0	1906.2	-17.9
5654.8	10.4	726.0	6367.6	12.6
12676.2	25.1	1285.0	14341.6	13.1
7273.4	10.8	1022.0	8302.5	14.1
7923.2	7.4	1017.0	7218.6	-8.9
15631.7	21.6	1244.0	13006.5	-16.8
7963.2	7.9	1024.0	7416.3	-6.9

2.4 患者皮肤表面峰值剂量的监控

对 DAP、CD、透视时间和监控皮肤伤害最准确的剂量参数 - PSD 的相关性进行初步分析(表 3,4):

表 3 CAG 辐射剂量参数之间相关性

技术参数	DAP	CD	采集图像幅数	透视时间	PSD
DAP	-	0.985	0.648	0.619	0.515
CD	0.985	-	0.601	0.609	0.451
采集图像幅数	0.648	0.601	-	0.34	0.464
透视时间	0.619	0.609	0.34	-	0.447
PSD	0.515	0.451	0.464	0.447	-

表 4 PCI 辐射剂量参数之间相关性

技术参数	DAP	CD	采集图像幅数	透视时间	PSD
DAP	-	0.994	0.846	0.854	0.541
CD	0.994	-	0.813	0.82	0.531
采集图像幅数	0.846	0.813	-	0.728	0.393
透视时间	0.854	0.82	0.728	-	0.437
PSD	0.541	0.531	0.393	0.437	-

从表 3、4 可以看出,无论对于 CAG 或是 PCI 诊疗过程,PSD 与 DAP、CD 值,透视时间和采集图像幅数的相关性均小于 0.6。图 3 为 CAG 诊疗过程中 PSD 与 DAP 的相关性散点图,图 4 为 PCI 诊疗过程中 PSD 与 CD 值的相关性散点图。

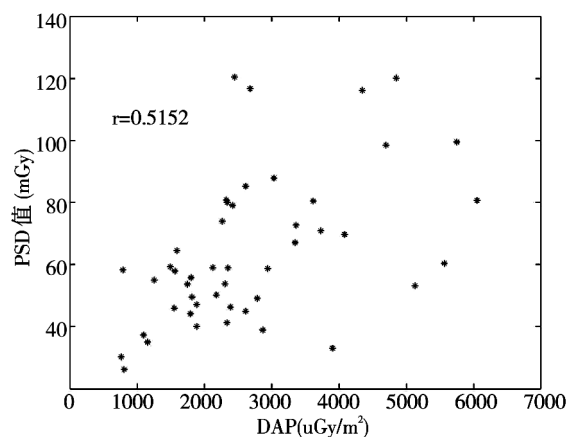


图 3 CAG 诊疗过程中 DAP 与 PSD 的相关性

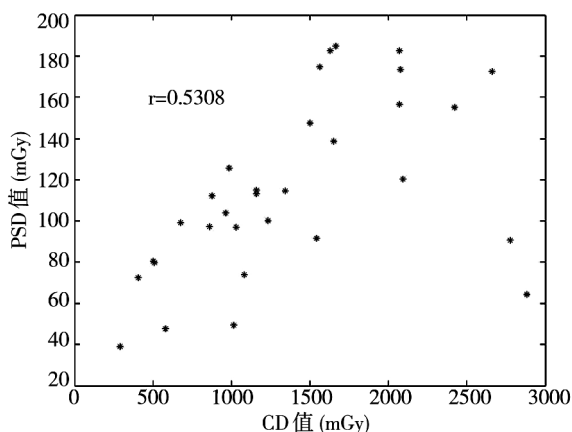


图 4 PCI 诊疗过程中 CD 与 PSD 的相关性

3 讨论

根据本次试验所得到的 DAP、CD、透视时间、采集图像幅数、皮肤最大峰值剂量等剂量参数的分析结果,可以初步确立国内 CAG 及 PCI 介入诊疗过程中患者辐射剂量的参考水平。对比国外同行的研究结果,欧洲学者在布拉格 3 所医院的 4 个心脏介入中心对 185 例患者 DAP 值的分析结果为:CAG 诊疗过程 DAP 为 $25.0 \sim 54.5 \text{ Gy cm}^2$, PCI 诊疗过程为 $43.0 \sim 104.5 \text{ Gy cm}^2$ [3]。雅典大学给出的 DAP 参考水平的平均值为:CAG 诊疗过程为 $(29 \pm 9) \text{ Gy cm}^2$, PCI 诊疗过程为 $(75 \pm 30) \text{ Gy cm}^2$; 透视时间为:CAG 诊疗过程为 $(2.0 \pm 1.5) \text{ min}$, PCI 诊疗过程为 $(10 \pm 6) \text{ min}$ [4]。本次试验的测量值为:CAG 手术中 DAP 的平均值为 $(26.90 \pm 13.37) \text{ Gy cm}^2$; 透视时间的平均值为 $(2.9 \pm 1.8) \text{ min}$; PCI 手术中 DAP 的平均值为 $(79.46 \pm 40.62) \text{ Gy cm}^2$; 透视时间的平均值为 $(10.9 \pm 6.9) \text{ min}$ 。本次试验结果与国外的试验结果基本接近,国内外在 2 种心脏介入诊疗过程中患者的受照剂量情况基本处于同一水平。

从实验结果可以看出,由于 PCI 治疗过程要比单纯 CAG 诊疗过程的操作程序复杂,手术时间长,PCI 诊疗过程的剂量参数均高于 CAG 诊疗过程的相关参数,而且剂量参数的变化范围也比较大。

通过 TLD 矩阵对患者皮肤峰值剂量 PSD 的测量结果可以看出,单次介入诊疗过程,虽然患者 PSD 出现的精确位置不易定位,但是对于同一种介入诊疗过程,PSD 的空间位置出现频率有自身的特点:对于 CAG 诊疗过程,PSD 位置的高频率点主要在心脏附近,对于 PCI,PSD 位置的高频率点分别为心脏、与心脏处于相同水平位置的对侧以及右下腹。因此在实际操作过程中,可以分别根据各种诊疗过程 PSD 高频区域定点进行监控,尽可能地避免患者出现辐射伤害。

由结果可以看出,对于 CAG 诊疗过程,由回归方程计算得到的 DAP 与实验测量 DAP 总的相对误差为 -6.0% ,对于 PCI 诊疗过程,由回归方程计算得到的 DAP 与实验测量 DAP 存在 -2.8% 总相对误差。因此对于没有 DAP 记录条件的介入中心,可以通过本研究得到的回归方程,根据透视时间和采

集幅数间接地估算 DAP 的大小,进而监控患者所接受的辐射剂量。

2 种诊疗过程中 DAP、CD 值,透视时间和采集图像幅数等剂量参数值与 PSD 的相关性均不理想,这与国外文献结论基本一致 [5-7]。因此对于个体患者,采用 DAP、CD 等参数不能对 PSD 进行精确估算。

总之,通过本次试验初步确立了心脏介入诊疗过程中患者受照剂量分布及其参考水平,全面分析了各种剂量参数之间的相关关系。采用 DAP 或透视时间、采集幅数等对患者受照剂量进行监测可以方便快捷地获得患者受照剂量信息,有效避免患者发生辐射伤害效应。但由于 PSD 与 DAP、CD 等的相关性较差,因此不能准确监控个体患者特定部位皮肤辐射伤害。对于如何有效地在介入诊疗过程中监控患者皮肤峰值剂量,国内外尚无很完善的方法。无论是采用 TLD 矩阵测量,还是胶片剂量计测量,一是工作量巨大,二是不能够进行实时监控。因此,建立一套有效可行的患者皮肤效应监控系统是下一步研究的一个方向。

〔参考文献〕

- [1] ICRP. ICRP Publication 85, Avoidance of Radiation Injuries from Medical Intervention Procedures [M]. Oxford: Pergamon Press, 2000.
- [2] UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation [M]. Vol I Sources, New York: UN, 2000.
- [3] Stisova V. Effective dose to patient during cardiac inter-ventional procedures (Prague workplaces) [J]. Radiation Protection Dosimetry, 2004, 3: 271 - 274.
- [4] Tsapaki V, Kottou S, Vano E, et al. Patient dose values in a dedicated Greek cardiac center [J]. Br J Radiol, 2003, 76: 26 - 730.
- [5] Miller OL, Balter S, Cole PE, et al. Radiation doses in interventional radiology procedures: The RAD-IR study [J]. J Vasc Interv Radiol, 2003, 14: 977 - 990.
- [6] Vano E, Gonzalez L, Ten JJ, et al. Skin dose and dose-area product values for interventional cardiology procedures [J]. Br J Radiol, 2001, 74: 48 - 55.
- [7] van de Putte S, Verhaegen F, Taeymans Y, et al. Correlation of patient skin doses in cardiac interventional radiology with dose-area product [J]. Br J Radiol, 2000, 73: 504 - 513.

(收稿日期:2006-11-15)