

五种头颅 CT 扫描方式受检者眼晶体受照剂量的测量及比较

杨红云<sup>1,2,3</sup>,李海亮<sup>2</sup>,杨淑慧<sup>2</sup>,张琳<sup>2</sup>,闵楠<sup>2</sup>,朱建国<sup>2</sup>

1. 济南大学 山东省医学科学院医学与生命科学学院,山东 济南 250200;
2. 山东省医学科学院放射医学研究所; 3. 泰山医学院附属新泰医院(新泰市人民医院)

**摘要:** **目的** 采用仿真人体模型及热释光剂量计(TLD)测量五种头颅 CT 扫描方式下受检者眼晶体的受照剂量并进行比较。**方法** 将 TLD 放置于仿真人体头部模型眼晶体预留孔,在 8 台 CT 上分别采用五种头颅 CT 扫描方式对头模进行扫描,每次扫描结束后,取下 TLD 并编号记录,以备测量。**结果** 五种头颅 CT 扫描方式下,眼晶体受照剂量分别为颅脑(17.78±10.03)mGy,眼眶(17.45±7.92)mGy,鼻骨(14.65±3.80)mGy,鼻窦(9.93±6.25)mGy,颞骨(7.94±5.18)mGy。**结论** 头颅 CT 扫描时受检者眼晶体的受照剂量总体水平为(13.55±7.89)mGy,不同 CT 及不同颅脑扫描方式下,眼晶体的受照剂量存在明显差别。

**关键词:** 热释光剂量计;头颅 CT;眼晶体;辐射剂量

中图分类号:R144.1 文献标识码:A 文章编号:1004-714X(2019)02-0148-04

Measurement and comparison of intraocular lens dose  
in five cranial CT scanning methods

YANG Hongyun<sup>1,2,3</sup>, LI Hailiang<sup>2</sup>, YANG Shuhui<sup>2</sup>, ZHANG Lin<sup>2</sup>, MIN Nan<sup>2</sup>, ZHU Jianguo<sup>2</sup>

1. School of Medicine and Life Sciences, University of Jinan-Shandong Academy of Medical Sciences, Jinan 250200 China;
2. Institute of Radiation Medicine, Shandong Academy of Medical Sciences;
3. Xintai Affiliated Hospital of Taishan Medical University(Xintai People's Hospital)

**Abstract:** **Objective** Measure and compare the dose of ocular lens in five cranial CT scanning methods by using simulation human body model and thermoluminescence dosimeter (TLD). **Methods** The TLD was placed in the reserved hole of the eye lens of the head model. Five cranial CT scanning methods were performed on 8 CT. At the end of each scan, take down the TLD was taken down, and record the numbered for later measurement. **Results** The eye lens radiation dose measured of anthropomorphic phantom by TLD under the condition of head CT scanning respectively was that (17.78±10.03)mGy under the brainhead CT scanning, (17.45±7.92)mGy under the Orbital cavity CT scanning, (14.65±3.80)mGy under the nasal bone CT scanning, (9.93±6.25)mGy under the Sinuses CT scanning, (7.94±5.18)mGy under the temporal bone CT scanning. **Conclusion** The overall level of the exposure dose to the intraocular lens during the CT scan of the skull was(13.55±7.89)mGy. The dose of ocular lens shows significant difference in different CT and craniocerebral scanning methods.

**Key words:** Thermoluminescent Dosimeter; Head CT; Eye Lens; Radiation Dosage

**Corresponding Author:** ZHU Jianguo, E-mail:13031737690 @ 163. com

X 射线计算机断层成像(X-ray computed tomography, CT)是计算机技术与 X 射线断层摄影技术交融的成果,它已成为诊治临床疾病不可或缺的手段之一,近年来被广泛应用<sup>[1-2]</sup>。在常见部位 CT 扫描中,头颅 CT 扫描所占的比例最高<sup>[3]</sup>。眼晶体作为辐射敏感组织,近年来引起了国际相关组织的高度关注。头颅 CT 扫描中,受检者的眼晶体临近扫描区域甚至位于成像范围内,受照剂量较高,故有必要选择合适的测量方法对

头颅 CT 扫描中眼晶体的受照剂量进行测量<sup>[4-5]</sup>。热释光剂量计是一种常用的辐射剂量检测工具,其准确性已得到公认<sup>[6]</sup>。本实验采用仿真人体头部模型及热释光剂量计,在 8 台 CT 上分别对五种常见头颅 CT 扫描方式下眼晶体受照剂量进行测量,并比较其差异。

1 材料与方法

1.1 扫描设备 调查国内常用 CT 机的生产厂家及

基金项目:山东省医学科学院医药卫生科技创新工程;山东省医学科学院科技发展计划(2018-16)  
作者简介:杨红云(1976-),女,山东省新泰人,在读研究生,从事临床工作。E-mail:3519253006@qq. com  
通讯作者:朱建国, E-mail:13031737690@ 163. com

型号,根据调查结果选取有代表性的 CT 8 台,具体厂 家、型号见表 1 和表 2。

表 1 不同 CT 设备、不同部位扫描参数一览表

厂家-型号	扫描部位	电压(kV)	电流(mA)	层厚(mm)	层厚/螺距
GE-LingtSpeed16	颅脑	120	250	0.625	0.625 mm
	眼眶	120	130	0.625	1.375
	鼻骨	120	250	0.625	1.375
	副鼻窦	120	250	0.625	1.375
	颞骨	120	130	0.625	0.625 mm
GE-Healthcare Optima 64	颅脑	120	90	5	5 mm
	眼眶	120	64	2.5	0.984
	鼻骨	120	67	2.5	0.984
	副鼻窦	120	65	2.5	0.984
	颞骨	120	420	0.625	0.625 mm
GE- Optima 520 pro 16	颅脑	120	180	5	5 mm
	眼眶	120	170	3.75	0.938
	鼻骨	120	170	3.75	0.938
	副鼻窦	120	170	3.75	0.938
	颞骨	120	170	0.625	0.938
PHILIPS- Brilliance 256 ICT	颅脑	120	350	5	5 mm
	眼眶	120	350	5	0.39
	鼻骨	120	350	1	0.39
	副鼻窦	120	350	1	0.39
	颞骨	120	150	1	1 mm

表 2 不同 CT 设备、不同部位扫描参数一览表

厂家-型号	扫描部位	电压(kV)	电流(mA)	层厚(mm)	Acq(mm)
SIEMENS-SOMATOM 16	颅脑	120	290	6	12 × 1.5
	眼眶	120	290	6	16 × 0.75
	鼻骨	120	130	3	16 × 0.75
	副鼻窦	120	130	5	16 × 0.75
	颞骨	120	120	1	2 × 0.6
SIEMENS-SOMATOM Definition AS	颅脑	120	640	6	60 × 0.6
	眼眶	120	410	1	128 × 0.6
	鼻骨	120	410	1	128 × 0.6
	副鼻窦	120	410	1	128 × 0.6
	颞骨	120	150	1	16 × 0.6
SIEMENS- SOMATOM Definition Flash	颅脑	120	274	5	32 × 1.2
	眼眶	120	103	3	128 × 0.6
	鼻骨	120	100	3	128 × 0.6
	副鼻窦	120	40	3	128 × 0.6
	颞骨	120	145	2	128 × 0.6
SIEMENS-SOMATOM Sensation 64	颅脑	120	380	4.8	24 × 1.2
	眼眶	120	115	2	64 × 0.6
	鼻骨	120	380	2	64 × 0.6
	副鼻窦	120	115	2	64 × 0.6
	颞骨	120	140	0.6	6 × 0.6

1.2 测量仪器 头部模型为成都方拓仿真技术责任  
公司生产“成都剂量体模”中的头部模型;探测器为北京康科洛电子有限公司生产 TLD 2000P 型热释光剂  
量探测器 LiF (Mg,Cu,P)粉末;读出器为北京海阳博

创辐射防护科技有限公司生产 RGD-3B 型热释光剂  
量仪;退火炉为北京康科洛电子有限公司生产的  
2000B 型 TLD 远红外精密退火炉。实验所常用的热  
释光剂量粉末及热释光剂量仪已经通过了中国计量

科学研究院的校准,并取得了校准证书和刻度因子。

1.3 试验方法及实验步骤

1.3.1 扫描部位、参数及扫描范围的选取 通过调查颅脑 CT 扫描的常见方式确定,经调查,头颅 CT 扫描中,各级医院最常见的五种扫描方式为鼻骨、副鼻窦、颞骨、眼眶、颅脑扫描。记录不同机型、不同方式的扫描参数(kV、mA 或 mAs 等),将其作为现场模拟实验的扫描参数。扫描范围及定位线参考《CT 检查操作规程》(WS/T 391-2012)的规定<sup>[7]</sup>,其中:颅脑扫描为以听眦线为基线,自基线向上扫描至颅顶;眼眶扫描为眶上缘至眶下缘;鼻骨扫描为横断面扫描基线平行于听眶下线,由鼻根扫描到鼻尖;副鼻窦扫描为横断面平行于听眶下线,自额窦上缘扫描到硬腭(额窦下缘);颞骨扫描为横断面平行于听眶下线,由岩锥上缘扫描到乳突尖(外耳道下线)。

1.3.2 热释光辐射剂量计的制备 先将热释光剂量探测器 LiF (Mg,Cu,P)粉末统一退火处理后冷却(退火温度为 240 ℃,退火时间为 15 min),借助注射器、酒精灯等工具封进直径约 3 mm,长约 1.5 cm 一端封口的塑料管内,即实验所需热释光剂量计。将制备好的热释光剂量计封装于保鲜袋中备用,并于保鲜袋表面标注封装时间。

1.3.3 现场模拟实验 实验前先在头部模型的左、右眼晶体预留孔中各插入热释光剂量计一枚。设置 CT 设备参数、扫描范围,进行现场扫描。扫描结束后收集热释光剂量计,以备实验室读数。更换新的热释光剂量计重复以上操作。

1.4 数据处理

1.4.1 数据的读取将所采集 40 组热释光剂量计依次用热释光剂量仪进行读数,每个热释光剂量计均测量 2~3 次。

1.4.2 器官或组织的吸收剂量的计算 本实验中,仿真人体的模型内器官、组织的吸收剂量  $D_{T,R}$  (眼晶体受照剂量)的计算公式参照公式 1)。

$$D_{T,R} \approx K_T = X_i \times C_f / (1000 \times 1.88) \times f$$

1)

上述公式中:  $D_{T,R}$  为组织或器官的吸收剂量,其单位为 Gy。李士骏主编的《电离辐射剂量学基础》中表明<sup>[8]</sup>,在光子吸收剂量的计算中,常采用“比释动能近似”,在光子能量不高时,比释动能为吸收剂量良好的近似值。即  $D_{T,R} \approx K_T$ 。

$X_i$  为热释光剂量仪测量的读数减去本底后的平均值。

$C_f$  为光子能量在 65keV 时  $H_p(10,0^\circ)$  刻度因子,  $C_f$  为 0.00298 mSv/X;本研究中 CT 扫描管电压均为 120kV,其对应的光子线束平均能量约为 65 keV。

1 000 为 mSv 和 Sv 的单位转换系数。

1.88 是指入射角度  $\alpha = 0^\circ$  时,辐射能量 NS80 从空气比释动能到深部组织剂量当量( $H_p(10,0^\circ)$ )的转换系数,单位为 Sv/Gy;NS80 为平均能量为 65 keV 的光子线束对应的线束编码<sup>[9]</sup>。

$f$  为光子能量为 0.060 MeV 时,肌肉替代物-水与空气(近海平面)的质量能量吸收系数值之比,  $f = 0.0315/0.0300 = 1.05$ <sup>[8]</sup>。

1.4.3 统计学分析 采用 SPSS 20 统计软件对数据进行整理和分析。

1.5 质量控制措施 热释光剂量计及热释光剂量仪均经中国计量科学研究院检定,检定结果均为合格,且在有效期内。为减少操作误差,操作者实验前均经过专业培训。为减少热释光剂量计本底读数过高及受照后读数的衰减,制备好的热释光剂量计均在一周内进行实验并读数。

2 结果

颅脑、眼眶、鼻骨、鼻窦、颞骨 CT 扫描时眼晶体受照剂量分别为:  $(17.78 \pm 10.03)$ 、 $(17.45 \pm 7.92)$ 、 $(14.65 \pm 3.799)$ 、 $(9.93 \pm 6.25)$ 、 $(7.94 \pm 5.18)$  mGy。将各测试点受照剂量进行 Kolmogorov-Smirnov 正态性检验,均不符合正态分布,故采用秩和检验。不同扫描部位及不同设备所测眼晶体辐射剂量存在显著差异( $P < 0.01$ ),见表 3、表 4。

表 3 不同扫描部位眼晶体测试点所测辐射剂量比较(Kruskal-Wallis 检验)

扫描部位	最小值(mGy)	最大值(mGy)	均值(mGy)	标准差(mGy)	秩均值	卡方值	显著性
颅脑	2.98	35.86	17.78	10.03	180.25	22.69	$P < 0.01$
眼眶	6.21	25.14	17.45	7.92	147.21		
鼻骨	8.69	21.47	14.66	3.80	120.65		
鼻窦	1.67	18.00	9.93	6.25	123.05		
颞骨	1.94	18.52	7.94	5.18	131.33		

表 4 不同设备所测眼晶体辐射剂量比较 (Kruskal-Wallis 检验)

设备类型	最小值(mGy)	最大值(mGy)	均值(mGy)	标准差(mGy)	秩均值	卡方值	显著性
16 层	2.98	24.76	13.37	6.12	41.40	22.03	P<0.01
64 层	1.67	21.4	11.58	6.06	34.73		
128 层	6.97	35.86	22.92	9.74	64.20		
256 层	6.21	25.14	16.56	7.46	52.10		
双源	1.94	18.00	7.45	6.00	20.70		

3 讨论

CT 检查因无创、扫描时间快、成像清晰、高分辨率等优点,逐渐成为一种必不可少的临床检查方式,但与普通 X 射线检查(如拍片)相比,CT 检查时受检者的受照剂量要明显增大。CT 检查对中枢神经系统疾病的诊断价值较高,应用普遍。头颅 CT 扫描中,眼晶体为临近敏感器官甚至直接位于成像范围内,受照剂量较高。

韩志伟研究认为<sup>[10]</sup>,当眼晶体受到电离辐射后,可产生大量氧自由基,大量的氧自由基可使眼晶体的代谢及结构发生改变,从而引起眼晶体的混浊。Worgul B V 等<sup>[11]</sup>通过对切尔诺贝利事件的 8 607 名清理工人调查发现,放射性白内障与所受剂量存在一定关系,眼晶体的剂量阈值应在 1.0 Gy 以下。ICRP 指出:职业人员眼晶体剂量确定性效应阈值降为 0.5 Gy,眼晶体当量剂量限值为:连续 5 年的平均当量剂量每年不得超过 20 mSv,5 年中任何 1 年的当量剂量不得超过 50 mSv<sup>[12]</sup>。

本研究结果显示,在 1 次头颅 CT 检查中眼晶体所受剂量虽与此阈值有一定的差别,但也造成了较大的剂量负担(已接近职业照射眼晶体的年剂量限值)。此外,头颅 CT 扫描时应尽可能减少扫描范围,尽量避开眼晶体位置。Yeoman L J 等<sup>[13]</sup>研究表明:脑 CT 扫描时采用避开眼晶体的扫描基线,眼晶体的辐射剂量较采用传统的听眶线为基线进行扫描可减少 87%。故在颅脑 CT 检查前,应遵循辐射防护的正当性原则,避免不必要的检查,主动告知受检者辐射危害,对受检者提出合理化建议,必要时使用无辐射损伤的磁共振检查取代 CT 检查,以尽可能降低受检者辐射,最大程度保护受检者安全。

CT 检查中通常根据操作台显示的容积 CT 剂量指数( volume CT dose Index,CTDI<sub>vol</sub>)和剂量长度乘积( dose length product,DLP)描述 CT 扫描时的辐射剂量。CTDI<sub>vol</sub>是指在某一扫描条件下直径为 16 cm 或 32 cm 的 CT 剂量体模辐射剂量,用于表征 CT 的辐

射剂量特性,可利用归一器官剂量转换系数计算出组织、器官的受照剂量,但其受管电压、过滤器和准直等因素影响,不能准确描述组织、器官所受辐射剂量;DLP 虽然与组织、器官有效剂量呈线性正相关,但受检者的受检者剂量还受检查者的体型大小和检查部位等因素的影响,亦不能准确描述受检者组织、器官所受辐射剂量。本实验以仿真人体模型模拟受检者,使用热释光剂量计对眼晶体受照剂量进行测量。仿真人体模型及热释光剂量探测器 LiF (Mg,Cu,P)粉末具有较好的组织等效性,测量 CT 扫描时眼晶体的受照剂量的可信度较高。

殷志杰等<sup>[14]</sup>将热释光剂量计分别放置于仿真人体模型眼晶体及眼睑表面位置,结果显示两种位置处辐射剂量差异无统计学意义。本研究发现:眼晶体与同侧颞侧及眶间测试点所测剂量不存在显著差异性。颞侧、眶间与眼睑表面位置处于同一水平线,故两者实验结果基本一致。本实验中左、右侧各测试点所测结果无显著性差异。

本研究表明,五种常见头颅 CT 扫描方式下,眼晶体受照剂量差别明显,受照剂量按扫描方式排列,由大到小依次为颅脑、眼眶、鼻骨、鼻窦、颞骨。对于不同的 CT,头颅扫描时,眼晶体的受照剂量也存在差异。

参考文献

[1] 伍健,耿建华. CT 设备质量控制的现状与展望[J]. 中国医学装备,2008,15(11):163-166.

[2] 郑钧正. 医学影像学的时代重任[J]. 医学研究杂志,2015, 44(5):1-4.

[3] 苏垠平. 部分地区 X 射线诊断照射频度调查及 CT 所致癌症风险的研究[D]. 北京:中国疾病预防控制中心,2014.

[4] 张代斌. 重庆市放射工作人员 317 名眼晶状体状况分析[J]. 中国当代医药,2010,17(2):122-123.

[5] ICRP. ICRP Publication102 Managing Patient Dose in Mult-detector Computed Tomography [M]. Oxford:Pergamon Press,2007.

[6] 白光,韩华锋. 我国职业外照射个人剂量检测的回顾与思考[J]. 辐射防护通讯,2009,29(4):1-7.

[7] 中华人民共和国卫生部. WS/T 391-2012 CT 检查操作规程[S]. 北京:中国标准出版社,2012.

(下转第 154 页)

射工作人员管理,除掌握熟练的操作技术,解剖和影像学,应对如何对射线进行合理运用,最优化的选择条件参数、如何对患儿进行辐射防护等进行严格的培训,才能在实际手术操作中,缩短辐射时间,减少患儿的辐射剂量,避免确定性效应的发生,降低随机性效应的发生机率。

参考文献

[1] 俞劲. 28772 例先天性心脏病构成比的研究[D]. 杭州:浙江大学医学部,2009.

[2] 王惠珊,袁雪,奚一生,等. 19432 名婴幼儿先天性心脏病患病率的调查研究[J]. 中国儿童保健杂志,2001,9(4):236-238.

[3] Ayanian J Z. Rising rates of cardiac procedures in the United States and Canada; [J]. Circulation,2006,113(3):333-335.

[4] Justino H. The ALARA concept in pediatric cardiac catheterization: techniques and tactics for managing radiation dose[J]. Pediatr Radiol,2006,36(Suppl 2):146-153.

[5] 王平,苏垠平,高宇,等. 介入治疗术对先天性心脏病儿童辐射敏感组织影响的随访研究[J]. 中华放射医学与防护杂志,2018,38(1):37-42.

[6] 冯俊,程景林,郭杰,等. 小儿先天性心脏病介入治疗中辐射剂量的评价[J]. 安徽医药,2012,16(2):184-186.

[7] 高秉仁,岳凤珍. 甘肃省六地市先天性心脏病流行病学调查研究[J]. 中国循环杂志,2000,15(5):298-299.

[8] Massin M M, Astadicko I, Dessy H. Epidemiology of heart failure in a tertiary pediatric center[J]. Clinical Cardiology,2008,31(8):388-391.

[9] Swoboda N A, Armstrong D G, Smith J, et al. Pediatric patient surface doses in neuroangiography[J]. Pediatric Radiology, 2005, 35(9):859-866.

[10] 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):51-53.

[11] 赵军,陈关良,李秋香,等. 小儿先天性室间隔缺损介入治疗中受照剂量的评价[J]. 介入放射学杂志,2010,19(7):518-520.

收稿日期:2018-11-20

(上接第 151 页)

[8] 李士骏. 电离辐射剂量学基础[M]. 苏州:苏州大学出版社,2008.

[9] GBZ 207-2016, 外照射个人剂量系统性能检验规范[S]. 北京:中国标准出版社,2016.

[10] 韩志伟,赵凤玲,陈玉浩,等. 职业性放射性白内障的临床报告及诊断探讨[J]. 中华放射医学与防护杂志,2013,33(4):421-422.

[11] Worgul B V, Kundiye Y I, Sergiyenko N M, et al. Cataracts among Chernobyl clean-up workers: implications regarding permissible eye exposures[J]. Radiation Research, 2007, 167(2):233-

243.

[12] International Commission on Radiological Protection (ICRP). Statement on tissue reactions[R]. ICRP, 2011.

[13] Yeoman J, Howarth L, Britten A, et al. Gantry angulation in brain CT: dosage implications, effect on posterior fossa artifacts, and current international practice[J]. Radiology, 1992, 184(1):113-116.

[14] 殷志杰,张显鹏,李祥林,等. 热释光探测器在头部 CT 检查中监测晶状体器官的辐射剂量[J]. 中国介入影像与治疗学,2014,11(5):321-323.

收稿日期:2019-01-10

