

利用免洗胶片测量CT轴向和螺旋扫描的剂量分布

戴兴¹, 徐加利², 梁保辉¹

1. 蚌埠医学院医学影像学院, 安徽 蚌埠 233000; 2. 蚌埠医学院第一附属医院放射科, 安徽 蚌埠 233004

【摘要】目的:测量CT轴向扫描和螺旋扫描两种模式的剂量分布及其影响因素。**方法:**利用Gafchromic免洗胶片测量GE LightSpeed 64排CT的剂量分布。胶片经CT机扫描曝光后,利用HP scanjet 7400c扫描仪扫描获得数字图像,并利用ImageJ软件进行图像处理,以获得CT剂量分布。**结果:**在轴向扫描过程中,峰值半高宽与标称射束准直宽度偏差小于4 mm,视野大小和过滤器形状对轴向剂量分布的影响可以忽略。在螺旋扫描过程中,过扫描范围的大小主要与射束准直宽度有关,螺距、重建层厚和视野对过扫描范围的影响较小。**结论:**免洗胶片可用于快速检测CT轴向和螺旋扫描的剂量分布。

【关键词】计算机断层成像;免洗胶片;轴向扫描;螺旋扫描

【中图分类号】R144.1;R318

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2019)05-0529-05

Using disposable film to measure the dose profiles in axial scanning and helical scanning with computed tomography

DAI Xing¹, XU Jiali², LIANG Baohui¹

1. School of Medical Imaging, Bengbu Medical College, Bengbu 233000, China; 2. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Bengbu Medical College, Bengbu 233004, China

Abstract: Objective To measure the dose profiles in axial scanning and helical scanning with computed tomography (CT), and investigate the related influence factors. **Methods** Gafchromic disposable film was used to measure the dose profile of GE LightSpeed 64 CT scanner. After being exposed by CT scanner, the disposable film was scanned with HP scanjet 7400c to obtain digital image, and then ImageJ software was applied to process the digital image for obtaining the dose profile. **Results** In axial scanning mode, the deviation between full width at half-maximum and nominal beam collimation width was within 4 mm, and moreover, the effects of field of view and types of filters on the dose profile in axial scanning were ignorable. In helical scanning mode, the overranging was mainly dependent on beam collimation width, and moreover, pitch, reconstruction slice thickness and field of view had trivial effects on overranging. **Conclusion** Disposable film is capable of rapidly measuring the dose profiles in axial scanning and helical scanning with CT.

Keywords: computed tomography; disposable film; axial scanning; helical scanning

前言

随着计算机断层扫描(Computed Tomography, CT)技术的发展以及居民医疗水平的提高,CT检查数量逐年增加^[1-2]。截至2016年底,CT设备在全国保

有量突破两万台,相比2015年的19 592台,保有量增长了10%^[3]。在放射诊断中,CT检查相对于普通X线摄影的辐射剂量更大,大量研究表明CT诊断所致的辐射剂量增加了受检者的肿瘤发病率^[4-6]。应用降低CT检查辐射剂量的技术能够降低由辐射诱导的癌症发生率^[7-8]。在CT检查过程中,CT扫描机在轴向上的放射线束分布将影响图像质量和辐射剂量,且对CT质量保证、辐射剂量计算和检查方案优化有重要意义^[9-10],因此本研究利用免洗胶片测量轴向扫描和螺旋扫描这两种模式的剂量分布并分析其影响因素,用于精确评估CT检查的辐射剂量,为放射技术人员快速测量CT轴向扫描时的半高宽度和螺旋扫描的过扫描范围提供参考。

【收稿日期】2018-12-12

【基金项目】安徽高校自然科学基金重点项目(KJ2017A239);蚌埠医学院校级科研课题(byky1639)

【作者简介】戴兴,助理实验师,研究方向:医学影像技术,E-mail:382731193@qq.com

【通信作者】梁保辉,副教授,研究方向:放射诊疗中的辐射防护,E-mail:yxwlx@126.com

1 材料与方法

1.1 实验设备

本研究采用蚌埠医学院第一附属医院放射科GE公司LightSpeed 64排CT,在轴向扫描时,测量分析准直宽度和滤过器对剂量分布的影响;并在螺旋扫描时,测量分析螺距、准直宽度和重建层厚对过扫描范围的影响。测量CT剂量分布通常应用常规胶片、热释光剂量系统、长杆电离室等剂量仪器。通常医学影像科室不具备专用剂量测量仪器,且常规胶片已经被淘汰,因此本研究应用美国Ashland公司的Gafchromic免洗胶片(型号XR-QA2-810)进行测量。将免洗胶片置于CT扫描床上,并将胶片中心线置于机架中心,选定CT曝光条件曝光,胶片曝光后,经HP scanjet 7400c扫描仪处理得到数字图像,利用ImageJ图像处理软件(1.51K版本)处理曝光后的胶片,并绘制剂量分布曲线。

1.2 轴向扫描

轴向扫描时,测量CT轴向扫描射线束的峰值半值全宽(Full Width at Half-Maximum, FWHM),国际电工委员会定义CT断层厚度为FWHM^[11]。FWHM往往与CT扫描前选择的断层厚度即标称层厚存在一定偏差,因此放射线束宽度的测量是CT设备质量控制的常规项目。美国放射学会的CT质量控制规定测量射束宽度偏差应不大于3 mm或射束宽度的30%^[12]。通常将X线束宽度超过实际用于成像的探测器宽度范围称为超射线束范围。X射线束的几何效率也被用于定量描述超射线束范围的指标。CT轴向扫描时,管电压设置120 kVp,管电流250 mA,设置准直宽度为40、20和10 mm,测量不同准直宽度时轴向方向的射束剂量分布;并通过设置不同的视野(Field of View, FOV)和过滤器形状,测量不同FOV和滤过器形状对轴向方向射束剂量分布的影响。

1.3 螺旋扫描

螺旋扫描时,由于断层图像的重建算法需要计划扫描区域外的投影数据,使得曝光范围往往大于计划扫描范围,其中计划扫描外的曝光区域称为过扫描范围。已有研究表明过扫描范围受射束准直宽度、螺距和重建层厚等影响^[13-14],且过扫描范围增加了受检者的有效剂量和处于扫描边界器官的剂量^[15-16]。CT螺旋扫描的过扫描范围可根据CT机操作界面显示的相关参数进行近似估算^[17],但计算存在误差,实际测量能够精确计算过扫描范围。CT螺旋扫描时,管电压设置120 kVp,管电流350 mA,螺距为0.531、0.969、1.375,重建层厚为5.000、2.500、

0.625 mm,准直宽度为40、20、10 mm,分别研究螺距、重建层厚和准直宽度对过扫描范围的影响。

2 结果与讨论

2.1 CT轴向扫描剂量分布

免洗胶片曝光后,利用扫描仪获得数字图像(图1)。应用数字图像处理软件ImageJ处理轴向灰度分布,曝光量与灰度值处于胶片特性曲线的线性部分,则不同射束准直宽度CT轴向扫描的剂量分布如图2所示,设置不同滤过器形状时的剂量分布如图3所示。根据半高宽定义,即曝光量最大值的一半处的宽度,计算FWHM。



图1 免洗胶片经CT机轴向扫描曝光后
Fig.1 Disposable films exposed with CT scanner under axial scanning mode

由图2可知,免洗胶片测量不同准直宽度的FWHM与射束准直宽度近似相等,且剂量分布趋势与其他方法的测量结果^[18]相同。标称射束宽度40、20和10 mm的FWHM分别为43、23和14 mm,标称射束宽度与测量的FWHM偏差小于4 mm。CT扫描的FOV选择影响着过滤器形状,本研究选择不同FOV,测量不同FOV对剂量分布的影响(图3),结果表明可以忽略FOV和滤器形状大小对轴向剂量分布的影响,虽然不同FOV的FWHM的偏差小于3 mm,但FOV大小对几何效率的影响尚需进一步研究。Berris等^[19]利用胶片测量射线束剂量分布,认为几何效率主要受射线束准直宽度和焦点的影响,而受管电压的影响较小,但普通胶片测量方法较繁琐,且在显影定影时容易引入误差,免洗胶片的应用可以避免类似误差。

2.2 CT螺旋扫描剂量分布

CT螺旋扫描时,为重建断层图像而出现的过扫描范围主要与螺距、射束准直宽度和重建层厚相关,本研究利用免洗胶片验证这3种因素对过扫描范围的影响。以最大曝光值一半的范围定义曝光范围,成像范围与曝光范围之差近似于过扫描范围,计算得螺距为1.375、0.984和0.516的过扫描范围分别为76、70和70 mm,由此可知螺距减少对过扫描范围的影响极小,与相关文献报道的GE 16排CT螺旋扫描过程中,螺距对过扫描影响规律一致^[13]。CT螺旋扫描时不同螺距下的剂量分布如图4所示。

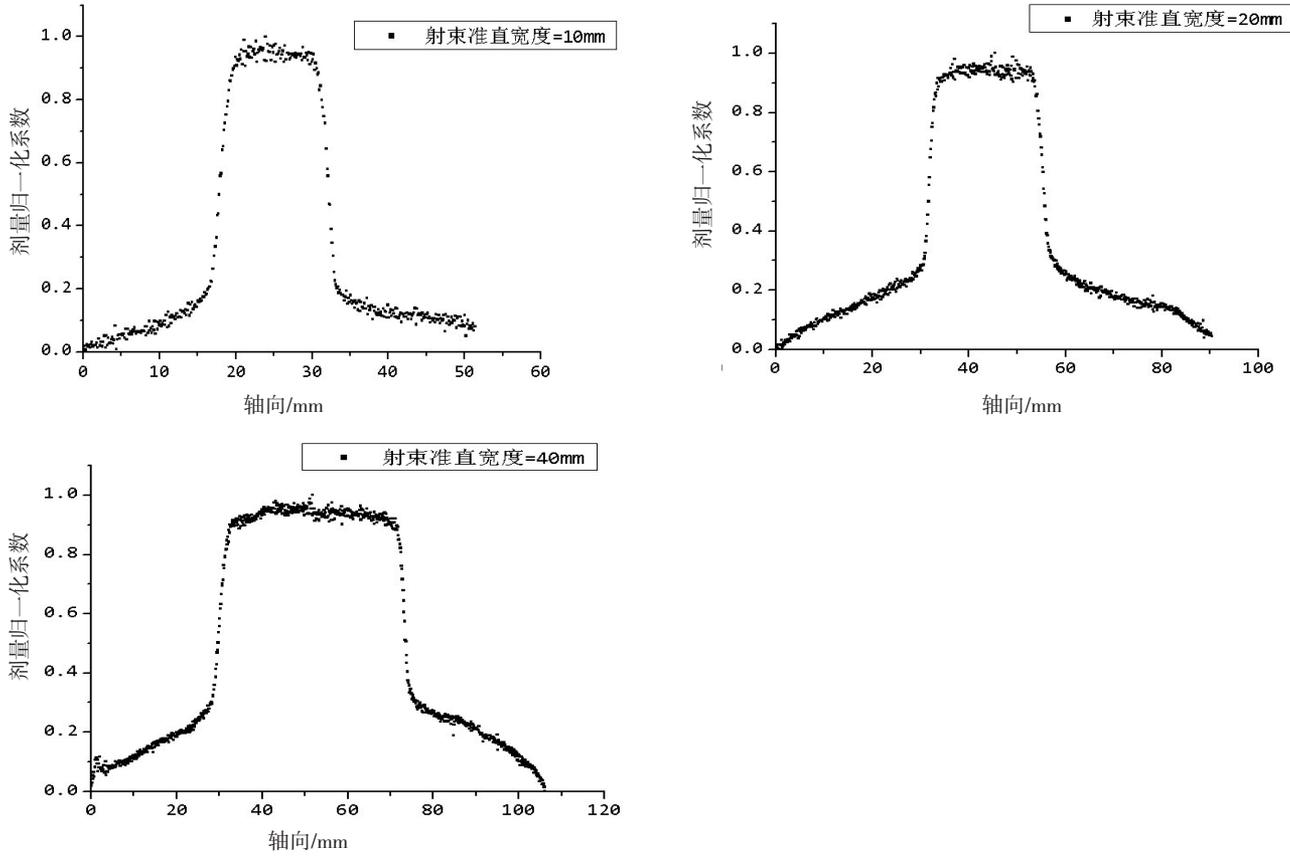


图2 不同射束准直宽度时轴向扫描后免洗胶片的灰度分布

Fig.2 Gray-level distributions of disposable film under axial scanning mode with different beam collimations

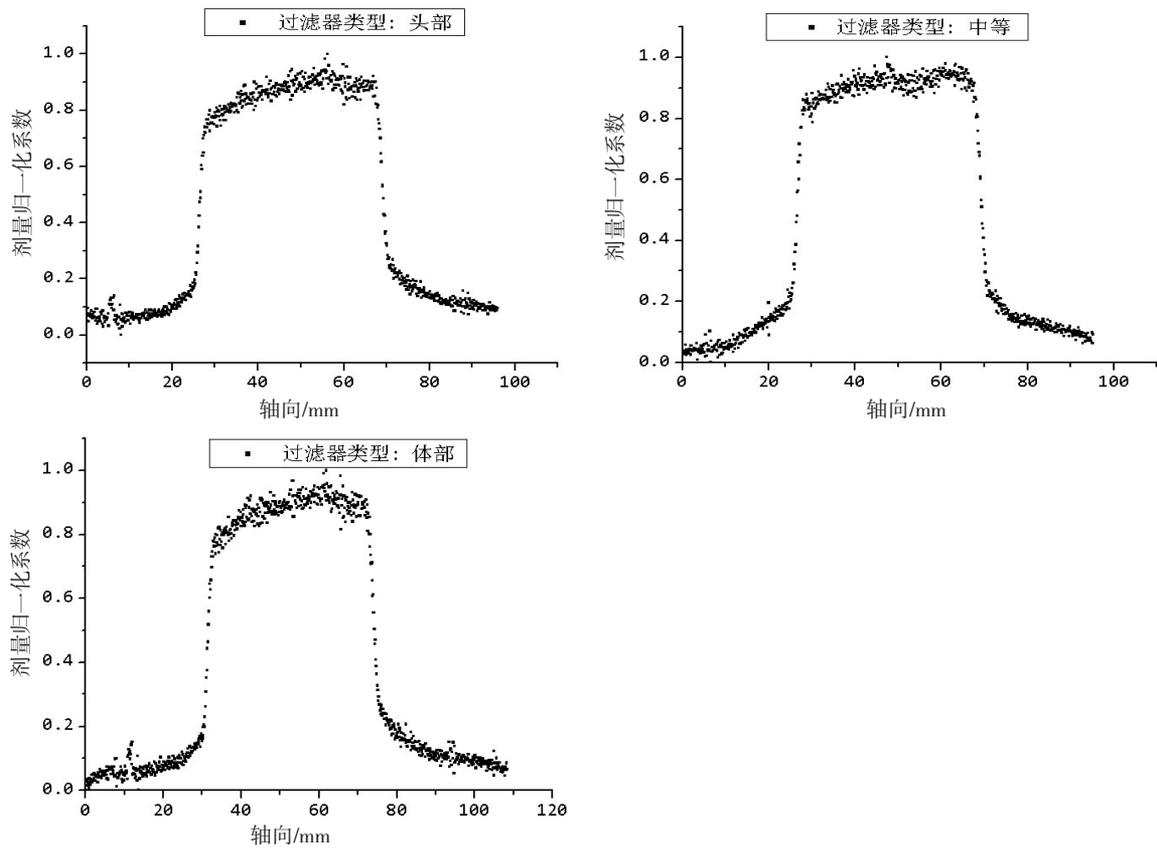


图3 不同视野对轴向扫描峰值半高宽的影响

Fig.3 Effects of field of view on full width at half-maximum under axial scanning mode

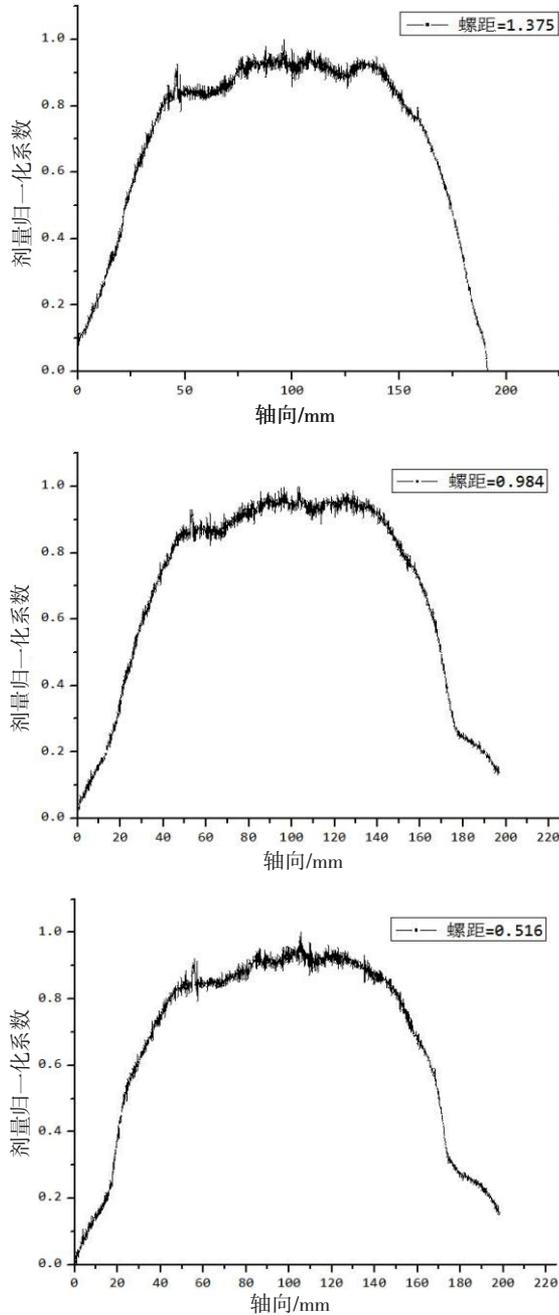


图4 螺旋扫描时不同螺距对剂量分布的影响

Fig.4 Effects of pitch on dose profile under helical scanning mode

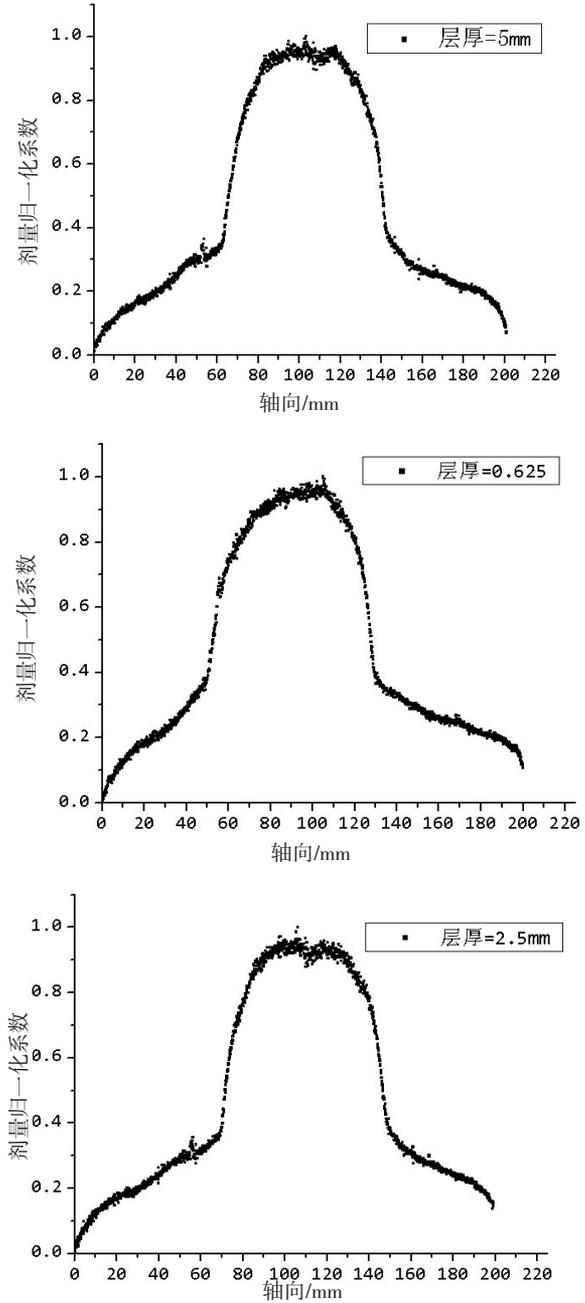


图5 螺旋扫描不同重建层厚时的剂量分布

Fig.5 Dose profiles under helical scanning mode with different reconstructed slice thicknesses

研究重建层厚对过扫描范围的影响,在射束准直宽度、螺距、管电压、管电流和扫描范围不变情况下,设置重建层厚分别为5.000、2.500和0.625 mm,螺旋扫描时不同重建层厚时的剂量分布如图5所示。曝光范围近似为76 mm,但断层图像范围分别为8层面×5 mm、15层面×2.5 mm和57层面×0.625 mm,过扫描范围分别为34.0、37.5和40.4 mm。3种不同重建层厚的过扫描范围差异均小于1 cm,因此可以忽略重建层厚对过扫描范围的影响。

研究射束准直宽度对螺旋扫描过扫描范围的影

响时,螺距设为0.5,测量射束准直宽度设为20和40 mm,得到的剂量分布如图6所示,过扫描范围分别为34和63 mm。本研究中射束准直宽度对过扫描范围的影响与Schilham等^[13]的研究结果一致。

在螺距、射束准直宽度和重建层厚等因素不变的情况下,设置不同的FOV,得到的剂量分布相同,即FOV大小不影响螺旋扫描时轴向剂量分布,因此FOV对过扫描范围的影响很小,可以忽略。

由上述研究可知CT螺旋扫描过程中的过扫描范围主要受到射束准直宽度的影响,重建层厚、螺距

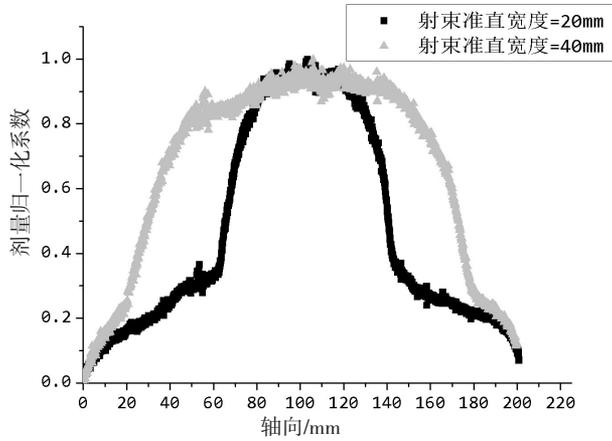


图6 螺旋扫描时不同射束准直宽度的剂量分布

Fig.6 Dose profile under helical scanning mode with different beam collimation widths

和FOV等因素的影响较小,此外,过扫描范围还受重建算法和CT类型的影响^[13,20]。本研究仅针对GE公司LightSpeed 64排CT,对于其他厂家或类型的CT螺旋扫描过扫描范围的影响因素尚需进一步测量。

3 结论

本研究利用免洗胶片测量GE公司LightSpeed 64排CT轴向扫描和螺旋扫描的剂量分布。在轴向扫描过程中,标称射束准直宽度与FWHM偏差小于4mm,且轴向剂量分布不受FOV大小的影响;在螺旋扫描过程中,通过测量不同检查条件的过扫描范围发现,过扫描范围的大小主要受射束准直宽度的影响,螺距、重建层厚和FOV的影响较小,可以忽略。研究CT轴向扫描的剂量分布及其影响因素,了解射线束分布均匀性和射线束利用效率,可用于优化CT检查参数,降低受检者的辐射剂量。

【参考文献】

- [1] KALENDER W A. Dose in X-ray computed tomography[J]. Phys Med Biol, 2014, 59: 129-150.
- [2] 王彬,郑钧正,高林峰,等.上海市医用X射线CT的应用频率及其分布研究[J].辐射防护,2013,33(2): 54-65.
WANG B, ZHENG J Z, GAO L F, et al. Research on the application frequency and its distribution of medical diagnostic X-ray computed tomography in Shanghai[J]. Radiation Protection, 2013, 33(2): 54-65.
- [3] 中国医学装备协会. 2016年中国CT市场研究报告[R/OL]. <http://www.doc88.com/p-5087810321668.html>
China Association of Medical Equipment. 2016 China CT market development report[R/OL]. <http://www.doc88.com/p-5087810321668.html>
- [4] MATHEWS J D, FORSYTHE A V, BRADY Z, et al. Cancer risk in

680000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians[J]. BMJ, 2013, 346: f2360.

- [5] PEARCE M S, SALOTTI J A, LITTLE M P, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study[J]. Lancet, 2012, 380 (9840): 499-505.
- [6] METTER F A, BHARGAVAN M, FAULKNER K, et al. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources-1950-2007[J]. Radiology, 2009, 253: 520-531.
- [7] MIGLIORETTI D L, JOHNSON E, WILLIAMS A, et al. The use of computed tomography in pediatrics and the associated radiation exposure and estimated cancer risk[J]. JAMA Pediatr, 2013, 167(8): 700-707.
- [8] WALSH L, SHORE R, AUVINEN A, et al. Risks from CT scans-what do recent studies tell us?[J]. J Radiol Prot, 2014, 34(1): E1-5.
- [9] KALRA M K, SODICKSON A D, MAYO-SMITH W W. CT radiation: key concepts for gentle and wise use[J]. Radiographics, 2015, 35(6): 1706-1721.
- [10] DOUQEN E, FAULKNER K, PANAYIOTAKIS G. A review of patient dose and optimisation methods in adult and paediatric CT scanning[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(4): e665-e683.
- [11] COMMISSION I E. Medical electrical equipment part 2-44: particular requirements for the safety of X-ray equipment for computed tomography[M]. Switzerland: IEC Publication, 2002.
- [12] DILLON C, BREEDEN W, CLEMENTS J, et al. 2017 computed tomography quality control manual [S]. Washington: American College of Radiology, 2017: 66.
- [13] SCHILHAM A, VAN DER MOLEN A J, PROKOP M, et al. Overranging at multisection CT: an underestimated source of excess radiation exposure[J]. Radiographics, 2010, 30(4): 1057-1067.
- [14] 刘长安,陈肖华.放射诊疗中的辐射防护[M].北京:军事医学科学出版社,2014.
LIU C A, CHEN X H. Radiation protection in radiological diagnosis and treatment[M]. Beijing: Military Medical Science Press, 2014.
- [15] ZANCA F, DEMETER M, OYEN R, et al. Excess radiation and organ dose in chest and abdominal CT due to CT acquisition beyond expected anatomical boundaries[J]. Eur Radiol, 2012, 22(4): 779-788.
- [16] TREVISAN D, BONUTTI F, RAVANELLI D, et al. Real time evaluation of overranging in helical computed tomography[J]. Phys Med, 2014, 30(8): 968-972.
- [17] PERISINAKIS K, PAPADAKIS A E, DAMILAKIS J. The effect of X-ray beam quality and geometry on radiation utilization efficiency in multidetector CT imaging[J]. Med Phys, 2009, 36(4): 1258-1266.
- [18] KOBAYASHI M, KOSHIDA K, SUZUKI S, et al. Evaluation of geometric efficiency and radiation exposure in Z-axis for volume scan [J]. Radiat Prot Dosimetry, 2011, 143(1): 63-68.
- [19] BERRIS T, PERISINAKIS K, PAPADAKIS A E, et al. Comparison of methods for assessing geometric efficiency on multi-detector CT scanners[J]. Phys Med, 2013, 29(3): 312-322.
- [20] SHIRASAKA T, FUNAMA Y, HAYASHI M, et al. Reduction of the unnecessary dose from the over-range area with a spiral dynamic z-collimator: comparison of beam pitch and detector coverage with 128-detector row CT[J]. Radiol Phys Technol, 2012, 5: 53-58.

(编辑:谭斯允)