

· 疾病控制 ·

基于宁波市影像云平台的 CT 检查大数据分析

章群¹, 张丹丹¹, 王永¹, 张良¹, 邹沅杰¹, 陆蓓蓓¹, 汤升²

1. 宁波市疾病预防控制中心, 浙江 宁波 315000; 2. 宁波市北仑区人民医院, 浙江 宁波 315800

摘要: 目的 评价宁波市影像云平台计算机断层扫描(CT)检查的辐射剂量、操作规范性和成像质量, 为优化CT检查提供参考。**方法** 通过宁波市影像云平台随机抽取6台CT设备, 收集2023年1月—2024年12月36~60岁男性头部、颈部、胸部和腹部CT检查医学数字成像与通信(DICOM)影像资料。采用容积CT剂量指数(CTDI_{vol})和剂量长度乘积(DLP)评价辐射剂量水平, 计算CTDI_{vol}和扫描长度的变异系数(CV)评价扫描稳定性, 采用扫描长度冗余率和协议匹配度评价操作规范性, 采用信噪比(SNR)和对比度噪声比(CNR)评价成像质量。**结果** 采集DICOM影像文件28 897份, 头颅轴扫、颈部平扫、胸部平扫和腹部平扫分别为6 730、2 778、15 496和3 893份。头部、颈部和胸部CTDI_{vol}和DLP辐射剂量典型值均低于诊断参考水平, 腹部CTDI_{vol}和DLP典型值最大分别为22.49 mGy和941.45 mGy·cm, 高于诊断参考水平。CTDI_{vol}和扫描长度的CV值分别为14.59%~37.88%和8.27%~44.96%, 头部CT的扫描稳定性较差, 分别为21.74%~37.88%和12.66%~44.96%。扫描长度冗余率为6.02%~74.40%, 协议匹配度为79.80%~100.00%, 颈部CT的操作规范性较差, 分别为45.70%~74.40%和79.80%~95.36%。胸部肺动脉SNR均值和CNR均值较高, 分别为15.81~17.65和6.33~7.41。**结论** 部分CT设备腹部CT检查辐射剂量超出诊断参考水平, 头部CT检查扫描稳定性和颈部CT检查操作规范性是质量控制的薄弱点。建议开展针对性的质量控制培训, 提高CT检查的整体质量水平。

关键词: 计算机断层扫描; 辐射剂量; 成像质量; 质量控制; 云平台

中图分类号: R814.4 文献标识码: A 文章编号: 2096-5087(2025)12-1257-05

CT examination big data based on the Ningbo City Medical Imaging Cloud Platform

ZHANG Qun¹, ZHANG Dandan¹, WANG Yong¹, ZHANG Liang¹, ZOU Yuanjie¹, LU Beibei¹, TANG Sheng²

1.Ningbo Center for Disease Control and Prevention, Ningbo, Zhejiang 315000, China; 2.Beilun People's Hospital, Ningbo, Zhejiang 315800, China

Abstract: Objective To evaluate the radiation dose, operational standardization, and image quality of computed tomography(CT) Ningbo City Medical Imaging Cloud Platform, so as to provide references for optimizing the quality of CT examinations. **Methods** Six CT devices were randomly selected from the Ningbo City Medical Imaging Cloud Platform. Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) image data from CT examinations of the head, neck, chest, and abdomen in males aged 36 to 60 years were collected from January 2023 to December 2024. The radiation dose levels were evaluated using the volume CT dose index (CTDI_{vol}) and dose length product (DLP). The coefficient of variation (CV) of CTDI_{vol} and scan length were calculated to assess scan stability. Operational standardization was evaluated using the redundancy rate of scan length and protocol matching degree. Imaging quality was assessed using the signal to noise ratio (SNR) and contrast to noise ratio (CNR). **Results** A total of 28 897 DICOM images were collected, including 6 730 axial scans of the skull, 2 778 plain scans of the neck, 15 496 plain scans of the chest, and 3 893

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2025.12.014

基金项目: 浙江省公益技术应用研究计划项目(LGH22H220002); 宁波市医学重点学科项目(2022-B18); 浙江省医药卫生科技计划项目(2024KY350, 2024XY144)

作者简介: 章群, 硕士, 副主任医师, 主要从事放射卫生监测工作

通信作者: 张丹丹, E-mail: zhangdd@nbcdc.org.cn

plain scans of the abdomen. The typical values of CTDI_{vol} and DLP radiation doses for the head, neck, and chest were all lower than the diagnostic reference levels. The maximum typical values of CTDI_{vol} and DLP for the abdomen were 22.49 mGy and 941.45 mGy·cm, respectively, which were higher than the diagnostic reference levels. The CV values of CTDI_{vol} and scan length ranged from 14.59% to 37.88% and from 8.27% to 44.96%, respectively. The scan stability of head CT was relatively poor, with CV values ranging from 21.74% to 37.88% and from 12.66% to 44.96%, respectively. The redundancy rate of scan length ranged from 6.02% to 74.40%, and the protocol matching degree ranged from 79.80% to 100.00%. The operational standardization of neck CT was relatively poor, with redundancy rates ranging from 45.70% to 74.40% and protocol matching degrees ranging from 79.80% to 95.36%. The mean SNR and mean CNR of the pulmonary arteries in the chest were relatively high, ranging from 15.81 to 17.65 and from 6.33 to 7.41, respectively. **Conclusions** The radiation doses from abdominal CT examinations on some CT devices exceed the diagnostic reference levels. The scan stability of head CT examinations and the operational standardization of neck CT examinations represent weak points in quality control. It is recommended to carry out targeted quality control training to enhance the overall quality level of CT examinations.

Keywords: computed tomography; radiation dose; image quality; quality control; cloud platform

计算机断层扫描 (computed tomography, CT) 是现代医学诊断核心技术, 广泛应用于临床诊疗和健康体检。随着 CT 技术广泛使用, 辐射剂量控制、操作规范性和成像质量稳定性等问题引起关注。世界卫生组织 (WHO) 报告指出, 高达 34% 的基层医疗机构存在 CT 设备质量控制标准执行偏差^[1], 该现象与传统质量控制体系“重单一指标、轻联动分析”的局限性密切相关。当前, 医疗机构 CT 设备质量控制主要依赖于年度委托性技术服务, 该方法需采用高精度设备及模体进行检测, 仅反映检测时的设备状态, 难以覆盖临床实际使用中的动态变化。在实际临床场景中, 患者个体间解剖结构差异成为基于真实影像数据评估设备辐射剂量、操作规范性和成像质量的主要障碍。研究表明, 可通过多数据合成新样本修正因个体差异导致的分布偏移^[2]。本文基于宁波市影像云平台临床影像资料分析 CT 检查辐射剂量和影像质量, 为优化 CT 检查质量提供参考。

1 资料与方法

1.1 资料来源

2023 年 1 月—2024 年 12 月宁波市成人 CT 检查医学数字成像与通信 (digital imaging and communications in medicine, DICOM) 影像资料来源于宁波市影像云平台, 随机抽取 6 家综合性医疗机构各 1 台 CT 设备的 DICOM 影像文件。纳入标准: (1) 36~60 岁男性, 参考 GB/T 10000—2023《中国成年人人体尺寸》^[3], 头围、胸围和腰围尺寸符合第 10 至第 90 百分位数范围; (2) 体检者或门诊就诊者检查项目为头颅轴扫、颈部平扫、胸部平扫或腹部

平扫。排除标准: (1) 多部位联合扫描、增强扫描; (2) 病灶为影像质量评价区域; (3) DICOM 影像文件缺少影像剂量报告、图像位置及完整扫描协议标签。

1.2 方法

通过异常值剔除、数据合成和影像质量算法进行数据清洗及处理。按检查项目分类, 依据 3σ 准则剔除偏差 > 3 倍标准差的数据。采用每 50 例数据合成 1 个新样本数据, 取平均值, 计算容积 CT 剂量指数 (volume CT dose index, CTDI_{vol})、剂量长度乘积 (dose length product, DLP) 和扫描长度。参考国际放射防护委员会第 135 号报告^[4], 通过影像剂量报告提取各检查部位的 CTDI_{vol} 和 DLP 中位数为辐射剂量典型值, 依据 GBZ 130—2020《放射诊断放射防护要求》规定的诊断参考水平^[5], 评价辐射剂量水平; 通过 DICOM 影像文件 Tag 提取扫描长度和检查序列协议名, 分析扫描长度的冗余率和序列名与检查部位的协议匹配度, 评价操作规范性。采用变异系数 (coefficient of variation, CV) 分析设备检查周期不同检测项目 CTDI_{vol} 和扫描长度的离散程度。根据解剖结构, 采用结构相似性指数算法确定定位片, 剔除靶区存在病灶的影像, 对靶区图像自动重复勾画感兴趣区 3 次, 取平均值, 计算信噪比 (signal-to-noise ratio, SNR) 和对比度噪声比 (contrast-to-noise ratio, CNR); 每台 CT 设备分别抽取各部位符合要求的图像 100 张评价成像质量, 头部、颈部、胸部和腹部 SNR 和 CNR 的计算公式参考文献 [6–8]。合理范围内, SNR 和 CNR 越高, 表示 CT 影像清晰度和细节可识别度越好。采用 Excel 2013 软件和 SPSS 22.0 软件统计分析。

2 结 果

2.1 基本情况

纳入三级乙等公立医院和二级甲等公立医院各 3 家, CT 设备为飞利浦、GE 和西门子各 2 台。收集并解析 DICOM 影像文件 57 487 份, 有效数据 28 897 份, 头颅轴扫、颈部平扫、胸部平扫和腹部平扫分别为 6 730、2 778、15 496 和 3 893 份; 影像质量评价图像 2 400 张。

2.2 辐射剂量水平分布

头部、颈部和胸部 CTDI_{vol} 和 DLP 辐射剂量典

型值均低于诊断参考水平^[5]; A3 设备腹部 CTDI_{vol} 和 DLP 辐射剂量典型值, 分别为 22.49 mGy 和 941.45 mGy · cm, A4 设备腹部 DLP 典型值为 792.61 mGy · cm, 高于诊断参考水平^[5]。见表 1。

2.3 CT 检查影像质量评价

2.3.1 扫描稳定性评价

CT 设备头部、颈部、胸部和腹部 CTDI_{vol} 的 CV 值分别为 21.74%~37.88%、26.14%~36.01%、14.59%~30.44% 和 14.82%~28.48%; 扫描长度的 CV 值分别为 12.66%~44.96%、10.12%~25.66%、8.27%~16.66% 和 15.57%~32.48%。

表 1 CT 检查辐射剂量水平分布

Table 1 Distribution of CT examination radiation dose levels

指标	部位	诊断参考水平	A1	A2	A3	A4	A5	A6
CTDI _{vol} /mGy	头部	60	43.42	28.34	56.04	44.32	43.03	42.18
	颈部	25	9.02	8.54	14.40	11.13	10.77	11.21
	胸部	15	7.34	6.58	14.95	10.98	11.21	10.93
	腹部	20	15.50	9.16	22.49	18.36	16.87	15.22
DLP/(mGy · cm)	头部	860	663.66	334.54	799.53	621.32	569.76	546.28
	颈部	590	367.15	353.29	463.73	358.51	363.17	442.17
	胸部	470	227.89	206.37	409.04	322.71	296.50	316.15
	腹部	790	615.30	343.77	941.45	792.61	748.28	781.52

注: A1~A6 为 CT 设备编号。

2.3.2 操作规范性评价

CT 设备头部、颈部、胸部和腹部的扫描长度冗余率分别为 6.02%~13.43%、45.70%~74.40%、36.33%~47.40% 和 47.31%~58.92%; 协议匹配度分别为 92.36%~99.72%、79.80%~95.36%、92.72%~100.00% 和 91.30~100.00%。

2.3.3 成像质量评价

CT 设备头部灰质 SNR 均值为 10.10~12.95, 白质 SNR 均值为 14.61~17.01, CNR 均值为 1.08~1.59; 颈部甲状腺 SNR 均值为 7.20~9.06, CNR 均值为 4.44~5.01; 胸部肺动脉 SNR 均值为 15.81~17.65, CNR 均值为 6.33~7.41; 腹部肝脏 SNR 均值为 7.48~8.41, CNR 均值为 3.94~4.34。

3 讨 论

CT 是放射影像学检查中剂量输出较高的检查项目, 国际放射防护委员会第 135 号报告^[4] 和我国 GBZ 130—2020《放射诊断放射防护要求》^[5] 均对 CT 检查的剂量控制与图像质量平衡提出了明确要求。在保证诊断信息充分获取的前提下, 尽可能降低受检者

辐射剂量, 是临床实践与设备研发持续优化的重点。本研究依托宁波市影像云平台, 随机抽取 6 台 CT 设备的临床影像数据, 从辐射剂量、操作规范性和成像质量等方面进行综合分析。为减少因年龄与性别导致的解剖结构变异对数据一致性的影响, 本研究将样本限定于解剖结构相对稳定的 36~60 岁男性人群。结果显示, 部分设备在剂量输出和扫描操作规范性方面仍存在一定优化空间, 而影像质量指标的稳定性与临床需求的匹配度是实现剂量优化的关键。

腹部 CTDI_{vol} 和 DLP 辐射剂量典型值最大分别为 22.49 mGy 和 941.45 mGy · cm, 高于 GBZ 130—2020《放射诊断放射防护要求》规定的诊断参考水平(20 mGy 和 790 mGy · cm)^[5]。扫描范围过大是导致辐射剂量升高的重要因素之一, 本研究腹部扫描长度冗余率达 47.31%~58.92%, 高于美国医学物理学家协会第 96 号报告推荐阈值(<20%)^[9]。研究表明, 扫描长度与辐射剂量呈正相关, 扫描长度每增加 1 cm, 腹部 CT 的 DLP 平均上升 3.2%^[10]。研究报道指出, 91% 的胸部、腹部 CT 存在 Z 轴方向额外扫描, 平均超出解剖边界 3.7 cm, 导致有效剂量

增加 15%^[11]; 若腹部扫描范围从 30 cm 扩大至 35 cm, DLP 可由 900 mGy · cm 增至 1 160 mGy · cm, 增幅达 28.9%^[11]。除腹部外, 颈部亦存在较高的扫描长度冗余率, 远高于推荐阈值 (<15%)^[9]。常规颈部 CT 扫描范围为 C1~T1 椎体, 但肩部骨骼易导致射线硬化伪影, 影响下颈部结构显示。为获取更完整的重建数据, 操作人员可能主动扩大扫描范围以改善影像质量^[12], 但增加了非诊断区域组织不必要的辐射暴露。建议推进解剖标志标准化和智能定位技术应用, 从而改善扫描范围控制。例如, 将腹部扫描下界由股骨大转子调整为耻骨联合, 预计可减少 8~12 cm 冗余扫描^[13]; 采用超低剂量定位扫描 (80 kVp, 10 mAs), 可在将 Z 轴定位误差从 ±3.2 cm 降至 ±1.1 cm, 同时使定位扫描剂量从 1.2 mSv 降至 0.3 mSv^[14]。此外, CTDI_{vol} 和扫描长度的最大 CV 值均出现在头部, 表明其扫描稳定性相对较差。一方面, 可能与轴位扫描模式有关; 另一方面, 可能与不同操作人员定位习惯差异较大有关, 导致扫描长度的不稳定性, 进而加剧患者所受辐射剂量波动。颈部协议匹配度较低, 协议选择不当也可能影响影像质量, 建议加强扫描协议的标准化培训。

影像质量是决定诊断效能的核心。本研究显示, 各部位 SNR 和 CNR 呈现出与其组织特性相符的特征, 且波动范围较小, 成像质量良好。胸部肺动脉 SNR 和 CNR 均值较高, 与肺部存在含气组织、密度差较大有关; 头部 CNR 均值较低, 与灰质和白质密度相近有关。辐射剂量与成像质量有一定相关性, 在临床实践中, 应在满足诊断需求的前提下尽可能控制辐射剂量。本研究中腹部肝脏 CNR 均值为 3.94~4.34, 均高于良恶性病变 (如肝细胞癌、肝血管瘤) 鉴别所需的诊断阈值 (CNR≥3)^[15]。目前, 已有多种技术可实现剂量-质量平衡优化, 包括自动管电流调制^[16]、迭代重建^[8]及深度学习重建算法^[6]等。WANG 等^[17]采用心电门控高螺距扫描 (Flash 模式) 检查先天性心脏病, 在降低剂量的同时进一步提升了冠状动脉 CNR; KIM 等^[18]采用 80 kVp 管电压结合深度学习重建算法, 使儿童 CT 辐射剂量降低 40% 的同时仍维持肝脏 SNR≥15 的诊断要求。建议积极开展 CT 检查操作人员的继续教育, 推广基于人工智能的定位与重建等新兴技术, 定期抽取影像云数据进行多维度质量评价, 从而实现辐射剂量的有效控制与影像质量的持续提升。

参考文献

- [1] DELIS H, CHRISTAKI K, HEALY B, et al. Moving beyond quality control in diagnostic radiology and the role of the clinically qualified medical physicist [J]. Phys Med, 2017, 41: 104–108.
- [2] WAHLER N, KAA BACHI B, KULYNYCH B, et al. Evaluating synthetic data augmentation to correct for data imbalance in realistic clinical prediction settings [J/OL]. Stud Health Technol Inform, 2024 [2025-11-10]. <https://doi.org/10.3233/SHTI240563>.
- [3] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 中国成年人人体尺寸: GB/T 10000—2023 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2023. State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. Human dimensions of Chinese adults: GB/T 10000—2023 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2023. (in Chinese)
- [4] VAÑÓ E, MILLER D L, MARTIN C J, et al. ICRP publication 135: diagnostic reference levels in medical imaging [J]. Ann ICRP, 2017, 46 (1): 1–144.
- [5] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 放射诊断放射防护要求: GBZ 130—2020 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2020. National Health Commission of the People's Republic of China. Requirements for radiological protection in diagnostic radiology: GBZ 130—2020 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2020. (in Chinese)
- [6] 魏巍, 杨旭, 童小雨, 等. 深度学习重建算法联合低剂量增强 CT 对肝脏低对比度病灶显示的影响 [J]. 中国医学计算机成像杂志, 2024, 30 (3): 333–337. WEI W, YANG X, TONG X Y, et al. Effect of deep learning reconstruction algorithm combined with low-dose contrast-enhanced CT on liver low-contrast lesion [J]. Chin Comput Med Imag, 2024, 30 (3): 333–337. (in Chinese)
- [7] MULLINS M E, LEV M H, BOVE P, et al. Comparison of image quality between conventional and low-dose nonenhanced head CT [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2004, 25 (4): 533–538.
- [8] 丁晨寒, 宋凤祥, 杨泽铖. 低管电压联合顺适性低剂量容积双空间迭代重建技术在头颈部 CT 血管成像中的应用 [J]. 中国医学影像学杂志, 2024, 32 (4): 379–385. DING C H, SONG F X, YANG Z C. Low tube voltage combined with adaptive iterative dose reduction using three-dimensional processing in head and neck CT angiography [J]. Chin J Med Imag, 2024, 32 (4): 379–385. (in Chinese)
- [9] MCCULLOGH C, CODY D, EDYVEAN S, et al. The measurement, reporting, and management of radiation dose in CT [M]. Maryland: American Association of Physicists in Medicine, 2008.
- [10] PARK I, SONG J, KIM K. SU-F-I-40: impact of scan length on patient dose in abdomen/pelvis CT diagnosis [J]. Med Phys, 2016, 43 (6): 3395–3396.
- [11] LIAO E A, QUINT L E, GOODSON M M, et al. Extra Z-axis coverage at CT imaging resulting in excess radiation dose: frequency, degree, and contributory factors [J]. J Comput Assist Tomogr, 2011, 35 (1): 50–56.

(下转第 1265 页)

- and trend prediction of viral hepatitis C in Shinan District of Qingdao from 2008 to 2023 [J]. Occup Health, 2025, 41 (20): 2770–2775. (in Chinese)
- [11] 刘锐, 蔺茂文, 江鸿, 等.2008—2022年荆州市丙型病毒性肝炎发病的年龄、时期、队列趋势分析 [J].预防医学, 2023, 35 (10): 871–876.
- LIU R, LIN M W, JIANG H, et al.Trends in age-, period-and cohort-specific incidence of hepatitis C in Jingzhou City from 2008 to 2022 [J].China Prev Med J, 2023, 35 (10): 871–876. (in Chinese)
- [12] 王怀, 邱倩, 袁千里, 等.2004—2021年北京市丙型肝炎流行特征及感染相关因素分析 [J].中华预防医学杂志, 2023, 57 (9): 1391–1395.
- WANG H, QIU Q, YUAN Q L, et al.Epidemiological characteristics of incident cases and risk factors of hepatitis C infection in Beijing City from 2004 to 2021 [J].Chin J Prev Med, 2023, 57 (9): 1391–1395. (in Chinese)
- [13] 白峻竹, 游妹萌, 张馨, 等.2006—2020年中国丙型病毒性肝炎发病趋势及年龄-时期-队列分析 [J].现代预防医学, 2024, 51 (14): 2497–2500, 2534.
- BAI J Z, YOU S M, ZHANG X, et al.Incidence trends and age-period-cohort analyses of hepatitis C in China, 2006–2020 [J].Mod Prev Med, 2024, 51 (14): 2497–2500, 2534. (in Chinese)
- [14] 姚媛媛, 杨仙湖, 刘辉, 等.2006—2020年中国居民丙肝发病趋势的年龄-时期-队列效应分析 [J].卫生经济研究, 2024, 41 (7): 6–8, 14.
- YAO Y Y, YANG X H, LIU H, et al.Analysis of age-period-cohort effect for incidence trend of hepatitis C incidence in Chinese residents from 2006 to 2020 [J].Health Econ Res, 2024, 41 (7): 6–8, 14. (in Chinese)
- [15] 晋婷婷.2014—2023年成都市金牛区丙型病毒性肝炎流行特征分析 [J].职业卫生与病伤, 2025, 40 (1): 8–14.
- JIN T T.Epidemiological characteristics of hepatitis C in Jinniu district of Chengdu City from 2014 to 2023 [J].Occup Health Damage, 2025, 40 (1): 8–14. (in Chinese)
- [16] 程宝莲, 陈海燕, 陶连弟.兰州市某区2010—2023年丙型病毒性肝炎流行病学特征分析 [J].疾病预防控制通报, 2025, 40 (2): 86–89.
- CHENG B L, CHEN H Y, TAO L D.Epidemiological characteristics of hepatitis C virus infection in a district of Lanzhou City from 2010 to 2023 [J].Bull Dis Control Prev China, 2025, 40 (2): 86–89. (in Chinese)

收稿日期: 2025-05-19 修回日期: 2025-12-02 本文编辑: 刘亚敏

(上接第1260页)

- [12] LONG Z Y, BRUESEWITZ M R, DELONE D R, et al.Evaluation of projection- and dual-energy-based methods for metal artifact reduction in CT using a phantom study [J].J Appl Clin Med Phys, 2018, 19 (4): 252–260.
- [13] ALZUFRI H S, NURMIATI D.The influence of CT parameters for optimizing radiation dose and CT scan image quality in head and abdominal examinations at Cibinong Sentra Medika Hospital [C]. Prosiding Seminar Si-INTAN, 2023, 3 (1): 17–22.
- [14] DUERDEN L, O'BRIEN H, DOSHI S, et al.Impact of an ultra-low dose unenhanced planning scan on CT coronary angiography scan length and effective radiation dose [J/OL].BJR Open, 2022, 4 (1) [2025-11-10].<https://doi.org/10.1259/bjro.20210056>.
- [15] O'NEILL E K, COGLEY J R, MILLER F H.The ins and outs of liver imaging [J].Clin Liver Dis, 2015, 19 (1): 99–121.
- [16] 吴一田, 耿建华, 杜召猛, 等.PET/CT中CT自动管电流调制模式下受检者有效剂量的研究 [J].中国辐射卫生, 2018, 27 (1): 39–43.
- WU Y T, GENG J H, DU Z M, et al.Study on the effective dose of CT in PET/CT on automatic tube current modulation [J].Chin J Radiol Health, 2018, 27 (1): 39–43. (in Chinese)
- [17] WANG R, XU X J, HUANG G, et al.Comparison of image quality, diagnostic accuracy and radiation dose between flash model and retrospective ECG-triggered protocols in dual source computed tomography (DSCT) in congenital heart diseases [J].Pol J Radiol, 2017, 82: 114–119.
- [18] KIM D, JEON P H, LEE C L, et al.Effect of tube voltage and radiation dose on image quality in pediatric abdominal CT using deep learning reconstruction: a phantom study [J/OL].Symmetry, 2023, 15 (2) [2025-11-10].<https://doi.org/10.3390/sym15020501>.

收稿日期: 2025-06-23 修回日期: 2025-11-10 本文编辑: 高碧玲