

# 急诊腹盆部CT检查辐射剂量与申请单条目设置的关联： 一项双中心比较研究

刘现伟<sup>1,2,3</sup> 陈黎伟<sup>1,3</sup> 熊梦云<sup>1,3</sup> 张德彪<sup>1,3</sup> 胡扬帆<sup>1,3</sup> 星月<sup>1,3</sup> 许芷菡<sup>4</sup>  
宋阳<sup>5</sup> 张欢<sup>6</sup> 姚伟武<sup>1,3</sup> 钟京谕<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> (上海交通大学医学院附属同仁医院影像科 上海 200336)

<sup>2</sup> (上海交通大学中国医院发展研究院 上海 200025)

<sup>3</sup> (上海市柔性医疗机器人重点实验室 上海 200336)

<sup>4</sup> (西门子医疗诊断影像CT科研合作部 上海 200126)

<sup>5</sup> (西门子医疗磁共振科研市场部 上海 200126)

<sup>6</sup> (上海交通大学医学院附属瑞金医院放射科 上海 200025)

**摘要** 本研究目的是调查急诊腹盆部CT检查的辐射剂量,探索两家中心不同申请单条目设置与辐射剂量的关系。回顾性筛选2025年8月两家中心急诊腹盆部CT患者,每天随机抽取10例。中心TR申请单分为上腹部、上腹部+下腹部、下腹部+盆部和上腹部+下腹部+盆部;中心RJ分为上腹部+下腹部和上腹部+下腹部+盆部。记录容积CT剂量指数( $CTDI_{vol}$ )和剂量长度乘积(DLP),计算体型特异性剂量估算值(SSDE)和有效剂量(ED),比较不同中心及条目间的剂量差异。结果表明,共纳入597例(TR 295例, RJ 302例),中位年龄分别为47.0岁和48.0岁,男性占比分别为48.5%和56.0%。不同扫描范围下 $CTDI_{vol}$ 、DLP、SSDE及ED差异均有统计学意义(均 $p < 0.05$ ),且随范围扩大呈梯度升高。含盆腔的扫描方案剂量更高,上腹部+下腹部+盆部组DLP和ED最高,下腹部+盆部组 $CTDI_{vol}$ 和SSDE最高,上腹部组最低。TR中仅4例检查被建议扩大扫描范围。细化申请单条目设置可显著降低急诊腹盆部CT辐射剂量,建议统一扫描范围解剖标准,并通过信息化手段引导临床医师精准选择,以减少不必要的辐射暴露。

**关键词** X线计算机体层摄影, 急诊医学, 辐射剂量, 质量改进

**中图分类号** R445.3

**DOI:** 10.11889/j.1000-3436.2026-0043

**CSTR:** 32195.14.j.JRRRP.1000-3436.2026-0043

**引用该文:**

刘现伟, 陈黎伟, 熊梦云, 等. 急诊腹盆部CT检查辐射剂量与申请单条目设置的关联: 一项双中心比较研究[J]. 辐射研究与辐射工艺学报, XXXX, XX(X): XXXXXX. DOI: 10.11889/j.1000-3436.2026-0043.

LIU Xianwei, CHEN Liwei, XIONG Mengyun, *et al.* Radiation dose of emergency abdomino-pelvic CT and its relationship with requisition item settings: a dual-center comparative study[J].

Journal of Radiation Research and Radiation Processing, XXXX, XX(X): XXXXXX. DOI: 10.11889/j.1000-3436.2026-0043.



基金资助: 上海交通大学中国医院发展研究院2026年度决策咨询课题(第一批)(CHD1-2026-2-083), 国家自然科学基金项目(82302183、82471935、82271934), 上海市卫生健康委员会项目(20244Y0214), 上海市长宁区卫生健康委员会项目(20254Y011), 与上海交通大学医学院附属同仁医院项目(TRKYRC-XX202204、TR2024RC16)

第一作者: 刘现伟,男,1989年02月出生,2018年6月于上海交通大学医学院影像医学与核医学专业获硕士学位,主治医师,主要从事神经与腹部影像诊断, E-mail: SeavinLiu@163.com

通信作者: 钟京谕,医学博士,主治医师, E-mail: wal\_zjy@163.com

收稿日期: 初稿 2026-03-27; 修回 2026-06-06

Supported by the Decision Making Consulting Project of China Hospital Development Research Institute, Shanghai Jiao Tong University for 2026 (First Batch) (CHD1-2026-2-083), National Natural Science Foundation of China (82302183, 82471935, 82271934), Project of Shanghai Municipal Health Commission (20244Y0214), Shanghai Changning District Health Commission Project (20254Y011), and Shanghai Jiao Tong University School of Medicine Affiliated Tongren Hospital Project (TRKYRC-XX202204, TR2024RC16)

First author: LIU Xianwei (male) was born in February 1989, obtained a master's degree in imaging medicine and nuclear medicine from Shanghai Jiao Tong University School of Medicine in June 2018. Now he is an attending physician specializing in neurological and abdominal imaging diagnosis, E-mail: SeavinLiu@163.com

Corresponding author: ZHONG Jingyu, medical doctor, attending physician, Email: wal\_zjy@163.com

Received 27 March 2026; accepted 06 June 2026

## Radiation dose of emergency abdomino-pelvic CT and its relationship with requisition item settings: a dual-center comparative study

LIU Xianwei<sup>1,2,3</sup> CHEN Liwei<sup>1,3</sup> XIONG Mengyun<sup>1,3</sup> ZHANG Debiao<sup>1,3</sup> HU Yangfan<sup>1,3</sup> XING Yue<sup>1,3</sup>  
XU Zhihan<sup>4</sup> SONG Yang<sup>5</sup> ZHANG Huan<sup>6</sup> YAO Weiwu<sup>1,3</sup> ZHONG Jingyu<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>(Department of Imaging, Tongren Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200336, China)

<sup>2</sup>(China Hospital Development Research Institute, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200025, China)

<sup>3</sup>(Shanghai Key Laboratory of Flexible Medical Robotics, Tongren Hospital, Institute of Medical Robotics, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200336, China)

<sup>4</sup>(Diagnostic Imaging, Computed Tomography Collaboration, Siemens Healthineers China, Shanghai 200126, China)

<sup>5</sup>(MR Research Collaboration, Siemens Healthineers China, Shanghai 200126, China)

<sup>6</sup>(Department of Radiology, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China)

**ABSTRACT** This study aims to investigate the radiation dose of emergency abdominal-pelvic CT examinations and explore the relationship between different requisition item settings and radiation dose in two centers. Patients who underwent emergency abdominal-pelvic CT for clinical diagnosis in two centers in August 2025 were retrospectively screened. Ten patients' examination requisition forms and radiation dose sheets were randomly selected daily for evaluation. The requisition items in TR center included upper abdomen, upper-abdomen plus lower abdomen, lower-abdomen plus pelvis, and upper-abdomen plus lower-abdomen plus pelvis. The requisition items in RJ center included upper-abdomen plus lower abdomen, and upper-abdomen plus lower-abdomen plus pelvis. One radiologist retrieved the automatically calculated volume CT dose index ( $CTDI_{vol}$ ) and dose-length product (DLP) from the scanning workstation, and calculated the size-specific dose estimate (SSDE) and effective dose (ED) based on effective diameter. Radiation doses were compared between different centers and requisition-form items. A total of 295 patients in TR center and 302 patients in RJ center were enrolled. The median age was 47.0 years and 48.0 years, respectively, with males accounting for 48.5% and 56.0%, respectively. Significant differences in  $CTDI_{vol}$ , DLP, SSDE, and ED were observed among groups with different abdominal CT scan ranges (all  $p < 0.05$ ), and these metrics increased gradually as the scan range expanded. The scanning protocols involving the pelvic cavity yielded markedly higher dose levels. The DLP and ED values were the highest in the upper-abdomen-plus-lower-abdomen-plus-pelvis group; the  $CTDI_{vol}$  and SSDE reached peak values in the lower-abdomen-plus-pelvis group, whereas the upper-abdomen-only group presented the lowest values for all dose indicators. In TR center, diagnostic reports recommended extended scan ranges in only 4 examinations. More detailed requisition-item settings enable clinicians to flexibly choose more targeted scan ranges for emergency abdominal-pelvic CT, so as to reduce unnecessary patient radiation exposure.

**KEYWORDS** X-ray computed tomography, Emergency medicine, Radiation dose, Quality improvement

**CLC** R445.3

CT检查能为急诊患者的处理提供影像学依据,对于明确诊断和治疗决策具有重要价值<sup>[1-2]</sup>。随着CT检查可及性的不断提高,急诊CT检查的数量也在持续增加<sup>[3]</sup>。然而,急诊CT检查在提供诊疗重要信息的同时,也可能会带来不可忽视的辐射暴露和潜在风险<sup>[4-7]</sup>。在选择是否开展CT检查以及选择何种CT检查时,需要权衡CT检查相关的辐射暴露以及潜在的临床获益,从而最大化患

者接受CT检查的价值,实现安全、合理、高效的紧急诊疗决策目标<sup>[1-2]</sup>。针对CT检查剂量调查的研究提示患者的体型、年龄、检查部位、CT扫描仪器的使用年限、CT检查所采用的扫描和重建技术等均与患者的辐射暴露水平有关<sup>[8-12]</sup>,其中腹部CT检查的辐射剂量仍有一定的优化空间<sup>[12-13]</sup>。然而,上述研究多侧重于扫描技术层面,而对于更上游的急诊CT申请流程——尤其是申请单条目设

置对辐射剂量的影响关注相对不足。目前国内许多医院的急诊影像开单系统采用较为粗放的设计，常见如“腹部CT”、“腹盆部CT”或“全腹部+盆腔CT”等高度概括的条目，临床医生在面对急腹症等复杂情境时，往往倾向于选择覆盖范围最广的条目（即“大水漫灌”式扫描），以避免因扫描范围不足而漏诊。此外，临床开具的不适宜的CT检查可能也会带来不必要的辐射暴露，其中在急诊环境下的检查和腹盆部CT检查尤为突出<sup>[14]</sup>。这种应付式开单策略显著增加了不必要的辐射暴露，也使影像科室难以从源头对扫描范围进行精细化管理。因此，合理选择CT检查的扫描范围可以在一定程度上避免不必要的辐射暴露，减少患者的辐射负担，实现影像检查资源的优化配置。

值得注意的是，不同医疗中心的申请单条目设计、扫描协议、硬件配置（如CT型号、kVp、mAs、螺距、准直、重建算法等）可能存在较大差异。通过双中心对比，可以更清晰地识别出申请单条目设置对辐射剂量的独立影响，同时控制不同中心间患者特征、扫描习惯等混杂因素，从而为制定普适性更强的优化策略提供依据。当前国内鲜有研究从申请单条目的精细化设置角度探讨急诊腹盆部CT的剂量优化问题，更缺乏基于双中心真实世界数据的对比分析。

因此，本研究旨在调查急诊腹盆部CT检查的辐射剂量，探索两家中心不同申请单条目设置与辐射剂量的关系，为急诊腹盆部CT检查条目的合理设置提供依据，推动从“被动的大范围扫描”向“主动的精准扫描”转变。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究对象

本研究已取得上海市同仁医院伦理委员会批准（K2024-083-01）；患者的知情同意被免除。本研究回顾性筛选了2025年8月1日至2025年8月31日在两个中心（中心TR：上海交通大学医学院附属同仁医院；中心RJ：上海交通大学医学院附属瑞金医院）因临床需要而接受腹盆部CT平扫检查的患者（中心TR：uCT 530或uCT 760，联影医疗；中心RJ：uCT 768，联影医疗或Incisive CT，飞利浦医疗）。采用真随机数法每天抽取10名患者的检查申请单和辐射剂量表进行评估，两个中心各抽取患者310例。将抽样样本与当月全部急诊腹

盆部CT检查在申请条目类型、检查时段、性别、年龄组上的分布进行卡方拟合优度检验。结果显示，所有比较的 $p$ 值均 $>0.05$ ，表明样本构成与总体一致。纳入标准：（1）2025年8月1日至8月31日在中心TR、中心RJ因急诊临床诊断需求，接受腹盆部CT平扫的成年患者。（2）检查申请单、辐射剂量记录、CT图像资料完整、准确、无缺失，可满足辐射剂量评估。（3）年龄 $\geq 18$ 岁，无因图像质量、信息错误等导致无法纳入分析的情况。（4）按每日随机抽样方法纳入，申请单部位条目符合两中心预设选项，可进行分组对比。排除标准：（1）年龄 $< 18$ 岁（ $n=10$ ； $n=8$ ）；（2）申请单条目数量不足10例（ $n=3$ ； $n=0$ ）；（3）信息缺失或错误（ $n=2$ ； $n=0$ ）；（4）图像质量无法满足辐射剂量评估（ $n=0$ ； $n=0$ ）。中心TR的申请单条目的可选部位包括上腹部、上腹部+下腹部、下腹部+盆部和上腹部+下腹部+盆部；中心RJ的申请单条目的可选部位包括上腹部+下腹部、上腹部+下腹部+盆部（图1）。最终中心TR和中心RJ分别纳入患者295例和302例。

### 1.2 数据测量与计算

数据采集与测量由1名具有10 a CT诊断经验的放射科主治医师进行。记录扫描工作站自动计算的容积CT剂量指数（Volume CT dose index,  $CTDI_{vol}$ ）和剂量长度乘积（Dose length product, DLP）。 $CTDI_{vol}$ ：代表整个扫描容积内的平均辐射输出强度，反映设备输出水平，与CT扫描参数直接相关。DLP： $CTDI_{vol} \times$ 扫描长度，反映整个检查过程的总辐射暴露，用于评估多次扫描或长范围扫描的累积剂量。根据美国医学物理师学会发布的96号、204号、220号和246号报告[15-18]，在图像上选择扫描容积范围内最中间层面的CT图像进行数据测量，选取感兴趣区（Region of interest, ROI）尽量覆盖患者横断面，记录ROI的平均CT值（ $CT_{ROI}$ ）和面积（ $A_{ROI}$ ），测量示例（图2）。 $CT_{ROI}$ ：反映组织对X射线的衰减特性，用于计算水等效直径（ $d_w$ ）， $A_{ROI}$ ：用于确定患者体型大小。另外，1名具有7 a CT诊断经验的放射科主治医师随机抽取了50名患者重复了测量，用于评估测量结果的一致性。计算 $d_w$ 、相应的转换因子（Conversion factor，以 $f$ 表示）和估计体型特异性剂量估算值（Size specific dose estimate, SSDE），见公式（1）~（3）。 $d_w$ ：定量描述患者体型，计算

体型特异性剂量估算值 (SSDE) 的关键参数。  $f$ : 转换因子, 将通用模体剂量 ( $CTDI_{vol}$ ) 转换为患者个体化剂量 (SSDE)。SSDE:  $CTDI_{vol} \times f$ , 用于不同体型患者间的剂量比较, 或评价同一患者在不同检查中的实际吸收剂量, 更真实地反映患者接受的辐射风险。其中公式 (2) 中的  $a=3.704\ 569$ 、 $b=0.0367\ 193\ 7$ 。选择腹部扫描的有效剂量转换系数  $k=0.015\ mSv/(mGy \cdot cm)$ , 计算有效剂量 (Effective dose, ED), 见公式 (4)。ED:  $DLP \times k$ ,

将DLP转换为全身均匀照射当量 (单位: mSv), 用于评估随机效应风险。

$$d_w = \sqrt{\left( \frac{CT_{ROI}}{1\ 000} + 1 \right) \times \frac{A_{ROI}}{\pi}} \quad (1)$$

$$f = a \times \exp(-b \times d_w) \quad (2)$$

$$SSDE = f \times CTDI_{vol} \quad (3)$$

$$ED \approx k \times DLP \quad (4)$$

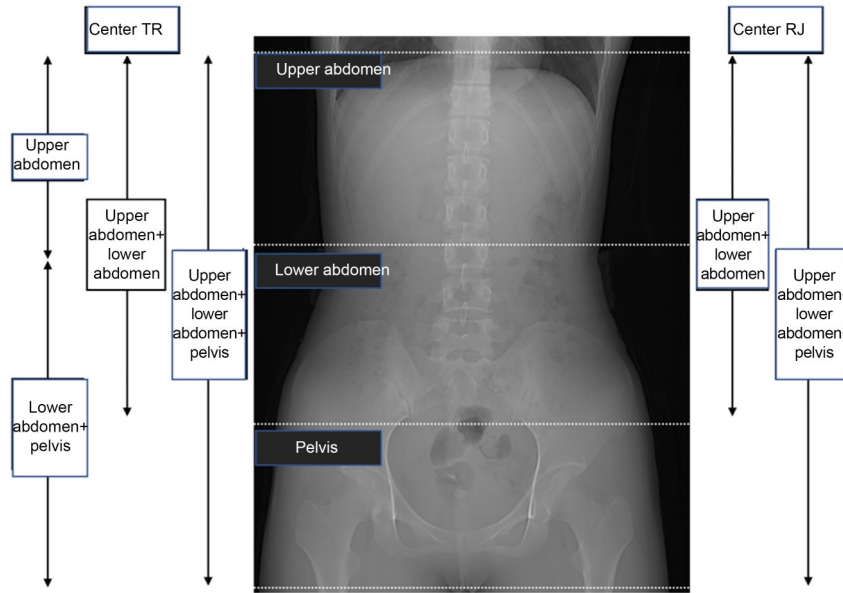


图1 扫描范围示意图(上腹部的扫描范围包括膈顶至肝脾下缘;下腹部的扫描范围包括双肾上极点至两侧髂前上棘;盆部的扫描范围包括两侧髂前上棘至盆底)

**Fig.1** Schematic diagram of scanning range (The scanning range of the upper abdomen includes the diaphragm top to the lower edge of the liver and spleen; The scanning range of the lower abdomen includes the upper poles of both kidneys to the anterior superior iliac spines on both sides; The scanning range of the pelvic region includes the anterior superior iliac spines on both sides to the pelvic floor)

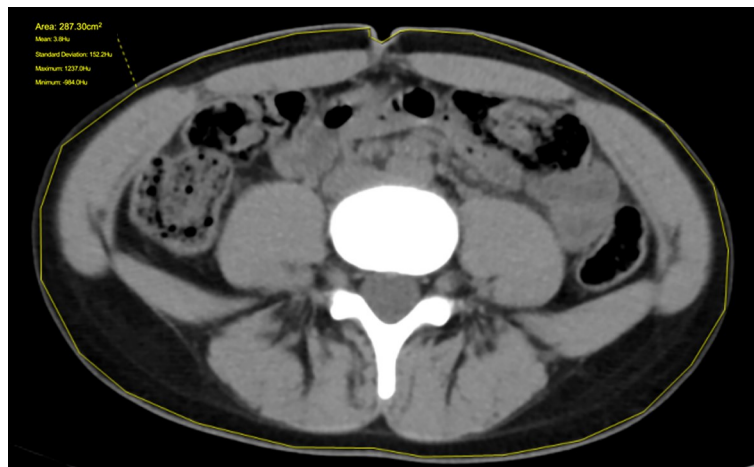


图2 测量方法示意图(女性,21岁,因“腹痛1 a”接受腹盆部CT扫描。测量时在扫描容积范围内最中间层面的CT图像进行数据测量。感兴趣区(region of interest,ROI)选取尽量覆盖患者横断面,获得ROI的平均CT值( $CT_{ROI}$ )和面积( $A_{ROI}$ ))

**Fig.2** Schematic diagram of measurement method (Female, 21 years old, underwent abdominal and pelvic CT scan due to "abdominal pain for 1 day". During measurement, data is measured on the CT image of the middle layer within the scanning volume range. Select the region of interest (ROI) to cover the patient's cross-section as much as possible, and obtain the average CT value ( $CT_{ROI}$ ) and area ( $A_{ROI}$ ) of the ROI)

### 1.3 统计学方法

本研究使用 R 语言 4.5.1 版在 RStudio 软件 1.4.1106 版进行统计分析。计量变量以平均值 $\pm$ 标准差，或中位数（四分位数）表示，采用组内相关系数（Intraclass correlation coefficient, ICC）评估评价者间一致性。ICC<0.50 为一致性差；0.50~0.75 为一致性适中；0.75~0.90 为一致性良好； $\geq 0.90$  为一致性优秀。组间比较采用独立样本  $t$  检验或 Wilcoxon 秩和检验。计数变量以百分比（例数）表示，组间比较采用卡方检验或 Fisher 精确概率检验。检验水准设定为  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果与讨论

### 2.1 患者基本情况

中心 TR 和中心 RJ 分别纳入患者 295 例和 302 例（表 1）。两个中心的患者年龄（ $p=0.373$ ）、性别（ $p=0.067$ ）差异无统计学意义；两个中心的检查科室、检查部位差异具有统计学意义（ $p<0.001$ ）。

### 2.2 基准扫描参数

中心 TR 和中心 RJ 急诊腹盆部 CT 平扫基准扫描参数（表 2）。两个中心的腹盆部 CT 平扫基准扫描参数差异具有统计学意义（ $p<0.01$ ）。

表 1 患者基本情况  
Table 1 Basic condition of patients

| 变量<br>Variable                                       | 总数 ( $n = 597$ )<br>Total | 中心 TR ( $n = 295$ )<br>Center TR | 中心 RJ ( $n = 302$ )<br>Center RJ | Statistic<br>统计 | $p$ value<br>$p$ 值 |
|------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|
| 年龄/岁<br>Age/year                                     | 48.00<br>(33.00, 67.00)   | 47.00<br>(33.00, 68.00)          | 48.00<br>(33.00, 67.00)          | $Z=-0.89$       | 0.373              |
| 机型, $n / \%$<br>Type, $n$                            |                           |                                  |                                  | —               | <0.001             |
| Philips Incisive CT                                  | 21 (3.52)                 | 0 (0.00)                         | 21 (6.95)                        |                 |                    |
| uCT530                                               | 9 (1.51)                  | 9 (3.05)                         | 0 (0.00)                         |                 |                    |
| uCT760                                               | 286 (47.91)               | 286 (96.95)                      | 0 (0.00)                         |                 |                    |
| uCT768                                               | 281 (47.07)               | 0 (0.00)                         | 281 (93.05)                      |                 |                    |
| 性别, $n / \%$ Gender                                  |                           |                                  |                                  | $\chi^2=3.35$   | 0.067              |
| 女 Female                                             | 312 (52.26)               | 143 (48.47)                      | 169 (55.96)                      |                 |                    |
| 男 Male                                               | 285 (47.74)               | 152 (51.53)                      | 133 (44.04)                      |                 |                    |
| 扫描部位, $n / \%$<br>Scanning location                  |                           |                                  |                                  | $\chi^2=189.53$ | <0.001             |
| 上腹部 Upper abdomen                                    | 16 (2.68)                 | 16 (5.42)                        | 0 (0.00)                         |                 |                    |
| 上腹部+下腹部 Upper abdomen +<br>lower abdomen             | 63 (10.55)                | 24 (8.14)                        | 39 (12.91)                       |                 |                    |
| 上腹部+下腹部+盆腔 Upper<br>abdomen + lower abdomen + pelvic | 393 (65.83)               | 130 (44.07)                      | 263 (87.09)                      |                 |                    |
| 下腹部+盆腔<br>Lower abdomen + pelvic                     | 125 (20.94)               | 125 (42.37)                      | 0 (0.00)                         |                 |                    |
| 科室, $n / \%$<br>Department                           |                           |                                  |                                  | $\chi^2=85.71$  | <0.001             |
| 内科 Internal medicine                                 | 235 (39.36)               | 83 (28.14)                       | 152 (50.33)                      |                 |                    |
| 其他 Other                                             | 22 (3.69)                 | 19 (6.44)                        | 3 (0.99)                         |                 |                    |
| 抢救室 Emergency room                                   | 70 (11.73)                | 14 (4.75)                        | 56 (18.54)                       |                 |                    |
| 外科 Surgery                                           | 270 (45.23)               | 179 (60.68)                      | 91 (30.13)                       |                 |                    |

注：Z, 曼-惠特尼检验； $\chi^2$ , 卡方检验；—, 费希尔精确检验。

Note: Z, mann-Whitney test;  $\chi^2$ , chi-square test; —, fisher's exact test.

表2 急诊腹盆部CT平扫基准扫描参数  
Table 2 Emergency abdominal and pelvic CT reference scan parameters

| Variable<br>变量                                                        | 总数<br>Total (n = 597)      | 中心 TR<br>Center TR (n = 295) | 中心 RJ<br>Center RJ (n = 302) | 统计<br>Statistic | p 值<br>p value |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------|
| 管电压, Kvp                                                              | 120.00<br>(120.00, 120.00) | 120.00<br>(120.00, 120.00)   | 120.00<br>(120.00, 120.00)   | Z=NaN           |                |
| 管电流, mAs, n / %                                                       |                            |                              |                              | -               | <0.001         |
| 120                                                                   | 286 (47.91)                | 286 (96.95)                  | 0 (0.00)                     |                 |                |
| 142                                                                   | 21 (3.52)                  | 0 (0.00)                     | 21 (6.95)                    |                 |                |
| 150                                                                   | 281 (47.07)                | 0 (0.00)                     | 281 (93.05)                  |                 |                |
| 170                                                                   | 9 (1.51)                   | 9 (3.05)                     | 0 (0.00)                     |                 |                |
| 管电流自动调制策略, n / %<br>Automatic modulation strategy for<br>tube current |                            |                              |                              | $\chi^2=21.26$  | <0.001         |
| 自动 Automatic                                                          | 576 (96.48)                | 295 (100.00)                 | 281 (93.05)                  |                 |                |
| CareDose4D                                                            | 21 (3.52)                  | 0 (0.00)                     | 21 (6.95)                    |                 |                |
| 螺距, n / % Pitch, n / %                                                |                            |                              |                              | -               | <0.001         |
| 0.953                                                                 | 21 (3.52)                  | 0 (0.00)                     | 21 (6.95)                    |                 |                |
| 0.987 5                                                               | 567 (94.97)                | 286 (96.95)                  | 281 (93.05)                  |                 |                |
| 1.075                                                                 | 9 (1.51)                   | 9 (3.05)                     | 0 (0.00)                     |                 |                |
| 准直/ mm, n / %<br>Collimation / mm, n / %                              |                            |                              |                              | $\chi^2=7.41$   | 0.006          |
| 22                                                                    | 9 (1.51)                   | 9 (3.05)                     | 0 (0.00)                     |                 |                |
| 40                                                                    | 588 (98.49)                | 286 (96.95)                  | 302 (100.00)                 |                 |                |
| 重建算法, n / %<br>Reconstruction algorithm                               |                            |                              |                              | $\chi^2=21.26$  | <0.001         |
| iDOSE3                                                                | 21 (3.52)                  | 0 (0.00)                     | 21 (6.95)                    |                 |                |
| KARL 3D 4                                                             | 576 (96.48)                | 295 (100.00)                 | 281 (93.05)                  |                 |                |
| 扫描长度 / cm, L<br>Scanning length, L                                    | 51.00<br>(45.00, 53.00)    | 52.00<br>(48.00, 53.00)      | 49.00<br>(43.00, 53.00)      | Z=-4.07         | <0.001         |

注:  $\chi^2$ , 卡方检验; -, 费希尔精确检验; Z, 曼-惠特尼检验。  
Note:  $\chi^2$ , Chi-square test; -, fisher's exact test; Z, mann-whitney test.

2.3 辐射剂量

两名测量者记录 ROI 的平均 CT 值 ( $CT_{ROI}$ ) 和面积 ( $A_{ROI}$ ) 测量的一致性为良好 (ICC 0.754)。

下腹部 + 盆腔组个体差异较大, CTDI 水平显著高于其他三组 (均  $p<0.001$ )。上腹部组显著低于下腹部 + 盆腔组 ( $p<0.001$ ), 与上腹部 + 下腹部组存在统计学差异 ( $p=0.021$ )。上腹部 + 下腹部组 CTDI 水平高于单纯上腹部组 ( $p=0.021$ ), 显著低于下腹部 + 盆腔组 ( $p<0.001$ )。上腹部 + 下腹部 + 盆腔组 CTDI 水平显著高于上腹部组 ( $p<0.001$ ), 与下腹部 + 盆腔组无统计学差异 ( $p=0.009$ ), 与上腹部 + 下腹部组存在显著差异 ( $p=0.005$ )。显示扫描范围的扩展与 CTDI 水平的升高呈明显关联。

上腹部 + 下腹部 + 盆腔组与其余三组相比, 该组 DLP 水平均显著更高 (均  $p<0.001$ )。下腹部 + 盆腔组整体水平显著高于单纯上腹部组与上腹部 + 下腹部组 (均  $p<0.001$ ), 与上腹部 + 下腹部 + 盆腔组的差异具有统计学意义 ( $p<0.001$ )。上腹部 + 下腹部组整体水平高于单纯上腹部组 ( $p=0.008$ ), 显著低于下腹部 + 盆腔组与上腹部 + 下腹部 + 盆腔组 ( $p<0.001$ 、 $p<0.001$ )。上腹部组与下腹部 + 盆腔组、上腹部 + 下腹部组及全腹 + 盆腔组相比, 差异均具有统计学意义 ( $p<0.001$ 、 $p=0.008$ 、 $p<0.001$ )。表明扫描范围的扩展与 DLP 水平的升高呈显著正相关, 全腹 + 盆腔扫描的 DLP 水平最高, 提示扫描覆盖范围的扩大是导致患者

辐射剂量显著增加的关键因素。

下腹部+盆腔组与其余三组相比，该组SSDE水平均显著更高（均 $p<0.001$ ）。上腹部组与下腹部+盆腔组、上腹部+下腹部组及全腹+盆腔组相比，差异均具有统计学意义（ $p<0.001$ 、 $p=0.038$ 、 $p=0.007$ ）。上腹部+下腹部组整体水平高于单纯上腹部组（ $p=0.038$ ），显著低于下腹部+盆腔组（ $p<0.001$ ），与全腹+盆腔组的差异接近统计学显著性水平（ $p=0.005$ ）。上腹部+下腹部+盆腔组与上腹部组相比差异显著（ $p=0.007$ ），与上腹部+下腹部组的差异具有统计学意义（ $p=0.005$ ），同时显著低于下腹部+盆腔组（ $p<0.001$ ）。随着扫描范围的扩大，校正体型因素后的患者实际辐射剂量水平越高，同时提示盆腔段扫描是影响体型特异性辐射剂量的关键因素之一。

上腹部+下腹部+盆腔组与其余三组相比，

该组ED水平均显著更高（均 $p<0.001$ ）。下腹部+盆腔组整体水平显著高于单纯上腹部组与上腹部+下腹部组（均 $p<0.001$ ），与上腹部+下腹部+盆腔组的差异具有统计学意义（ $p<0.001$ ）。上腹部+下腹部组整体水平高于单纯上腹部组（ $p=0.008$ ），显著低于下腹部+盆腔组与上腹部+下腹部+盆腔组（ $p<0.001$ 、 $p<0.001$ ）。上腹部组与下腹部+盆腔组、上腹部+下腹部组及全腹+盆腔组相比，差异均具有统计学意义（ $p<0.001$ 、 $p=0.008$ 、 $p<0.001$ ）。结果显示，扫描范围的扩展与ED水平的升高呈显著正相关，提示扫描覆盖范围的扩大是导致患者有效辐射剂量显著增加的核心因素（表3、图3）。

中心TR进行的检查中，仅有1例上腹部、2例上腹部+下腹部和1例下腹部+盆部检查的诊断报告建议扩大范围检查（图4）。

表3 患者辐射剂量  
Table 3 Radiation dose in patients

| 参数<br>Parameter                                      | 总数<br>Total ( $n = 597$ ) | 上腹部<br>Upper abdomen ( $n = 16$ ) | 上腹部+下腹部<br>Upper abdomen + lower abdomen ( $n = 63$ ) | 上腹部+下腹部+盆腔<br>Upper abdomen + lower abdomen + pelvic ( $n = 393$ ) | 下腹部+盆腔<br>Lower abdomen + pelvic ( $n = 125$ ) | 统计<br>Statistic                  | $p$ 值<br>$p$ value  |
|------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| 容积CT计量指数<br>CTDI / mGy                               | 14.35<br>(13.64, 15.57)   | 12.87<br>(11.52, 13.81)           | 13.87<br>(13.24, 14.91)                               | 14.32<br>(13.82, 15.20)                                            | 15.64<br>(13.85, 16.80)                        | $\chi^2=$<br>40.01 <sup>#</sup>  | <0.001              |
| 剂量长度乘积 DLP<br>/ mGy·cm                               | 732.18 (626.78, 812.97)   | 402.73 (360.59, 468.10)           | 491.07 (439.40, 543.62)                               | 761.28 (699.53, 833.32)                                            | 719.16 (618.28, 831.88)                        | $\chi^2=$<br>188.34 <sup>#</sup> | <0.001              |
| 体型特异性剂量评估<br>SSDE / mGy                              | 33.80 (32.16, 35.25)      | 31.30 (29.02, 32.82)              | 32.89 (31.46, 33.74)                                  | 33.71 (32.20, 34.90)                                               | 36.14 (33.67, 38.05)                           | $\chi^2=$<br>82.01 <sup>#</sup>  | <0.001              |
| 有效剂量 ED / mSv                                        | 10.98 (9.40, 12.19)       | 6.04 (5.41, 7.02)                 | 7.37 (6.59, 8.15)                                     | 11.42 (10.49, 12.50)                                               | 10.79 (9.27, 12.48)                            | $\chi^2=$<br>188.34 <sup>#</sup> | <0.001              |
| 扫描部位, $n / \%$<br>Scanning location, $n$             |                           |                                   |                                                       |                                                                    |                                                | -                                | <0.001 <sup>*</sup> |
| 上腹部<br>Upper abdomen                                 | 16 (2.68)                 | 16 (100.00)                       | 0 (0.00)                                              | 0 (0.00)                                                           | 0 (0.00)                                       |                                  |                     |
| 上腹部+下腹部<br>Upper abdomen + Lower abdomen             | 63 (10.55)                | 0 (0.00)                          | 63 (100.00)                                           | 0 (0.00)                                                           | 0 (0.00)                                       |                                  |                     |
| 上腹部+下腹部+盆腔<br>Upper abdomen + Lower abdomen + Pelvic | 393 (65.83)               | 0 (0.00)                          | 0 (0.00)                                              | 393 (100.00)                                                       | 0 (0.00)                                       |                                  |                     |
| 下腹部+盆腔<br>Lower abdomen + Pelvic                     | 125 (20.94)               | 0 (0.00)                          | 0 (0.00)                                              | 0 (0.00)                                                           | 125 (100.00)                                   |                                  |                     |

注：#，Kruskal-wails 检验；-，费希尔精确检验；\*，模拟 $p$ 值。

Note: #, Kruskal-wails test; -, fisher's exact test; \*, simulated  $p$ -value.

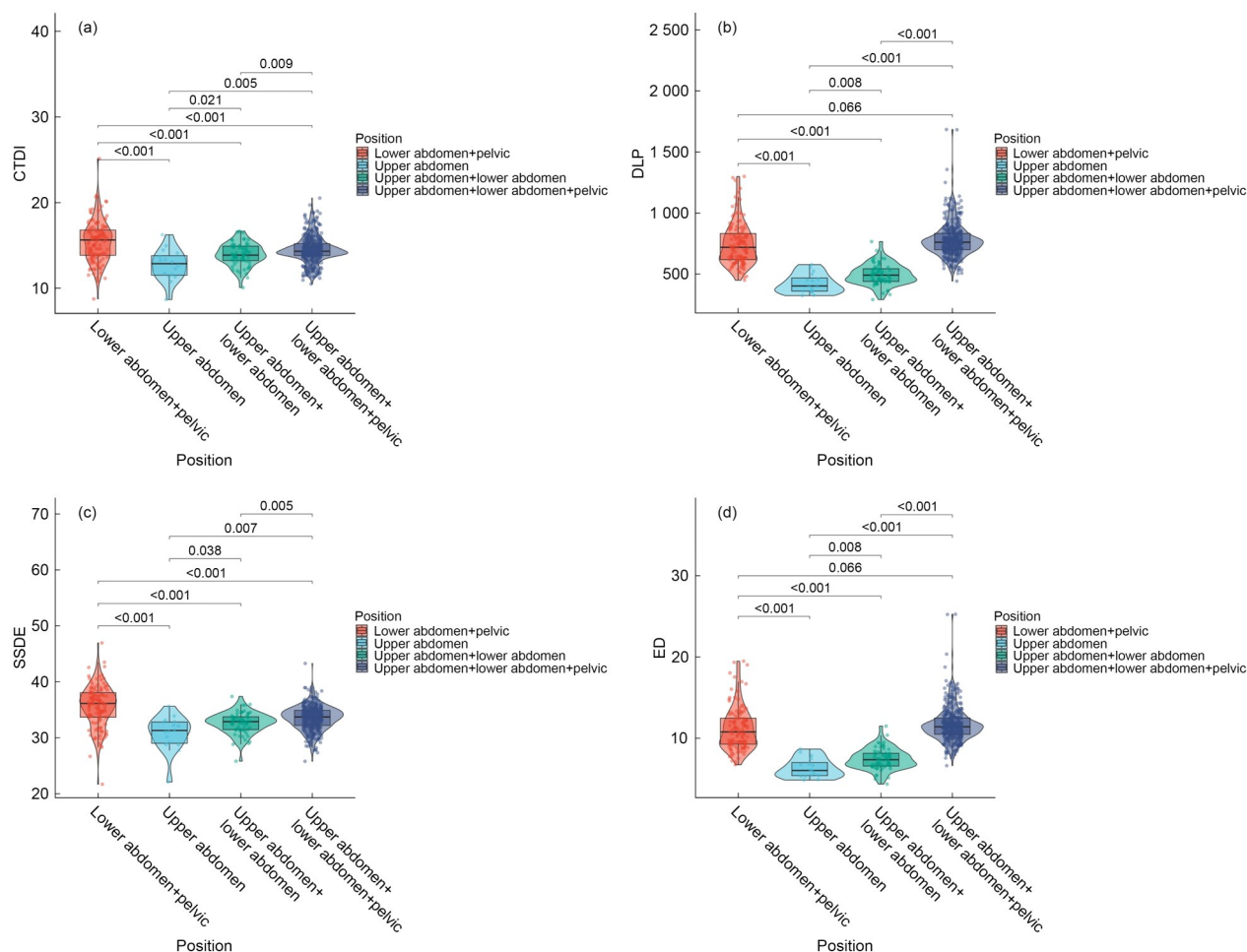


图3 中心TR、中心RJ急诊CT各扫描部位分布特征

Fig.3 Distribution characteristics of emergency CT scan sites in center TR and RJ

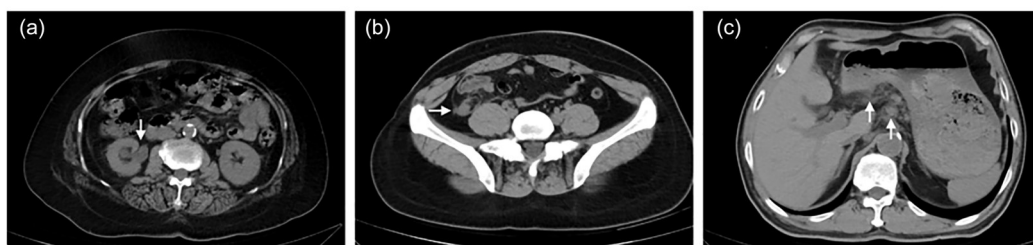


图4 诊断报告建议扩大范围检查的病例:(a)患者A,女性,65岁,因“发热1天”接受上腹部CT检查;发现右侧肾盂输尿管扩张(箭头),建议下腹部+盆部CT检查排查泌尿系结石;后经CT平扫证实为右侧输尿管结石;(b)患者B,女性,36岁,因“右上腹痛2天”接受上腹部+下腹部CT检查;发现疑似阑尾增粗伴回盲部渗出(箭头),建议盆部CT检查完整显示阑尾;后经手术证实为急性阑尾炎;(c)患者C,男性,76岁,因“排尿不畅1天”接受下腹部+盆部CT检查;发现胃壁增厚伴周围淋巴结肿大(箭头),建议上腹部CT检查评估胃部情况;后经内镜证实为胃癌

**Fig.4** Diagnosis report recommends expanding the scope of examination for cases: (a) patient A, female, 65 years old, underwent upper abdominal CT examination due to "fever for 1 day"; discovery of dilatation of the right renal pelvis and ureter (arrow), it is recommended to perform a CT scan of the lower abdomen and pelvic region to investigate urinary tract stones; later, a CT scan confirmed the presence of a right ureteral stone; (b) patient B, female, 36 years old, underwent upper and lower abdominal CT examination due to "right upper abdominal pain for 2 days"; Suspected thickening of the appendix with exudation from the ileocecal area (arrow), it is recommended to perform a pelvic CT scan to fully display the appendix; After surgery, it was confirmed to be acute appendicitis; (c) patient C, male, 76 years old, underwent a CT scan of the lower abdomen and pelvis due to "urinary obstruction for 1 day"; thickening of the stomach wall accompanied by enlargement of surrounding lymph nodes (arrow) is found, and it is recommended to perform upper abdominal CT examination to evaluate the condition of the stomach; Later confirmed by endoscopy as gastric cancer

## 2.4 CT硬件基准参数对辐射剂量的影响

研究事先确定的自变量间的膨胀因子系数均<5，提示自变量间的共线性可以接受。CT硬件标准

参数对辐射剂量的影响线性回归分析结果（表4至表8）。在调整了年龄、性别、检查科室、扫描部位、检查时间的混杂因素后，CT硬件标准参数对辐射剂量的影响差异无统计学意义（ $p$ 均>0.05）。

表4 管电流自动调制策略对辐射剂量的影响  
Table 4 The effect of automatic modulation strategy of tube current on radiation dose

| 剂量参数<br>Dose<br>parameter | 模型1<br>Model 1               | 模型2<br>Model 2               | 模型3<br>Model 3               | 模型4<br>Model 4               | 模型5<br>Model 5               |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| CTDI                      | 1.02(0.81~1.29)<br>$p=0.866$ | 0.98(0.76~1.27)<br>$p=0.892$ | 0.96(0.74~1.24)<br>$p=0.866$ | 1.03(0.77~1.38)<br>$p=0.833$ | 1.02(0.77~1.36)<br>$p=0.892$ |
| DLP                       | 1.00(1.00~1.00)<br>$p=0.847$ | 1.00(1.00~1.00)<br>$p=0.667$ | 1.00(1.00~1.00)<br>$p=0.501$ | 1.00(0.99~1.00)<br>$p=0.057$ | 1.00(0.99~1.00)<br>$p=0.058$ |
| SSDE                      | 1.00(0.85~1.17)<br>$p=0.965$ | 0.98(0.84~1.15)<br>$p=0.835$ | 0.96(0.82~1.13)<br>$p=0.657$ | 1.09(0.88~1.34)<br>$p=0.444$ | 1.08(0.88~1.33)<br>$p=0.470$ |
| ED                        | 0.98(0.83~1.17)<br>$p=0.847$ | 0.96(0.81~1.15)<br>$p=0.667$ | 0.94(0.78~1.13)<br>$p=0.501$ | 0.76(0.57~1.01)<br>$p=0.057$ | 0.76(0.57~1.01)<br>$p=0.058$ |

表5 管电流对辐射剂量的影响  
Table 5 Effect of tube current on radiation dose

| 剂量参数<br>Dose<br>parameter | 模型1<br>Model 1               | 模型2<br>Model 2               | 模型3<br>Model 3               | 模型4<br>Model 4               | 模型5<br>Model 5                |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| CTDI                      | 2.15(1.43~3.24)<br>$p<0.001$ | 2.20(1.42~3.41)<br>$p<0.001$ | 2.50(0.98~6.41)<br>$p=0.056$ | 2.66(0.92~7.69)<br>$p=0.071$ | 4.71(0.81~27.39)<br>$p=0.084$ |
| DLP                       | 1.01(1.01~1.01)<br>$p=0.004$ | 1.01(1.01~1.01)<br>$p=0.005$ | 1.00(1.00~1.01)<br>$p=0.284$ | 1.00(0.99~1.02)<br>$p=0.458$ | 1.01(0.99~1.02)<br>$p=0.472$  |
| SSDE                      | 1.49(1.21~1.82)<br>$p<0.001$ | 1.48(1.20~1.82)<br>$p<0.001$ | 1.52(0.96~2.41)<br>$p=0.076$ | 1.52(0.93~2.50)<br>$p=0.096$ | 1.74(0.89~3.41)<br>$p=0.103$  |
| ED                        | 1.54(1.15~2.06)<br>$p=0.004$ | 1.53(1.14~2.06)<br>$p=0.005$ | 1.24(0.84~1.83)<br>$p=0.284$ | 1.39(0.58~3.30)<br>$p=0.458$ | 1.44(0.54~3.85)<br>$p=0.472$  |

表6 螺距对辐射剂量的影响  
Table 6 Effect of pitch on radiation dose

| 剂量参数<br>Dose<br>parameter | 模型1<br>Model 1               | 模型2<br>Model 2               | 模型3<br>Model 3               | 模型4<br>Model 4               | 模型5<br>Model 5                |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| CTDI                      | 2.15(1.43~3.24)<br>$p<0.001$ | 2.20(1.42~3.41)<br>$p<0.001$ | 2.50(0.98~6.41)<br>$p=0.056$ | 2.66(0.92~7.69)<br>$p=0.071$ | 4.71(0.81~27.39)<br>$p=0.084$ |
| DLP                       | 1.01(1.01~1.01)<br>$p=0.004$ | 1.01(1.01~1.01)<br>$p=0.005$ | 1.00(1.00~1.01)<br>$p=0.284$ | 1.00(0.99~1.02)<br>$p=0.458$ | 1.01(0.99~1.02)<br>$p=0.472$  |
| SSDE                      | 1.49(1.21~1.82)<br>$p<0.001$ | 1.48(1.20~1.82)<br>$p<0.001$ | 1.52(0.96~2.41)<br>$p=0.076$ | 1.52(0.93~2.50)<br>$p=0.096$ | 1.74(0.89~3.41)<br>$p=0.103$  |
| ED                        | 1.54(1.15~2.06)<br>$p=0.004$ | 1.53(1.14~2.06)<br>$p=0.005$ | 1.24(0.84~1.83)<br>$p=0.284$ | 1.39(0.58~3.30)<br>$p=0.458$ | 1.44(0.54~3.85)<br>$p=0.472$  |

表7 准直对辐射剂量的影响  
Table 7 Effects of collimation on radiation dose

| 剂量参数           | 模型 1                                  | 模型 2                                  | 模型 3                                  | 模型 4                                  | 模型 5                                  |
|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Dose parameter | Model 1                               | Model 2                               | Model 3                               | Model 4                               | Model 5                               |
| CTDI           | 0.47 (0.31 ~ 0.70)<br><i>p</i> <0.001 | 0.45 (0.29 ~ 0.70)<br><i>p</i> <0.001 | 0.40 (0.16 ~ 1.02)<br><i>p</i> =0.056 | 0.38 (0.13 ~ 1.09)<br><i>p</i> =0.071 | 0.21 (0.04 ~ 1.23)<br><i>p</i> =0.084 |
| DLP            | 0.99 (0.99 ~ 0.99)<br><i>p</i> =0.004 | 0.99 (0.99 ~ 0.99)<br><i>p</i> =0.005 | 1.00 (0.99 ~ 1.00)<br><i>p</i> =0.284 | 1.00 (0.98 ~ 1.01)<br><i>p</i> =0.458 | 0.99 (0.98 ~ 1.01)<br><i>p</i> =0.472 |
| SSDE           | 0.67 (0.55 ~ 0.83)<br><i>p</i> <0.001 | 0.68 (0.55 ~ 0.83)<br><i>p</i> <0.001 | 0.66 (0.42 ~ 1.04)<br><i>p</i> =0.076 | 0.66 (0.40 ~ 1.08)<br><i>p</i> =0.096 | 0.57 (0.29 ~ 1.12)<br><i>p</i> =0.103 |
| ED             | 0.65 (0.49 ~ 0.87)<br><i>p</i> =0.004 | 0.65 (0.49 ~ 0.88)<br><i>p</i> =0.005 | 0.81 (0.55 ~ 1.19)<br><i>p</i> =0.284 | 0.72 (0.30 ~ 1.71)<br><i>p</i> =0.458 | 0.70 (0.26 ~ 1.87)<br><i>p</i> =0.472 |

表8 重建算法对辐射剂量的影响  
Table 8 Effects of Reconstruction Algorithms on Radiation Dose

| 剂量参数           | 模型 1                                  | 模型 2                                  | 模型 3                                  | 模型 4                                  | 模型 5                                  |
|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Dose parameter | Model 1                               | Model 2                               | Model 3                               | Model 4                               | Model 5                               |
| CTDI           | 0.98 (0.77 ~ 1.24)<br><i>p</i> =0.866 | 1.02 (0.79 ~ 1.32)<br><i>p</i> =0.892 | 1.04 (0.81 ~ 1.35)<br><i>p</i> =0.742 | 0.97 (0.72 ~ 1.30)<br><i>p</i> =0.833 | 0.98 (0.74 ~ 1.31)<br><i>p</i> =0.892 |
| DLP            | 1.00 (1.00 ~ 1.00)<br><i>p</i> =0.847 | 1.00 (1.00 ~ 1.00)<br><i>p</i> =0.667 | 1.00 (1.00 ~ 1.00)<br><i>p</i> =0.501 | 1.00 (0.99 ~ 1.01)<br><i>p</i> =0.057 | 1.00 (1.00 ~ 1.01)<br><i>p</i> =0.058 |
| SSDE           | 1.00 (0.86 ~ 1.17)<br><i>p</i> =0.965 | 1.02 (0.87 ~ 1.19)<br><i>p</i> =0.835 | 1.04 (0.88 ~ 1.22)<br><i>p</i> =0.657 | 0.92 (0.75 ~ 1.14)<br><i>p</i> =0.444 | 0.93 (0.75 ~ 1.14)<br><i>p</i> =0.470 |
| ED             | 1.02 (0.86 ~ 1.20)<br><i>p</i> =0.847 | 1.04 (0.87 ~ 1.24)<br><i>p</i> =0.667 | 1.07 (0.88 ~ 1.28)<br><i>p</i> =0.501 | 1.32 (0.99 ~ 1.76)<br><i>p</i> =0.057 | 1.32 (0.99 ~ 1.75)<br><i>p</i> =0.058 |

注：模型 1，未进行调整；模型 2，调整年龄、性别；模型 3，调整年龄、性别、检查科室；模型 4，调整年龄、性别、检查科室、扫描部位；模型 5，调整年龄、性别、检查科室、扫描部位、检查时间。  
Note: Model 1, no adjustments; Model 2, adjust age and gender; Model 3, adjust age, gender, and department; Model 4, adjust age, gender, department, and scanning location; Model 5, adjust age, gender, department, scanning location, time.

2.5 讨论

本研究显示，通过细化申请单条目，临床医师可依据患者具体情况灵活选择急诊腹盆部CT的扫描范围，从而有效减少不必要的辐射暴露。较小范围的扫描通常不会造成病灶覆盖不全，但不清楚是否会引起重大漏诊。

随着CT检查可及性的不断提高，合理使用CT检查实现潜在诊断获益和辐射暴露的平衡愈发重要<sup>[1-2]</sup>。CT检查在急诊环境下能够快速准确地诊断和鉴别诊断各种急腹症，指导腹盆部疼痛等急诊常见症状的后续处理。然而，在缺乏适当指征的情况下滥用急诊CT检查则有可能造成额外的辐射暴露，对于急诊的后续处理也不能提供有效的信息<sup>[19-20]</sup>。本研究发现与仅提供上腹部+下腹部+盆部或上腹部+下腹部的申请单条目相比，提供更

为细致的申请单条目可以使临床医师有机会选择更为精准的扫描范围，减少患者的辐射暴露。同时，对于扩大范围进行再扫描的需求很低。提供更为细致的申请单条目可能是进一步减少CT检查辐射剂量的潜在方法之一。既往针对辐射剂量的研究主要用于监测CT检查的辐射剂量水平，从而能够在保障图像质量不影响诊断的前提下，充分挖掘技术进步的潜力，实现辐射剂量的不断降低<sup>[8-12]</sup>。其中，腹部CT扫描能够挖掘的潜力较多，部分区域的辐射剂量较高<sup>[12]</sup>，采用新的扫描技术可以有效降低其辐射剂量<sup>[13]</sup>。本研究则通过减少不必要的扫描范围覆盖从检查正当性的角度，提示适当缩小扫描范围能提供进一步降低辐射剂量的可能，为降低急诊腹盆部CT检查的辐射剂量提供了新的机会。

本研究发现缩小检查范围能够使辐射剂量相关的指标  $CTDI_{vol}$ 、DLP、SSDE、ED 全面降低。DLP 和 ED 水平与扫描范围的长度直接相关<sup>[21-22]</sup>，通过精准地选择扫描范围，缩小CT检查覆盖的扫描长度，可以直接降低DLP水平，相应的ED水平也会随之降低。 $CTDI_{vol}$  是多层螺旋CT在整个扫描容积范围内的单位体积所输出的平均辐射剂量，SSDE则进一步引入了患者体型和密度的影响，以期能更准确地反映患者的辐射剂量<sup>[21-22]</sup>。目前大部份CT扫描仪器大多会根据定位像优化扫描过程中的辐射剂量输出水平，更有部分机型会根据患者体型实时调整其辐射剂量输出水平，在保障图像质量的同时实现更为优化的辐射剂量。与上腹部+下腹部+盆部相比，上腹部、上腹部+下腹部和下腹部+盆部的扫描能在一定程度上避开上腹部密度较高的实质器官和肋骨结构或者盆部密度较高的骨盆结构；与上腹部+下腹部相比，上腹部的扫描可以避开部分密度较高的骨盆结构。因此，这一扫描范围的优化能使扫描仪器减少扫描期间的辐射剂量输出水平，即实现  $CTDI_{vol}$  水平的降低。SSDE 水平的降低则证明在考虑患者体型和密度差异后，扫描范围的缩小依然能降低辐射剂量。

细化申请单条目设置，减少患者辐射负担，有赖于临床医师能精准选择扫描范围。临床医师需要在充分获取临床信息并进行缜密临床推理后再选择合理的检查条目，从而让患者以最小的辐射暴露代价实现准确的诊断。然而，目前临床医师对于急诊腹盆部CT检查存在滥用的趋势<sup>[19]</sup>，临床医师倾向于用CT检查替代临床推理和缜密思考<sup>[20]</sup>。盲目地开具无明确指征的低质量腹盆部CT检查申请不仅会造成患者额外的辐射暴露，也无法为放射科医师解读图像提供充足的信息，限制了CT检查的价值<sup>[23]</sup>。未来放射科需要尝试加强临床医师的交流和培训，以期提高临床医师对于CT检查扫描范围的选择意识，提高CT检查申请的质量。然而，由于急诊临床环境的特点所限，临床医师需要在短时间内做出临床处理决策，可能难以仔细评估CT检查申请的指征和扫描范围。引入大语言模型提取临床信息，指导检查选择<sup>[23, 25]</sup>，或许能自动化地提供精准的CT检查方案参考，为降低患者的辐射负担，优化影像检查资源的配置提供新的方法。

两中心  $CTDI_{vol}$  与 DLP 不一致现象主要有 2 个

原因。(1) 解剖边界的理解不同：中心TR倾向于以膈顶和耻骨联合下缘为严格边界；中心RJ则习惯性多覆盖 2~3 cm，例如上界包括部分胸腔，下界达股骨头上缘，以避免因呼吸幅度或患者体型变化导致关键解剖结构被剪裁。(2) 设备预设差异：两中心CT厂家的扫描程序默认起始/结束位置预设值不同。表明DLP并不能单独反映辐射强度，反映出统一扫描范围标准解剖标志的必要性。这种现象对于急诊CT检查具有重要的临床意义和管理意义。

尽管细化申请单条目设置对于减少辐射负担至关重要，但若仅提供更细的解剖部位选项，如“仅上腹部”“仅下腹部”“仅盆腔”，临床医师在急诊高压环境下仍可能因无法快速匹配临床表现而继续选择“全覆盖”条目。因此，本研究基于两家中心的数据和常见急腹症临床特征，尝试提炼出一套与临床表现强关联的、简捷实用的开单推荐路径（表9），旨在帮助一线医师在有限时间内做出更精准的选择。

本研究存在以下局限性：(1) 本研究仅纳入了较短时间段内、数量有限的成年患者，研究结果还需要其他更大规模的研究来验证；儿童青少年对于辐射剂量更为敏感，今后有必要开展针对性的研究；(2) 尽管抽样代表性检验无显著差异，但每日固定抽取10例可能仍然存在时间偏移风险（如某些天特定条目集中出现），因此，未来研究可采用分层随机抽样（按申请条目和时段分层）或连续纳入全部病例以进一步提高代表性；(3) 本研究仅评估了腹盆部CT检查条目设置与辐射剂量之间的关系，研究结果可能无法指导其他检查部位的条目设置。然而，由于头部、胸部等部位通常作为整体进行扫描，因此本研究选取的腹盆部CT检查可能更具有临床意义；(4) 本研究在估算辐射剂量时以扫描容积的中间层面作为代表评估，未能充分考虑不同层面患者身体成分的差异，可能带来一定的估算误差，未来可以设法采用自动化的软件进行评估；(5) 本研究所纳入的急诊患者存在较多无法移除的医疗设备，在辐射剂量评估时可能带来干扰，无法完全准确反映患者的辐射负担；(6) 本研究未对缩小扫描范围的患者进行长期的临床随访，未来需前瞻性研究结合临床最终诊断，进一步证实缩野扫描的绝对安全性。

表9 常见急腹症临床开单路径推荐  
Recommended clinical billing pathways for common acute abdominal diseases

| 临床表现 / 怀疑诊断<br>Clinical manifestations/<br>suspected diagnosis                                                                     | 推荐扫描范围<br>Recommended<br>scanning range                                    | 避免的过度扫描<br>Avoid excessive<br>scanning                                                 | 备注/主要依据<br>Remarks/main basis                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 右上腹痛、墨菲氏征阳性、胆酶升高<br>RUQ abdominal pain, Murphy's sign<br>(+), elevated bile enzymes                                                | 上腹部<br>Upper abdomen                                                       | 下腹部+盆腔<br>Lower abdomen+pelvic                                                         | 疑似胆系疾病、胆囊炎<br>Suspected biliary disease, cholecystitis                                                              |
| 上腹痛、血淀粉酶升高、已知慢性胰腺炎<br>Upper abdominal pain, elevated<br>blood amylase, known chronic<br>pancreatitis                               | 上腹部<br>Upper abdomen                                                       | 下腹部+盆腔<br>Lower abdomen+pelvic                                                         | 疑似急性/慢性胰腺炎<br>Suspected acute/chronic pancreatitis                                                                  |
| 右下腹痛、反跳痛、疑似阑尾炎<br>RLQ abdominal pain, rebound pain,<br>suspected appendicitis                                                      | 下腹部+盆腔(含<br>阑尾区域)<br>Lower abdomen+<br>pelvic (including<br>appendix area) | 上腹部<br>Upper abdomen                                                                   | 需涵盖回盲部及阑尾<br>Included the ileocecal area and appendix                                                               |
| 左下腹痛、便秘、老年患者<br>LLQ abdominal pain, constipation,<br>elderly patients                                                              | 下腹部+盆腔<br>Lower abdomen+<br>pelvic                                         | 上腹部<br>Upper abdomen                                                                   | 可疑憩室炎、结直肠病变<br>Suspected diverticulitis and colorectal<br>lesions                                                   |
| 弥漫性腹痛、无明确压痛点、发热<br>Diffuse abdominal pain, no clear tender<br>point, fever                                                         | 上腹部+下腹部+<br>盆腔<br>Upper abdo-<br>men+lower abdo-<br>men+pelvic             | —                                                                                      | 可考虑平扫或增强,视病情<br>Consider plain scan or enhanced scan,<br>depending on the condition                                 |
| 肉眼血尿、肾绞痛、疑似泌尿系结石<br>Gross hematuria, renal colic, suspected<br>urinary tract stones                                                | 下腹部+盆腔(平<br>扫)<br>Lower abdomen+<br>pelvic                                 | 上腹部(除非有上腹症<br>状)<br>Upper abdomen (un-<br>less there are symptoms<br>of upper abdomen) | 平扫即可,无需增强<br>Flat scan is sufficient, no need for<br>enhancement                                                    |
| 明确外伤后腹痛(车祸、高处坠落)<br>Clear abdominal pain after trauma<br>(car accident, falling from a height)                                     | 上腹部+下腹部+<br>盆腔<br>Upper abdo-<br>men+lower abdo-<br>men+pelvic             | —                                                                                      | 根据外伤机制可适当限缩<br>According to the mechanism of trauma,<br>the scope can be appropriately limited<br>and narrowed down |
| 下腹痛、盆腔痛、疑似妇科急症(育龄<br>女性)<br>Lower abdominal pain, pelvic<br>pain, suspected gynecological<br>emergency (women of childbearing age) | 下腹部+盆腔<br>Lower abdomen+<br>pelvic                                         | 上腹部<br>Upper abdomen                                                                   | 注意结合β-HCG等检查<br>Pay attention to combining β - HCG and<br>other examinations                                        |

3 结论

设置更细致的申请单条目，可为临床医师根据患者情况灵活选择急诊腹盆部CT扫描范围提供依据，有助于减少不必要的辐射暴露。未来需前瞻性研究结合长期临床随访，进一步评估缩野扫描的绝对安全性，明确给予临床医师更多扫描范围选择自由度是否可能增加漏诊风险。

作者贡献声明 刘现伟负责论文构思、形式分析、方法论、调查研究、可视化呈现及论文整体修改；

陈黎伟、熊梦云、张德彪、胡扬帆、星月、许芷菡贡献相同；宋阳参与论文构思、形式分析、方法论、调查研究；张欢、姚伟武贡献相同；钟京谕负责论文构思、形式分析、方法论、调查研究、可视化呈现、写作初稿、写作审核与编辑、获取资助。所有作者均已阅读并认可该论文最终版的所有内容。

参考文献

1 Musey P I, Bellolio F, Upadhye S, et al. Guidelines for

- reasonable and appropriate care in the emergency department (GRACE): recurrent, low-risk chest pain in the emergency department[J]. *Academic Emergency Medicine*, 2021, **28**(7): 718-744. DOI: 10.1111/acem.14296.
- 2 Broder J S, Oliveira J E S, Bellolio F, *et al.* Guidelines for reasonable and appropriate care in the emergency department 2 (GRACE-2): low-risk, recurrent abdominal pain in the emergency department[J]. *Academic Emergency Medicine*, 2022, **29**(5):526-560. DOI:10.1111/acem.14495.
- 3 Wu R R, Adjei-Poku M N, Kelz R R, *et al.* Trends in visits, imaging, and diagnosis for emergency department abdominal pain presentations in the United States, 2007–2019[J]. *Academic Emergency Medicine*, 2025, **32**(1): 20-31. DOI: 10.1111/acem.15017.
- 4 Mahesh M, Ansari A J, Mettler F A. Patient exposure from radiologic and nuclear medicine procedures in the United States and worldwide: 2009–2018[J]. *Radiology*, 2023, **307**: e221263. DOI: 10.1148/radiol.221263.
- 5 Bosch de Basea M, Thierry-Chef I, Harbron R, *et al.* Risk of hematological malignancies from CT radiation exposure in children, adolescents and young adults[J]. *Nature Medicine*, 2023, **29**(12): 3111-3119. DOI: 10.1038/s41591-023-02620-0.
- 6 Hauptmann M, Byrnes G, Cardis E, *et al.* Brain cancer after radiation exposure from CT examinations of children and young adults: results from the EPI-CT cohort study[J]. *The Lancet Oncology*, 2023, **24**(1): 45-53. DOI: 10.1016/S1470-2045(22)00655-6.
- 7 Hauptmann M, Daniels R D, Cardis E, *et al.* Epidemiological studies of low-dose ionizing radiation and cancer: summary bias assessment and meta-analysis [J]. *JNCI Monographs*, 2020, **2020**(56): 188-200. DOI: 10.1093/jncimonographs/lgaa010.
- 8 冯伦伦, 杨楠, 高望, 等. 儿童腹部CT平扫中器官剂量及其与体型相关性分析[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2025, **23**(12): 176-179. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2025.12.049.
- FENG Lunlun, YANG Nan, GAO Wang, *et al.* Analyzing the organ dose in children's abdominal computed tomography scan and its correlation with body size[J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2025, **23**(12): 176-179. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2025.12.049.
- 9 袁肖娜, 郭文涛, 邱海静, 等. 不同体型特异性剂量评估在估算颞骨CT辐射剂量中的差异[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2025, **23**(5): 40-42. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2025.05.012.
- YUAN Xiaona, GUO Wentao, QIU Haijing, *et al.* Comparison of different types of size-specific dose estimates in estimating radiation dose in adult temporal bone CT scan[J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2025, **23**(5): 40-42. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2025.05.012.
- 10 杨景勇, 邓小飞, 郝艳, 等. 能谱纯化超低剂量胸部CT扫描在儿童检查中的辐射剂量与图像质量研究[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2025, **23**(4): 112-114. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2025.04.032.
- YANG Jingyong, DENG Xiaofei, XI Yan, *et al.* Image quality and radiation dose of spectral shaping ultra-low dose chest CT scanning in pediatric patients[J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2025, **23**(4): 112-114. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2025.04.032.
- 11 滕雅琴, 姚亮, 于集红, 等. Force CT大螺距Turbo Flash与回顾性心电门控扫描模式在冠状动脉成像图像质量及辐射剂量比较的研究[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2024, **22**(7): 96-98. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2024.07.030.
- TENG Yaqin, YAO Liang, YU Jihong, *et al.* Comparison of image quality and radiation dose between CT high-pitch turbo flash and retrospective electrocardiogram scanning mode in coronary artery imaging[J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2024, **22**(7): 96-98. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2024.07.030.
- 12 张斌, 杜静波, 张博洋, 等. 成年人CT检查辐射剂量及其典型值调查与分析[J]. *CT理论与应用研究(中英文)*, 2025, **34**(3): 339-344.
- ZHANG Bin, DU Jingbo, ZHANG Boyang, *et al.* Investigation and analysis of radiation dose and typical values in adult computed tomography examinations[J]. *Computerized Tomography Theory and Applications*, 2025, **34**(3): 339-344.
- 13 胡扬帆, 星月, 许芷菡, 等. 上腹部CT增强检查方案优化: 同一患者单双源扫描的图像质量及辐射剂量的对比研究[J]. *CT理论与应用研究*, 2026, **35**(2): 282-293. DOI: 10.15953/j.ctta.2025.274.
- HU Yangfan, XING Yue, XU Zhihan, *et al.* Protocol optimization for upper abdominal contrast-enhanced CT examination: an intra-individual comparison study on image quality and radiation dose of single-and dual-source scans[J]. *Computerized Tomography Theory and Applications*, 2026, **35**(2): 282-293. DOI: 10.15953/j.ctta.2025.274.
- 14 蔡凯愉, 杜联军, 钟京谕, 等. 急诊腹盆腔CT平扫检查的适用性、申请单质量及辐射暴露: 一项回顾性研究[J].

- OL]. CT 理论与应用研究 .(2026-02-05)[2026-03-27]. DOI:10.15953/j.ctta.2025.377.
- CAI Kaiyu, DU Lianjun, ZHONG Jingyu, *et al.* Appropriateness, requisition quality, and radiation exposure of emergency noncontrast abdomen-pelvis CT referrals: a retrospective study[J/OL]. Computerized Tomography Theory and Applications. (2026-02-05) [2026-03-27]. DOI:10.15953/j.ctta.2025.377.
- 15 American Association of Physicists in Medicine. The measurement, reporting, and management of radiation dose in CT: report of AAPM Task Group 23, AAPM Report No. 96[R/OL]. College Park: American Association of Physicists in Medicine, 2008. (2008-01-01) [2026-03-27]. [https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT\\_96.pdf](https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_96.pdf).
  - 16 American Association of Physicists in Medicine. Size-specific dose estimates (SSDE) in pediatric and adult body CT examinations: report of AAPM Task Group 204, AAPM Report No. 204[R/OL]. College Park: American Association of Physicists in Medicine, 2011. [2026-03-27]. [https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT\\_204.pdf](https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_204.pdf).
  - 17 American Association of Physicists in Medicine. Use of water equivalent diameter for calculating patient size and size-specific dose estimates (SSDE) in CT: report of AAPM Task Group 220, AAPM Report No. 220[R/OL]. College Park: American Association of Physicists in Medicine, 2014. (2014-09-01)[2026-03-27]. [https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT\\_220.pdf](https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_220.pdf).
  - 18 American Association of Physicists in Medicine. Estimating patient organ dose with computed tomography: a review of present methodology, a joint report of AAPM Task Group 246 and the European Federation of Organizations for Medical Physics (EFOMP), AAPM Report No. 246[R/OL]. Alexandria: American Association of Physicists in Medicine, 2019. (2019-08-01) [2026-03-27]. [https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT\\_246.pdf](https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_246.pdf).
  - 19 Salerno S, Terranova M C, Anzelmo M T, *et al.* Are we overusing abdominal computed tomography scans in young patients referred in an emergency for acute abdominal pain? [J]. Polish Journal of Radiology, 2022, **87**: 187-193. DOI: 10.5114/pjr.2022.115126.
  - 20 Ersoydan S, Yakar D, Kasalak Ö, *et al.* Did medical doctors who order abdominal CT scans during on-call hours truly become worse at clinical reasoning? Yes, they did[J]. European Radiology, 2023, **33**(2): 1015-1021. DOI: 10.1007/s00330-022-09121-7.
  - 21 中华医学会放射学分会质量管理与安全管理学组. CT 辐射剂量诊断参考水平专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2017, **51**(11): 817-822. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2017.11.001.
  - Chinese Medical Association Radiology Society Quality Management and Security Management Group. Expert consensus on diagnostic reference levels for CT radiation dose[J]. Chinese Journal of Radiology, 2017, **51**(11): 817-822. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2017.11.001.
  - 22 中华医学会儿科学分会影像学组, 中华医学会放射学分会儿科学组. 儿童CT检查辐射剂量标准中国专家共识 [J]. 中华放射学杂志, 2024, **58**(2): 158-164.
  - Radiology Group of Chinese Pediatrics Society of Chinese Medical Association, Pediatrics Group of Chinese Society of Radiology of Chinese Medical Association. Expert consensus on radiation dose of children CT examination[J]. Chinese Journal of Radiology, 2024, **58**(2): 158-164.
  - 23 Liu X W, Xiao Z G, Min Q H, *et al.* Can radiology requisition quality reflect clinical reasoning? Insights from a RI-RADS evaluation of emergency CT referrals [J]. Insights into Imaging, 2025, **16**(1): 219. DOI: 10.1186/s13244-025-02111-5.
  - 24 Saban M, Alon Y, Luxenburg O, *et al.* Comparison of CT referral justification using clinical decision support and large language models in a large European cohort[J]. European Radiology, 2025, **35**(10): 6150-6159. DOI: 10.1007/s00330-025-11608-y.
  - 25 Potočník J, Thomas E, Kearney D, *et al.* Can ChatGPT and Gemini justify brain CT referrals? A comparative study with human experts and a custom prediction model [J]. European Radiology Experimental, 2025, **9**(1): 24. DOI: 10.1186/s41747-025-00569-y.