

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2026.03.008

高分辨率 CT 联合 CT 薄层重建技术对急性阑尾炎的诊断分析

赵楠¹, 刘斐¹, 侯莉莉², 蔚建平³

(1. 河南电力医院 医学影像科, 河南郑州 450000; 2. 郑州人民医院 医学影像科, 河南郑州 450000; 3. 西安市阎良区人民医院 医学影像科, 陕西西安 710000)

【摘要】目的 分析高分辨率计算机断层扫描(high resolution computed tomography, HRCT)联合 CT 薄层重建技术在急性阑尾炎中的临床应用价值。**方法** 选取 2023 年 1 月至 2025 年 1 月河南电力医院收治的 86 例疑似急性阑尾炎患者, 所有患者术前均接受 HRCT 扫描及 CT 薄层重建技术检查, 均符合手术指征并行手术治疗。以术后病理结果为“金标准”, 分析 HRCT 联合 CT 薄层重建技术对急性阑尾炎的检出率、诊断效能及不同病理类型的鉴别诊断价值。**结果** 86 例疑似患者中, 经手术确诊急性阑尾炎 72 例(83.72%)。以手术结果为“金标准”, HRCT、CT 薄层重建单独及联合检出率分别为 84.72%(61/72)、91.67%(66/72)、100%(72/72), 联合检出率高于二者单独检查($\chi^2=11.910, 4.348$, 均 $P<0.05$)。联合诊断的敏感度、准确率、阴性预测值分别为 100%、97.69%、100%, 敏感度高于 HRCT、CT 薄层重建单独检查, 准确率及阴性预测值高于 HRCT 检查($P<0.05$)。联合检查对急性阑尾炎病理类型的鉴别诊断准确率为 95.83%(69/72), 与“金标准”一致性强(Kappa=0.937, $P<0.001$)。**结论** HRCT 联合 CT 薄层重建技术可提高急性阑尾炎的诊断准确率, 与“金标准”高度吻合, 能为临床个体化治疗决策提供可靠影像学依据。

【关键词】 急性阑尾炎; 高分辨率 CT; CT 薄层重建; 诊断效能; 影像学征象**【中图分类号】** R656.8**【文献标志码】** A

文章编号: 1674-1242 (2026) 03-0046-05

Diagnosis and analysis of acute appendicitis using high-resolution CT combined with CT thin-layer reconstruction technology

ZHAO Nan¹, LIU Fei¹, HOU Lili², WEI Jianping³

(1. Department of Medical Imaging, Henan Electric Power Hospital, Zhengzhou 450000, Henan, China;

2. Department of Medical Imaging, People's Hospital of Zhengzhou, Zhengzhou 450000, Henan, China;

3. Department of Medical Imaging, Yanliang District People's Hospital of Xi'an City, Xi'an 710000, Shaanxi, China)

【Abstract】Objective To analyze the clinical application value of high-resolution CT (HRCT) combined with CT thin-layer reconstruction technology in acute appendicitis. **Methods** A total of 86 suspected acute appendicitis patients admitted to the Henan Electric Power Hospital from January 2023 to January 2025 were selected. All patients underwent HRCT scanning and CT thin-layer reconstruction technology examination before surgery, all of whom met the surgical indications and received surgical treatment. The postoperative pathological results as the “gold standard” to analyze the detection rate, diagnostic efficacy, and differential diagnostic value of HRCT combined with CT thin-layer reconstruction technology for acute appendicitis of different pathological types. **Results** Out of 86 suspected patients with acute appendicitis, 72 were diagnosed with acute appendicitis through surgery, accounting for 83.72%. Surgical results were used as “gold standard”, the detection rates of acute appendicitis by HRCT and CT thin-layer reconstruction alone and in combination were 84.72% (61/72), 91.67% (66/72), and 100% (72/72), respectively. The combined detection rate was higher than that of the two examinations alone ($\chi^2=11.910, 4.348$, all $P<0.05$). The sensitivity, accuracy, and negative predictive value of joint diagnosis were 100%, 97.69%, and 100%, respectively. The sensitivity was higher than that of HRCT and CT thin-layer reconstruction alone, and the accuracy and negative predictive value were higher than HRCT examination (all $P<0.05$). The accuracy of joint examination in differentiating the pathological types of acute appendicitis was 95.83% (69/72), which was highly consistent with “gold standard” (Kappa=0.937, $P<0.001$). **Conclusion** HRCT combined with CT thin-layer reconstruction technology can improve the accuracy of the diagnosis of acute appendicitis, which is highly consistent with “gold standard” and provides reliable imaging evidence for individualized

收稿日期: 2026-03-02。

作者简介: 赵楠, 本科, 主治医师, 研究方向: 急性阑尾炎 CT 诊断。E-mail: zn13674920203@163.com。

treatment decisions in clinical practice.

【Key words】Acute appendicitis; High resolution CT; CT thin-layer reconstruction; Diagnostic efficacy; Imaging signs

急性阑尾炎是常见急腹症之一,由于部分患者临床表现不典型,且与右侧输尿管结石、妇科急症、回盲部憩室炎等疾病症状重叠,易造成误诊或漏诊;而延误治疗可导致阑尾穿孔、腹腔脓肿、门静脉炎等严重并发症,甚至危及生命^[1]。因此,寻找一种快速、精准的术前诊断方法对急性阑尾炎的临床诊疗至关重要。影像学检查是急性阑尾炎术前诊断的核心手段,超声检查因操作简便、无创等优势成为首选,但受腹腔积气、脏器蠕动及操作者经验影响,假阴性率较高;磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)诊断准确率较高,但检查耗时较长、费用昂贵,临床应用受限^[2-3]。高分辨率计算机断层扫描(high resolution computed tomography, HRCT)凭借薄层扫描、空间分辨率高、成像速度快的优势,可清晰显示阑尾细微结构及周围组织炎症改变,已成为急性阑尾炎影像学诊断的重要技术;CT薄层重建技术作为后处理技术,可对HRCT原始数据进行多层面、高分辨率重建,弥补常规轴位图像观察角度的局限性,更全面地显示阑尾走行、病变范围及与周围组织的关系^[4-5]。生物医学工程的进展推动了CT扫描设备与后处理技术的不断优化,使薄层重建的图像分辨率和诊断效能进一步提升,为急腹症的精准影像学诊断提供了技术支撑。尽管HRCT与CT薄层重建技术在腹部影像中均有应用,但现有研究多侧重于单一技术的诊断价值,或将薄层重建作为常规CT的辅助观察手段,系统性将HRCT高分辨原始扫描数据与CT薄层重建后处理技术深度联合诊断的研究尚显不足。因此,本研究以术后病理结果为“金标准”,分析HRCT与CT薄层重建联用在急性阑尾炎临床诊断中的意义。

1 资料与方法

1.1 临床资料

本研究为回顾性分析,连续收集2023年1月至2025年1月河南电力医院就诊的疑似急性阑尾炎患者。该期间共收治103例,经纳入和排除标准筛选后,最终纳入86例。其中,男性53例,女性33例;年龄25~59岁,平均 (42.36 ± 7.15) 岁;体重指数(body mass index, BMI) $18.15 \sim 29.76 \text{ kg/m}^2$,平均 $(24.14 \pm 2.81) \text{ kg/m}^2$;发病至入院就诊时间6~36 h,平均

$(23.58 \pm 6.71) \text{ h}$ 。临床表现:转移性右下腹痛72例,持续性右下腹痛14例;伴反跳痛67例,伴发热43例,伴恶心呕吐51例。本研究经河南电力医院伦理委员会批准(批件号:2025041601),符合《赫尔辛基宣言》,因采用回顾性分析,豁免患者知情同意。

1.2 入选标准

纳入标准:①符合《外科学(第9版)》^[6]中急性阑尾炎相关临床症状及体征标准;②符合腹腔镜或开腹阑尾切除术手术指征并签署手术知情同意书;③术前均接受腹部HRCT及CT薄层重建检查;④年龄 ≥ 18 周岁,发病时间 $< 48 \text{ h}$;⑤临床及影像学资料完整。排除标准:①存在其他恶性病变;②有腹部手术与腹部创伤史;③有慢性阑尾炎病史;④伴发其他急腹症(肠梗阻、急性胆囊炎等);⑤合并心、肝、肾等重要脏器功能不全;⑥伴精神疾病或认知障碍,无法配合检查;⑦妊娠期或哺乳期女性。所有患者行HRCT及CT薄层重建的检查指征为:临床疑似急性阑尾炎(如转移性右下腹痛、右下腹固定压痛、反跳痛、发热等);需与其他急腹症(右侧输尿管结石、妇科急症、回盲部憩室炎等)进行鉴别诊断;为手术方案制定提供影像学依据,评估阑尾位置、炎症范围及有无穿孔。

1.3 方法

1.3.1 检查方法

所有患者均于术前接受HRCT扫描及CT薄层重建检查,并接受手术治疗,经手术探查明确最终诊断。具体方法如下。

(1) HRCT扫描:检查设备为飞利浦Brilliance 64排螺旋CT。扫描前嘱患者仰卧,双上肢上举置于头底,在呼吸控制下屏气扫描。扫描区域覆盖膈顶至耻骨联合下缘,扫描参数:管电压120 kV,管电流224 mAs,层厚1.5 mm,矩阵 512×512 ,曝光时间941 ms。将扫描原始数据传输至影像传输与储存系统工作站。

(2) CT薄层重建:将HRCT原始数据行1.5 mm层厚薄层重建,重建后将图像传送至后处理工作站,由2名高年资影像科医师沿阑尾走行进行冠状面、矢状面及曲面重建,以图像质量最佳的重建图像为诊断基础,完成阑尾异常的定位及定性诊断。

1.3.2 评估方法

由 2 名中级职称以上影像科医师采用双盲法独立阅片,观察并记录以下影像学征象:① 阑尾增粗,最宽处直径 $>6\text{ mm}$;② 阑尾管壁增厚,最厚处 $>2\text{ mm}$;③ 阑尾周围炎性渗出、脂肪间隙模糊或炎性肿块形成;④ 阑尾腔内粪石(高密度影);⑤ 腰大肌前缘轮廓不明显/模糊不清;⑥ 腹部或盆腔少量积液,伴右腹肌纤维增厚;⑦ 盲肠管壁为局限性增强。急性阑尾炎影像学诊断标准:满足核心征象(① 阑尾增粗且② 阑尾管壁增厚)的同时,合并至少 1 项次要征象(③~⑦中任意一项),即可诊断为急性阑尾炎。

病理类型的影像学判断标准如下。① 单纯性阑尾炎:阑尾增粗,管壁轻度增厚($\leq 3\text{ mm}$),管壁均匀强化,周围脂肪间隙清晰或仅轻微模糊,无腔外气体或脓肿形成;② 化脓性阑尾炎:阑尾明显增粗(直径 $>10\text{ mm}$),管壁明显增厚($>3\text{ mm}$),管壁不均匀强化或呈“靶征”,周围脂肪间隙明显模糊、伴片絮状渗出,可伴阑尾腔内粪石;③ 坏死性阑尾炎:阑尾壁连续性中断或局部缺损,管壁强化缺失,阑尾周围脓肿形成,可见腔外气体或腹盆腔积液。

若 2 名医师诊断意见存在分歧,先经协商达成一致;协商不一致时,邀请第 3 名高级职称影像科医师会诊,以统一结论为最终诊断。2 名医师阅片结果行 Kappa 一致性检验,一致性良好(Kappa=0.852, $P<0.001$)。联合诊断定义:采用并联法,以 CT 薄层重建多平面图像为主要诊断依据、HRCT 轴位图像为辅助参考,任一方法提示急性阑尾炎阳性即判定为联合诊断阳性。

1.4 观察指标

① 记录术后病理检查结果;② 以术后病理结果为“金标准”,记录 HRCT 轴位、CT 薄层重建单独及二者联合检查对急性阑尾炎的检出结果;③ 计算三种检查方式的敏感度、特异度、准确率、阳性预测值与阴性预测值,并进行统计学分析(以急性阑尾炎为阳性,其他疾病为阴性);④ 分析联合检查对不同病理类型(单纯性、化脓性、坏死性)的鉴别诊断准确率,并评价三种检查方法与“金标准”的一致性。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 25.0 软件进行数据处理。计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用 Kappa 一致性检验评估三种检查方法诊断急性阑尾炎及其类

型与“金标准”的一致性。Kappa 值 >0.80 为一致性较强, $0.60 \sim 0.80$ 为一致性较强, $0.40 \sim <0.60$ 为一致性中等, $0.20 \sim <0.40$ 为一致性一般, <0.20 为一致性较差。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术结果

86 例疑似急性阑尾炎患者均以术后病理结果为“金标准”,最终确诊急性阑尾炎 72 例(83.72%)。病理分型:单纯性阑尾炎 22 例、化脓性阑尾炎 29 例、坏死性阑尾炎 21 例。

2.2 HRCT 轴位及 CT 薄层重建对急性阑尾炎的检出效能

以手术结果为“金标准”,HRCT 单独检查检出 61 例,检出率为 84.72%(61/72);CT 薄层重建单独检查检出 66 例,检出率为 91.67%(66/72);二者联合检查检出 72 例,检出率为 100%。联合检查检出率高于 HRCT 单独检查、CT 薄层重建单独检查($\chi^2=11.910$, $P=0.001$; $\chi^2=4.348$, $P=0.037$)(表 1)。

表 1 HRCT 轴位与 CT 薄层重建单独及联合检查对急性阑尾炎的检出效能(例)

检查方法		“金标准”		总计
		急性阑尾炎	其他	
HRCT 单独	急性阑尾炎	61	2	63
	其他	11	12	23
	合计	72	14	86
CT 薄层重建	急性阑尾炎	66	1	67
	其他	6	13	19
	合计	72	14	86
联合	急性阑尾炎	72	2	74
	其他	0	12	12
	合计	72	14	86

注: HRCT: 高分辨率计算机断层扫描; CT: 计算机断层扫描。

2.3 诊断价值

联合诊断的敏感度高于 HRCT、CT 薄层重建单独检查(均 $P<0.05$),准确率、阴性预测值均高于 HRCT 检查(均 $P<0.05$);三种检查方法的特异度、阳性预测值比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)(表 2)。

2.4 联合检查对不同病理类型急性阑尾炎的鉴别诊断结果

联合检查对 72 例急性阑尾炎病理类型的鉴别诊断准确率为 95.83%(69/72),其鉴别诊断结果与“金标准”一致性较强(Kappa=0.937, $P<0.001$)(表 3)。

表2 HRCT轴位与CT薄层重建单独及联合对急性阑尾炎的效能分析

检查方法	敏感度	特异度	准确率	阳性预测值	阴性预测值	K	P
HRCT常规轴位	84.72% (61/72) [#]	85.71% (12/14)	84.88% (73/86) [#]	96.83% (61/63)	52.17% (12/23) [#]	0.559	<0.001
CT薄层重建	91.67% (66/72) [#]	92.86% (13/14)	91.86% (79/86) [#]	98.51% (66/67)	68.42% (13/19)	0.739	<0.001
联合检查	100.00% (72/72)	85.71% (12/14)	97.69% (84/86)	97.30% (72/74)	100% (12/12)	0.909	<0.001
χ^2	11.620	0.641	9.044	0.599	9.134	-	-
P	0.003	1.000	0.011	0.864	0.010	-	-

注：HRCT：高分辨率计算机断层扫描；CT：计算机断层扫描。与联合检查相比，[#]P<0.05。

表3 联合检查对不同病理类型急性阑尾炎的鉴别诊断结果(例)

联合	金标准			合计
	单纯性阑尾炎	化脓性阑尾炎	坏死性阑尾炎	
单纯性阑尾炎	21	1	0	22
化脓性阑尾炎	1	28	1	30
坏死性阑尾炎	0	0	20	20
合计	22	29	21	72

2.5 HRCT 常规轴位联合 CT 薄层重建诊断急性阑尾炎的成像特征

患者,女性,34岁,转移性右下腹痛5h,影像学表现:腹部CT轴位、冠状位及矢状位多平面重建显

示,阑尾管径增宽,最大管径约10.5mm,管壁轻度增厚;冠状位及矢状位重建示阑尾走行自然,周围脂肪间隙模糊,有渗出性改变,提示阑尾形态学异常(阑尾增宽)(图1)。

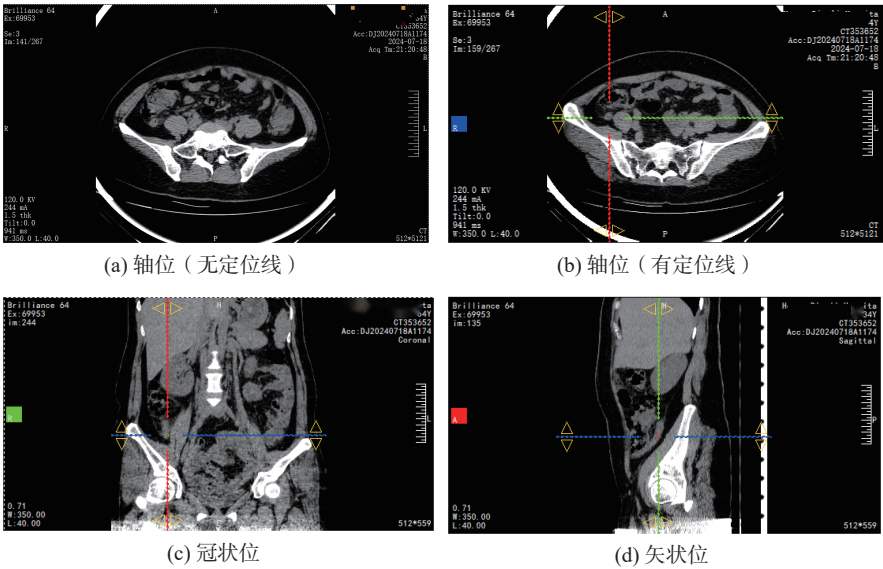


图1 急性阑尾炎患者HRCT轴位及CT薄层重建多平面成像

3 讨论

急性阑尾炎作为普外科发病率最高的急腹症,其临床诊疗的核心痛点在于不典型表现易引发误诊漏诊,而延误治疗可诱发阑尾穿孔、弥漫性腹膜炎、门静脉炎等严重并发症,显著增加患者病死率与医疗负担^[7]。因此,术前快速、精准的影像学诊断不仅是明确病情的关键,更是指导临床选择保守治疗或急诊手术、制定个体化方案的重要依据。

目前,临床常用的超声检查虽具备无创、便捷、

经济的优势,但易受腹腔积气、阑尾位置变异、操作者经验等因素影响,假阴性率较高;MRI诊断准确率虽高,但耗时长、费用昂贵,且对急腹症患者体位配合要求高,难以在基层医院及急诊场景中普及。HRCT凭借薄层扫描、空间分辨率高、成像速度快的技术优势,可清晰显示阑尾管腔、管壁的细微结构及周围组织炎性改变,有效识别阑尾增粗、管壁增厚、腔内粪石等直接征象,相较常规CT更能捕捉阑尾的微小病变,已成为急性阑尾炎急诊影像学诊断的重

要技术^[8]。

但单独采用 HRCT 常规轴位检查诊断仍存在局限性。阑尾走行具有游离性、多变性特点,常规轴位图像受单一观察角度限制,易因肠管迂曲重叠产生容积效应,导致阑尾病灶边界显示不清,对阑尾外径、管壁厚度的评估易出现偏差,且难以判断阑尾与周围组织的解剖关系,容易造成隐匿性病变的漏诊或误诊^[9]。CT 薄层重建技术作为 HRCT 的重要后处理技术,可将原始数据行 1.5 mm 层厚薄层重建,并沿阑尾走行完成冠状面、矢状面及曲面的多视角图像重建,清晰显示阑尾全程走行、病变范围及周围炎性浸润程度,有效弥补了轴位图像观察角度的不足,使位置异常、轻度炎性改变的阑尾病灶清晰可辨,二者联合可实现技术上的优势互补^[10]。本研究中,HRCT 单独检查检出率为 84.72%,CT 薄层重建单独检查为 91.67%,联合检查的检出率达 100%,显著高于两种检查方法单独应用,充分证实 HRCT 联合 CT 薄层重建技术可最大限度减少急性阑尾炎漏诊。进一步分析发现,联合检查的敏感度、准确度、阴性预测值均高于单独检查,且与“金标准”的一致性最强,表明联合检查对急性阑尾炎具有更高的临床诊断价值。

临床治疗方案的选择与病理类型密切相关,近年来多项研究证实,部分单纯性阑尾炎患者可通过抗生素保守治疗获得良好疗效,而化脓性、坏死性阑尾炎需及时手术干预^[11-12]。因此,术前精准的病理分型对避免过度治疗或治疗不足具有重要意义。本研究中,联合检查对急性阑尾炎病理类型的鉴别诊断准确率达 95.83%,与“金标准”的一致性最强。这是因为联合检查通过 HRCT 的高分辨率扫描结合 CT 薄层重建的多视角显示,全面捕捉不同病理类型阑尾炎的特征性影像学征象,极大程度提升了急性阑尾炎病理分型诊断的精准性。此外,本研究中 CT 薄层重建采用 1.5 mm 层厚的薄层重建技术,依托生物医学工程学影像设备与后处理软件的技术升级,进一步提升了阑尾细微结构的显示效果,能够清晰捕捉阑尾管壁的微小破损、周围组织的轻度炎症浸润等细节,使早期、轻症病变也能被及时识别,这也是联合检查诊断效能显著提升的重要原因。本研究为

单中心回顾性研究,样本量有限,未与超声、MRI 等影像学方法进行对照分析,结论有待多中心、大样本前瞻性研究进一步验证。

综上,HRCT 联合 CT 薄层重建技术可提高急性阑尾炎的检出率与病理分型准确率,显著降低漏诊误诊风险,且与“金标准”高度吻合,能为临床个体化治疗决策提供可靠影像学依据。

参考文献

- [1] DI SAVERIO S, PODDA M, DE SIMONE B, *et al.* Diagnosis and treatment of acute appendicitis: 2020 update of the WSES Jerusalem guidelines[J]. *World J Emerg Surg*, 2020, 15(1):27.
- [2] 郭悦, 朱晓旭, 韩煦. 急性阑尾炎 B 型超声、MSCT 检查影像学表现及临床诊治价值对比[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2022, 20 (2): 143-145.
- [3] 刘佳萍, 张卫国. MRI 与 CT 检查对急性阑尾炎的诊断价值比较[J]. *中国医师杂志*, 2024, 26 (10): 1544-1546.
- [4] 刘华敢, 黎燕飞, 甄惠文, 梅志峰. 64 层螺旋 CT 在急性阑尾炎的临床诊断价值分析[J]. *生物医学工程学进展*, 2017, 38 (1): 27-29.
- [5] 毛郁琪, 费建平. 急性阑尾炎相关评分系统联合螺旋 CT 薄层重建检查对急性阑尾炎的诊断价值[J]. *当代医学*, 2024, 30 (17): 128-131.
- [6] 陈孝平, 汪建平, 赵继宗. 外科学[M]. 9 版. 人民卫生出版社, 2018: 371-376.
- [7] KING S, PROPER J, LIANNE K, *et al.* Acute Appendicitis Treatment Strategies and Mortality Based on Critical Illness on Admission: An Observational Study[J]. *Surg Infect*, 2024, 25(1): 56-62.
- [8] 胡奕, 曾令红, 胡荣兵, 等. 多层螺旋 CT 三维重建技术对盲肠憩室炎和急性阑尾炎具有较高诊断价值[J]. *分子影像学杂志*, 2024, 47 (7): 721-726.
- [9] 都基权, 焦健, 许轲, 等. 高分辨率 CT 检查在以肠梗阻为主要表现急性阑尾炎诊断中的应用[J]. *山东医药*, 2020, 60 (9): 86-89.
- [10] NAKAMOTO A, ONISHI H, OTA T, *et al.* Contrast-enhanced thin-slice abdominal CT with super-resolution deep learning reconstruction technique: evaluation of image quality and visibility of anatomical structures[J]. *JPN J RADIOL*, 2025, 43(3):445-454.
- [11] JIANG X, WANG M, FAN Z. Comment on: Endoscopic retrograde appendicitis therapy or antibiotics for uncomplicated[J]. *Br J Surg*, 2023, 110(12):1900-1901.
- [12] 郑镇波, 陈喜德, 周雁苹. 化脓性阑尾炎抗生素治疗后不同时机腹腔镜阑尾切除术的疗效及预后研究[J]. *海南医学*, 2022, 33 (1): 47-50.