论　著

CT对粘连性肠梗阻患者肠壁缺血和坏死的诊断效能观察*

兰国宾　刘　闯　王　浩*
马红玉　李泽亮　陈　雯
张文强
河北省沧州中西医结合医院影像中心
(河北 沧州 061001)

【摘要】**目的** 探究电子计算机断层扫描(CT)对粘连性肠梗阻患者肠壁缺血和坏死的诊断效能。**方法** 2022年2月~2025年2月本院收治92例粘连性肠梗阻患者，患者均接受接受腹部CT平扫和增强扫描，并根据术后病理学检查结果，将患者分为三组，无缺血组(31例)、缺血组(38例)、缺血坏死组(23例)。比较三组平扫CT值、增强CT值、相对强化值；绘制ROC曲线分析平扫CT值、增强CT值、相对强化值对粘连性肠梗阻患者肠壁缺血、缺血坏死的诊断价值。**结果** 缺血坏死组CT平扫值高于缺血组、无缺血组，缺血组CT平扫值高于无缺血组(P＜0.05)；缺血坏死组增强CT值、相对强化值低于缺血组、无缺血组，缺血组增强CT值、相对强化值低于无缺血组(P＜0.05)；经ROC分析，平扫CT值、增强CT值、相对强化值诊断粘连性肠梗阻患者肠壁缺血的曲线下面积(AUC)为0.899、0.896、0.859，敏感度为0.868、0.842、0.789，特异性为0.852、0.833、0.815(P＜0.05)；经ROC分析，平扫CT值、增强CT值、相对强化值诊断粘连性肠梗阻患者肠壁缺血坏死的AUC为0.854、0.911、0.898，敏感度为0.783、0.870、0.826，特异性为0.768、0.855、0.812(P＜0.05)。**结论** 粘连性肠梗阻不同病情的患者平扫CT值、增强CT值、相对强化值均有明显差异，并且以上指标对于患者肠壁缺血、缺血坏死均有较好的诊断价值。

【关键词】电子计算机断层扫描；粘连性肠梗阻；肠壁缺血；肠壁缺血坏死；诊断效能
【中图分类号】R574
【文献标识码】A
【基金项目】2023-2024年沧州市科技计划(23244102182)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.04.043

Observation on the Diagnostic Efficacy of CT for Intestinal Wall Ischemia and Necrosis in Patients with Adhesive Intestinal Obstruction*

LAN Guo-bin, LIU Chuang, WANG Hao*, MA Hong-yu, LI Ze-liang, CHEN Wen, ZHANG Wen-qiang.
Imaging Center, Cangzhou Hospital of Integrated TCM-WM·Hebei, Cangzhou 061001, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the diagnostic efficacy of electronic computed tomography (CT) for intestinal wall ischemia and necrosis in patients with adhesive intestinal obstruction. ***Methods*** From February 2022 to February 2025, 92 patients with adhesive intestinal obstruction were admitted to our hospital. All patients underwent plain and enhanced abdominal CT scans. According to the postoperative pathological examination results, the patients were divided into three groups: the non-ischemia group (31 cases), the ischemia group (38 cases), and the ischemic necrosis group (23 cases).Compare the plain scan CT values, enhanced CT values and relative enhancement values of the three groups; The ROC curve was drawn to analyze the diagnostic value of plain CT value, enhanced CT value and relative enhanced value for intestinal wall ischemia and ischemic necrosis in patients with adhesive intestinal obstruction. ***Results*** The CT plain scan value of the ischemic necrosis group was higher than that of the ischemic group and the non-ischemic group, and the CT plain scan value of the ischemic group was higher than that of the non-ischemic group (P<0.05).The enhanced CT value and relative enhancement value in the ischemic necrosis group were lower than those in the ischemic group and the non-ischemic group. The enhanced CT value and relative enhancement value in the ischemic group were lower than those in the non-ischemic group (P<0.05). ROC analysis showed that the area under the curve (AUC) of plain CT value, enhanced CT value, and relative enhanced value for diagnosing intestinal wall ischemia in patients with adhesive intestinal obstruction was 0.899, 0.896, and 0.859, with sensitivities of 0.868, 0.842, and 0.789, and specificities of 0.852, 0.833, and 0.815 (P<0.05). By ROC analysis, the AUC of plain CT value, enhanced CT value and relative enhanced value for diagnosing ischemic necrosis of intestinal wall in patients with adhesive intestinal obstruction was 0.854, 0.911 and 0.898, respectively, the sensitivity was 0.783, 0.870 and 0.826, and the specificity was 0.768, 0.855 and 0.812 (P<0.05). ***Conclusion*** There are significant differences in plain CT values, enhanced CT values, and relative enhanced values among patients with different conditions of adhesive intestinal obstruction. Moreover, the above indicators have good diagnostic value for intestinal wall ischemia and ischemic necrosis in patients.

Keywords: Electronic Computed Tomography Adhesive Intestinal Obstruction Intestinal Wall Ischemia; Ischemic Necrosis of the Intestinal Wall; Diagnostic Efficacy

粘连性肠梗阻主要由腹腔粘连引起，常见于腹部术后，其次为腹腔炎症、创伤或先天因素，其病理机制主要源于肠襻间或肠襻与腹壁间的纤维粘连，导致肠腔机械性梗阻[1-2]。若病情进展，还可能引发肠壁缺血、坏死甚至穿孔，甚至威胁患者生命[3]。因而早期识别肠缺血和坏死对临床决策至关重要，可避免延误手术时机或过度干预[4]。目前，CT检查因其高分辨率、无创性及快速成像的特点，成为诊断粘连性肠梗阻的首选影像学手段，尤其对肠壁缺血、绞窄性肠梗阻等急危重症具有重要鉴别价值[5-6]。然而，关于CT在肠壁缺血和坏死中的诊断效能，尤其是CT值定量分析的诊断效能的研究尚不多见。因此，本研究旨在评估CT定量分析对粘连性肠梗阻患者肠壁缺血和坏死的诊断准确性，探讨其临床应用价值，期望为优化诊疗流程提供循证依据。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2022年2月至2025年2月本院收治92例粘连性肠梗阻患者，其中男性43例、女性49例，年龄33~78岁，平均(51.26±8.71)岁。

纳入标准：(1)在本院接受手术治疗并确诊为粘连性肠梗阻；(2)接受腹部CT平扫和增强扫描；(3)年龄18~80岁。排除标准：(1)对碘对比剂过敏；(2)非粘连性肠梗阻；(3)心、肺、肝、肾等器官功能不全；(4)临床或影像学资料不全。研究经本院伦理委员会审批通过，患者及其家属签署知情同意书。

1.2 方法 CT平扫及增强扫描：使用西门子SOMATOM Definition Flash 128排双源CT对粘连性肠梗阻患者进行CT检查，采用标准化扫描方案。检查前患者需禁食4~6小时，必要时口服清水500~1000mL充盈肠道。扫描采用多期增强方案：先以100~120 kV管电压行全腹平扫(层厚5mm，薄层重建0.6~1 mm)，随后经肘静脉团注碘海醇(350 mgI/mL，70~100mL，流速3~4mL/s)，采用智能触发技术在腹主动脉CT值达150 HU时启动动脉期(25~30s)扫描，60~70s行静脉期扫描，3~5min行延迟期扫描。图像后处理包括多平面重建观察肠管走行、最大密度投影评估血管情况，并重点测量肠壁各期CT值及计算相对

【第一作者】兰国宾，男，副主任医师，主要研究方向：腹、盆部疾病的影像诊断。E-mail：languobin_doc@163.com
【通讯作者】王　浩，女，副主任医师，主要研究方向：腹盆系统影像诊断。E-mail：109377879@qq.com

强化值。

1.3 图像分析 所有CT图像均传输至后处理工作站进行定量分析。针对梗阻近端10 cm范围内的扩张肠段，采用标准化的ROI测量方法：在平扫和增强静脉期图像上保持ROI大小、形状、位置及扫描层面完全一致。ROI选取时需包含肠壁全层，同时避开肠系膜血管、骨组织、钙化灶等高密度结构。为克服扩张肠壁过薄导致的测量困难，采用最大密度值记录法，允许ROI包含部分肠腔和肠壁外组织。具体测量方法为：分别记录平扫和增强静脉期图像中肠壁CT值的最大值，相对强化值则通过增强图像最大CT值减去平扫最大CT值计算得出。所有测量工作均由一位具有5年以上腹部影像诊断经验的放射科医师独立完成，确保测量结果的一致性和可靠性。

1.4 病理诊断结果和分组方法 根据手术中肠壁色泽、蠕动状态及肠系膜动脉搏动情况，结合术后病理学检查结果，将患者分为三组：无缺血组(31例)表现为肠壁色泽红润、蠕动正常，仅行梗阻解除术；缺血组(38例)特征为肠壁苍白、蠕动减弱，经梗阻解除后置于温生理盐水纱布15~20min观察，若肠段色泽及蠕动恢复即归入该组；缺血坏死组(23例)则表现为肠壁紫绀、蠕动消失伴动脉搏动缺失，需行肠段切除术，术后病理证实存在黏膜至全层坏死。所有切除标本均经病理学检查确认诊断。病例1，男，51岁，因左下腹疼痛5h入院，行全腹部CT平扫及增强扫描，经手术证实小肠系膜黏连扭转至肠梗阻，小肠缺血和坏死长度约70cm，见图1。病例2，女，51岁，白塞病5年，行全腹部CT平扫及增强扫描，经手术证实回盲部肠管炎症，组织溃烂坏死，粘连严重，盲肠壁穿孔，肠梗阻，见图2。

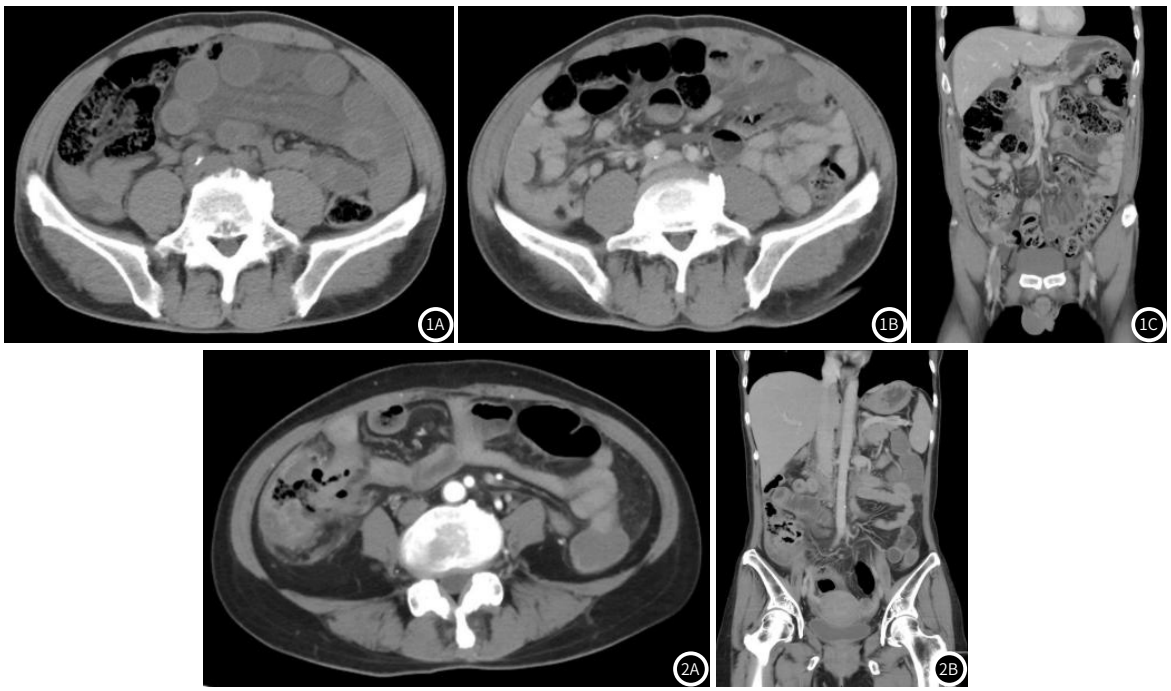


图1 图1A：左中下腹小肠明显扩张积液，肠壁增厚，密度减低，边界模糊，肠系膜浑浊，结构不清楚；图1B：增强扫描病变段肠管呈轻度不均匀强化，明显低于周围正常肠管；图1C：冠状位重建显示肠缺血坏死的范围，肠系膜水肿，病变区肠系膜血管未见强化。

图2 白塞病盲肠炎至肠缺血坏死、肠梗阻。图2A：增强扫描右下腹盲肠结构紊乱，肠壁厚薄不均，后壁溃烂穿孔，病变肠壁强化程度明显低于正常肠管，盲肠系膜水肿增厚；图2B：冠状位重建显示盲肠缺血坏死的范围，病变肠管不均匀轻度强化，低于正常肠管，腹腔小肠梗阻扩张积液，肝脏周围见点状游离气泡。

1.5 观察指标 (1)比较三组平扫CT值、增强CT值、相对强化值；(2)绘制ROC曲线分析平扫CT值、增强CT值、相对强化值对粘连性肠梗阻患者肠壁缺血、缺血坏死的诊断价值。

1.6 统计学方法 选用SPSS 23.0统计学软件对数据进行处理，计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示，组间比较行t检验；计数资料以n(%)表示，组间比较行χ^2检验；绘制ROC曲线分析平扫CT值、增强CT值、相对强化值对粘连性肠梗阻患者肠壁缺血、缺血坏死的诊断价值，$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 三组平扫CT值、增强CT值、相对强化值比较 缺血坏死组CT平扫值高于缺血组、无缺血组，缺血组CT平扫值高于无缺血组($P<0.05$)；缺血坏死组增强CT值、相对强化值低于缺血组、无缺血组，缺血组增强CT值、相对强化值低于无缺血组($P<0.05$)，见表1。

2.2 平扫CT值、增强CT值、相对强化值诊断粘连性肠梗阻患者肠壁缺血的ROC分析 经ROC分析，平扫CT值、增强CT值、相对强化值诊断粘连性肠梗阻患者肠壁缺血的曲线下面积(AUC)为0.899、0.896、0.859，敏感度为0.868、0.842、0.789，特异性为0.852、0.833、0.815($P<0.05$)，见表2。

表1 三组平扫CT值、增强CT值、相对强化值比较(HU)

组别	例数	CT平扫值	增强CT值	相对强化值
无缺血组	31	42.27±6.38	86.35±14.27	44.08±12.67
缺血组	38	45.82±7.26[a]	66.81±10.92[a]	20.99±8.36[a]
缺血坏死组	23	53.91±9.02[ab]	60.23±11.64[ab]	6.32±2.05[ab]
F		16.443	34.895	118.290
P		0.000	0.000	0.000

注：[a]与无缺血组比较，$P<0.05$；[b]与缺血组比较，$P<0.05$。

表2 平扫CT值、增强CT值、相对强化值诊断粘连性肠梗阻患者肠壁缺血的ROC分析

指标	AUC	标准误	95%CI	*P*值	截断值	敏感度	特异性
CT平扫值	0.899	0.028	0.844~0.955	0.000	46.815HU	0.868	0.852
增强CT值	0.896	0.032	0.812~0.939	0.000	72.039HU	0.842	0.833
相对强化值	0.859	0.034	0.792~0.926	0.000	69.341HU	0.789	0.815

2.3 平扫CT值、增强CT值、相对强化值诊断粘连性肠梗阻患者肠壁缺血坏死的ROC分析 经ROC分析，平扫CT值、增强CT值、相对强化值诊断粘连性肠梗阻患者肠壁缺血坏死的AUC为0.854、0.911、0.898，敏感度为0.783、0.870、0.826，特异性为0.768、0.855、0.812($P<0.05$)，见表3。

表3 平扫CT值、增强CT值、相对强化值诊断粘连性肠梗阻患者肠壁缺血坏死的ROC分析

指标	AUC	标准误	95%CI	*P*值	截断值	敏感度	特异性
CT平扫值	0.854	0.029	0.806~0.902	0.000	HU	0.783	0.768
增强CT值	0.911	0.018	0.885~0.937	0.000	HU	0.870	0.855
相对强化值	0.898	0.023	0.853~0.943	0.000	HU	0.826	0.812

3 讨　论

相较于传统X线平片和超声检查，CT具有更高的空间分辨率和组织对比度，能够提供更全面的解剖和病理信息，已逐渐成为粘连性肠梗阻诊断和评估的首选影像学检查方法[7-8]。肠壁缺血与坏死是粘连性肠梗阻最严重的并发症，早期识别对于改善患者预后至关重要，CT定量分析通过精确测量一系列影像学参数，可在在临床症状明显出现前发现肠壁微循环障碍，为临床干预提供宝贵时间窗[8-9]。与传统定性评估相比，定量分析更有利于提高早期缺血的检出率，并能够区分可逆性缺血与不可逆性坏死，这对治疗决策具有决定性意义[9-10]。

本研究显示，缺血坏死组CT平扫值高于缺血组、无缺血组，缺血组CT平扫值高于无缺血组，缺血坏死组增强CT值、相对强化值低于缺血组、无缺血组，缺血组增强CT值、相对强化值低于无缺血组，提示粘连性肠梗阻不同病情的患者平扫CT值、增强CT值、相对强化值均有明显差异。其原因主要与肠壁血流灌注、组织代谢状态及病理改变密切相关，在无缺血阶段，肠壁血供基本正常，平扫CT值反映软组织密度，增强后黏膜层和肌层因完整微循环而明显强化，相对强化值较高；当发生肠壁缺血时，肠壁血流减少或中断，导致增强扫描时对比剂摄取下降，CT强化值降低，同时由于细胞水肿和炎性渗出，平扫CT值可能轻度升高；进展至肠壁缺血坏死阶段时，肠壁细胞膜破裂、组织崩解，微循环完全破坏，增强扫描几乎无强化，平扫CT值则因组织坏死、出血或积气呈现混杂密度，相对强化值显著降低[11-12]。此外，缺血时血管通透性增加导致的间质水肿，以及坏死后期继发的出血或气体渗入，进一步加剧了CT值的动态变化。因此，通过CT值分析可有效评估肠管血运状态，可为临床决策提供重要依据[13]。

本研究通过绘制ROC曲线发现平扫CT值、增强CT值、相对强化值诊断粘连性肠梗阻患者肠壁缺血、缺血坏死的AUC分别为0.899、0.896、0.859、0.854、0.911、0.898，提示以上指标对粘连性肠梗阻患者肠壁缺血、缺血坏死具有较好的诊断效能。传统定性分析在诊断粘连性肠梗阻肠壁缺血和坏死存在明显的局限性，诊断结果高度依赖医师经验，尤其是对肠壁强化程度的评估存在一定的主观偏差，另外对早期微循环障碍敏感性不足难以识别肠壁密度细微变化，并且缺乏量化标准，无法精确区分可逆性缺血与不可逆坏死，都可能影响治疗决策的准确性[14-16]。CT定量分析通过精确测量平扫CT值、增强CT值及相对强化值，可为粘连性肠梗阻肠壁缺血和坏死的诊断提供了客观标准，其优势在于减少主观偏差、提高诊断效能，并实现早期微循环障碍的量化评估[17]。

另外本研究仍存在部分局限性，样本量相对较小且为单中心回顾性研究，可能存在选择偏倚，未来需扩大样本量并进行多中心前瞻性研究以提高结论的普适性；另外CT值测量受部分容积效应和肠蠕动伪影影响，尤其对于早期轻度缺血改变敏感性不足，未来可结合灌注成像技术或其他手段提升微循环评估精度；此外也缺乏与血清生物标志物，如肠脂肪酸结合蛋白、D-乳酸等指标的对照分析，未来可构建多模态预测模型以进一步提高诊断效能[18]。

综上所述，粘连性肠梗阻肠壁缺血、缺血坏死患者的平扫CT值、增强CT值、相对强化值较无缺血患者出现明显差异，以上指标对于患者肠壁缺血、缺血坏死均有较好的诊断价值。

参考文献

[1]魏永,陈智勇,林炳镝,等.粘连性小肠梗阻中带状粘连和膜状粘连的CT特征分析[J].中华普通外科杂志,2023,38(6):441-444.

[2]王建国,韩锡琳,朱振飞.粘连性肠梗阻腹腔镜肠粘连松解术手术方法选择[J].中国现代普通外科进展,2022,25(1):52-53.

[3]杨秀珍,陈光杰,李晓英,等.急诊静脉超声造影诊断小儿粘连性肠梗阻合并肠坏死1例[J].中华小儿外科杂志,2024,45(9):843-845.

[4]郝齐,许阳贤.术后腹腔粘连的诊断和治疗进展[J].国际外科学杂志,2024,51(7):485-492.

[5]Desiato E,Lucia AMA,Giudici S,et al.Prognostic value of CT findings for conservative treatment failure in adhesive small bowel obstruction[J].Emerg Radiol,2025,32(1):33-40.

[6]Vadot V,Guiraud A,Kalilou Sow A,et al.External validation of a CT score for predicting ischaemia in adhesive small-bowel obstruction[J].Eur Radiol,2025,35(7):4203-4212.

[7]王文利,郑小叶,谢晴,等.超声与MSCT检查对小儿急性绞窄性小肠梗阻的应用价值分析[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(1):165-166.

[8]赵鹏举,杨继武,艾可为,等.腹膜刺激征联合CT平扫特征表现对绞窄性与非绞窄性小肠梗阻的鉴别诊断价值[J].广西医学,2022,44(22):2608-2612.

[9]柏丹,席斌,李权林,等.CT量化评估粘连性小肠梗阻患者腹腔镜操作空间的探讨[J].腹腔镜外科杂志,2024,29(11):834-837.

[10]章学文,张江,王红星,等.多层螺旋CT与腹部X线摄影诊断肠梗阻的应用分析[J].医学影像学杂志,2024,34(3):157-159.

[11]Morris RS,Murphy P,Boyle K,et al.Bowel ischemia score predicts early operation in patients with adhesive small bowel obstruction[J].Am Surg,2022,88(2):205-211.

[12]Paisant A,Burgmaier J,Calame P,et al.The angers CT score is a risk factor for the failure of the conservative management of adhesive small bowel obstruction:a prospective observational multicentric study[J].World J Surg,2023,47(4):975-984.

[13]李丽,李燕梅,冯丽娟,等.多层螺旋CT对术后早期炎性肠梗阻的诊断价值[J].现代消化及介入诊疗,2022,27(9):1197-1200.

[14]宁勇,杨伟强,史佩东.腹部CT判断急性粘连性小肠梗阻发生肠绞窄的临床价值研究[J].中国现代普通外科进展,2023,26(4):301-303.

[15]刘培,陈凯,樊昊,等.医工交叉建模在CT平扫特征诊断绞窄性小肠梗阻的价值[J].中国医学计算机成像杂志,2023,29(6):625-630.

[16]罗学权,唐广山,邱志兵.多层螺旋CT在诊断小肠梗阻中应用研究[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(11):140-143.

[17]缪刚刚,王科,余洋.多层螺旋CT在急性肠梗阻的病因诊断及手术治疗中的应用标准[J].中国标准化,2023(2):229-232.

[18]肖金海,邢文建.MSCT与腹部X线摄影诊断肠梗阻的临床应用分析[J].医学影像学杂志,2023,33(5):910-912.

(收稿日期：2025-08-15)
(校对：翁佳鸿　排版：张鸿燊)