

直肠肿瘤三维可视化指导精准手术 专家共识(2025 版)

中华医学会外科学分会结直肠外科学组 中国临床肿瘤学会肿瘤微创外科专家委员会
《中华消化外科杂志》编辑委员会

通信作者:肖卫东,陆军军医大学第二附属医院(新桥医院)普通外科 重庆市高校重点实验室
(精准消化外科与肠道稳态),重庆 400037,Email:weidong.xiao@tmmu.edu.cn;李心翔,
复旦大学附属肿瘤医院大肠外科,上海 200032,Email:xinxiangli@fudan.edu.cn;杜晓辉,
解放军总医院第一医学中心普通外科医学部,北京 100853,Email:duxiaohui301@sina.com;
姚宏伟,首都医科大学附属北京友谊医院普通外科,北京 100050,Email:yaohongwei@
ccmu.edu.cn;陈敏,陆军军医大学第一附属医院(西南医院)肝胆外科,《中华消化外科杂志》
编辑委员会,重庆 400038,Email:chenmin@zhxhkw.com

【摘要】 随着数字外科的发展,基于计算机辅助的影像分析技术在外科治疗中的应用逐渐受到重视。CT、MRI 检查影像三维重建技术在肝胆外科、胸外科已广泛开展,但在直肠外科手术中开展仍处于起步阶段。中华医学会外科学分会结直肠外科学组、中国临床肿瘤学会肿瘤微创外科专家委员会及《中华消化外科杂志》编辑委员会组织国内胃肠外科专家,基于循证医学证据和临床实践,针对 CT、MRI 检查三维重建技术在直肠癌根治术中应用的适应证、采集标准、报告范式等方面制订《直肠肿瘤三维可视化指导精准手术专家共识(2025 版)》,旨在规范 CT/MRI 检查三维重建技术在直肠癌治疗中的应用,推动外科手术数字化、精准化进程,提高手术安全性和有效性,为临床提供科学指导。

【关键词】 直肠肿瘤; 三维可视化; 精准手术; 专家共识; 2025 版

基金项目:重庆市技术创新与应用发展重点专项(CSTB2022TIAD-KPX0184);中国科技期刊卓越行动计划(卓越二期-B1-090)

Expert consensus on three-dimensional visualization-guided precision surgery for rectal tumors (2025 edition)

Colorectal Surgery Group, Branch of Surgery, Chinese Medical Association; Tumor Minimally Invasive Surgery Expert Committee, Chinese Society of Clinical Oncology; Editorial Board of the Chinese Journal of Digestive Surgery

Corresponding authors: Xiao Weidong, Department of General Surgery, The Second Affiliated Hospital (Xinqiao Hospital) of Army Medical University, Chongqing Municipal Higher Education Key Laboratory for Precision Digestive Surgery and Homeostasis, Chongqing 400037, China, Email: weidong.xiao@tmmu.edu.cn; Li Xinxiang, Department of Colorectal Surgery, Fudan University Shanghai Cancer Center, Shanghai 200032, China, Email: xinxiangli@fudan.edu.cn; Du Xiaohui, Department of General Surgery, First Medical Center, Chinese People's Liberation Army General Hospital, Beijing 100853, China, Email: duxiaohui301@sina.com; Yao Hongwei, Department of General Surgery, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China, Email: yaohongwei@ccmu.edu.cn; Chen Min, Department of Hepatobiliary Surgery, The First Affiliated Hospital (Southwest Hospital) of Army Medical University, Editorial Board

DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20251015-00634

收稿日期 2025-10-15

引用本文:中华医学会外科学分会结直肠外科学组,中国临床肿瘤学会肿瘤微创外科专家委员会,《中华消化外科杂志》编辑委员会. 直肠肿瘤三维可视化指导精准手术专家共识(2025 版)[J]. 中华消化外科杂志, 2025, 24(12): 1528-1538. DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20251015-00634.



of the Chinese Journal of Digestive Surgery, Chongqing 400038, China, Email: chenmin@zhxhwk.com

[Abstract] With the advancement of digital surgery, computer-assisted imaging analysis techniques have gained increasing attention in surgical treatment. While three-dimensional reconstruction technology based on CT/MRI has been widely adopted in hepatobiliary and thoracic surgery, its application in rectal surgery remains in the early stage. The Colorectal Surgery Group, Branch of Surgery, Chinese Medical Association, the Tumor Minimally Invasive Surgery Expert Committee, Chinese Society of Clinical Oncology, and the Editorial Board of the Chinese Journal of Digestive Surgery have organized domestic gastrointestinal surgery experts to develop the *Expert consensus on three-dimensional visualization-guided precision surgery for rectal tumors (2025 edition)*. This consensus is established based on evidence-based medicine and clinical practice, addressing the indications, acquisition standards, and reporting paradigms for the application of CT/MRI three-dimensional reconstruction technology in radical resection of rectal cancer. It aims to standardize the application of CT/MRI three-dimensional reconstruction technology in the treatment of rectal cancer, promote the digitization and precision of surgical procedures, enhance surgical safety and efficacy, and provide scientific guidance for clinical practice.

[Key words] Rectal neoplasms; Three-dimensional visualization; Precision surgery; Expert consensus; 2025 edition

Fund program: Key Project of Technological Innovation and Application Development of Chongqing (CSTB2022TIAD-KPX0184); The Excellent Action Plan For Chinese Scientific and Technological Journals (Zhuoyue phase II -B1-090)

结直肠癌在全球肿瘤发病率中排名第3,是癌症相关死亡的第二大原因^[1]。直肠癌约占所有结直肠恶性肿瘤的30%^[2]。直肠癌的诊治涉及外科学、影像学、肿瘤学、病理学及医学工程学等多学科领域。全直肠系膜切除术(total mesorectal excision, TME)作为直肠癌根治性手术的金标准,也是目前唯一的治愈方法^[3-4]。由于直肠特殊的解剖位置,其深在盆腔、毗邻关系复杂,且肿瘤生物学行为具有高度异质性,实现精准诊断、个体化手术规划和安全高效的治疗始终是临床面临的重大技术挑战。

传统的二维影像学检查(如CT、MRI、超声)虽然在直肠癌诊疗中发挥基础作用,但在空间维度解析、微小病灶识别、精准解剖边界界定以及与周围重要结构的立体关系显示方面存在固有局限。这使得术前评估的精细度、手术规划的可预测性以及个体化治疗策略的制订难以达到最优化。近年来,随着计算机科学与医学影像技术的飞速发展,3D可视化技术已在医学领域展现出强大的应用潜力。此技术已广泛应用于指导肝胆疾病及肺结节的精准手术^[4-10]。该技术通过对患者多维影像数据(如CT、MRI等检查)进行重建、分割、融合及渲染,生成具备精确空间定位与深度信息的三维模型,实现器官、病灶及血管、神经等微观结构的“数字化透视”和“实景化再现”,为直肠癌术前的精准手术规划提供必要的参考^[11-12]。以三维血管重建成像为代表的3D可视化技术作为新型数据化术前评估手段,为手术过程提供更清晰的解剖信息。已有研究结果

显示:术前三维血管重建可以缩短直肠癌手术时间,减少术中出血量的同时更有助于保留左结肠动脉^[13],显示3D可视化技术在指导直肠癌精准手术方面的巨大潜力。

尽管当前3D可视化技术在直肠癌手术领域仍处于起步阶段,然而为了加速推广数字精准直肠癌外科理念,强化直肠癌手术精准规划,中华医学会外科学分会结直肠外科学组、中国临床肿瘤学会肿瘤微创外科专家委员会及《中华消化外科杂志》编辑委员会组织胃肠外科领域专家,基于3D可视化技术在直肠癌手术中的应用实践,并借鉴相关领域成熟理念制订《直肠肿瘤三维可视化指导精准手术专家共识(2025版)》(以下简称共识),旨在为3D可视化技术在直肠癌手术领域的应用提供科学指导。

本共识的制订以三维重建标准术语为检索依据,通过PubMed、万方和维普数据库系统检索2010年11月至2025年5月相关文献,排除质量较低的文献,证据评价由专门的证据评价小组负责,采用标准化工具或量表纳入符合标准的文献,由编委会进行系统整理,并通过专家组讨论和投票形成最终的推荐意见。

本共识由陆军军医大学第二附属医院(新桥医院)普通外科、复旦大学附属肿瘤医院大肠外科、中国人民解放军总医院普通外科医学部、首都医科大学附属北京友谊医院普通外科专家发起,结合临床实践形成初稿。共识经3轮专家论证,第1轮采用函审形式,邀请全国44位专家对共识核心问题进

行开放式评议,并根据评议意见进行修改。第2轮采用线下会议形式,由本共识的组长发起,顾问牵头进一步逐条审查共识意见。第3轮采用线上会议形式,再次组织44位专家对存在争议的条目深度讨论后达成一致。本共识不设证据类别,共识等级则依据专家组投票比例划分:若支持意见>80%,则初步定为一致共识,共识等级设为I级;60%~80%支持则划定为基本一致共识,共识等级设为II级,支持意见<60%则取消相关推荐。

一、适应证

近年来,数字科技与精准医学理念及技术持续发展,三维可视化数字技术在医疗领域应用场景日渐广泛。得益于其空间定位优势,三维重建在直肠肿瘤术前可切除性评估及手术规划中发挥重要作用。有研究显示:影像资料三维建模可于术前有效提示手术难点及注意事项(如神经功能保护或重要组织结构保留),预测低位直肠肿瘤手术复杂度^[11]。此外,该技术还能模拟肿瘤与邻近组织(如血管、神经)的空间关系,术前评估手术切除安全边界,提高高危患者(如肿瘤浸润肠壁深层或涉及血管变异)术前预警,从而降低手术风险及并发症发生率^[14-16]。凭借解剖结构可视化、影像学分期精准评估、手术路径术前规划及潜在术中实时精准操作指导等优势,三维重建技术可为解决直肠肿瘤手术评估问题提供强力支撑。

推荐意见1:对已行腹部CT和直肠高分辨MRI等影像学检查,确诊T2期以上或淋巴结可疑阳性,尤其是直肠肿瘤可疑侵犯周围血管、输尿管或其他组织器官的患者,推荐术前应用AI三维可视化技术进行精准评估,以便于制订手术及新辅助治疗策略。(共识等级:I级)

二、影像数据采集与三维重建技术规范

(一)影像采集标准

采集用于重建的CT影像数据,建议使用64排以上CT设备,分辨率512×512及以上,并且所有序列一致;点距1 mm以下。建议患者行平扫+增强扫描,以获得更多分期的数据(动脉期、静脉期、延迟期),存储格式统一为DICOM格式。既往研究中,CT扫描层厚为0.50~1.25 mm^[17-18]。层厚过大会导致部分容积效应,影响三维重建精度^[19]。层厚≤1 mm在提升微小结构可视化精度(如淋巴结、脉管)方面具备优势。过薄层厚(如<0.5 mm)虽提高分辨率,但增加了扫描时间与辐射剂量^[20-21]。此外考虑到医学影像归档与传输系统的存储空间以及噪声的影

响,层厚越薄,重建的图像就越多,噪声也越大。大部分研究普遍采用重建层厚等于扫描厚度^[22-23]。

已有研究结果显示:常规MRI检查的层厚(2~3 mm)会导致斜向结构轮廓模糊^[24],而1 mm或更薄的层厚(如0.5 mm)能显著提升重建精度^[25-26]。因此,为平衡精准度和扫描时间,本共识经专家组讨论后推荐CT、MRI检查扫描厚度≤1 mm。

除了CT检查,MRI检查在评估直肠肿瘤局部分期上具有重要意义。MRI检查在显示系膜、神经、血管浸润等方面更有优势,成为直肠癌术前环周切缘(circumferential resection margin, CRM)评估的标准。

推荐意见2:推荐用于三维重建的CT、MRI影像数据采用平扫+增强扫描,包含动脉期、静脉期、延迟期数据,且扫描层厚和重建层厚均≤1 mm。其中CT扫描检查范围应覆盖全腹腔以获得完整的结直肠血供关系。(共识等级:I级)

(二)三维重建技术流程

将采集的影像数据进行三维可视化处理,包括以下3个步骤。

1. 数据预处理。(1)去噪与伪影校正,采用散斑噪声去除,金属伪影抑制^[27-28],部分容积效应校正^[29]等手段消除影像中的噪点。(2)采用窗宽调整^[30]数据标准化、分辨率归一化、灰度归一化^[31-32],提升分辨率并统一体素间距^[33]。(3)图像配准,对多期相扫描(如动脉期/静脉期)采用互信息最大化配准,对齐肠道位置^[34]。配准误差需控制在<1 mm,确保后续分割准确性。

2. 直肠结构分割。将影像数据按照解剖结构进行分割。(1)主要结构:直肠壁,直肠肿瘤,髂血管(双侧髂总/髂内外动脉),淋巴结群,泌尿系结构(膀胱、输尿管),骶前静脉丛,盆腔自主神经丛。(2)次要结构:直肠周围脂肪组织、骨盆骨骼(视临床需求)。

目前报道用于直肠癌的分割方法包括:(1)U-Net。定制的基于U-Net框架的3D U-Net,模型在外部验证集中直肠癌的检测灵敏度达89.7%^[35]。(2)Transformer。相较于卷积神经网络模型结肠癌的分割准确率虽然仅有小幅领先,但是在效率和低运算需求上有巨大优势^[36]。

3. 三维重建算法。目前用于直肠癌三维重建的算法包括:(1)面绘制移动立方体法。提取分割结果的等值面(如肠壁表面),生成三角网格模型^[37];该法计算快,适合硬件渲染,但仅能显示表面形态,

丢失肠壁分层结构(黏膜层/肌层)及肿瘤内部浸润信息,且对噪声敏感。(2)体绘制光线投射法^[38]。模拟光线穿过体数据,按传输函数赋予颜色与透明度(如肠壁半透明红色)^[39],可保留肠壁分层结构(黏膜/肌层)但该法运算需求较高,依赖高性能GPU。(3)混合绘制。表面绘制用于肿瘤定位,体绘制展示肠壁浸润深度^[40]。以上方法可结合临床具体需求进行选择。

推荐意见 3: 直肠肿瘤术前三维重建推荐完成对以下结构的分割,包括直肠壁、肿瘤、髂血管、淋巴结、泌尿生殖结构、骨盆骨骼。有条件的单位推荐增加骶前静脉丛、盆自主神经丛的分割重建。(共识等级: I 级)

三、直肠肿瘤三维可视化评估体系要素

(一) 基于三维重建的直肠肿瘤可视化解剖分型

1. 位置分型^[7](基于三维空间距离测量)

(1) 高位直肠癌: 肿瘤下缘距肛缘 ≥ 10 cm。三维重建技术可清晰显示及直观观察位于腹膜反折以上的直肠肿瘤(包括具体位置、上下边界及瘤体大小),手术入路通常经腹腔即可完成,保肛可能性高。需注意评估与乙状结肠系膜及腹膜后结构的空间关系。

(2) 中位直肠癌: 肿瘤下缘距肛缘 $\geq 5 \sim < 10$ cm。三维重建技术可精准定位肿瘤与腹膜反折的关系(常在反折上下),是评估保肛手术(如低位前切除术)可行性的关键区域。重点观察肿瘤与腹膜反折、肛提肌、远端直肠系膜的关系。

(3) 低位直肠癌: 肿瘤下缘距肛缘 < 5 cm。三维重建技术对直观评估肿瘤下缘与肛管直肠环、齿状线、内外括约肌复合体的距离及侵犯深度至关重要,有助于术前规划是否需行腹会阴联合直肠癌根治术(Miles)或超低位保肛手术(如括约肌间切除术、经肛全直肠系膜切除术)。因其解剖关系较中高位直肠肿瘤更为复杂,需在矢状位、冠状位及三维视角下进行精确判定和精准规划。

2. 基于三维重建的直肠肿瘤可视化浸润分期: 基于高分辨率MRI[T2加权成像(T2 weighted imaging, T2WI)、弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)]与薄层增强CT的三维融合模型, AI能更精准地识别肿瘤边界及浸润深度。

(1) 黏膜下层(T1期): 肿瘤局限于肠壁黏膜下层,表面光滑或浅溃疡,系膜筋膜完整清晰。三维重建及AI辅助测量浸润深度有助于筛选适合局部切除的病例。

(2) 固有肌层(T2期): 三维重建显示肿瘤突破黏膜下层侵入固有肌层,但未穿透。三维重建显示肌层增厚、信号/密度异常,外缘光滑,直肠系膜筋膜未受累。

(3) 穿透肠壁固有肌层(T3期): 肿瘤穿透固有肌层全层,侵入直肠周围脂肪。

(4) 侵犯邻近器官或结构(T4期): 肿瘤穿透脏层腹膜或直接侵犯邻近器官(如前列腺、精囊腺、子宫、阴道、膀胱、盆侧壁、骶骨)。通过三维重建的多平面重建和容积再现,直观显示侵犯范围、粘连或包裹程度,是判断联合脏器切除必要性的核心依据,也可用于术后局部复发的评估^[41]。

推荐意见 4: 三维重建技术应推荐提示肿瘤位置、大小、距离肛门及腹膜反折距离,肿瘤T分期及与周围组织器官的关系,低位直肠肿瘤应重点关注与肛门括约肌复合体的关系,以精准评估手术方式。(共识等级: II 级)

3. 可疑转移淋巴结(N分期): 三维重建可实现淋巴结的三维立体重现,更加便于测量淋巴结的最大径,术前精准预评估可疑阳性淋巴结。

形态学: (1) 大小。短径 ≥ 8 mm 是传统重要指标。三维重建可自动测量三维评估所有可见淋巴结短径,并识别体积异常增大的淋巴结。(2) 形态。圆形(短长径比接近1)或明显不规则(分叶状、毛刺状)提示恶性可能更高。三维重建可通过AI计算形态不规则度指数。

内部结构: 信号/密度特征: MRI 检查 T2WI 呈混杂中高信号、CT 检查呈不均匀低密度或强化不均(尤其边缘环形强化、内部坏死)是转移的强有力征象。三维重建 AI 可进行纹理分析(如熵值、均匀度)量化异质性。

DWI、表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC): 明显扩散受限(DWI 高信号, ADC 值显著降低)高度提示转移。三维重建 AI 可自动测量 ADC 值并与阈值比较。

综合风险评估: AI 模型(如卷积神经网络 CNN)通过整合上述定量及定性特征,对每个可疑淋巴结甚至影像学阴性的微小结节进行转移概率计算(例如输出 0~1 之间的风险值),并生成直观的风险热力图叠加在三维模型上。同时可对整个区域(如系膜内、侧方髂血管旁)的淋巴结转移负荷进行总体评估(如阳性淋巴结数量预测、阳性区域定位)^[42-46]。显著提高淋巴结转移诊断的灵敏度和特异性,超越单纯依赖大小评估^[47]。

推荐意见 5: 三维重建应常规提示直肠肿瘤周围区域淋巴结、髂血管周围淋巴结、腹主动脉旁淋巴结的位置、大小, 包括淋巴结是否可疑转移、是否融合肿大及周围侵犯。(共识等级: I 级)

4. 潜在腹腔器官组织转移(M 分期): 三维重建可直观呈现二维 CT 检查难以辨识的微小转移灶, 更好呈现腹膜及大网膜增厚及潜在转移结节。

(二) 基于三维重建的直肠肿瘤可视化血管解剖评估

根据肠系膜下动脉的分布与走向, 通常将肠系膜下动脉(inferior mesenteric artery, IMA)及其主要分支分为左结肠动脉(left colic artery, LCA)、乙状结肠动脉(sigmoid arteries, SA)和直肠上动脉(superior rectal artery, SRA)。清晰准确的 IMA 主干及主要分支血管重建有助于临床医师对血管走行、动静脉毗邻关系有更加客观的认识, 对减少术中血管损伤、预判近端血管血供及肠管游离范围有重要意义, 进一步保证手术安全^[48]。

IMA 分型: 基于 CT 影像的 AI 血管分割技术可自动提取 IMA 主干及其分支 LCA、SA 及 SRA。清晰辨认 IMA 的分支分型是决定手术安全、准确实施 IMA 高位或低位结扎的关键。外科医师需要根据三维重建提供 IMA 分支的具体信息, 在保证根治性的前提下, 选择能最大限度保留近端结肠血供的结扎点。

I 型: 典型特征为 SRA、SA 共干, LCA 单独发出, 此型占总体分型的约 38%, 三维重建可清晰显示分叉结构, 并测量 LCA 发出点与 IMA 根部的距离, 有利于术前预判是否保留 LCA 以及从 SRA、SA 共干处行血管离断。

II 型: 典型特征为 LCA、SA、SRA 共干, 此型占总体分型的约 45%。三维重建可清晰显示 LCA、SA、SRA 从 IMA 主干发出的开口, 有利于术前规划离断 SRA 与 SA 的同时精准保留 LCA。

III 型: 典型特征为 LCA 从 SA 发出, 此型占总体分型的约 12%。三维重建可清晰显示 LCA、SA、SRA 分支开口, 有利于术前规划离断 SRA 与 SA 的同时精准保留 LCA。

IV 型: 典型特征为无 LCA, 由 SRA 代偿供血。此型占总体分型的约 5%。三维重建可清晰显示 SRA 供血区域及血管走向。

Riolan 弓显影评估: 三维重建可直观评估左结肠血管侧支循环发育情况, 特别是在计划高位结扎

IMA 时预测近端肠管血供。

推荐意见 6: 三维重建应提供 IMA 分支分型、LCA 发出点与 IMA 根部距离、乙状结肠血管分支、血管管径等, 以判断血管供血优势型。(共识等级: I 级)

(三) 基于三维重建的直肠肿瘤可视化神经保护评估

高分辨率 MRI (特别是 T2WI 和神经示踪序列如 DWIBS) 结合 AI 驱动的神经束追踪和分割技术, 可在三维空间内标记关键盆腔自主神经结构, 有助于术前规划及手术操作中体现神经保护^[49-51]。

1. 腹下神经: 沿骶骨岬两侧下行, 形成下腹下丛(盆丛)上缘。三维模型显示其呈条索状, 位于 IMA/上腹下丛后方、输尿管内侧。

2. 盆内脏神经(勃起神经): 从 S2~S4 骶孔发出, 向前加入盆丛。

3. 盆丛: 位于直肠侧方, 精囊腺/前列腺(男)或宫颈/阴道穹窿(女)的后外侧, 呈网状板层结构。三维模型可勾勒其大致范围。

4. 下腹下丛分支: 膀胱支、前列腺支/子宫阴道支。

在保证直肠肿瘤根治性的前提下, 三维重建可辅助计算血管、淋巴结与神经丛的最短空间距离, 规划最佳手术路径, 识别需重点保护的神经“安全区”和可进行精细分离的“手术窗”(如膀胱腹下筋膜与直肠系膜侧方之间的界面)。强调在侧韧带区域采用精细锐性解剖、能量器械精准控制、避免大块钳夹结扎的重要性, 以最大限度保护支配泌尿生殖功能的神经纤维。

(四) 基于三维重建的直肠肿瘤 CRM 可视化呈现

CRM 作为直肠癌根治性手术的关键病理学评估参数, 特指肿瘤浸润最前沿与直肠系膜固有筋膜之间的最短径向距离。三维重建对于立体精准判断 CRM 及预测 R₀ 切除可能性具有重要意义。三维重建不仅能直观提供肿瘤距离直肠系膜筋膜单点最短距离, 还能立体分析整个肿瘤-直肠系膜筋膜界面的“危险区域”范围及空间分布, 为新辅助治疗决策(尤其是放化疗强度、疗程)和手术方案提供精准、个体化的影像学依据。三维模型可通过标记特定解剖点(如直肠系膜筋膜位置), 量化测量 CRM 的潜在风险区域^[52]。对于低位直肠癌, 三维重建能清晰显示括约肌间复合体的解剖平面, 为超低位切除术提供关键解剖学依据, 减少 CRM 阳性的风险^[53]。

推荐意见 7: 三维重建应提供直肠肿瘤 CRM 阳性的方位信息,其多平面重建功能可精确量化肿瘤与系膜筋膜的空间关系。(共识等级: I 级)

(五)基于三维重建的直肠肿瘤可视化评估报告的制式化与标准化

直肠肿瘤的术前三维可视化评估应在坚持规范化的前提下,充分考虑临床医师对肿瘤评估在精准、直观可视化及个体化等方面的高要求,提供肿瘤相关解剖信息完整准确的制式化、标准化报告,以期切实对接直肠癌手术规划需求。

推荐意见 8: 直肠肿瘤三维重建评估至少包含表格内评估内容。(共识等级: I 级)

编号	评估内容
1	病变的长径(mm)
2	病变位置:下缘到肛门距离
3	病变T分期及与周围器官的关系:包括腹膜反折、肛提肌、肛管括约肌复合体等
4	肿瘤相关区域淋巴结(区域淋巴结、髂血管周围淋巴结、腹主动脉旁淋巴结)的大小(长径×短径,mm×mm)、位置及是否可疑转移等信息
5	肠系膜下动脉分型、根部距离第一分叉处长度、根部与十二指肠水平部下缘的最近距离(mm)
6	乙状结肠血管分支数量、走行方式及血管管径
7	肠系膜下动脉根部与同一层面肠系膜下静脉间距
8	直肠肿瘤环周切缘是否阳性及方位信息

四、临床应用场景与价值

基于多种影像融合的三维重建技术,可实现对直肠肿瘤及其周围解剖结构的高精度数字化建模。该技术通过整合CT、MRI检查等影像数据,以亚毫米级分辨率构建包含肿瘤立体空间分布、微血管网络走行及毗邻器官关系的三维可视化模型,为术前规划提供精准的解剖学依据。其核心价值在于:通过患者个体化的动态交互式模型,完整呈现直肠肿瘤与周围脏器、盆底筋膜、神经血管等关键结构的空間关系,显著提升术者对复杂解剖的立体认知度,从而优化手术入路选择并降低术中副损伤风险。

(一)术前R₀切除评估

在直肠癌的临床诊疗中,准确的肿瘤分期对治疗决策具有关键指导意义。对于T3期或T4期以及伴有区域淋巴结转移(N1~2期)的患者,新辅助放化疗能有效诱导肿瘤退缩,显著提高R₀切除率和肛门括约肌保留的可能性。近年研究结果显示:采用多排螺旋CT三维重建技术联合高分辨率MRI,或CT增强扫描三维重建结合CT血管成像(computed tomography angiography, CTA)的多模态影像

学评估方案,在直肠癌术前分期诊断中展现出突出的临床应用价值,其诊断准确性与术后病理学检查结果具有高度一致性,为个体化治疗方案的制订提供了可靠的影像学依据^[54-55]。除此之外,多项研究验证了MRI三维重建技术在CRM评估中的可行性,其评估结果与术后病理具有良好的一致性,并建议将MRI三维重建纳入直肠癌术前CRM评估的常规检查方案^[12,56]。

推荐意见 9: 将基于直肠高分辨率MRI的三维重建作为预测R₀切除可能性以及新辅助放化疗的重要依据。(共识等级: II级)

(二)手术规划与入路选择

1. TME手术规划:在直肠癌手术中,由于盆腔解剖空间有限,术前精准评估盆腔解剖参数对预测手术难度具有重要意义。现有研究表明,坐骨棘尖端间距缩短、坐骨结节间距减小、盆腔入口缩小以及耻骨结节高度增加等解剖学特征均与手术难度呈正相关^[57]。采用基于CT数据的三维重建技术可精确量化盆腔解剖结构参数,为术前手术难度评估提供客观依据^[58]。应用三维重建及导航定位技术可精准监控直肠系膜分离平面,确保全直肠系膜切除手术质量,Wijsmuller团队通过系列解剖学研究证实了该技术的定位准确性^[59]。

推荐意见 10: 对拟行直肠癌手术的患者术前常规实施基于CT/MRI检查的三维重建盆腔解剖测量,精准量化坐骨棘尖端间距、坐骨结节间距等关键盆腔参数,为手术难度预测提供客观依据。(共识等级: I级)

2. 术前血管解剖与术式选择:IMA及主要分支的准确结扎与选择性保留是直肠癌根治术的重要技术环节。由于IMA及其分支存在较多的解剖变异,术中对IMA血管分支的误判可能导致血管损伤和出血/缺血,进而影响术野清晰度并增加手术难度^[60]。值得注意的是,精确识别IMA各分支对实现规范化淋巴结清扫至关重要。关于IMA结扎平面选择,尽管LCA起始部以下的低位结扎仍存在学术争议^[61],但多项研究证实高位结扎会显著降低直肠吻合口血供^[62-65]。术前应用CT血管三维重建技术可清晰显示IMA及其分支的三维解剖关系,不仅有助于制定个体化手术方案,更能有效缩短手术时间、减少术中出血,为安全实施低位结扎提供重要保障^[64]。

推荐意见 11: 根据三维重建显示的血管解剖特点个体化选择IMA结扎平面,确保吻合口血供,提高手术安全性。(共识等级: II级)

(三)神经保护策略

神经损伤作为直肠癌手术中较为常见的并发症,可导致泌尿、性功能及肛门直肠功能障碍等严重后果。在TME这一标准术式中,由于横向手术平面狭窄且致密,沿TME外部平面解剖时极易损伤下腹神经丛。同时,研究显示在直肠癌侧方淋巴结清扫术中,闭孔神经损伤率可达4%^[66]。因此,实现盆腔神经(如下腹神经和闭孔神经)的术中实时可视化与精确定位,对优化手术路径选择、最大限度减少神经损伤具有重要临床价值。

三维盆腔自主神经成像技术的突破为此提供了关键解决方案。Bertrand等^[67]通过对比盆腔自主神经的MRI成像与解剖学观察,证实了二者在神经分布上具有高度一致性。Wijsmuller团队进一步系统论证了基于MRI构建盆腔神经3D导航图谱的可行性,凸显了该技术在提升手术安全性方面的应用前景^[59]。除此之外,我国学者在直肠癌患者中成功实现了术前MRI神经成像与三维重建技术的结合,并精准呈现了盆腔自主神经的解剖分布,为术中神经保护提供了可靠依据,也显著提升D₃根治术的安全性和精准度,为制订个体化手术方案提供了重要参考依据^[68-69]。

推荐意见 12:在有条件的单位尝试开展基于高清MRI的三维盆腔自主神经重建技术,精准呈现下腹神经丛、闭孔神经等关键神经结构与肿瘤的立体解剖关系,有利于在术前规划神经保护的手术路径,并在实际手术中进行神经导航。(共识等级:Ⅱ级)

(四)新辅助治疗后决策

目前新辅助放化疗联合TME是局部进展期直肠癌患者的标准治疗方式^[70-71]。基于高分辨率CT、MRI检查的直肠肿瘤三维重建技术可构建毫米级精度的肿瘤立体模型,可量化计算肿瘤体积变化率,客观评价治疗灵敏度;同时多平面重建功能可全方位展示肿瘤与周围脏器的空间关系以及预测环周切缘状态。同时,针对新辅助放化疗后常见的组织水肿和纤维化等干扰因素,三维重建技术能有效区分治疗反应区与残余肿瘤组织。此外,通过多平面重建和容积再现技术,可立体化呈现肿瘤的浸润范围、组织粘连程度及血管侵犯情况,为制订联合脏器切除方案提供了精准的解剖学依据。

推荐意见 13:将高分辨率CT、MRI检查三维重建技术作为新辅助放化疗后评估的影像学方法,为手术切除的根治性或者等待观察策略提供重要依据。(共识等级:Ⅰ级)

五、争议与未来方向

直肠肿瘤三维可视化AI评估体系将复杂的盆腔解剖、肿瘤生物学行为与个体化手术需求深度融合^[12,72-73]。其核心价值在于:(1)解剖学精准化(毫米级空间定位肿瘤、血管、神经、筋膜)。(2)风险评估定量化(对CRM、神经损伤、血管出血、淋巴结转移进行量化预测)。(3)决策支持智能化(AI提供客观数据,辅助制订新辅助治疗、手术入路、切除范围、神经保护及血管处理策略)。(4)手术规划个体化(为每位患者量身定制最优手术方案,在根治与功能保护间寻求最佳平衡)。

尽管三维可视化技术在直肠肿瘤诊治中展现出显著优势,其临床应用仍面临多重挑战,需通过多学科协作与技术创新逐步解决。本共识认为:三维可视化技术应用的争议与挑战主要集中于以下3个方面:(1)三维影像重建的准确性仍部分依赖操作者经验,不同的操作者可能在结果呈现上有所差异,故将来需要通过算法精进升级为AI诊断可能会更加客观、全面。(2)现有相关研究多基于单中心小样本,缺乏高级别循证医学证据(如RCT研究)。(3)目前影像学检查盆腔神经显示仍有困难,故在盆腔神经三维可视化结果显示仍不充分。

面对目前直肠肿瘤三维可视化的困境,本共识认为:未来发展会更加精准。多模态影像融合与动态导航可能是发展方向之一^[74-78],技术整合MRI、CT及超声优势,构建“全息盆腔图谱”。根据术前的多模态影像学基础,开发弹性形变算法,使三维模型随手术操作实时调整,实现术中实时更新,解决术中组织位移导致的导航偏差。在此基础上,剖分技术体系进一步将术前三维模型与术中内窥镜影像进行空间配准与融合显示,形成三维模型——内窥镜影像叠加分析的软件形态,为术中解剖识别与路径判断提供直观辅助。AI驱动的自动化与标准化亦是发展方向之一^[79],通过深度学习算法自动识别肿瘤浸润边界(如CRM受累距离),降低操作者依赖性,加强AI辅助诊断。

目前,直肠肿瘤三维可视化技术的临床应用已受到越来越多的关注。本共识的制订是基于现有的循证医学证据及本领域专家的临床实践经验,初步规范了直肠癌术前三维重建可视化的标准。直肠肿瘤三维可视化的临床应用仍处于起步阶段,现有的证据等级较弱。在未来的临床实践中,应在这些领域加强开展临床研究,本共识也将与时俱进,不断更新完善。

《直结肠肿瘤三维可视化指导精准手术专家共识(2025版)》编

审委员会名单

顾问:

董家鸿 清华大学北京清华长庚医院
张忠涛 首都医科大学附属北京友谊医院
余佩武 陆军军医大学第一附属医院(西南医院)
陈敏 陆军军医大学第一附属医院(西南医院)
《中华消化外科杂志》编辑委员会

组长:

肖卫东 陆军军医大学第二附属医院(新桥医院)
李心翔 复旦大学附属肿瘤医院
杜晓辉 中国人民解放军总医院第一医学中心
姚宏伟 首都医科大学附属北京友谊医院

委员(按姓氏汉语拼音排序):

陈启仪 同济大学附属第十人民医院
丁健华 火箭军特色医学中心
丁培荣 中山大学肿瘤防治中心
段绍斌 新疆医科大学第四附属医院
冯波 上海交通大学医学院附属瑞金医院
何真 中山大学附属第六医院
胡文庆 长治市人民医院
胡彦锋 南方医科大学南方医院
黄陈 上海交通大学医学院附属第一人民医院
黄颖 福建医科大学附属协和医院
江恩来 陆军军医大学第二附属医院(新桥医院)
李凡 陆军特色医学中心(大坪医院)
李涛 新疆维吾尔自治区人民医院
李彦科 中国医科大学附属第一医院
李勇 广东省人民医院
刘红波 邯郸市中心医院
刘骞 中国医学科学院肿瘤医院
罗华友 昆明医科大学第一附属医院
秦环龙 苏州市立医院
石彦 陆军军医大学第一附属医院(西南医院)
孙大力 昆明医科大学第二附属医院
孙维建 温州医科大学附属第一医院
唐波 陆军军医大学第一附属医院(西南医院)
田云鸿 南充市中心医院
王革非 中国人民解放军东部战区总医院
王桂华 华中科技大学同济医学院附属同济医院
王楠 空军军医大学第二附属医院(唐都医院)
王黔 贵州医科大学附属医院
汪学非 复旦大学附属中山医院
魏寿江 川北医学院附属医院
魏正强 重庆医科大学附属第一医院
吴畏 中南大学湘雅医院
杨烈 四川大学华西医院
杨盈赤 首都医科大学附属北京友谊医院
张朝军 中国人民解放军总医院

张文斌 新疆医科大学附属肿瘤医院
张翼 中南大学湘雅三院
张子臻 上海交通大学医学院附属仁济医院
赵高平 四川省人民医院
周建平 中国医科大学附属第一医院

执笔:

杜广胜 陆军军医大学第二附属医院(新桥医院)
王子涵 陆军军医大学第二附属医院(新桥医院)
殷久恒 陆军军医大学第二附属医院(新桥医院)
郑道峰 陆军军医大学第二附属医院(新桥医院)
陈奕宽 复旦大学附属肿瘤医院

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71(3):209-249. DOI:10.3322/caac.21660.
- [2] Siegel RL, Miller KD, Fuchs HE, et al. Cancer statistics, 2021[J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71(1):7-33. DOI:10.3322/caac.21654.
- [3] Maurer CA, Renzulli P, Kull C, et al. The impact of the introduction of total mesorectal excision on local recurrence rate and survival in rectal cancer: long-term results[J]. Ann Surg Oncol, 2011, 18(7):1899-1906. DOI:10.1245/s10434-011-1571-0.
- [4] 中华医学会外科学分会腹腔镜与内镜外科学组, 中华医学会外科学分会结直肠外科学组, 中国医师协会外科医师分会结直肠外科专家工作组, 等. 腹腔镜结直肠癌根治术操作指南(2023版)[J]. 中华消化外科杂志, 2024, 23(1):10-22. DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20231229-00285.
- [5] 《中华消化外科杂志》编辑委员会, 中国研究型医院学会肝胆胰外科专业委员会. 腹腔镜门静脉流域解剖性肝切除理论及技术标准中国专家共识(2023版)[J]. 中华消化外科杂志, 2023, 22(12):1385-1397. DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20230925-00114.
- [6] 朱琳熙, 毛凉, 杜娟, 等. 胰腺癌新辅助转化治疗后根治性切除的临床疗效[J]. 中华消化外科杂志, 2023, 22(7):916-923. DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20230512-00204.
- [7] 张朋飞, 梁荔, 张明, 等. 三维重建联合超声内镜检查在胆道肿瘤术前精准评估中的应用价值[J]. 中华消化外科杂志, 2023, 22(12):1490-1494. DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20231109-00191.
- [8] 赵建新, 潘妮妮, 何迪梁, 等. 增强CT检查预测肝细胞癌微血管侵犯的影像基因组学研究[J]. 中华消化外科杂志, 2023, 22(11):1367-1377. DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20231013-00148.
- [9] 中国研究型医院学会放射学专业委员会, 上海市医学会放射科专科分会. 3D可视化技术在肝胆外科中的临床应用专家共识(2022年版)[J]. 肿瘤影像学, 2023, 32(1):89-99. DOI:10.19732/j.cnki.2096-6210.2023.01.015.
- [10] 中国医疗保健国际交流促进会胸外科分会, 中国医疗保健国际交流促进会肺癌防治分会, 海峡两岸医药卫生交流协会胸外科专业委员会, 等. 人工智能一体化三维重建应用于胸外科的中国专家共识[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2023, 30(5):641-646. DOI:10.7507/1007-4848.202302054.
- [11] Nagai Y, Kawai K, Nozawa H, et al. Three-dimensional visua-

- lization of the total mesorectal excision plane for dissection in rectal cancer surgery and its ability to predict surgical difficulty[J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1):2130. DOI:10.1038/s41598-023-29426-x.
- [12] Lorenzon L, Bini F, Quatralè M, et al. 3D MRI segmentation and 3D circumferential resection margin evaluation for a standard rectal cancer assessment[J]. *G Chir*, 2018, 39(3):152-157.
 - [13] Wang Y, Liu ZS, Wang ZB, et al. Efficacy of laparoscopic low anterior resection for colorectal cancer patients with 3D-vascular reconstruction for left coronary artery preservation[J]. *World J Gastrointest Surg*, 2024, 16(6):1548-1557. DOI:10.4240/wjgs.v16.i6.1548.
 - [14] Hamabe A, Ishii M, Kamoda R, et al. Artificial intelligence-based technology to make a three-dimensional pelvic model for preoperative simulation of rectal cancer surgery using MRI[J]. *Ann Gastroenterol Surg*, 2022, 6(6):788-794. DOI: 10.1002/ags3.12574.
 - [15] Grosso AA, Marin DM, Di Maida F, et al. Robotic partial nephrectomy with en bloc removal of a renal vein thrombus for multiple cT3a renal cell carcinoma lesions[J]. *Eur Urol Open Sci*, 2022, 44:33-36. DOI:10.1016/j.euro.2022.08.002.
 - [16] Pinto RA, Corrêa Neto IJ, Nahas SC, et al. Efficacy of 3-dimensional endorectal ultrasound for staging early extraperitoneal rectal neoplasms[J]. *Dis Colon Rectum*, 2017, 60(5):488-496. DOI:10.1097/DCR.0000000000000781.
 - [17] 黄天骄, 史学森, 孙凯. CT 虚拟结肠镜对早期筛查结直肠癌的研究进展[J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2016, 40(6):474-477. DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2016.06.014.
 - [18] 中国抗癌协会泌尿肿瘤专业委员会, 中国临床肿瘤学会肾癌专家委员会, 姚欣. 三维重建应用于肾脏肿瘤外科手术专家共识[J]. *中国肿瘤临床*, 2024, 51(10):487-492. DOI:10.12354/j.issn.1000-8179.2024.20240444.
 - [19] Onuma Y, Tsuruta C, Okita K, et al. CT reconstruction with thick slices not only underestimates lymph node size but also reduces data reproducibility in colorectal cancer[J]. *Acta Radiol*, 2021, 62(10):1275-1282. DOI:10.1177/0284185120968569.
 - [20] 黄艾, 瞿越, 余政, 等. 三维重建技术在胸腔镜精准肺段切除中的临床应用[J]. *中国医师杂志*, 2019, 21(11):1609-1612. DOI:10.3760/cma.j.issn.1008-1372.2019.11.003.
 - [21] Monnin P, Sfameni N, Gianoli A, et al. Optimal slice thickness for object detection with longitudinal partial volume effects in computed tomography[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2017, 18(1):251-259. DOI:10.1002/acm2.12005.
 - [22] Jeri-McFarlane S, García-Granero Á, Pellino G, et al. Prospective observational non-randomized trial protocol for surgical planner 3D image processing & reconstruction for locally advanced colon cancer[J]. *BMC Surg*, 2024, 24(1):292. DOI:10.1186/s12893-024-02558-1.
 - [23] Garcia-Granero A, Jeri Mc-Farlane S, Gamundí Cuesta M, et al. Application of 3D-reconstruction and artificial intelligence for complete mesocolic excision and D3 lymphadenectomy in colon cancer[J]. *Cir Esp (Engl Ed)*, 2023, 101(5):359-368. DOI:10.1016/j.cireng.2023.01.006.
 - [24] Fritz B, de Cesar Netto C, Fritz J. Multiaxial 3D MRI of the ankle: advanced high-resolution visualization of ligaments, tendons, and articular cartilage[J]. *Foot Ankle Clin*, 2023, 28(3):529-550. DOI:10.1016/j.fcl.2023.05.008.
 - [25] Kim M, Kim HS, Kim HJ, et al. Thin-slice pituitary MRI with deep learning-based reconstruction: diagnostic performance in a postoperative setting[J]. *Radiology*, 2021, 298(1):114-122. DOI:10.1148/radiol.2020200723.
 - [26] Yi J, Hahn S, Lee HJ, et al. Thin-slice elbow MRI with deep learning reconstruction: Superior diagnostic performance of elbow ligament pathologies[J]. *Eur J Radiol*, 2024, 175:111471. DOI:10.1016/j.ejrad.2024.111471.
 - [27] Schmidt A, Grunz JP, Petritsch B, et al. Combination of iterative metal artifact reduction and virtual monoenergetic reconstruction using split-filter dual-energy CT in patients with dental artifact on head and neck CT[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2022, 218(4):716-727. DOI:10.2214/AJR.21.26772.
 - [28] Barreto I, Pepin E, Davis I, et al. Comparison of metal artifact reduction using single-energy CT and dual-energy CT with various metallic implants in cadavers[J]. *Eur J Radiol*, 2020, 133:109357. DOI:10.1016/j.ejrad.2020.109357.
 - [29] Pack JD, Xu M, Wang G, et al. Cardiac CT blooming artifacts: clinical significance, root causes and potential solutions[J]. *Vis Comput Ind Biomed Art*, 2022, 5(1):29. DOI:10.1186/s42492-022-00125-0.
 - [30] Shu Z, Entezari A. A nonlocal prior in iterative CT reconstruction[J]. *Med Phys*, 2025, 52(3):1436-1453. DOI:10.1002/mp.17533.
 - [31] Granzier R, Ibrahim A, Primakov S, et al. Test-retest data for the assessment of breast MRI radiomic feature repeatability[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2022, 56(2):592-604. DOI:10.1002/jmri.28027.
 - [32] 黄浩哲, 陈红, 郑德重, 等. 基于 CT 的影像组学诺模图预测结直肠癌肺转移消融后的局部肿瘤进展[J]. *中国癌症杂志*, 2024, 34(9):857-872. DOI:10.19401/j.cnki.1007-3639.2024.09.006.
 - [33] Gong YJ, Li YK, Zhou R, et al. A novel approach for estimating lung tumor motion based on dynamic features in 4D-CT[J]. *Comput Med Imaging Graph*, 2024, 115:102385. DOI:10.1016/j.compmedimag.2024.102385.
 - [34] Huang C, Ying S, Huang M, et al. Three-dimensional voxel-wise quantitative assessment of imaging features in hepatocellular carcinoma[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2023, 13(6):1170. DOI:10.3390/diagnostics13061170.
 - [35] Han YE, Cho Y, Park BJ, et al. Development and multicenter validation of deep convolutional neural network-based detection of colorectal cancer on abdominal CT[J]. *Eur Radiol*, 2024, 34(9):6182-6192. DOI:10.1007/s00330-023-10452-2.
 - [36] Hille G, Tummala P, Spitz L, et al. Transformers for colorectal cancer segmentation in CT imaging[J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2024, 19(10):2079-2087. DOI:10.1007/s11548-024-03217-9.
 - [37] Chin D, Mohamed A, Shariff KA, et al. Effects of different parameter settings for 3D data smoothing and mesh simplification on near real-time 3D reconstruction of high resolution bioceramic bone void filling medical images[J]. *Sensors (Basel)*, 2021, 21(23):7955. DOI:10.3390/s21237955.
 - [38] 周娟. 基于 Ray-Casting 算法对医学图像进行三维绘制重建[J]. *计算机科学*, 2016, 43(z2):156-160.
 - [39] Liu T, Lu Y, Xu J, et al. 3D reconstruction of bone CT scan images based on deformable convex hull[J]. *Med Biol Eng Comput*, 2024, 62(2):551-561. DOI:10.1007/s11517-023-02951-7.
 - [40] Miyamoto R, Tadano S, Sano N, et al. The impact of laparoscopic-assisted colorectal surgery using 3-dimensional reconstruction for highly obese patients with colorectal

- cancer[J]. Surg Laparosc Endosc Percutan Tech, 2017, 27(3):175-178. DOI:10.1097/SLE.0000000000000392.
- [41] Jomoto W, Kimura K, Kiriki M, et al. Delineation of the internal iliac vein using MRI with true FISP sequence in patients with locally recurrent rectal cancer: a pilot study using CT/MRI fusion[J]. Magn Reson Imaging, 2024, 111: 9-14. DOI:10.1016/j.mri.2024.04.006.
- [42] Qu W, Wang J, Hu X, et al. MRI radiomic study on prediction of nonenlarged lymph node metastasis of rectal cancer: reduced field-of-view versus conventional DWI[J]. Eur Radiol Exp, 2025, 9(1):34. DOI:10.1186/s41747-025-00575-0.
- [43] Wang J, Hu S, Liang P, et al. R2* mapping and reduced field-of-view diffusion-weighted imaging for preoperative assessment of nonenlarged lymph node metastasis in rectal cancer[J]. NMR Biomed, 2024, 37(10):e5174. DOI:10.1002/nbm.5174.
- [44] Li QY, Yan XY, Guan Z, et al. A method of matching nodes between MRI and pathology with MRI-based 3D node map in rectal cancer[J]. Abdom Radiol (NY), 2025, 50(9):4004-4014. DOI:10.1007/s00261-025-04826-x.
- [45] Meng Y, Ai Q, Hu Y, et al. Clinical development of MRI-based multi-sequence multi-regional radiomics model to predict lymph node metastasis in rectal cancer[J]. Abdom Radiol (NY), 2024, 49(6):1805-1815. DOI:10.1007/s00261-024-04204-z.
- [46] Wang Y, Chen A, Hu W, et al. T1 mapping and amide proton transfer weighted imaging for predicting lymph node metastasis in patients with rectal cancer[J]. Curr Med Imaging, 2024, 20:e15734056251952. DOI:10.2174/0115734056251952231012155314.
- [47] Bae JH, Song J, Kim JH, et al. Lateral lymph node size and tumor distance from anal verge accurately predict positive lateral pelvic lymph nodes in rectal cancer: a multi-institutional retrospective cohort study[J]. Dis Colon Rectum, 2023, 66(6):785-795. DOI:10.1097/DCR.00000000000002528.
- [48] Balcerzak A, Kwaśniewska O, Podgórski M, et al. Types of inferior mesenteric artery: a proposal for a new classification[J]. Folia Morphol (Warsz), 2021, 80(4):827-838. DOI:10.5603/FM.a2020.0115.
- [49] Nakao T, Shimada M, Yoshikawa K, et al. Visualization of the pelvic nerves using magnetic resonance imaging for rectal cancer surgery[J]. Surg Endosc, 2023, 37(6):4315-4320. DOI:10.1007/s00464-022-09771-0.
- [50] Wijsmuller AR, Giraudeau C, Leroy J, et al. A step towards stereotactic navigation during pelvic surgery: 3D nerve topography[J]. Surg Endosc, 2018, 32(8):3582-3591. DOI:10.1007/s00464-018-6086-3.
- [51] Hamabe A, Ishii M, Kamoda R, et al. Artificial intelligence-based technology to make a three-dimensional pelvic model for preoperative simulation of rectal cancer surgery using MRI[J]. Ann Gastroenterol Surg, 2022, 6(6):788-794. DOI:10.1002/ags3.12574.
- [52] Zhou XC, Ke FY, Dhamija G, et al. Study on sex differences and potential clinical value of three-dimensional computerized tomography pelvimetry in rectal cancer patients[J]. World J Gastrointest Oncol, 2024, 16(3):773-786. DOI:10.4251/wjgo.v16.i3.773.
- [53] Yan S, Zhou M, Zhou Y, et al. Intersphincteric complex a potential metastasis niche in ultralow rectal cancer and prognostic significance of its complete excision following intersphincteric resection—a prospective cohort study[J]. Int J Surg, 2025, 111(7):4434-4442. DOI:10.1097/JIS.0000000000002487.
- [54] 乔艳忠. CT增强扫描三维重建联合 CT 血管成像在结直肠癌诊断及分期中的应用[J]. 实用癌症杂志, 2023, 38(11):1868-1871, 1880. DOI:10.3969/j.issn.1001-5930.2023.11.030.
- [55] 杨春霞. 术前 MSCT 三维重建联合高分辨 MRI 对直肠癌临床分期的诊断价值[J]. 河南外科学杂志, 2024, 30(3):93-96.
- [56] 宋玉娟. 直肠腔内超声与 MRI 三维重建在直肠癌术前分期及环周切缘评估中的应用研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2021, 19(9):141-143. DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.09.045.
- [57] Yamamoto T, Kawada K, Kiyasu Y, et al. Prediction of surgical difficulty in minimally invasive surgery for rectal cancer by use of MRI pelvimetry[J]. BJS Open, 2020, 4(4):666-677. DOI:10.1002/bjs.5.50292.
- [58] Zhou XC, Ke FY, Dhamija G, et al. Study on sex differences and potential clinical value of three-dimensional computerized tomography pelvimetry in rectal cancer patients[J]. World J Gastrointest Oncol, 2024, 16(3):773-786. DOI:10.4251/wjgo.v16.i3.773.
- [59] Wijsmuller AR, Romagnolo L, Agnus V, et al. Advances in stereotactic navigation for pelvic surgery[J]. Surg Endosc, 2018, 32(6):2713-2720. DOI:10.1007/s00464-017-5968-0.
- [60] Wang KX, Cheng ZQ, Liu Z, et al. Vascular anatomy of inferior mesenteric artery in laparoscopic radical resection with the preservation of left colic artery for rectal cancer[J]. World J Gastroenterol, 2018, 24(32):3671-3676. DOI:10.3748/wjg.v24.i32.3671.
- [61] Cirocchi R, Trastulli S, Farinella E, et al. High tie versus low tie of the inferior mesenteric artery in colorectal cancer: a RCT is needed[J]. Surg Oncol, 2012, 21(3):e111-e123. DOI:10.1016/j.suronc.2012.04.004.
- [62] Park MG, Hur H, Min BS, et al. Colonic ischemia following surgery for sigmoid colon and rectal cancer: a study of 10 cases and a review of the literature[J]. Int J Colorectal Dis, 2012, 27(5):671-675. DOI:10.1007/s00384-011-1372-8.
- [63] Zhang W, Yuan WT, Song JM. Ileum interposition for low rectal anastomosis in rectal cancer surgery: is it a remedial Option? [J]. Dis Colon Rectum, 2015, 58(7):708-709. DOI:10.1097/DCR.0000000000000377.
- [64] Ding Y, Zhao B, Niu W, et al. Assessing anatomical variations of the inferior mesenteric artery via three-dimensional CT angiography and laparoscopic colorectal surgery: a retrospective observational study[J]. Sci Rep, 2024, 14(1):6985. DOI:10.1038/s41598-024-57661-3.
- [65] Fan YC, Ning FL, Zhang CD, et al. Preservation versus non-preservation of left colic artery in sigmoid and rectal cancer surgery: A meta-analysis[J]. Int J Surg, 2018, 52:269-277. DOI:10.1016/j.ijsu.2018.02.054.
- [66] Duong TT, An HH, Quoc LV, et al. Laparoscopic lateral pelvic lymph node dissection for advanced lower rectal cancer: a preliminary vietnamese study[J]. Med Arch, 2021, 75(4):297-301. DOI:10.5455/medarch.2021.75.297-301.
- [67] Bertrand MM, Macri F, Mazars R, et al. MRI-based 3D pelvic autonomous innervation: a first step towards image-guided pelvic surgery[J]. Eur Radiol, 2014, 24(8):1989-1997. DOI:10.1007/s00330-014-3211-0.
- [68] Zhong G, Yang B, Zhong J, et al. Magnetic resonance neuroimaging promotes the preservation of pelvic autonomic nerves in laparoscopic total mesorectal excision: a comparative study[J]. Ann Transl Med, 2021, 9(24):1756. DOI:10.21037/atm-21-5658.

- [69] 陈佳佳,柯映平,郭伟毅,等.基于MRI的三维重建技术在保留盆腔自主神经的腹腔镜直肠癌D₃根治术中的应用价值[J].新医学,2024,55(6):403-410. DOI:10.3969/j.issn.0253-9802.2024.06.002.
- [70] Conroy T, Bosset JF, Etienne PL, et al. Neoadjuvant chemotherapy with FOLFIRINOX and preoperative chemoradiotherapy for patients with locally advanced rectal cancer (UNICANCER-PRODIGE 23): a multicentre, randomised, open-label, phase 3 trial[J]. Lancet Oncol, 2021, 22(5):702-715. DOI:10.1016/S1470-2045(21)00079-6.
- [71] 崔莹珊,丁叔波.局部晚期直肠癌术前同期加量调强放疗与三维适形放疗的远期疗效比较[J].重庆医学,2024,53(14):2104-2109. DOI:10.3969/j.issn.1671-8348.2024.14.005.
- [72] 李国新,陈韬.胃癌精准智能微创外科范式和技术系统的探索与展望[J].中华消化外科杂志,2023,22(4):455-461. DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20230315-00107.
- [73] 张炯,王庆国,程云章,等.人工智能在结直肠癌内镜与影像学诊断中的应用现状与进展[J].中华消化外科杂志,2024,23(4):622-628. DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20240219-00117.
- [74] Warner E, Lee J, Hsu W, et al. Multimodal machine learning in image-based and clinical biomedicine: survey and prospects[J]. Int J Comput Vis, 2024, 132(9):3753-3769. DOI:10.1007/s11263-024-02032-8.
- [75] 方国旭,郭鹏飞,范鉴慧,等.基于可解释人工智能的临床决策支持系统:孟超肝病外脑[J].中华消化外科杂志,2023,22(1):70-80. DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20221102-00679.
- [76] 赖超,吴阿豪,冯宗峰,等.CT检查骨性参数及手术方式对低位直肠癌困难骨盆及围手术期疗效的影响[J].中华消化外科杂志,2024,23(4):613-621. DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20240220-00118.
- [77] 林建展,阎伟,官文龙,等.吡啶菁绿荧光造影技术在腹腔镜结直肠癌根治术中的应用[J].中华消化外科杂志,2024,23(6):876-882. DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20240327-00181.
- [78] 付占威,蔡正吴,李树春,等.基于磁共振成像检查的集成深度学习模型预测中低位直肠癌切除术中直线切割闭合器使用次数的临床价值[J].中华消化外科杂志,2023,22(9):1129-1138. DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20230826-00034.
- [79] Wang PP, Deng CL, Wu B. Magnetic resonance imaging-based artificial intelligence model in rectal cancer[J]. World J Gastroenterol, 2021, 27(18):2122-2130. DOI:10.3748/wjg.v27.i18.2122.

读者·作者·编者

容易混淆的词语

箭头后为正确用字:

疤痕→瘢痕	探索→探查	转酞酶→转肽酶
报导→报道	图象→图像	综合症→综合征
成份→成分	惟一→唯一	总胆管→胆总管
发烧→发热	无须→无需	1% 饿酸→1% 饿酸
烦躁→烦躁	形像→形象	5-羟色氨→5-羟色胺
幅射→辐射	血象→血常规	阿斯匹林→阿司匹林
腹泄→腹泻	指证→指征	枸橼酸钠→枸橼酸钠
海棉→海绵	细胞浆→细胞质	何杰金病→霍奇金病
横隔→横膈	纵膈→纵隔	化验检查→实验室检查
机理→机制	阿酶素→阿霉素	基因片断→基因片段
机能→功能	饱和度→饱和度	甲氨喋呤→甲氨蝶呤
肌肝→肌酐	地卡因→丁卡因	雷帕霉素→西罗莫司
连结→连接	肝昏迷→肝性脑病	丝裂酶素→丝裂霉素
硫基→巯基	环胞素→环孢素	尿生殖隔→尿生殖膈
痿道→痿管	记数法→计数法	异性蛋白→异种蛋白
偶联→耦联	抗菌素→抗生素	秩和检验→秩和检验
其它→其他	克隆病→克罗恩病	节段性肠炎→局限性肠炎
石腊→石蜡	排它性→排他性	考马斯亮兰→考马斯亮蓝
食道→食管	适应症→适应证	免疫印记法→免疫印迹法
书藉→书籍	禁忌症→禁忌证	应急性溃疡→应激性溃疡
水份→水分	苔盼蓝→锥虫蓝	直肠阴道膈→直肠阴道隔
淤血→瘀血	提肛肌→肛提肌	毛细血管嵌压→毛细血管楔压
愈后→预后	同功酶→同工酶	
松弛→松弛	退性性→退行性	