



· 论 著 ·

直肠系膜筋膜状态及演变在行新辅助放化疗局部晚期直肠癌患者中的预后价值：一项回顾性研究

汤君哲¹, 胡诗琪¹, 陆振霆¹, 骆大葵¹, 万觉峰², 李心翔¹, 李清国¹

1. 复旦大学附属肿瘤医院大肠外二科, 复旦大学上海医学院肿瘤学系, 上海 200032;
2. 复旦大学附属肿瘤医院放射治疗科, 复旦大学上海医学院肿瘤学系, 上海 200032

[摘要] 背景与目的: MRI提示的直肠系膜筋膜(mesorectal fascia, MRF)受侵是局部晚期直肠癌(locally advanced rectal cancer, LARC)高危的重要影像学标志。然而, 在新辅助放化疗(neoadjuvant chemoradiotherapy, nCRT)背景下, 其预后预测价值仍存在争议。本研究旨在评估MRF阳性状态及其动态转化对患者临床预后的影响。方法: 回顾性分析2018年—2024年复旦大学附属肿瘤医院大肠外科收治的符合纳入和排除标准, 接受了nCRT并行根治性手术的1 159例LARC患者的临床资料。根据患者基线MRF状态(阳性 vs 阴性)进行分组, 并采用1:2倾向评分匹配(propensity score matching, PSM)平衡临床病理学特征。采用Kaplan-Meier法及Cox回归分析评估无病生存期(disease-free survival, DFS)和总生存期(overall survival, OS), 并在MRF阳性亚组内进行多因素分析以探讨影响患者预后的相关因素。本研究经复旦大学附属肿瘤医院伦理委员会批准(1807188-10-2001B)并获得患者知情同意。结果: 本研究共纳入1 159例患者, 其中270例(23.3%)患者MRF阳性。PSM匹配前, 队列中MRF阳性患者的5年DFS率为73.2%, OS率为78.9%, 显著低于MRF阴性组的86.7%和90.5% ($P<0.001$); 经过1:2的PSM匹配后, MRF阳性组的5年DFS率为70.4%, OS率为76.5%, 仍显著低于MRF阴性组的84.1%和88.7% ($P=0.002$, $P=0.004$)。在MRF阳性患者队列中, 多因素分析显示, mrT4分期、mrN2分期及Miles/Hartmann术式为独立的不良预后因素, 而MRF由阳转阴的影像学“转化”并未与患者的预后情况改善独立相关。在术前末次MRI评估为MRF阳性的患者中, 病理学检查结果证实, 环周切缘阳性者仅占7.2%, 提示MRI对MRF的评估特异性有限。结论: MRI评估的MRF阳性状态仍是LARC患者不良预后的重要独立指标, PSM匹配后该结果依旧表现出显著性。然而, 影像学MRF“转化”并不能独立预测患者的预后, 且MRI提示MRF阳性病例的术后病理学检查结果仍可能显示阴性切缘。MRF阳性患者由于MRI评估MRF状态的局限性, 应积极制定个体化评估策略, 争取获得外科手术治疗的机会。

[关键词] 局部晚期直肠癌; 直肠系膜筋膜; 新辅助放化疗; 预后; 回顾性研究; 多因素分析

中图分类号: R735.3+4 文献标志码: A

DOI: 10.19401/j.cnki.1007-3639.2026.02.008

基金项目: 国家自然科学基金(82373090, 82573111)。

利益冲突: 所有作者均声明无利益冲突。

伦理批件: 1807188-10-2001B。

知情同意: 已获得。

引用本文: 汤君哲, 胡诗琪, 陆振霆, 等. 直肠系膜筋膜状态及演变在行新辅助放化疗局部晚期直肠癌患者中的预后价值: 一项回顾性研究[J]. 中国癌症杂志, 2026, 36(2): 162-173.

CC协议: CC BY-NC-ND 4.0。

Funding: National Natural Science Foundation of China (82373090, 82573111).

Conflicts of interest: authors all declare no conflicts of interest.

Ethical approval: 1807188-10-2001B.

Informed consent: acquired.

Cite this article: TANG J Z, HU S Q, LU Z T, et al. Prognostic significance of mesorectal fascia status and its alterations in patients with locally advanced rectal cancer undergoing neoadjuvant chemoradiotherapy: a retrospective cohort study [J]. Chin Oncol, 2026, 36(2): 162-173.

CC license: CC BY-NC-ND 4.0.

Prognostic significance of mesorectal fascia status and its alterations in patients with locally advanced rectal cancer undergoing neoadjuvant chemoradiotherapy: a retrospective cohort study TANG Junzhe¹, HU Shiqi¹,

LU Zhenting¹, LUO Dakui¹, WAN Juefeng², LI Xinxiang¹, LI Qingguo¹ (1. Colorectal Surgery Department II, Fudan University Shanghai Cancer Center, Department of Oncology, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, China; 2. Department of Radiation Oncology, Fudan University Shanghai Cancer Center, Department of Oncology, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, China)

Correspondence to: LI Qingguo E-mail: qingguoli@fudan.edu.cn

[Abstract] Background and purpose: Mesorectal fascia (MRF) involvement identified on MRI is a key imaging surrogate of high-risk disease in patients with locally advanced rectal cancer (LARC). However, its prognostic significance in the era of modern neoadjuvant chemoradiotherapy (nCRT) remains controversial. This study aimed to evaluate the prognostic impact of baseline MRF positivity and its dynamic “conversion” pattern on clinical outcomes and survival. **Methods:** This study retrospectively reviewed 1 159 consecutive LARC patients treated with nCRT followed by curative resection at the Department of Colorectal Surgery, Fudan University Shanghai Cancer Center between 2018 and 2024. Patients were categorized according to baseline MRF status (positive vs negative), and 1:2 propensity score matching (PSM) was used to balance clinicopathological characteristics. Disease-free survival (DFS) and overall survival (OS) were analyzed using the Kaplan-Meier method and Cox regression models. Multivariable analyses were further performed within the MRF-positive subgroup to identify independent prognostic determinants. This study was approved by the Ethics Committee of the Cancer Hospital affiliated with Fudan University (1807188-10-2001B) and acquired informed consent. **Results:** Among the 1 159 included patients, 270 (23.3%) had MRF-positive disease. Before propensity score matching (PSM), the 5-year DFS rate of MRF-positive patients in the cohort was 73.2%, and the OS rate was 78.9%, both significantly lower than the 86.7% and 90.5% in the MRF-negative group ($P<0.001$). After 1:2 PSM matching, the 5-year DFS rate in the MRF-positive group was 70.4%, and the OS rate was 76.5%, still significantly lower than the 84.1% and 88.7% in the MRF-negative group ($P=0.002$, $P=0.004$). Within the MRF-positive subgroup, multivariable analysis identified mrT4 stage, mrN2 stage, and Miles/Hartmann procedures as independent adverse prognostic factors. Notably, radiologic “conversion” from positive to negative MRF was not independently associated with improved survival. Among patients with MRF-positive findings on preoperative MRI, only 7.2% had pathologically confirmed circumferential resection margin (CRM) involvement, indicating limited specificity of MRI for MRF assessment. **Conclusions:** MRI-defined MRF positivity remains a robust independent predictor of poor prognosis in LARC, even after PSM adjustment. However, radiologic MRF “conversion” does not independently predict survival outcomes, and most MRI-suspected MRF-positive cases ultimately achieve negative pathological margins. These findings highlight both the prognostic value and inherent limitations of MRI, emphasizing the need for integrated radiologic-pathologic evaluation when tailoring individualized treatment strategies for rectal cancer.

[Key words] Locally advanced rectal cancer; Mesorectal fascia; Neoadjuvant chemoradiotherapy; Prognosis; Retrospective study; Multivariable analysis

局部晚期直肠癌 (locally advanced rectal cancer, LARC) 定义为临床 T3-4/N+M0 的直肠癌^[1]。LARC 的治疗强调精确的综合治疗, 以优化肿瘤患者的生存结局。在这一背景下, 直肠癌分期磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 检查不仅有助于术前分期, 在新辅助放疗 (neoadjuvant chemoradiotherapy, nCRT) 后的疗效评估中, MRI 也能够详细地显示肿瘤退缩程度, 并指导后续治疗^[2]。直肠系膜筋膜 (mesorectal fascia, MRF) 是包裹直肠及直肠系膜的薄层结缔组织, MRI 能准确界定 MRF 状态进而帮助外科医师调整手术及其他治疗策略^[3]。MRI 检查结果显示, MRF 阳性定义为肿瘤或淋巴结病变侵犯到距 MRF<1 mm, 一般认为, MRF 阳性与手术切缘阳性、局部复发以及远处转移的风险相关^[4-5]。MRI 检查结果显示 MRF 阳性, 提示患者需加强新辅助治疗使肿瘤降期并提高 R0 切除的可能性, 或实施更广泛的手术切除范围^[6]。欧洲肿瘤内科学会 (European Society for Medical Oncology, ESMO) 指南推荐, 对于

MRF 受侵的患者进行 nCRT, 以期尽可能地争取阴性切缘的机会进而改善患者的预后^[3]。

然而, 并非所有在术前 MRI 上表现为 MRF 受侵的患者都提示为预后不良, 临床实践提示我们需要更精准地预后评估^[6]。有研究^[7]结果显示, 尽管 MRI 显示 MRF 阳性, 仍有部分 LARC 患者能够获得病理学阴性切缘, 说明影响 MRF 受侵与患者预后的关系可能与其他因素有关^[8]。此外, nCRT 后的 MRI 评估可能存在超分期的情况, 纤维化瘢痕组织可能呈现为与 MRF 侵犯相似的肿瘤条索, 从而导致 MRF 累及的假阳性评估结果^[7, 9]。这一差异突显了 MRI 评估 MRF 状态特异性受限的问题, 并提出部分影像学上表现为 MRF 阳性的病例实际上已达病理学完全缓解 (pathological complete response, pCR)。

目前, 新辅助治疗已显著改善 LARC 患者的治疗效果并提高了患者的生存率, 基于此, 有必要探究 MRI 提示的 MRF 累及是否与患者的预后不良有关。本研究通过回顾性分析大样本 LARC 患者数据, 分析基线 MRI-MRF 阳性的独立预后

价值及MRF影像学状态动态转化对患者生存的影响, 并研究新辅助治疗后MRI-MRF阳性与术后病理学诊断结果的一致性, 为临床治疗决策提供依据。

1 资料和方法

1.1 临床资料

本研究为一项单中心, 回顾性队列研究。研究对象纳入了2018年6月—2024年1月在复旦大学附属肿瘤医院大肠外科就诊并最终接受手术治疗的直肠癌患者。本研究获得复旦大学附属肿瘤医院伦理委员会批准(编号: 1807188-10-2001B)。所有患者均签署知情同意书。本研究纳入标准为: ①按照AJCC第8版分期标准, 评估为T3~T4期或N1期及以上不伴有远处转移的直肠癌患者^[10]; ②肿瘤远端边缘距肛缘 ≤ 10 cm; ③接受nCRT并随后接受根治性手术治疗的患者; ④MRI记录完整。排除标准为: ①研究相关参数记录不全或不详尽的患者; ②随访资料不完整的患者; ③治疗前或治疗期间出现远处转移的患者。

最终提取的变量包括: 性别、手术类型、癌胚抗原(carcinoembryonic antigen, CEA)水平、T分期、N分期、肿瘤距肛缘距离、MRF状态、肠壁外血管侵犯(extramural venous invasion, EMVI)状态、术后环周切缘(circumferential resection margin, CRM)状态、术后病理学分期、局部复发、远处转移状态及随访结果。

1.2 MRI信息获取以及图像评审

本研究所有患者在新辅助治疗前、新辅助治疗结束后8~10周或术前均接受高分辨率薄层直肠MRI检查以进行局部分期评估。MRI评估工作由多名专业从事消化系统肿瘤诊断的放射科医师进行, 当出现争议时则由第3位放射科医师进行评估并协商后得出结果。相关评估工作开展以前, 对参与研究的放射科医师进行特定规范化培训并达成共识。在评审过程中, 参与研究的放射科医师知晓患者罹患直肠癌, 但对于其余的临床病理学和随访信息保持盲法。本中心展示了较高的评估者间一致性水平^[11]。动态评估中使用的设备和扫描参数始终保持一致。所有患者的MRF状态在nCRT前后进行评估, MRF转化被定义为患者nCRT前的MRI评估为MRF阳性, nCRT后、术前MRI复评为MRF阴性。

1.3 倾向性得分匹配

本研究将患者根据MRF状态分为两组(阴性组与阳性组), 并进行了倾向性得分匹配(propensity score matching, PSM)以最小化潜在

的混杂效应, 评估两组之间的预后差异。倾向得分通过逻辑回归模型估算, 纳入协变量包括: 年龄、性别、手术类型、EMVI状态、基线mrT分期、基线mrN分期、肿瘤距肛缘距离、CEA水平。使用1:2的最近邻匹配算法, 且不进行替代匹配。匹配标准为倾向得分对数几率(logit)的标准差的0.1倍。MRF阳性组中的每例患者与MRF阴性组中倾向得分最接近的两位患者匹配, 从而减少了两组基线特征中的系统性差异。匹配后, 通过计算每个变量的绝对标准化均值差(standard mean deviation, SMD)来评估协变量平衡的充分性, SMD绝对值小于0.1为平衡成功。

1.4 nCRT与根治性手术

在本研究中, 采用调强放疗(intensity-modulated radiotherapy, IMRT)技术, 照射野覆盖瘤床及盆腔淋巴引流区, 总剂量50 Gy/25次, 单次剂量2 Gy。同步化疗静脉给予卡培他滨(825 mg/m², 每日2次, 每周5天)或5-FU(225 mg/m², 每日给药, 每周5天), 以增强放疗增敏效果。在完成nCRT后2周, 根据复评结果给予以下方案进行1个或多个周期的巩固化疗:

CapeOx方案: 奥沙利铂130 mg/m², 第1天静脉滴注; 卡培他滨1 000 mg/m², 每日2次, 第1~14天口服。XELIRI方案: 伊立替康200 mg/m², 第1天静脉滴注; 卡培他滨800 mg/m², 第1~14天, 口服, 每日2次。卡培他滨单药: 1 250 mg/m², 第1~14天口服, 每日2次。所有患者经过nCRT治疗后评估, 符合TME手术指征, 并接受了TME手术。

1.5 术后随访

本研究的术后随访方案包括肿瘤标志物[CEA和糖类抗原(carbohydrate, CA) 19-9]评估、结肠镜检查、胸腹部CT、盆腔CT或盆腔MRI。随访时间间隔为术后前3年每3~6个月1次, 接下来的2年每6个月1次, 之后每年1次。生存数据主要通过电话访谈获得, 并与医院医疗记录、门诊随访文档以及国家死亡登记进行交叉验证。最后一次随访日期为2025年6月3日。主要终点是总生存期(overall survival, OS)和无病生存期(disease-free survival, DFS)。OS定义为从治疗开始到因任何原因死亡或最后一次随访的时间, DFS定义为从治疗开始到首次发生局部复发、远处转移、因任何原因死亡或最后一次随访的时间。

1.6 统计学处理

采用SPSS 20.0软件对数据进行统计学处理。对连续变量进行正态性检验, 对于符合正态分布的连续变量以 $\bar{x}\pm s$ 表示, 组间比较采用独立样本

t 检验；如不符合则使用非参数检验。分类变量以频数和百分比表示，组间比较采用 χ^2 检验或Fisher精确概率法。生存结局使用Kaplan-Meier法估算，并对单变量进行log-rank检验。使用Schoenfeld残差方法来评估Cox模型中风险比例是否随时间保持恒定。所有单变量分析中包含的变量采用Cox风险回归模型进行多因素分析，以评估独立预后因素。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 患者的基本信息

本研究最终纳入1 159例患者，其中23.3% (270/1 159) 表现为初始MRF阳性状态。与MRF阴性组相比，MRF阳性组患者的年龄 ≤ 60 岁 (62% vs 53%, $P=0.007$)、EMVI阳性率 (57% vs 19%, $P<0.001$)、mrT4 (MRI定义的T分期4期：

30% vs 5%; $P<0.001$)、mrN2 (MRI定义的N分期2期：44% vs 30%; $P<0.001$)、肿瘤距肛缘 ≤ 5 cm (45% vs 37%, $P=0.021$) 以及CEA >5 ng/mL (55% vs 38%, $P<0.001$) 比例较高；手术类型也有所不同，MRF阳性组中Miles手术 (34% vs 18%) 和Hartmann手术 (10% vs 3%) 较为常见，而Dixon手术在MRF阴性组中更为常见 (79% vs 56%, $P<0.001$ ；表1)。患者的纳入和排除标准流程图见图1。典型的MRF阳性以及阴性影像见图2。为了调整基线差异，采用1:2的倾向得分匹配，匹配时使用包括年龄、性别、手术类型、EMVI、mrT、mrN、肿瘤距肛缘距离和CEA水平在内的协变量，匹配范围卡尺设置为0.1。匹配后，所有协变量的SMD均 <0.1 ，表明两组之间的临床和病理学特征已实现较好的平衡 (表2)。PSM匹配的匹配标准以及流程图见图3。

表1 PSM匹配前后患者基线特征

Tab.1 Patient demographics and baseline characteristics before and after PSM

[n (%)]

Characteristics	Before matching				After matching			
	MRF negative (n=889)	MRF positive (n=270)	χ^2 value	P value*	MRF negative (n=355)	MRF positive (n=210)	χ^2 value	P value*
Gender			0.01	0.908			0.01	0.924
Female	303 (34)	91 (34)			122 (34)	73 (35)		
Male	586 (66)	179 (66)			233 (66)	137 (65)		
Age/year			7.15	0.007			0.24	0.621
≤ 60	471 (53)	168 (62)			214 (60)	131 (62)		
> 60	418 (47)	102 (38)			141 (40)	79 (38)		
Surgery type			57.85	<0.001			2.93	0.231
Dixon	699 (79)	151 (56)			246 (69)	140 (67)		
Miles	159 (18)	91 (34)			94 (26)	54 (26)		
Hartmann	31 (3)	28 (10)			15 (4)	16 (8)		
EMVI			144.08	<0.001			2.33	0.127
Negative	718 (81)	117 (43)			211 (59)	111 (53)		
Positive	171 (19)	153 (57)			144 (41)	99 (47)		
mrT			150.53	<0.001			5.02	0.081
T2	178 (20)	10 (4)			21 (6)	10 (5)		
T3	664 (75)	179 (66)			292 (82)	161 (77)		
T4	47 (5)	81 (30)			42 (12)	39 (19)		
mrN			22.66	<0.001			0.36	0.834
N0	373 (42)	75 (28)			100 (28)	56 (27)		
N1	250 (28)	77 (29)			105 (30)	67 (32)		
N2	266 (30)	118 (44)			150 (42)	87 (41)		
Distance from the anal verge/cm			5.34	0.021			0.02	0.879
≤ 5	332 (37)	122 (45)			146 (41)	85 (40)		
> 5	557 (63)	148 (55)			209 (59)	125 (60)		
CEA/(ng·mL ⁻¹)			24.37	<0.001			0.80	0.371
≤ 5	549 (62)	121 (45)			171 (48)	93 (44)		
> 5	340 (38)	149 (55)			184 (52)	117 (56)		

*: Pearson's Chi-squared test.

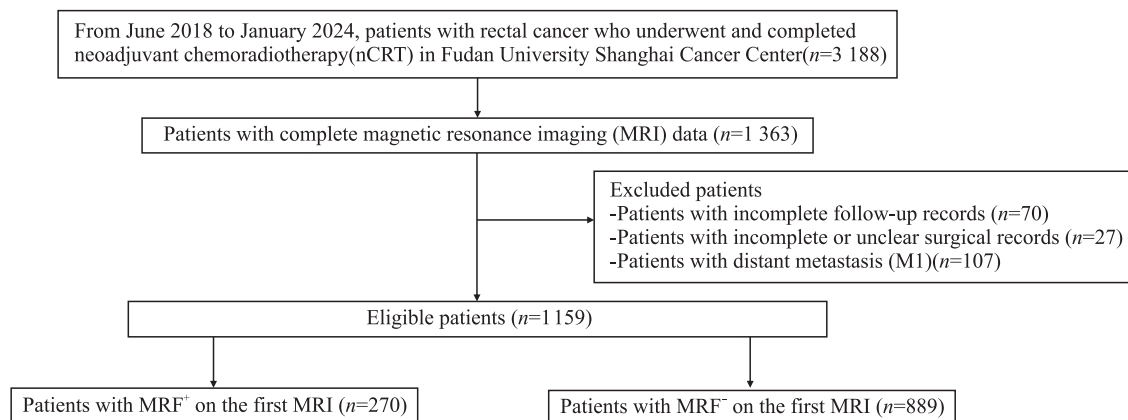


图1 患者纳入和排除标准的流程图

Fig.1 Flow chart of patient enrollment

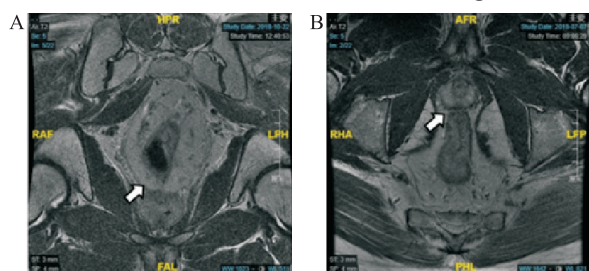


图2 MRI T2加权影像MRF受侵评估

Fig. 2 MRI assessment of MRF involvement on axial T2-weighted images

A: Rectal tumor located >1 mm from the mesorectal fascia (negative);
B: Rectal tumor (white arrow) located <1 mm from the mesorectal fascia (positive).

2.2 Kaplan–Meier 生存分析

在未匹配的队列中, Kaplan-Meier结果显示, MRF 阳性患者的预后显著差于 MRF 阴性患者。MRF 阳性患者的 5 年 DFS 率为 73.2%, 而 MRF 阴性患者为 86.7%, 差异有统计学意义 ($P<0.001$)。MRF 阳性患者的 5 年 OS 率为 78.9%, 而 MRF 阴性患者为 90.5%, 差异有统计学意义 ($P<0.001$)。

经过 1:2 的倾向得分匹配, MRF 阳性组和阴性组预后差异依然存在。MRF 阳性组的 5 年 DFS 显著低于阴性组 (70.4% vs 84.1%, $P=0.002$), MRF 阳性患者的 5 年 OS 显著差于阴性

表2 PSM匹配前后基线协变量比较

Tab.2 Baseline covariates before and after matching

Variables	Level	Before matching			After matching		
		MRF negative (n=889)	MRF positive (n=270)	SMD [△]	MRF negative (n=355)	MRF positive (n=210)	SMD [△]
Gender/%	Female	303 (34.1)	91 (33.7)	-0.008	122 (34.4)	73 (34.8)	-0.015
	Male	586 (65.9)	179 (66.3)	0.008	233 (65.6)	137 (65.2)	0.015
Age year/%	≤60	471 (53.0)	168 (62.2)	0.191	214 (60.3)	131 (62.4)	-0.005
	>60	418 (47.0)	102 (37.8)	-0.191	141 (39.7)	79 (37.6)	0.005
Surgery type/%	Dixon	699 (78.6)	151 (55.9)	-0.457	246 (69.3)	140 (66.7)	<0.001
	Miles	159 (17.9)	91 (33.7)	0.335	94 (26.5)	54 (25.7)	-0.030
	Hartmann	31 (3.5)	28 (10.4)	0.226	15 (4.2)	16 (7.6)	0.047
EMVI/%	Negative	718 (80.8)	117 (43.3)	-0.755	211 (59.4)	111 (52.9)	0.010
	Positive	171 (19.2)	153 (56.7)	0.755	144 (40.6)	99 (47.1)	-0.010
mrT/%	T2	178 (20.0)	10 (3.7)	-0.864	21 (5.9)	10 (4.8)	-0.013
	T3	664 (74.7)	179 (66.3)	-0.178	292 (82.3)	161 (76.7)	-0.045
	T4	47 (5.3)	81 (30.0)	0.539	42 (11.8)	39 (18.6)	0.052
mrN/%	N0	373 (42.0)	75 (27.8)	-0.317	100 (28.2)	56 (26.7)	0.037
	N1	250 (28.1)	77 (28.5)	0.009	105 (29.6)	67 (31.9)	0.053
	N2	266 (29.9)	118 (43.7)	0.278	150 (42.3)	87 (41.4)	-0.082
Distance from the anal verge/cm	≤5	332 (37.3)	122 (45.2)	0.158	146 (41.1)	85 (40.5)	-0.024
	>5	557 (62.7)	148 (54.8)	-0.158	209 (58.9)	125 (59.5)	0.024
CEA/(ng·mL ⁻¹)	≤5	549 (61.8)	121 (44.8)	-0.341	171 (48.2)	93 (44.3)	-0.024
	>5	340 (38.2)	149 (55.2)	0.341	184 (51.8)	117 (55.7)	0.024

△: Standardized mean difference.

患者 (76.5% vs 88.7%, $P=0.004$)。结果表明, 无论是在基线特征调整前还是调整后, 初始MRF阳性患者预后较差 (图4)。

2.3 MRF 阳性患者的亚组分析

对初始MRI检查结果显示MRF为阳性的患者进行Cox回归分析, 以探讨该高风险亚组的预后因素。多因素分析显示, MRF转化 (阳转阴) 并不是影响患者DFS ($HR=0.74$, 95% CI: 0.45~1.23, $P=0.242$) 或OS ($HR=1.06$, 95% CI: 0.54~2.09, $P=0.858$) 的独立预后因素。相反, mrT4、mrN2和Miles/Hartmann手术与较差的预后相关 (表3、4, 图5)。这些结果表明, 尽管MRF转化可能反映部分影像学缓解, 但对于

MRI提示MRF阳性的患者, 在nCRT后进行根治性手术对患者预后的影响有限。

2.4 nCRT 后MRF 仍然阳性患者的病理学检查结果和患者的长期结局

在新辅助治疗后术前评估MRF仍为阳性的221例患者中, 术后病理学检查结果显示肿瘤的浸润深度与MRI结果并不完全一致。术后病理学检查结果显示ypT3和ypT4期的患者的比例相当 (48.9% vs 46.2%), 且38.0%的患者为ypN0期。环周切缘病理学诊断结果为阳性的比例较低 (7.2%), 表明大多数病例已获得充分的手术切除。局部复发率为8.6%, 远处转移发生率为30.8% (表5)。

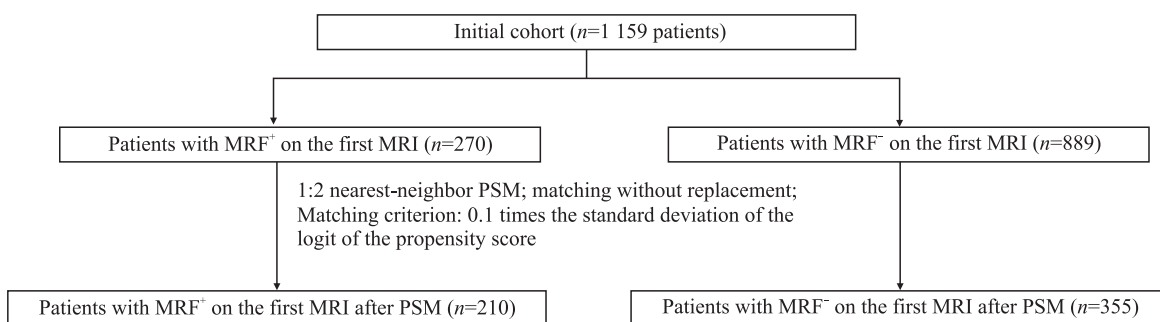


图3 PSM匹配的流程图

Fig. 3 Flow chart of PSM matching

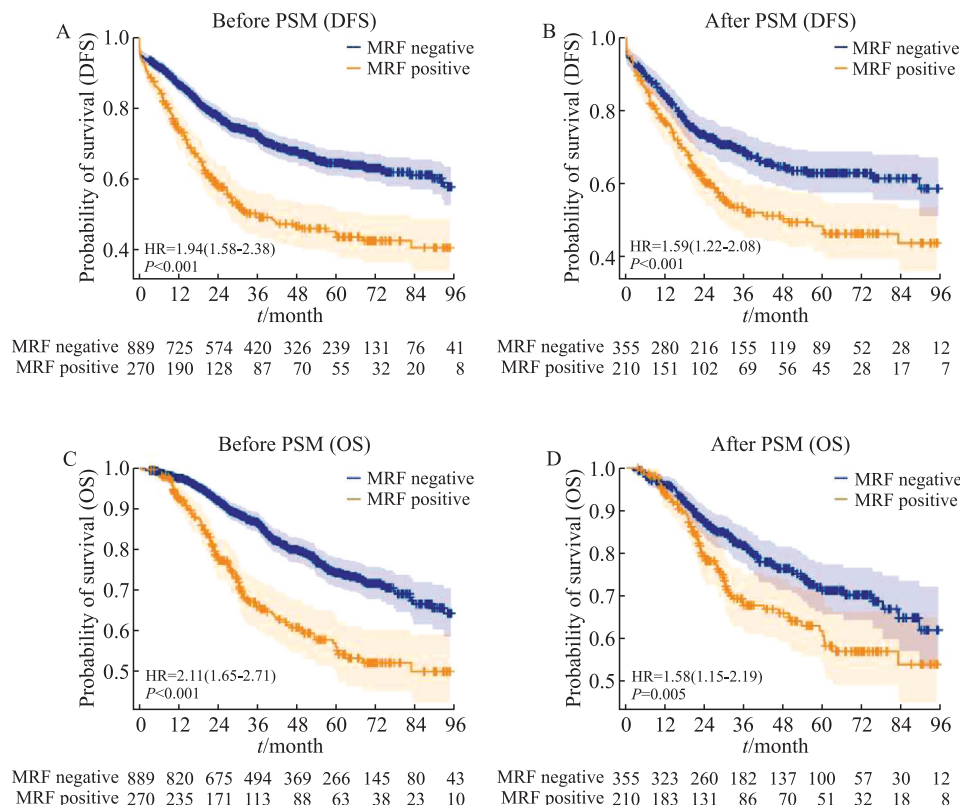


图4 PSM匹配前后患者的生存曲线

Fig.4 Survival curves of patients before and after PSM

表3 初始MRF阳性患者DFS的单因素及多因素回归分析
 Tab. 3 Univariable and multivariable regression analysis of patients' DFS with MRI-defined MRF positivity at first assessment

Characteristic	Univariable					Multivariable						
	Case n	Event n	Regression coefficient (β)	SE	HR (95% CI)	P value	Patient n	Case n	Regression coefficient (β)	SE	HR (95% CI)	P value
Gender												
Male	179	92	-0.05	0.18	1.00 (reference)		179	92	-0.04	0.18	1.00 (reference)	
Female	91	46			0.95 (0.67, 1.35)	0.775	91	46			0.96 (0.67, 1.37)	0.811
Age/year												
≤60	168	83			1.00 (reference)		168	83			1.00 (reference)	
>60	102	55	0.15	0.17	1.16 (0.82, 1.63)	0.401	102	55	0.18	0.18	1.19 (0.83, 1.70)	0.334
Surgery type												
Dixon	151	67			1.00 (reference)		151	67			1.00 (reference)	
Miles	91	50	0.26	0.19	1.30 (0.90, 1.88)	0.161	91	50	0.72	0.25	2.06 (1.26, 3.37)	0.004
Hartmann	28	21	0.82	0.25	2.26 (1.38, 3.69)	0.001	28	21	0.81	0.27	2.26 (1.33, 3.83)	0.003
CEA/(ng·mL ⁻¹)												
≤5	121	59			1.00 (reference)		121	59			1.00 (reference)	
>5	149	79	0.16	0.17	1.17 (0.83, 1.64)	0.369	149	79	0.09	0.18	1.10 (0.77, 1.56)	0.613
mrT												
T4	81	50			1.00 (reference)		81	50			1.00 (reference)	
T3	179	83	-0.33	0.18	0.72 (0.50, 1.02)	0.062	179	83	-0.23	0.19	0.79 (0.54, 1.16)	0.230
T2	10	5	-0.17	0.47	0.84 (0.33, 2.11)	0.710	10	5	-0.13	0.52	0.88 (0.32, 2.42)	0.800
mrN												
N0	75	30			1.00 (reference)		75	30			1.00 (reference)	
N1	77	37	0.20	0.25	1.22 (0.75, 1.97)	0.420	77	37	0.38	0.26	1.46 (0.87, 2.44)	0.153
N2	118	71	0.44	0.22	1.55 (1.01, 2.37)	0.045	118	71	0.49	0.24	1.63 (1.01, 2.64)	0.045
Distance from the anal verge/cm												
>5	148	83			1.00 (reference)		148	83			1.00 (reference)	
≤5	122	55	-0.24	0.17	0.79 (0.56, 1.11)	0.171	122	55	-0.47	0.23	0.63 (0.40, 0.99)	0.045
EMVI												
Negative	117	53			1.00 (reference)		117	53			1.00 (reference)	
Positive	153	85	0.34	0.18	1.40 (0.99, 1.98)	0.055	153	85	-0.23	0.20	1.26 (0.86, 1.85)	0.242
MRF transfer												
Negative	61	27			1.00 (reference)		61	27			1.00 (reference)	
Positive	209	111	-0.12	0.21	1.12 (0.74, 1.71)	0.586	209	111	0.30	0.26	0.74 (0.45, 1.23)	0.242

表4 初始MRF阳性患者OS的单因素及多因素回归分析
 Tab. 4 Univariable and multivariable regression analysis of patients' OS with MRI-defined MRF positivity at first assessment

Characteristic	Univariable					Multivariable						
	Case n	Event n	Regression coefficient (β)	SE	HR (95% CI)	P value	Case n	Event n	Regression coefficient (β)	SE	HR (95% CI)	P value
Gender												
Male	179	62			1.00 (reference)		179	62			1.00 (reference)	
Female	91	36	0.12	0.21	1.12 (0.74, 1.70)	0.579	91	36	0.11	0.21	1.12 (0.74, 1.69)	0.606
Age/year												
≤60	168	57			1.00 (reference)		168	57			1.00 (reference)	
>60	102	41	0.23	0.21	1.26 (0.84, 1.89)	0.257	102	41	0.29	0.21	1.33 (0.88, 2.03)	0.179
Surgery type												
Dixon	151	43			1.00 (reference)		151	43			1.00 (reference)	
Miles	91	35	0.21	0.23	1.23 (0.79, 1.92)	0.367	91	35	0.46	0.29	1.59 (0.89, 2.81)	0.115
Hartmann	28	20	1.03	0.27	2.81 (1.65, 4.78)	<0.001	28	20	0.92	0.29	2.51 (1.41, 4.45)	0.002
CEA/(ng·mL ⁻¹)												
≤5	121	39			1.00 (reference)		121	39			1.00 (reference)	
>5	149	59	0.26	0.21	1.30 (0.86, 1.95)	0.210	149	59	0.19	0.22	1.20 (0.78, 1.85)	0.397
mrT												
T4	81	40			1.00 (reference)		81	40			1.00 (reference)	
T3	179	55	-0.53	0.21	0.59 (0.39, 0.89)	0.011	179	55	-0.32	0.23	0.73 (0.46, 1.15)	0.172
T2	10	3	-0.58	0.60	0.56 (0.17, 1.81)	0.332	10	3	-0.45	0.68	0.64 (0.17, 2.44)	0.512
mrN												
N0	75	22			1.00 (reference)		75	22			1.00 (reference)	
N1	77	27	0.09	0.29	1.10 (0.62, 1.93)	0.751	77	27	0.15	0.31	1.16 (0.63, 2.12)	0.631
N2	118	49	0.21	0.26	1.23 (0.74, 2.04)	0.415	118	49	0.05	0.29	1.05 (0.59, 1.87)	0.865
Distance from the anal verge/cm												
>5	148	60			1.00 (reference)		148	60			1.00 (reference)	
≤5	122	38	-0.22	0.21	0.80 (0.53, 1.21)	0.290	122	38	-0.42	0.27	0.66 (0.39, 1.11)	0.119
EMVI												
Negative	117	37			1.00 (reference)		117	37			1.00 (reference)	
Positive	153	61	0.38	0.21	1.47 (0.98, 2.21)	0.066	153	61	0.30	0.24	1.35 (0.84, 2.17)	0.211
MRF transfer												
Negative	61	15			1.00 (reference)		61	15			1.00 (reference)	
Positive	209	83	-0.38	0.28	1.47 (0.85, 2.55)	0.172	209	83	-0.06	0.34	1.06 (0.54, 2.09)	0.858

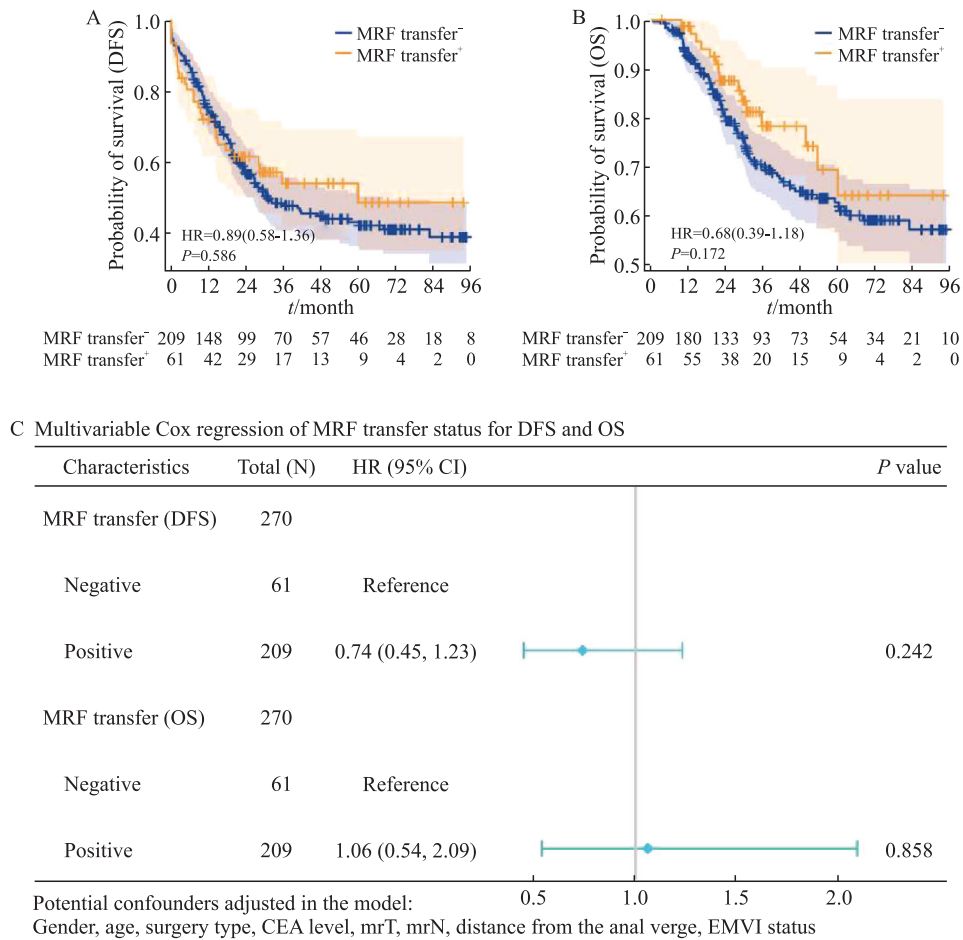


图5 MRF转化与患者预后的关系

Fig. 5 Relationship between MRF conversion status and patient prognosis

患者的中位DFS为30.3个月, 中位OS为68个月。3和5年DFS率分别为46.6%和42.1%, 3和5年OS率分别为63.3%和53.4%。多变量Cox回归分析确定了若干独立的预后因素(表6、7)。Hartmann手术(DFS: HR=2.06, $P=0.006$; OS: HR=2.33, $P=0.003$)和T4期(OS: HR=1.60, $P=0.042$)与患者较差的预后相关。

3 讨论

MRF阳性常被认为预后不良的指标^[12]。在本研究中, 即使匹配了其他基线因素, 初始MRI提示的MRF阳性的患者仍然表现出了较差的预后。然而, ESMO指南和临床试验已将MRF阳性状态列为预后的高危因素, 强调了其临床意义, 但迄今为止大样本的预后预测研究报告仍较少^[3, 13]。

在本研究中, 接受nCRT治疗患者的MRF状态从阳性转为阴性并未被确认为独立预后因素, 这似乎说明, 基线的MRF状态比MRF状态转化更具预后相关性。有研究^[14]显示, 基于MRI的肿瘤退缩并未显著与更长的整体生存和无复发生

存相关, 这可能是因为基线MRF阳性的患者即使经过治疗可见影像学上的肿瘤退缩, 但其分子特征仍使其具有较高的复发、转移风险。肿瘤的生物表型会影响临床结局。有研究^[15]表明, 特定的肿瘤生物学表型与患者较差的预后密切相关, 即使影像学上表现出肿瘤退缩, 若潜在的分子特征较差, 患者预后仍可能不佳。此外, 某些影像学退缩评分或结构改变未能精准地反映肿瘤的生物行为, 例如某些退缩模式并未明显改变肿瘤微环境或肿瘤的细胞学特性, 其对患者的预后预测意义并不明确^[16]。而基线MRF阴性的患者则可能具备预后更佳的分子特征, 这就使得尽管MRF转化可能在手术规划中提供技术上的优势, 但其并不代表潜在分子生物学风险的逆转。

对于持续表现为MRF侵犯的患者, 本研究结果凸显了影像学与病理学检查结果之间的不匹配, MRI提示的MRF受侵并不总是等同于病理学上的侵犯。尽管许多患者在术前的MRI复评中被分类为MRF阳性, 但病理学检查结果显示切缘的阳性率较低, 在本研究中仅占7.2%。类似的现象也在Kim等^[17]的研究中得到证实, MRF受

表5 nCRT后MRF阳性患者基线信息

Tab. 5 Baseline characteristics of patients with preoperative MRI-defined MRF positivity

Characteristic	Case n(%)	Characteristic	Case n(%)
Gender		Negative	86 (38.9)
Male	139 (62.9)	Positive	135 (61.1)
Female	82 (37.1)	ypT	
Surgery type		T2	11 (5.0)
Dixon	111 (50.2)	T3	108 (48.9)
Miles	80 (36.2)	T4	102 (46.2)
Hartmann	30 (13.6)	ypN	
CEA/(ng·mL ⁻¹)		N0	84 (38.0)
≤5	104 (47.1)	N1	83 (37.6)
>5	117 (52.9)	N2	54 (24.4)
mrT		pCRM	
T2-T3	136 (61.5)	Negative	204 (92.3)
T4	85 (38.5)	Positive	16 (7.2)
mrN		Unknown	1 (0.5)
N0	48 (21.7)	Local recurrence	
N1	64 (29.0)	No	200 (90.5)
N2	109 (49.3)	Yes	19 (8.6)
Distance from the anal verge/cm		Unknown	2 (0.9)
>5	118 (53.4)	Metastasis	
≤5	103 (46.6)	No	153 (69.2)
EMVI		Yes	68 (30.8)

表6 术前MRF阳性患者DFS的单因素&多因素回归分析

Tab. 6 Univariable and multivariable regression analysis of patients' DFS with preoperative MRI-defined MRF positivity

Characteristic	Univariable				Multivariable			
	Case n	Event n	HR (95% CI)	P value	Case n	Event n	HR (95% CI)	P value
Gender								
Male	139	75	1.00 (reference)		139	75	1.00 (reference)	
Female	82	44	0.99 (0.68, 1.44)	0.969	82	44	1.00 (0.68, 1.46)	0.998
Surgery type								
Dixon	111	51	1.00 (reference)		111	51	1.00 (reference)	
Miles	80	45	1.28 (0.86, 1.91)	0.232	80	45	2.29 (1.34, 3.92)	0.003
Hartmann	30	23	2.27 (1.39, 3.72)	0.001	30	23	2.06 (1.23, 3.46)	0.006
CEA/(ng·mL ⁻¹)								
≤5	104	52	1.00 (reference)		104	52	1.00 (reference)	
>5	117	67	1.27 (0.89, 1.83)	0.191	117	67	1.17 (0.79, 1.74)	0.429
mrT								
T2-T3	136	63	1.00 (reference)		136	63	1.00 (reference)	
T4	85	56	1.62 (1.13, 2.32)	0.009	85	56	1.45 (0.99, 2.13)	0.057
mrN								
N0	48	21	1.00 (reference)		48	21	1.00 (reference)	
N1	64	30	0.97 (0.56, 1.70)	0.917	64	30	1.13 (0.63, 2.05)	0.677
N2	109	68	1.40 (0.86, 2.28)	0.181	109	68	1.46 (0.86, 2.49)	0.165
Distance from the anal verge/cm								
>5	118	70	1.00 (reference)		118	70	1.00 (reference)	
≤5	103	49	0.77 (0.53, 1.10)	0.154	103	49	0.54 (0.32, 0.89)	0.015
EMVI								
Negative	86	41	1.00 (reference)		86	41	1.00 (reference)	
Positive	135	78	1.48 (1.01, 2.16)	0.044	135	78	1.31 (0.86, 2.02)	0.213

表7 术前MRF阳性患者OS的单因素&多因素回归分析

Tab. 7 Univariable and multivariable regression analysis of patients' OS with preoperative MRI-defined MRF positivity

Characteristic	Univariable				Multivariable			
	Case <i>n</i>	Event <i>n</i>	HR (95% CI)	<i>P</i> value	Case <i>n</i>	Event <i>n</i>	HR (95% CI)	<i>P</i> value
Gender								
Male	139	54	1.00 (reference)		139	54	1.00 (reference)	
Female	82	36	1.14 (0.74, 1.73)	0.553	82	36	1.12 (0.73, 1.72)	0.609
Surgery type								
Dixon	111	38	1.00 (reference)		111	38	1.00 (reference)	
Miles	80	30	0.98 (0.60, 1.58)	0.925	80	30	1.48 (0.79, 2.76)	0.222
Hartmann	30	22	2.64 (1.56, 4.47)	<0.001	30	22	2.33 (1.33, 4.06)	0.003
CEA/(ng·mL ⁻¹)								
≤5	104	37	1.00 (reference)		104	37	1.00 (reference)	
>5	117	53	1.45 (0.95, 2.20)	0.087	117	53	1.33 (0.85, 2.09)	0.216
mrT								
T2-T3	136	44	1.00 (reference)		136	44	1.00 (reference)	
T4	85	46	1.92 (1.27, 2.90)	0.002	85	46	1.60 (1.02, 2.50)	0.042
mrN								
N0	48	18	1.00 (reference)		48	18	1.00 (reference)	
N1	64	22	0.75 (0.40, 1.40)	0.369	64	22	0.79 (0.40, 1.56)	0.501
N2	109	50	0.98 (0.57, 1.68)	0.936	109	50	0.88 (0.48, 1.61)	0.682
Distance from the anal verge/cm								
>5	118	55	1.00 (reference)		118	55	1.00 (reference)	
≤5	103	35	0.74 (0.48, 1.12)	0.156	103	35	0.55 (0.31, 0.97)	0.039
EMVI								
Negative	86	32	1.00 (reference)		86	32	1.00 (reference)	
Positive	135	58	1.41 (0.92, 2.18)	0.118	135	58	1.20 (0.73, 1.96)	0.478

侵的LARC患者中, 仅有10%的患者术后病理学检查结果显示切缘阳性, MRI的阳性预测值仅为20%。MRI对MRF阳性的评估结果过高可能是由于新辅助治疗后的残留肿瘤范围所致(CRT后的纤维化和水肿)。MRI预测病理学CRM阳性的准确性和特异性在CRT后显著下降, 这一现象解释了为什么影像学上阳性的MRF并不总是与病理学上阳性的切缘或最终广泛的肿瘤进展相对应。尽管影像学上存在MRF受侵, 许多患者仍能获得根治性手术且切缘的病理学检查结果显示为阴性(R0切除)。因此, 对于治疗后MRF阳性的患者仍应该积极评估争取手术治疗的可能性。

此外, 本研究进一步强调了MRI定义的MRF状态在直肠癌管理中的细致作用。一方面, 初始MRF阳性的患者是一类预后风险较高的患者群体, 这些患者可能受益于术前新辅助治疗。另一方面, 临床医师必须认识到新辅助治疗后MRI分期的局限性——并非所有影像学上的MRF阳性均与病理学检查结果的CRM阳性等同, 某些MRI显示的MRF阳性可能代表治疗引起的纤维化而非侵袭性肿瘤。因此, 多学科讨论至关重要, 并在可能的情况下应进行病理学检查验证。

影像组学和人工智能技术(artificial

intelligence, AI)的结合在提高MRI对直肠癌诊治的准确性方面展现出巨大的潜力。通过从MRI影像中提取大量的高维特征, 影像组学能够提供比传统评估方法更为丰富的信息, 这些信息能够反映肿瘤的形态、纹理及其微观结构变化, 进而提高对肿瘤分期、病理学特征以及治疗反应的预测能力^[11], AI技术尤其是深度学习模型能够有效地处理这些复杂的影像数据, 自动化识别不同的肿瘤类型、评估淋巴结转移和肿瘤侵犯的范围, 并提供定量分析结果。通过与传统的MRI评估结果结合, AI和影像组学不仅提高了直肠癌诊断的准确率, 还为个性化治疗方案的制订提供了有力支持, 从而有助于实现更精确的治疗效果预测和患者预后评估^[18], 未来的研究方向可集中于使用影像组学以及AI技术提高新辅助治疗后MRI分期的特异度。

本研究也存在一定的局限性。首先, 本研究的MRF转化组仅包含61例患者, 样本量相对较小, 因此在得出结论时需要谨慎。尽管如此, 我们在研究中严格遵循了统一的MRI评估标准, 确保了数据的一致性和可靠性。较小的样本量可能影响结论的广泛适用性, 因此, 未来的研究应考虑扩大样本规模, 以进一步验证本研究的结果并

评估MRF转化与临床结局之间的相关性。其次,本研究为单中心回顾性研究,研究对象的临床特征具有一定区域性特点。较小的样本量以及单中心队列都可能造成一定的选择偏倚,本研究结果的外推性仍需更大样本量队列以及在多中心队列中进一步验证。

综上所述,MRF阳性仍然是LARC患者预后不良强有力的影像学指标。初始MRF阳性患者与MRF阴性患者相比具有较差的DFS和OS。然而,影像学上从阳性转为阴性的MRF并非该亚组人群的独立预后因素,这提示初始MRF状态和预后的相关性可能高于影像学退缩本身。此外,新辅助治疗后MRF阳性患者术后病理学检查结果显示切缘阳性的发生率较低,表明MRI可能由于治疗引起的纤维化而高估了nCRT后的残留病变,对于这部分患者应进行积极的多学科评估争取获得手术机会。

第一作者:

汤君哲 (ORCID: 0009-0001-4875-507X), 硕士研究生。

通信作者:

李清国 (ORCID: 0000-0002-4658-2152), 主任医师, 副教授, E-mail: qingguoli@fudan.edu.cn。

作者贡献声明:

汤君哲: 研究实施、数据分析、文章撰写、统计分析; 胡诗琪: 研究实施、数据整理; 陆振霆: 研究实施、数据整理; 骆大葵: 论文审阅修改; 万觉峰: 研究实施、数据分析; 李心翔: 研究设计、论文审阅修改; 李清国: 研究设计、论文审阅修改。

[参考文献]

- [1] PUPULIM L F, STOLZ A. Letter to the Editor regarding the article "Rectal cancer lexicon 2023 revised and updated consensus statement from the Society of Abdominal Radiology Colorectal and Anal Cancer Disease-Focused Panel" by Sonia Lee et al[J]. *Abdom Radiol*, 2023, 48(12): 3774-3775.
- [2] BELLOWS C F, JAFFE B, BACIGALUPO L, et al. Clinical significance of magnetic resonance imaging findings in rectal cancer[J]. *World J Radiol*, 2011, 3(4): 92-104.
- [3] HOFHEINZ R D, FOKAS E, BENHAIM L, et al. Localised rectal cancer: ESMO clinical practice guideline for diagnosis, treatment and follow-up [J]. *Ann Oncol*, 2025, 36(9): 1007-1024.
- [4] SON I T, KIM Y H, LEE K H, et al. Oncologic relevance of magnetic resonance imaging-detected threatened mesorectal fascia for patients with mid or low rectal cancer: a longitudinal analysis before and after long-course, concurrent chemoradiotherapy[J]. *Surgery*, 2017, 162(1): 152-163.
- [5] AL-SUKHNI E, MILOT L, FRUITMAN M, et al. Diagnostic accuracy of MRI for assessment of T category, lymph node

- metastases, and circumferential resection margin involvement in patients with rectal cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ann Surg Oncol*, 2012, 19(7): 2212-2223.
- [6] FENG Y R, HU T D, GU W C, et al. Mesorectal fascia involvement by tumor deposits or extramural vascular invasion at MRI predicts prognosis in rectal cancer [J]. *Radiology*, 2025, 317(1): e243627.
- [7] YUVAL J B, THOMPSON H M, FIRAT C, et al. MRI at restaging after neoadjuvant therapy for rectal cancer overestimates circumferential resection margin proximity as determined by comparison with whole-mount pathology [J]. *Dis Colon Rectum*, 2022, 65(4): 489-496.
- [8] HUGEN N, VOORHAM Q J M, BEETS G L, et al. The mode of circumferential margin involvement in rectal cancer determines its impact on outcomes: a population-based study[J]. *Eur J Surg Oncol*, 2024, 50(10): 108598.
- [9] GEFEN R, GAROUFALIA Z, HORESH N, et al. How reliable is restaging MRI after neoadjuvant therapy in rectal cancer [J]. *Colorectal Dis*, 2023, 25(8): 1631-1637.
- [10] WEISER M R. AJCC 8th edition: colorectal cancer [J]. *Ann Surg Oncol*, 2018, 25(6): 1454-1455.
- [11] XIAO S M, ZENG S Y, KOU Y B. MRI radiomics in diagnosing high and low grade meningiomas through systematic review and meta analysis[J]. *Sci Rep*, 2025, 15(1): 17521.
- [12] LORD A C, CORR A, CHANDRAMOHAN A, et al. Assessment of the 2020 NICE criteria for preoperative radiotherapy in patients with rectal cancer treated by surgery alone in comparison with proven MRI prognostic factors: a retrospective cohort study[J]. *Lancet Oncol*, 2022, 23(6): 793-801.
- [13] DIJKSTRA E A, NILSSON P J, HOSPERS G A P, et al. Locoregional failure during and after short-course radiotherapy followed by chemotherapy and surgery compared with long-course chemoradiotherapy and surgery: a 5-year follow-up of the RAPIDO trial[J]. *Ann Surg*, 2023, 278(4): e766-e772.
- [14] CHEN H L R, SEOW-EN I, CHOK A Y, et al. The role of magnetic resonance tumour regression grade in the prediction of regression and survival of rectal adenocarcinoma after long-course chemoradiotherapy: a cohort study [J]. *Ann Med Surg*, 2023, 85(4): 842-848.
- [15] REITSAM N G, OFFERMANS K, SIMONS C C J M, et al. Prognostic and predictive value of SARIFA-status within molecular subgroups of colorectal cancer: insights from the Netherlands cohort study [J]. *Am J Surg Pathol*, 2025, 49(9): 956-969.
- [16] NAGTEGAAL I D, GLYNNE-JONES R. How to measure tumour response in rectal cancer: an explanation of discrepancies and suggestions for improvement [J]. *Cancer Treat Rev*, 2020, 84: 101964.
- [17] KIM K H, PARK M J, LIM J S, et al. Circumferential resection margin positivity after preoperative chemoradiotherapy based on magnetic resonance imaging for locally advanced rectal cancer: implication of boost radiotherapy to the involved mesorectal fascia[J]. *Jpn J Clin Oncol*, 2016, 46(4): 316-322.
- [18] WANG F G, DENG W J, ZHONG Z L. MRI-based deep learning algorithms vs radiologists for lymph node metastasis in colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis [J]. *Acad Radiol*, 2026, 33(1): 22-34.

(收稿日期: 2025-12-15 修回日期: 2026-01-17)

(责任编辑: 王琳辉)