

论 著

基于3.0T MRI多模态成像技术相关参数构建列线图模型对直肠癌术后复发转移风险的预测价值分析*

谢玉玺* 曹 隽 巫迎春

江苏大学附属医院影像科 (江苏 镇江 212002)

【摘要】目的 探讨基于3.0T MRI多模态成像技术相关参数构建列线图模型对直肠癌术后复发转移风险的预测价值。**方法** 回顾性选择把2020年1月至2023年12月这段时间里医院所收治的376例直肠癌手术患者当作研究对象,按照患者是否出现术后复发转移发生情况,将其分为发生组($n=108$)以及未发生组($n=268$),对两组患者均进行3.0T MRI多模态成像检查,并基于3.0T MRI多模态成像技术,记录ADC值、达峰时间、最大信号强化率、 K^{trans} 、 V_e 以及 K_{ep} 等指标参数。利用Logistic回归分析方法来分析3.0T MRI多模态成像技术相关参数与直肠癌术后复发转移风险的相关性,按照这些独立影响因素来构建预测模型,运用受试者工作特征(ROC)曲线以及校准曲线来验证该预测模型的预测效力和临床运用的潜力。**结果** 在医院收治的376例直肠癌手术患者,有108例出现术后复发转移情况,占比达28.72%。两组在ADC值、达峰时间、最大信号强化率、 K^{trans} 、 V_e 以及 K_{ep} 上差异明显($P<0.05$),经Logistic回归分析显示ADC值、达峰时间、最大信号强化率、 K^{trans} 、 V_e 以及 K_{ep} 是直肠癌术后复发转移风险的预测因素($OR>1, P<0.05$); C-index值为0.995,说明该列线图模型具备较好的区分度。绘制ROC曲线,对3.0T MRI多模态成像参数影响直肠癌术后复发转移风险的诺莫图模型进行评价, AUC为0.995(95%CI: 0.990~1.000)。**结论** ADC值、达峰时间、最大信号强化率、 K^{trans} 、 V_e 以及 K_{ep} 均对直肠癌术后复发转移风险有预测价值,借助3.0T MRI多模态成像技术能够较好地预测直肠癌术后复发转移风险,从而为直肠癌术后复发转移风险的早期诊治和预防提供可靠依据。

【关键词】 3.0T MRI多模态成像技术; ADC值; 达峰时间; 最大信号强化率; 直肠癌; 复发转移; 列线图

【中图分类号】 R735.3+7

【文献标识码】 A

【基金项目】 江苏省优秀学科建设工程项目(YSHL2001-052)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.11.041

Analysis of the Predictive Value of Nomogram Model Based on the Relevant Parameters of 3.0T MRI Multimodal Imaging Technology for Postoperative Recurrence and Metastasis Risk of Rectal Cancer*

XIE Yu-xi*, CAO Juan, WU Ying-chun.

Department of Imaging, Affiliated Hospital of Jiangsu University, Zhenjiang 212002, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the predictive value of nomogram model based on the relevant parameters of 3.0T MRI multimodal imaging technology for postoperative recurrence and metastasis risk of rectal cancer. **Methods** 376 patients with rectal cancer from January 2020 to December 2023 were retrospectively selected as the research object. According to whether the patients had postoperative recurrence and metastasis, they were divided into the occurrence group ($n=108$) and the non-occurrence group ($n=268$). Both groups were examined by 3.0T MRI multimodal imaging, and ADC values and peak values were recorded based on 3.0T MRI multimodal imaging technology. Logistic regression analysis was used to analyze the correlation between the relevant parameters of 3.0T MRI multimodal imaging technology and the risk of postoperative recurrence and metastasis of rectal cancer. According to these independent influencing factors, a prediction model was constructed, and the predictive effectiveness and clinical application potential of the prediction model were verified by using the receiver's operating characteristics (ROC) curve and calibration curve. **Results** Among 376 patients with rectal cancer, 108 cases had postoperative recurrence and metastasis, accounting for 28.72%. There were significant differences in ADC value, time to peak, maximum signal enhancement rate, K^{trans} , V_e and K_{ep} between the two groups ($P<0.05$). Logistic regression analysis showed that ADC value, time to peak, maximum signal enhancement rate, K^{trans} , V_e and K_{ep} were predictive factors of postoperative recurrence and metastasis risk of rectal cancer ($OR > 1, P<0.05$). The value of C-index is 0.995, which shows that the nomogram model has good discrimination. The ROC curve was drawn, and the Nomoto model of 3.0T MRI multimodal imaging parameters affecting the risk of postoperative recurrence and metastasis of rectal cancer was evaluated. The AUC was 0.995 (95% CI: 0.990~1.000). **Conclusion** ADC value, time to peak, maximum signal enhancement rate, K^{trans} , V_e and K_{ep} can all predict the risk of postoperative recurrence and metastasis of rectal cancer. With the help of 3.0T MRI multimodal imaging technology, the risk of postoperative recurrence and metastasis of rectal cancer can be well evaluated, thus providing reliable basis for early diagnosis, treatment and prevention of postoperative recurrence and metastasis of rectal cancer.

Keywords: 3.0T MRI Multimodal Imaging Technology; ADC Value; Peak Time; Maximum Signal Enhancement Rate; Rectal Cancer; Recurrence and Metastasis; Normogram

直肠癌是一种来源于直肠上皮细胞的恶性疾病,大部分都是从腺瘤性息肉发展而来。该病发病原因比较复杂,可能与多因素相关,如环境、生活习惯、遗传等^[1]。早期不会有明显的症状,但是随着肿瘤的发展,导致了排便困难,或者是破溃出血,都会有相应的表现。在临床上可能会出现腹泻、便秘、腹部肿胀、肠鸣音亢进及阵发性绞痛等症^[2]。直肠癌的手术、放疗是一种重要的治疗手段,但其花费较高,给病人及其家属造成很大的经济负担。直肠癌的诊治对病人造成了很大的精神负担,对病人的精神状态也有很大的影响^[3]。直肠癌术后确实存在复发转移的可能,复发可能表现为手术部位再次出现肿瘤,比如吻合口复发等;转移则可能通过淋巴道、血道等途径,常见的转移部位有肝脏、肺部、骨骼等。当出现复发转移时,可能会有一系列症状,比如,局部复发可能导致腹痛、排便习惯改变、便血加重等;肺转移可能有咳嗽、咯血、呼吸困难等表现^[4]。如果怀疑直肠癌术后复发转移,需要进一步进行检查,以明确诊断。一旦确诊复发转移,治疗方案需要根据具体情况来制定,可能包括再次手术、化疗、放疗、等多种手段的综合治疗,以尽量控制病情进展、延长生存期和提高生活质量^[5]。3.0T MRI是一种基于传统MRI的多模态磁共振成像技术,是多模态磁共振成像技术的有机结合^[6]。它使用了业内最好的磁铁,信噪比高,空间分辨率高,成像质量好,扫描速度快,增强效果好。目前,直肠癌术后复发转移风险的预测价值仍缺乏有效的预测手段。基于此,本课题将构建一种可靠、实用的 Normogram模型,便于临床上对该疾病的干预。基于此,本文研究分析基于3.0T MRI多模态成像技术相关参数构建列线图模型对直肠癌术后复发转移风险的预测价值,并在此基础上建立诺莫图模型,并对该模型的判别能力及拟合优度进行评价。

1 资料与方法

【第一作者】 谢玉玺,男,技师,主要研究方向:磁共振影像技术。E-mail: Tr6p9y@21cn.com

【通讯作者】 谢玉玺

1.1 一般资料 将2020年1月至2023年12月在医院收治的376例直肠癌手术患者当作研究对象,本研究通过本院伦理委员会批准。

纳入标准:(1)所有患者均符合直肠癌标准^[7];(2)有完整的临床资料和影像学资料;(3)接受了3.0T MRI多模态成像检查;(4)能够配合研究过程中的随访;(5)患者自愿参与本研究并签订知情同意书;(6)患者积极配合,依从性高。排除标准:(1)合并其他恶性肿瘤者;(2)因各种原因未能完成3.0T MRI多模态成像检查或图像质量不佳无法评估;(3)术后失访或随访资料不完整的患者;(4)存在严重心、肝、肾等重要脏器功能障碍,可能影响研究结果的患者;(5)有精神疾病或认知障碍不能配合检查和研究的患者。

1.2 方法

1.2.1 检查与治疗 对所有直肠癌手术患者均进行基线资料登记、3.0T MRI多模态成像检查和血样采集,明确既往病史。

1.2.2 临床资料收集 基线资料:由医生通过,电话、访谈、查阅医院电子病例系统等方式收集患者的资料并负责填写调查问卷,其中包含①患者基本资料:性别、年龄、身体质量指数(BMI)、病程、手术方式等。②临床和病理特征:原发肿瘤位置、肿瘤直径、淋巴结转移情况、TNM分期、浸润深度指标参数等。

1.2.3 直肠癌术后复发转移判定标准 直肠癌术后复发转移的判定标准主要包括以下几个方面:(1)临床症状:直肠癌复发和转移的患者可能会出现一系列临床症状,如排便困难、大便性状异常、便血、肛门直肠坠胀感加重、里急后重和排便不尽感等。如果直肠癌出现了转移的情况,可能会使患者出现身体发热、体重下降、贫血等情况。(2)影像学检查:影像学检查是判断直肠癌是否转移的主要方法之一。常用的影像学检查手段包括CT、核磁共振(MRI)、超声和PET-CT等。这些检查可以明确判断直肠癌是否出现了转移的情况,以及转移的具体位置和程度。(3)病理学检查:对于确定大肠癌术后是否有复发和转移有重要意义。可采用穿刺活检或手术切除等方法获取病变组织,并做病理检查。若检测呈阳性,提示直肠癌有复发或转移。

1.2.4 3.0T MRI多模态成像技术检查方法 3.0T MRI多模态成像技术检查方法包含以下步骤:①患者准备:患者去除身上可能影响检查的金属物品,如手表、项链、耳环、假牙等,换上检查专用服装,按照要求躺在检查床上。②定位:使用定位激光线,准确确定患者在检查床上的位置,确保要检查的部位位于磁场中心。③序列选择:根据检查目的和临床需求,选择合适的成像序列。④参数设置:对每个序列进行详细的参数设置,包括重复时间(TR)、回波时间(TE)、层厚、层间距、矩阵大小等,以获得最佳的图像质量和诊断信息。⑤扫描过程:启动MRI扫描仪,机器开始采集图像数据。患者在扫描过程中需要保持静止,避免移动,可能需要配合进行呼吸控制等。⑥图像重建:扫描完成后,利用采集到的数据进行图像重建,生成可供诊断分析的图像。

⑦图像评估:放射科医生或相关专业人员对重建后的图像进行评估,分析图像中的解剖结构、病变特征等,得出诊断结论或提供进一步的建议。

1.3 统计学处理 经SPSS 26.0统计学软件检验计量资料正态性,正态计量资料以“ $\bar{x} \pm s$ ”,组间用独立样本t检验;采用%和n表示计数资料,采用 χ^2 检验;采用Logistic回归分析直肠癌术后复发转移风险的相关因素;绘制受试者工作曲线(ROC),并计算曲线下面积(AUC)值,检验上述影响因素在直肠癌术后复发转移风险的预测性能,基于确定的独立影响因素运用R软件构建直肠癌术后复发转移风险Nomogram预测模型,采用受试者工作特征(ROC)曲线、校准曲线验证Nomograms模型的预警效能。

2 结果

2.1 直肠癌术后复发转移风险情况 医院收治的376例直肠癌手术患者中,术后复发转移108例,占比28.72%,见表1。

2.2 两组一般资料比较 两组临床资料比较中,年龄、性别、BMI、病程、肿瘤大小、肿瘤位置对比均无明显差异($P>0.05$),见表2。

2.3 两组3.0T MRI多模态成像技术相关参数资料比较 两组参数资料比较中,ADC值、达峰时间、最大信号强化率、 K^{trans} 、 V_e 以

及 K_{ep} 之间对比差异明显,具有统计学意义($P<0.05$),见表3。

表1 直肠癌术后复发转移风险情况

组别	例数(n)	占比(%)
发生组	108	28.72%
未发生组	268	71.28%

表2 发生组和未发生组一般资料比较

因素	发生组(n=108)	未发生组(n=268)	统计值	P
年龄(岁)	50.68±3.54	50.24±3.13	1.187	0.236
BMI(kg/m ²)	24.23±1.78	24.46±1.39	0.796	0.427
病程(月)	2.68±1.34	2.59±1.08	0.411	0.681
性别				
男	70(64.81)	146(54.48)	3.365	0.067
女	38(35.19)	122(45.52)		
肿瘤大小(cm)				
≥5	65(60.19)	160(59.70)	0.008	0.931
<5	43(39.81)	108(40.30)		
肿瘤位置				
左半结肠	62(57.41)	136(50.75)	1.370	0.242
右半结肠	46(42.59)	132(49.25)		

表3 两组3.0T MRI多模态成像技术相关参数资料比较

因素	发生组(n=108)	未发生组(n=268)	统计值	P
ADC值	0.65±0.11	1.04±0.18	20.983	0.001
达峰时间(s)	120.82±55.32	175.21±71.71	7.081	0.001
最大信号强化率	161.42±29.92	152.22±21.53	3.332	0.001
K^{trans} (min ⁻¹)	0.56±0.28	0.42±0.13	6.614	0.001
iAUC	10.53±2.86	8.24±1.76	9.418	0.001
K_{ep} (min ⁻¹)	2.11±1.17	0.63±0.32	19.048	0.001

2.4 影响直肠癌术后复发转移的Logistic回归分析 将直肠癌术后复发转移作为因变量(发生组=0,未发生组=1),将3.0T MRI多模态成像技术中具有统计学意义的指标(ADC值、达峰时间、最大信号强化率、 K^{trans} 、 V_e 以及 K_{ep})作为自变量,变量赋值见表4,Logistic回归分析显示ADC值、达峰时间、最大信号强化率、 K^{trans} 、 V_e 以及 K_{ep} 是直肠癌术后复发转移的预测影响因素($OR>1$, $P<0.05$),见表5。

2.5 3.0T MRI多模态成像技术参数对直肠癌术后复发转移风险的预测价值的ROC曲线 将直肠癌术后复发转移作为状态量(发生组=0,未发生组=1),将3.0T MRI多模态成像技术中具有统计学意义的指标(ADC值、达峰时间、最大信号强化率、 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep})作为检验变量,绘制ROC曲线(见图1),结果显示,3.0T MRI多模态成像技术ADC值、达峰时间、最大信号强化率、 K^{trans} 、 V_e 以及 K_{ep} 对于直肠癌术后复发转移风险有良好的预测价值。见表6。

2.6 构建3.0T MRI多模态成像技术对直肠癌术后复发转移风险的Nomogram预测模型 模型基于Logistic回归分析,构建3.0T MRI多模态成像技术对直肠癌术后复发转移风险的Nomogram预警模型构建,见图2,将上述危险因素分值相加得到总分并在发生风险数轴上读数,所对应的值即为直肠癌术后复发转移风险的的概率。

2.7 预测3.0T MRI多模态成像参数对直肠癌术后复发转移风险的Nomogram预测模型的效应评价 对Nomogram预测模型进行Bootstrap重复抽样1000次,取得校准曲线(见图3)计算的C-index值为0.995,表明该列线图模型具有较好的区分度。绘制ROC曲线,对直肠癌术后复发转移风险的Nomogram预警模型进行评价,AUC为0.995(95%CI:0.990~1.000)。见图4。

表4 变量赋值方式

变量	含义	赋值
X1	ADC值	连续变量
X2	达峰时间	连续变量
X3	最大信号强化率	连续变量
X4	K ^{trans}	连续变量
X5	iAUC	连续变量
X6	K _{ep}	连续变量
Y	术后复发转移	是=1; 否=0

表5 3.0T MRI多模态成像技术参数对直肠癌术后复发转移风险的预测价值的Lasso-Logistic回归分析

项目	B	标准误	Wald	P	OR	95%置信区间
ADC值	3.076	0.546	31.768	0.001	21.661	7.434~63.127
达峰时间	0.005	0.002	9.331	0.002	1.005	1.002~1.008
最大信号强化率	0.016	0.005	10.492	0.001	1.016	1.006~1.026
K ^{trans}	3.623	0.662	33.311	0.001	45.747	12.489~167.573
iAUC	0.477	0.064	55.634	0.001	1.611	1.421~1.826
K _{ep}	3.474	0.409	72.020	0.001	32.255	14.461~71.946

表6 影响直肠癌术后复发转移风险的预测价值

因素	AUC	95%CI	P值	特异度	灵敏度	约登指数
ADC值	0.691	0.638~0.744	0.001	0.481	0.833	0.314
达峰时间	0.623	0.561~0.684	0.001	0.235	0.870	0.105
最大信号强化率	0.611	0.543~0.680	0.001	0.146	0.861	0.007
K ^{trans}	0.655	0.580~0.729	0.001	0.425	0.898	0.323
iAUC	0.747	0.686~0.808	0.001	0.209	0.880	0.089
K _{ep}	0.895	0.845~0.946	0.001	0.537	0.889	0.426

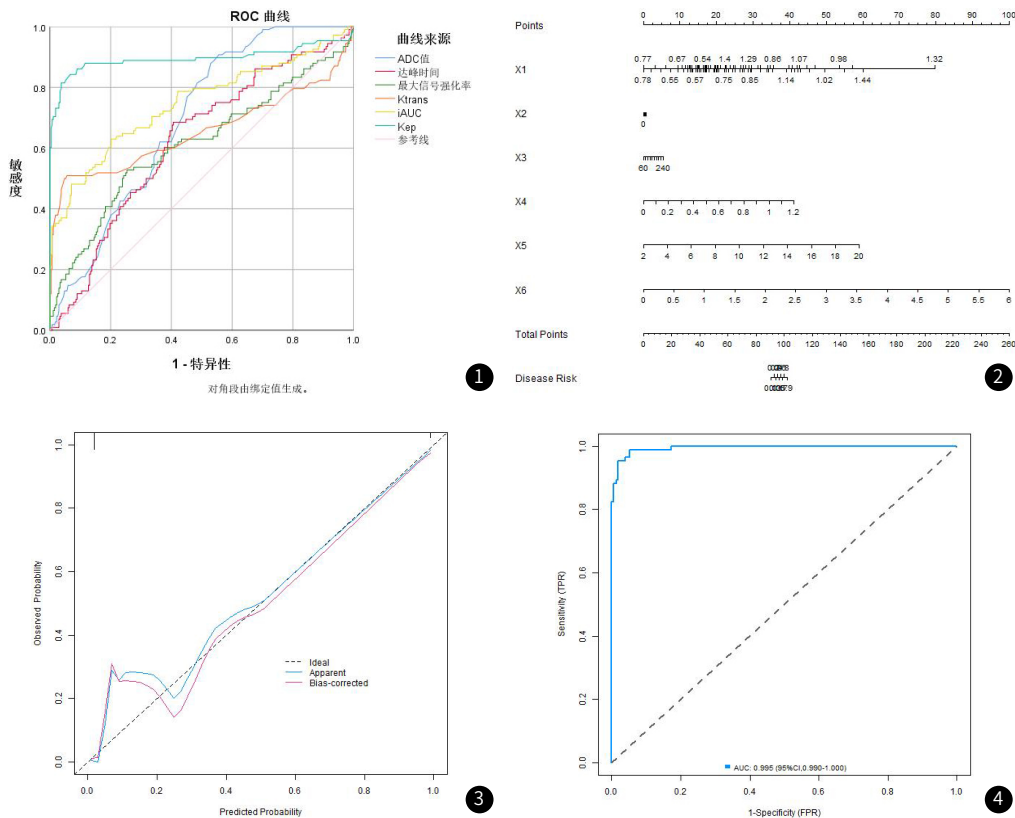


图1 影响直肠癌术后复发转移风险的ROC曲线。
 图2 预测 3.0T MRI多模态成像技术对直肠癌术后复发转移风险的Nomogram预警模型。
 图3 Nomogram预测模型校正曲线验证。图4 Nomogram预警模型内部验证ROC曲线。

3 讨论

直肠癌术后复发转移的危险性较高，一旦直肠癌复发并转移，肿瘤细胞会不受控制地增殖和扩散，导致病情进一步恶化^[8]。这可能引发更严重的疼痛、出血等症状，严重影响患者的生活质量。如果发生远处转移，意味着癌症已经进入晚期阶段^[9]。此时，癌细胞可能会向其他器官或组织扩散，导致多处器官功能衰竭，

严重时可危及生命。复发和转移可能导致手术部位出现并发症，如伤口感染、裂开等。这些并发症会影响患者的恢复过程，延长住院时间并增加治疗成本。也可能引起肠梗阻，导致肠道内容物通过障碍。肠梗阻会引起腹部阵发性绞痛、呕吐、停止排便排气等症状，严重者可出现肠坏死等并发症^[10]。本次研究旨在探讨基

于3.0T MRI多模态成像技术参数对直肠癌术后复发转移风险的预测价值,早期发现和预防术后复发转移,以提高生活质量。

在本文研究的376例直肠癌手术患者中,术后复发转移的有108例,发生率为28.72%,有研究表明多模态成像技术相关参数与直肠癌术后复发转移风险有关^[11-12]。本研究中两组对比中,ADC值、峰值、最大信号强化率、 K^{trans} 、 V_e 以及 K_{ep} 具有明显差异,具有统计学意义。分析原因在于ADC值可以反映肿瘤细胞的密度、排列等微观结构特征。肿瘤细胞增殖活跃、细胞密度高时,水分子扩散受限,ADC值较低,提示肿瘤可能更具侵袭性,复发转移风险相对较高^[13-14]。达峰时间与肿瘤的血管结构和功能相关。肿瘤血管异常,血流情况复杂,达峰时间的变化可以反映出这种异常状态。血管丰富且异常的肿瘤可能更易发生转移和复发,监测到达峰时间明显缩短,可能意味着肿瘤血管丰富且功能活跃,为肿瘤细胞的转移提供了便利,增加了复发转移的可能性^[15]。最大信号强化率与肿瘤内血管的丰富程度和功能状态密切相关。血管生成活跃的肿瘤,其强化率往往较高,而这种活跃的血管生成通常与肿瘤的侵袭性和转移潜能相关,增加了复发转移风险^[16]。 K^{trans} 可反映肿瘤血管的通透性情况。血管通透性高的肿瘤,往往具有更强的侵袭性和生长能力,这会增加复发和转移的可能性,它与肿瘤的灌注状态相关。良好的灌注有利于肿瘤细胞获取营养物质和氧气,促进其生长和扩散,而 K^{trans} 能在一定程度上指示这种灌注状态,高 K^{trans} 可能意味着更高的复发转移风险^[17-18]。iAUC与肿瘤血管的密度、通透性等特性相关。血管异常丰富且通透性高的肿瘤,其iAUC往往较高,这类肿瘤可能更具侵袭性和转移性^[19]。 K_{ep} 反映了对比剂从组织间隙回到血管的速率,这与肿瘤血管的功能状态紧密相连。血管功能异常活跃的肿瘤,其 K_{ep} 可能较大,而这样的肿瘤往往具有更强的侵袭性和转移能力^[20]。

本研究基于Logistic回归分析结果构建直肠癌术后复发转移风险Nomogram预警模型。通过Nomogram预测模型整合上述多种预测因素,按3.0T MRI多模态成像技术相关参数对直肠癌术后复发转移风险影响大小进行赋分,然后将各因素评分相加得到总分,经函数转化关系后与直肠癌术后复发转移风险概率相对应,预测直肠癌术后复发转移风险发生率,Nomogram将复杂的统计学函数方程计算以可视化的比例线段呈现,因此直肠癌术后复发转移风险Nomogram预警模型的构建,有直观、有效以及便捷的预测价值。此外,对于Nomogram预测模型的验证结果呈现出来,校准曲线的C-index值是0.995,这意味着该Nomogram预测模型拥有较好的区分程度。与此同时,ROC曲线里建模组和验证组的AUC值各自为0.995和0.854,这表明该Nomogram预测模型具有良好的预警效能。

综上所述,3.0T MRI多模态成像技术参数中ADC值、达峰时间、最大信号强化率、 K^{trans} 、 V_e 、 K_{ep} 等参数可以预测直肠癌术后复发转移风险发生情况。基于以上各个预测因素所构建的Nomograms模型展现出了优良的预测效能,3.0T MRI多模态成像技术能够为临床针对早期直肠癌患者提供参考依据,进而对临床治疗予以指导,促进远期预后的改善。

参考文献

- [1]Benson AB,Venook AP,Al-Hawary MM,et al.Rectal Cancer,Version 2.2022,NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology[J].J Natl Compr Canc Netw.2022,20(10):1139-1167.
- [2]Wilkinson N.Management of Rectal Cancer[J].Surg Clin North Am,2020,100(3):615-628.
- [3][3]胡茜玥,姜争,张明光,等.直肠癌手术中盆腔自主神经监测的研究现状[J].中华胃肠外科杂志,2022,25(1):7.
- [4]Wang H,Hong R,Niu G,et al.Clinical study on risk factors related to postoperative recurrence or metastasis of rectal cancer:a retrospective cohort study[J].J Gastrointest Oncol,2022,13(6):2973-2988.
- [5]Koukourakis MI,Kavazis C,Giagtzidis A,et al.Postoperative hypofractionated-accelerated radiotherapy (HypoAR) for locally advanced rectal cancer[J].Jpn J Clin Oncol,2022,52(5):493-498.
- [6]Park BH,Marches S,Eichelberger BM,et al.Quantifying dog meniscal volume at 1.5T and 3.0T MRI[J].Res Vet Sci,2020,128:236-241.
- [7]Glynne-Jones R,Wyrcwicz L,Tiret E,et al.Rectal cancer:ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis,treatment and follow-up[J].Ann Oncol,2017,28(suppl.4):iv22-iv40.
- [8]Okamura R,Itatani Y,Fujita Y,et al.Postoperative recurrence in locally advanced rectal cancer:how does neoadjuvant treatment affect recurrence pattern[J]? World J Surg Oncol,2023,21(1):247.
- [9]Dijkstra EA,Zwart WH,Nilsson PJ,et al.The value of post-operative chemotherapy after chemoradiotherapy in patients with high-risk locally advanced rectal cancer-results from the RAPIDO trial[J].ESMO Open,2023,8(2):101158.
- [10]Lai IL,You JF,Chern YJ,et al.The risk factors of local recurrence and distant metastasis on pT1/T2N0 mid-low rectal cancer after total mesorectal excision[J].World J Surg Oncol,2021,19(1):116.
- [11]Congedo A,Mallardi D,Danti G,et al.An updated review on imaging and staging of anal cancer-not just rectal cancer[J].Tomography,2023,9(5):1694-1710.
- [12]Cui Y,Zhong Q,Sun D,et al.Evaluation of histopathological response to neoadjuvant therapy in rectal cancer using slide-free, stain-free multimodal multiphoton microscopy[J].J Biophotonics,2022,15(10):e202200079.
- [13]Elmi A,Hedgire SS,Covarrubias D,et al.Apparent diffusion coefficient as a non-invasive predictor of treatment response and recurrence in locally advanced rectal cancer[J].Clin Radiol,2013,68(10):e524-31.
- [14]Gao J,Xu S,Ju H,et al.The potential application of MR-derived ADCmin values from 68Ga-DOTATATE and ¹⁸F-FDG dual tracer PET/MR as replacements for FDG PET in assessment of grade and stage of pancreatic neuroendocrine tumors[J].EJNMMI Res,2023,13(1):10.
- [15]Rylands LP,Roberts SJ,Hurst HT.Effect of gear ratio on peak power and time to peak power in BMX cyclists[J].Eur J Sport Sci,2017,17(2):127-131.
- [16]Pysz MA,Foygel K,Panje CM,et al.Assessment and monitoring tumor vascularity with contrast-enhanced ultrasound maximum intensity persistence imaging[J].Invest Radiol,2011,46(3):187-95.
- [17]Sun D,Wu X,Wang L,et al.Distinguishing T1-2 and T3a tumors of rectal cancer with texture analysis and functional MRI parameters[J].Diagn Interv Radiol,2022,28(3):200-207.
- [18]Dijkhoff RAP,Beets-Tan RGH,Lambregts DMJ,et al.Value of DCE-MRI for staging and response evaluation in rectal cancer:a systematic review[J].Eur J Radiol,2017,95:155-168.
- [19]Li J,Xue F,Xu X,et al.Dynamic contrast-enhanced MRI differentiates hepatocellular carcinoma from hepatic metastasis of rectal cancer by extracting pharmacokinetic parameters and radiomic features[J].Exp Ther Med,2020,20(4):3643-3652.
- [20]Ao W,Zhang X,Yao X,et al.Preoperative prediction of extramural venous invasion in rectal cancer by dynamic contrast-enhanced and diffusion weighted MRI:a preliminary study[J].BMC Med Imaging,2022,22(1):78.

(收稿日期:2024-06-12)

(校对编辑:翁佳鸿)