

## • 腹部影像学 •

# 酰胺质子转移成像联合预后营养指数预测局部进展期直肠癌新辅助放化疗疗效的价值分析

赵文俊,柴亚欣,侯孟岩,赵丹丹,牛永超

**【摘要】目的:**探讨酰胺质子转移(APT)成像定量参数 APT 信号强度(APT SI)、表观扩散系数(ADC)值联合预后营养指数(PNI)预测局部进展期直肠癌新辅助放化疗(NCRT)治疗疗效的价值。**方法:**选择接受完整 NCRT 及手术治疗的 98 例局部进展期直肠癌患者作为研究对象。NCRT 前对患者进行 APT 检查,测定 APT SI 和 ADC 值,计算并记录 PNI。对所有研究对象实施 NCRT 治疗,依据术后病理学结果对患者进行分组,包括病理完全缓解(PCR)组和非 PCR 组。**结果:**经 NCRT 治疗后,98 例直肠癌患者中 40 例(40.82%)达到 PCR,58 例(59.18%)未达到 PCR。PCR 与非 PCR 两组患者的肿瘤最大径差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。PCR 患者的治疗前 APT SI 和 PNI 显著高于非 PCR 患者,治疗前 ADC 值显著低于非 PCR 患者,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。直肠癌患者治疗前 APT SI 与 ADC 值呈显著负相关关系( $r = -0.366, P = 0.046$ )。单因素 Logistic 回归分析结果显示,APT SI、ADC 值、PNI 与直肠癌患者 NCRT 后非 PCR 密切相关( $P < 0.05$ )。ROC 曲线分析结果显示,APT SI、ADC 值、PNI 单独及三者联合预测非 PCR 的敏感度和特异度分别为 75.9% 和 52.5%、69.0% 和 67.5%、56.9% 和 72.5%、82.8% 和 82.5%。**结论:**APT 定量参数及 PNI 联合有助于预测局部进展期直肠癌患者 NCRT 疗效。

**【关键词】** 酰胺质子转移成像;直肠癌;新辅助放化疗;疗效;表观扩散系数;预后营养指数

**【中图分类号】** R735.3; R445.2   **【文献标识码】** A   **【文章编号】** 1000-0313(2024)09-1207-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.09.014

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Value analysis of amide-proton transfer imaging combined with prognostic nutritional index in predicting the efficacy of neoadjuvant chemoradiotherapy for locally advanced rectal cancer** ZHAO Wen-jun, CHAI Ya-xin, HOU Meng-yan, et al. Magnetic resonance room, Xinxiang Central Hospital (the fourth Clinical College of Xinxiang Medical University), Henan 453000, China

**【Abstract】 Objective:** To investigate the value of quantitative parameters of amide-proton transfer imaging (APT) including APT signal intensity (APT SI) and apparent diffusion coefficient (ADC) combined with prognostic nutrition index (PNI) in predicting the efficacy of neoadjuvant chemoradiotherapy (NCRT) for locally advanced rectal cancer. **Methods:** A total of 98 patients with locally advanced rectal cancer who received complete NCRT and surgical treatment were selected as the study objects. All the patients underwent APT examination before NCRT, and the APT SI and ADC values were determined, and the PNI was calculated and recorded. All subjects were treated with NCRT and divided into pathological complete response (PCR) group and non-PCR group according to postoperative pathological results. **Results:** After NCRT treatment, 40 cases (40.82%) of 98 patients with rectal cancer achieved PCR, and 58 cases (59.18%) did not achieve PCR. There was significant difference in maximum tumor diameter between the two groups ( $P < 0.05$ ). The APT SI and PNI before treatment in PCR patients were significantly higher than those in non-PCR patients, and the ADC before treatment was significantly lower than that in non-PCR patients, with statistical significance ( $P < 0.05$ ). There was a significant negative correlation between APT SI and ADC before treatment in rectal cancer patients ( $r = -0.366, P = 0.046$ ). Univariate logistic regression analysis showed that APT SI, ADC

**作者单位:** 453000 河南,新乡市中心医院(新乡医学院第四临床学院)磁共振室(赵文俊、柴亚欣、侯孟岩、赵丹丹、牛永超); 453000 河南,新乡市医学影像工程技术研究中心,新乡市心脏病影像医学重点实验室(牛永超)

**作者简介:** 赵文俊(1989—),女,河南新乡人,硕士研究生,主治医师,主要从事生殖系统影像诊断工作。

**基金项目:** 河南省医学科技攻关计划联合共建项目(LHGJ20210902)

and PNI were closely related to non-PCR after NCRT in rectal cancer patients ( $P < 0.05$ ). The ROC curve analysis results showed that the sensitivity and specificity of APT SI, ADC and PNI alone and the combined were 75.9% and 52.5%, 69.0% and 67.5%, 56.9% and 72.5%, 82.8% and 82.5%, respectively. **Conclusion:** The combination of APT quantitative parameters and PNI helps to predict the efficacy of NCRT in patients with locally advanced rectal cancer.

**【Key words】** Amide proton transfer imaging; Rectal cancer; Neoadjuvant chemoradiotherapy; Curative effect; Apparent diffusion coefficient; Prognostic nutritional index

直肠癌是一种常见的消化系统肿瘤,目前手术仍是直肠癌根治的首选方式<sup>[1]</sup>。接受新辅助放化疗(neoadjuvant chemoradiotherapy, NCRT)后,对患者采用直肠全系膜切除术是进展期直肠癌患者的标准治疗方案<sup>[2]</sup>。NCRT 能够使直肠癌恶性病灶出现不同程度的退缩,降低肿瘤分期,减少复发及转移的风险,有助于改善患者预后<sup>[3]</sup>。在接受 NCRT 后,部分患者能够达到病理完全缓解(pathological complete response, PCR),长期预后较好,具有较低的复发风险,并提高了总生存期<sup>[4]</sup>。然而部分患者对 NCRT 的治疗反应不显著,未能获得明显的临床收益,采用其他治疗方式可能效果更好<sup>[5]</sup>。因此,早期无创、准确地预测 NCRT 对直肠癌患者的治疗反应有助于选择合适的个性化精准治疗方案及改善患者预后。MRI 具备无辐射、对比度高、能够多参数多方位成像等优势,已被证实直肠癌的诊断和疗效评估中发挥着重要作用。酰胺质子转移(amide proton transfer, APT)成像的原理是化学交换饱和转移成像,通过定量测定 APT 信号强度(APT signal intensity, APT SI),对机体体内代谢的变化进行间接反映,已被应用于脑部肿瘤、卵巢癌、乳腺癌及直肠癌的良恶性鉴别诊断和分期评估中<sup>[6]</sup>。表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)也是常用于肿瘤诊断、疗效及预后评估的重要磁共振检查定量参数<sup>[5,7]</sup>。将淋巴细胞计数和白蛋白水平结合计算得到的预后营养指数(prognostic nutritional index, PNI)是反映患者营养和免疫状态的一个复合型标志物。最近的研究表明,PNI 与直肠癌患者 NCRT 后病理反应和预后有关<sup>[8]</sup>。已有多项研究证实,影像学检查与检验学指标联合应用于疾病的治疗疗效和预后评估中具有更高的效能<sup>[7,9,10]</sup>。因此,本研究旨在探讨 APT SI、ADC 值联合 PNI 预测局部进展期直肠癌 NCRT 疗效的价值。

## 材料与方法

### 1. 病例资料

选择 2021 年 1 月至 2023 年 12 月于新乡市中心医院就诊并接受完整 NCRT 及手术治疗的 98 例局部进展期直肠癌患者作为研究对象,其中男 57 例,女 41

例,平均年龄(57.43 ± 8.69)岁。病例纳入标准:①经组织病理学确诊为直肠腺癌,临床诊断为局部进展期直肠癌,即临床评估 T 分期为 T3 和 T4 期、伴或不伴淋巴结转移<sup>[11]</sup>;②患者年龄超过 18 周岁;③入组前未接受过其他治疗;④NCRT 治疗前接受磁共振 APT 及 DWI 检查。病例排除标准:①合并其他部位肿瘤;②患有自身免疫性疾病;③影像学资料或临床病理数据不完善。本研究获得了医院伦理委员会批准(批号:2021-174),所有患者均自愿参与研究,并签署了知情同意书。

### 2. APT 检查方式及图像处理

于 NCRT 前,应用 Philips 3.0T(IngeniaCX)超导型 MR 仪和 18 通道相控阵线圈对患者进行 APT 检查。患者检查前需排空直肠,检查时取仰卧位,斜轴位定位垂直于病变长轴。扫描序列及参数:斜轴位  $T_2$  WI 高分辨序列采用快速自旋回波(TSE)序列,TR 3000 ms, TE 100 ms, 视野 180 mm × 180 mm, 矩阵 300 × 235, 层厚 4 mm, 回波链长度 15。APT 采用 3D TSE 序列, 将 +3.5 ppm 频率处偏移的 MTRasym 值以百分比水平显示即为 APTSI, APT SI = MTRasym [ $\omega = +3.5\text{ ppm}$ ] (%), 扫描参数: TR 6540 ms, TE 8.3 ms, 视野 230 mm × 181 mm, 矩阵 116 × 90, 层厚 5 mm, 回波链长度 174, 总共用时 6 min。DWI 检查采用 SE-EPI 序列, 扫描参数: TR 4421 ms, TE 77 ms, 视野 200 mm × 129 mm, 矩阵 80 × 52, 层厚 4 mm, b 值取 0,800 s/mm<sup>2</sup>。将患者原始数据上传至 Philips IS-Pv10 工作站, 使用 InteliSpace Portal 后处理软件计算出 APT 像, 将 APT 与  $T_2$  WI 图像进行融合, 在 APT 与  $T_2$  WI 融合图像上手动选取感兴趣区(region of interest, ROI), 将 ROI 复制到 ADC 图像上, 标准如下:①将 ROI 放置于病灶最大截面上, 选择全部肿瘤范围;②避开有囊变、坏死、出血区域的层面, 病变坏死区一般呈  $T_1$  WI 低、 $T_2$  WI 高信号, 出血区一般呈  $T_1$  WI 高信号。由 2 位经验丰富的副主任及以上职称医师分别测量直肠癌患者的 APT SI 及 ADC 值, 所有数据均测量 3 次, 评估两位医师之间测量结果的一致性, 当一致性较好时, 取两者测量的平均值。采用组内相关系数(interclass correlation coefficient, ICC)对两位

医师测量参数间的一致性进行评价,ICC>0.80 为可重复性较好,0.61~0.80 为中等,0.41~0.60 为一般,<0.40 为可重复性差。最终测得的一致性均超过 0.85,因此认为一致性较好。

### 3.计算预后营养指数

依据患者 NCRT 前 1 周内血常规和肝肾功能检查结果计算 PNI,PNI=[淋巴细胞计数( $10^9/L$ ) $\times 5$ ]+白蛋白(g/L)

### 4.NCRT 治疗方式

对所有研究对象实施盆腔三维适形放疗,采取的剂量为 45.0 Gy/25 次,每次 1.8 Gy(通过 CT 扫描对盆腔和下腹部进行定位,层厚 5 mm,层间距 5 mm,将数据传输至 Eclipses 系统,在扫描图像上进行勾画,计划靶区为临床靶区在各方向上外扩 0.5 cm),频率为每周 5 次。同时,所有患者需口服卡培他滨 1250 mg/m<sup>2</sup>,每日 2 次,每周 5 天。在 NCRT 治疗完成后的一个月内,对患者进行全直肠系膜手术切除治疗。

### 5.病理及疗效评估方式

病理学结果被视为评估治疗效果的“金标准”,术后病理镜检中肿瘤细胞残留及纤维化比例被用来评估肿瘤退缩等级(tumor regression grade,TRG)。若无肿瘤细胞残留,为 TRG1 级;若少量肿瘤细胞散布在纤维化中,为 TRG2 级;若肿瘤细胞残留比例小于纤维化,为 TRG3 级;若肿瘤细胞残留比例大于纤维化,为 TRG4 级;若镜下主要为肿瘤细胞,纤维化稀少,则为 TRG5 级。TRG1 级患者被归为 PCR 组,TRG2~5 级患者则被归为非 PCR 组<sup>[5]</sup>。

### 6.统计学分析

采用 SPSS 25.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的连续性变量以均值士标准差表示,组间比较采用 t 检验。分类变量以频数(百分比)表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验。采用 Pearson 相关性分析对两个变量间的相关性进行评估,采用单因素 Logistic 回归分析评估直肠癌 NCRT 疗效的独立影响因素。APT SI、ADC 值、PNI 及三者联合对直肠癌 NCRT 疗效的预测价值应用受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线进行评估。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

### 1.不同疗效直肠癌患者一般资料的比较

经 NCRT 治疗后,98 例直肠癌患者中 40 例(40.82%)达到 PCR,58 例(59.18%)未达到 PCR (TRG2 级 10 例,TRG3 级 30 例,TRG4 级 13 例,TRG5 级 5 例)。两组患者的肿瘤最大径差异有统计学意义( $P<0.05$ ),而性别、年龄、BMI、肿瘤家族史、TNM 分期及肿瘤下缘距肛缘距离在两组间差异均无统计学意义( $P$  均 $>0.05$ ,表 1)。

### 2.不同疗效直肠癌患者治疗前 APT SI 和 ADC 值比较

相较于非 PCR 患者,PCR 患者的治疗前 APT SI 和 PNI 显著增高,治疗前 ADC 显著降低,差异有统计学意义( $P<0.05$ ,表 2、图 1~2)。

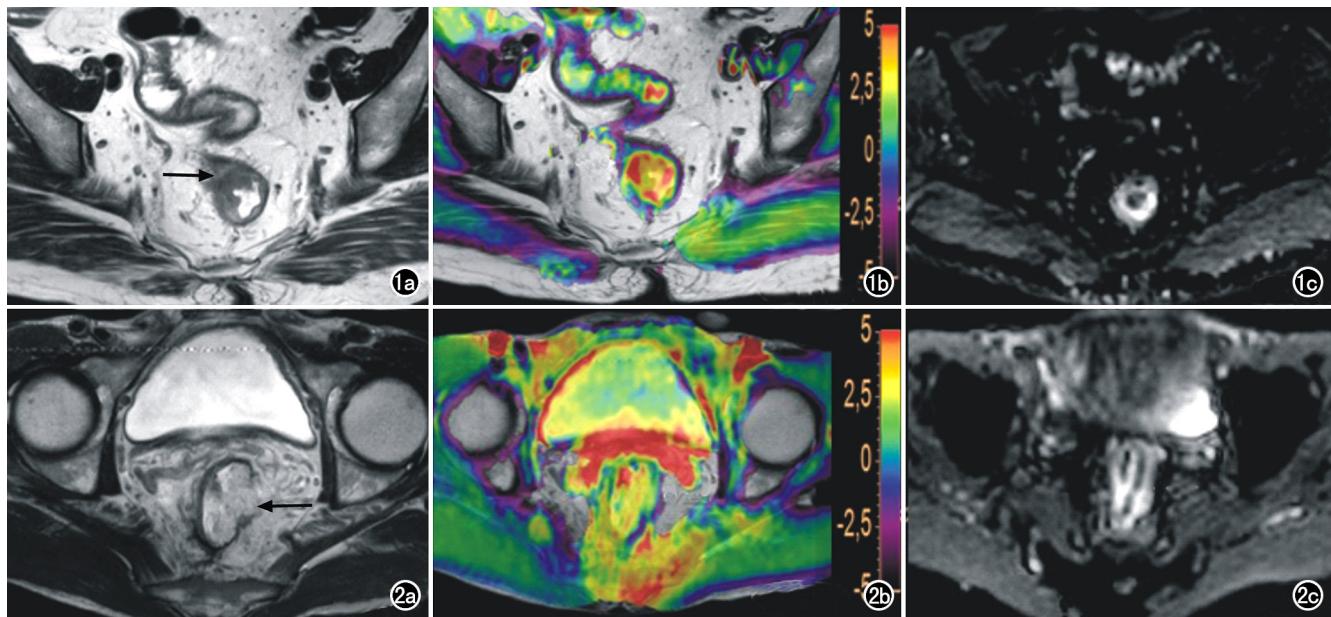
### 3.直肠癌患者治疗前 APT SI、ADC 值及 PNI 的

表 1 不同疗效直肠癌患者的一般资料和临床病理特征比较

指标	PCR 组 (n=40)	非 PCR 组 (n=58)	t/ $\chi^2$ 值	P 值
性别(例)			0.278	0.598
男	22	35		
女	18	23		
年龄(岁)	50.57±8.69	50.17±9.74	0.210	0.834
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	23.64±1.92	24.27±1.97	-1.579	0.118
肿瘤家族史(例)			0.110	0.740
是	5	6		
否	35	52		
肿瘤最大径(cm)	5.14±0.52	5.36±0.50	-2.088	0.039
分期(例)			0.655	0.418
T3 期	16	28		
T4 期	24	30		
肿瘤下缘距肛缘距离(例)			0.237	0.626
≤5cm	22	29		
5~10cm	18	29		

表 2 不同疗效直肠癌患者治疗前 APT SI、ADC 值和 PNI 比较

指标	PCR 组 (n=40)	非 PCR 组 (n=58)	t 值	P 值
APT SI(%)	2.38±0.36	2.18±0.30	2.954	0.004
ADC( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	1.01±0.13	1.11±0.14	-3.469	<0.001
PNI	47.85±3.12	45.89±3.74	2.728	0.008



**图 1** 局部进展期直肠癌患者,男,67岁,经 NCRT 治疗后达 PCR。a)  $T_2$  WI 斜轴位图像示直肠肠腔内团块状混杂稍高信号影(箭),病变累及固有肌层;b) APT- $T_2$  WI 融合图,APT SI 为 2.8%;c) ADC 图,ADC 值为  $1.17 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 。  
**图 2** 局部进展期直肠癌患者,男,56岁,经 NCRT 治疗后为非 PCR。a)  $T_2$  WI 斜轴位图像示直肠肠腔内团块状稍高信号影(箭),病变突破浆膜层,并跨腹膜返折,环周切缘受累;b) APT- $T_2$  WI 融合图,APT SI 为 2.5%;c) ADC 图,ADC 值为  $1.94 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 。

表 3 影响直肠癌患者 NCRT 疗效的单因素 Logistic 回归分析结果

变量	$\beta$	P 值	OR	95%CI
肿瘤最大径(cm)	0.854	0.083	2.350	0.928~5.373
APT SI(%)	-1.915	0.007	0.147	0.037~0.587
ADC( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	1.725	0.002	5.613	1.325~9.077
PNI	-0.161	0.010	0.851	0.752~0.962

表 4 治疗前 APT SI、ADC 值及 PNI 对直肠癌 NCRT 疗效的预测效能

变量	AUC(95%CI)	P	敏感度	特异度	截断值
APT SI(%)	0.653(0.542~0.764)	0.010	75.9%	52.5%	2.32
ADC( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )	0.727(0.625~0.829)	<0.001	69.0%	67.5%	1.05
PNI	0.663(0.556~0.771)	0.006	56.9%	72.5%	46.73
ADC 联合 APT SI	0.785(0.697~0.874)	<0.001	67.2%	77.5%	—
ADC 联合 PNI	0.776(0.681~0.871)	<0.001	67.2%	80.0%	—
APT SI 联合 PNI	0.716(0.611~0.821)	<0.001	56.9%	80.0%	—
三者联合	0.888(0.821~0.954)	<0.001	82.8%	82.5%	—

### 相关性分析

直肠癌患者治疗前 APT SI 与 ADC 值呈显著负相关关系( $r = -0.366, P = 0.046$ ),ADC 值与 PNI 之间无显著相关性( $r = -0.133, P = 0.190$ ),APT SI 与 PNI 之间亦无显著相关性( $r = 0.134, P = 0.188$ ,图 3)。

### 4. 影响直肠癌患者 NCRT 疗效的单因素 Logistic 回归分析

以直肠癌患者 NCRT 疗效为因变量( $\text{PCR}=0$ ;非  $\text{PCR}=1$ ),进一步行单因素 Logistic 回归分析,结果显示较小的 APT SI 和 PNI、较大的 ADC 值与直肠癌患

者 NCRT 非 PCR 密切相关( $P < 0.05$ ,表 3)。

### 5. 治疗前 APT SI、ADC 值、PNI 及三者联合对直肠癌患者 NCRT 疗效的预测效能

以直肠癌患者 NCRT 疗效作为检验变量( $\text{PCR}=0$ ;非  $\text{PCR}=1$ ),将单因素 Logistic 回归分析中有统计学意义的变量作为状态变量进行 ROC 曲线分析,结果表明 APT SI、ADC、PNI 单独预测及三者联合预测非 PCR 的 AUC 分别为 0.653、0.727、0.663、0.888(图 4),三者联合预测的效能优于各指标单独预测或任意两者联合预测( $P < 0.05$ ,表 4)。

### 讨 论

直肠癌是一种常见的消化系统肿瘤,对于局部进展期直肠癌的治疗,目前推荐应用 NCRT 或新辅助化疗进行治疗<sup>[12]</sup>。然而,并非所有患者都对 NCRT 治疗敏感。对于治疗反应不佳的患者,为避免其长期接受临床受益不明显的治疗,使其在有机会时能够选择其他治疗方案,于 NCRT 前预测治疗效果具有重要意义。

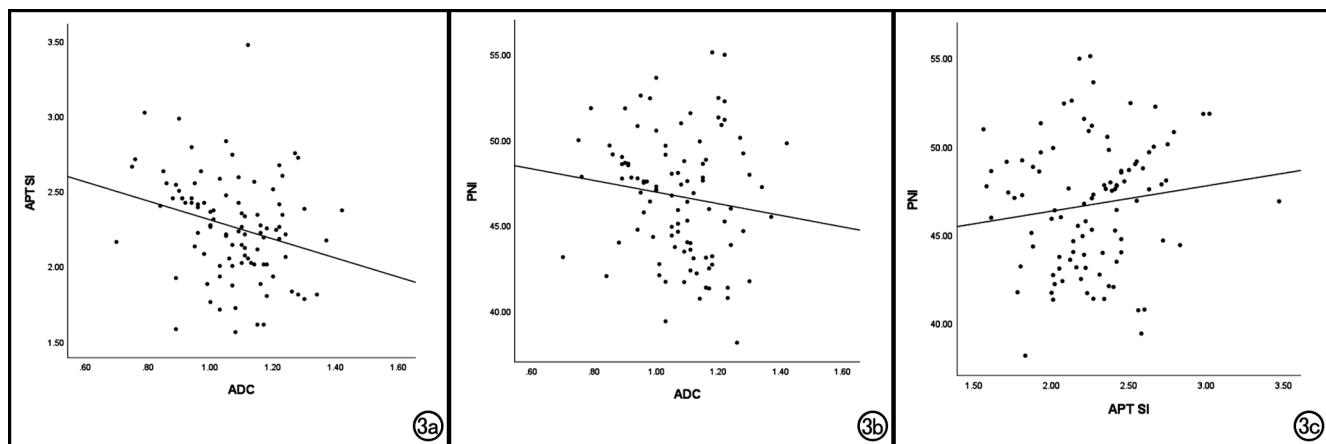


图 3 直肠癌患者治疗前 APT SI、ADC 值及 PNI 的相关性分析散点图。a) APT SI 与 ADC 值呈显著负相关关系; b) ADC 值与 PNI 之间无显著相关性;c) APT SI 与 PNI 之间无显著相关性。

义。本研究应用 APT 成像的定量参数 APT SI 及 ADC 值联合血液检测指标 PNI 预测直肠癌 NCRT 疗效,结果发现具有一定价值。

本研究结果显示,PCR 患者的治疗前 APT SI 显著高于非 PCR 患者,ADC 值显著低于非 PCR 患者。这一结果提示 APT SI 较高及 ADC 值较低的直肠癌患者对 NCRT 治疗的反应较好,肿瘤发生显著退缩的概率更高。APT 成像的原理是通过对人体细胞内蛋白质及多肽链中的酰胺质子与水分子中氢离子的交换速度进行监测,从而在细胞和分子层面上非侵入性地定量分析蛋白质的浓度和酸碱度。APT SI 是通过比较质子饱和前后的信号差异来确定的,能对酰胺质子与水分子质子的交换频率进行映射,因此从侧面反映组织蛋白质的浓度和酸碱度。ADC 值可用于描述 DWI 序列中不同方向的分子扩散运动的速度和范围,能够一定程度上揭示肿瘤组织中肿瘤细胞的排列紧密

状况。李娟等<sup>[13]</sup>研究发现,APT SI 及 ADC 值可用于鉴别直肠黏液腺癌与普通腺癌及直肠癌的病理分级。Chen 等<sup>[14]</sup>研究发现,经 NCRT 治疗后,所有直肠肿瘤的 APT SI 降低,ADC 值升高,肿瘤体积和癌胚抗原 (carcinoembryonic antigen,CEA) 水平减小,良好应答者比不良应答者表现出更高的治疗前 APT SI 和更低的 ADC 值。黄伟康等<sup>[5]</sup>的研究结果也显示,治疗前肿瘤较低的 ADC 值与 PCR 密切相关。直肠癌病变区域内的肿瘤细胞呈现出旺盛且迅速的增长态势,使得细胞密度大幅提升,同时挤压了组织间的空隙,这种情况下水分子无法轻松进行扩散,进而引起 ADC 值下降。另外,肿瘤快速生长过程中伴生的血管新生促进了 APT 信号的激活,这是因为在这些新生成的血管中,血液富含了高量的血红蛋白、白蛋白及血浆成分,进而使得 APT 信号水平得到提升。因此,相较于生长稳定的细胞,快速繁殖的细胞因缩短了生长周期,其修复损伤的能力也相应减弱,这使得它们对放射治疗及化疗更为敏感。

此外,本研究结果发现,PCR 患者的治疗前 PNI 显著高于非 PCR 患者。PNI 指数是通过结合血清白蛋白水平和外周血中淋巴细胞数量这两个关键指标来评估的,它综合体现了个体的营养与免疫状态。王逸君等<sup>[8]</sup>研究发现,直肠癌患者在接受 NCRT 治疗后,其初始 PNI 值与肿瘤的病理学反应程度以及患者的生存预后存在一定的关联性。在肿瘤细胞破坏和凋亡的过程中,淋巴细胞具有抑制肿瘤细胞增殖及侵袭的重要作用,当淋巴细胞减少时,提示机体的免疫应答水平降低,可能导致患者的预后不良。白蛋白水平反映机体的营养状况,当其水平降低时,说明患者可能营养不良,营养不良会促使患者体内炎症因子水平显著升高。之前的研究显示,治疗前机体炎症水平增高与肿瘤新辅助化疗疗效不佳有关<sup>[15]</sup>。在本研究中,进一步

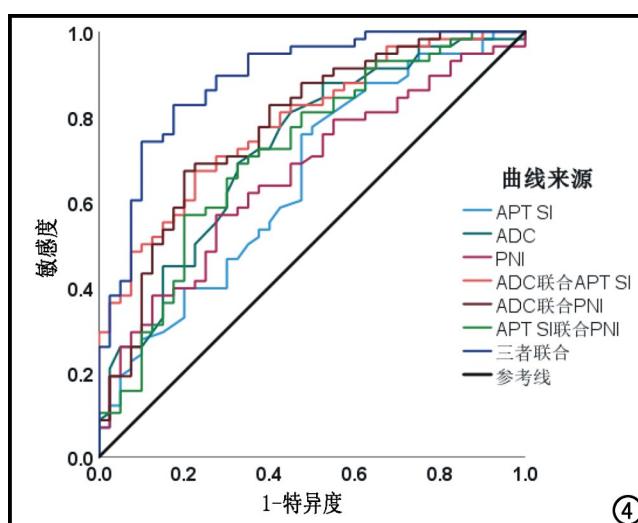


图 4 治疗前 APT SI、ADC 值及 PNI 预测直肠癌患者 NCRT 疗效的 ROC 曲线。

的 ROC 曲线分析结果表明, APT SI、ADC 值、PNI 单独及三者联合预测非 PCR 的敏感度和特异度分别为 75.9% 和 52.5%、69.0% 和 67.5%、56.9% 和 72.5%、82.8% 和 82.5%, 提示 APT SI、ADC 值及 PNI 联合预测直肠癌 NCRT 疗效的效能较高。

综上所述, APT 定量参数及 PNI 联合有助于预测局部进展期直肠癌患者的 NCRT 疗效, 具有一定临床应用价值。

#### 参考文献:

- [1] Liang Y, Liao H, Shi H, et al. Risk stratification of stage II rectal mucinous adenocarcinoma to predict the benefit of adjuvant chemotherapy following neoadjuvant chemoradiation and surgery [J]. Front Oncol, 2024, 14: 1352660.
- [2] Owens PW, Saeed M, McCawley N, et al. Prolonged interval to surgery following neoadjuvant chemoradiotherapy in locally advanced rectal cancer: A meta-analysis of randomized controlled trials [J]. Surgeon, 2024, 22(3): 166-173.
- [3] Pan YN, Gu MY. Value of perfusion parameters from golden-angle radial sparse parallel dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging in predicting pathological complete response after neoadjuvant chemoradiotherapy for locally advanced rectal cancer [J]. Diagn Interv Radiol, 2024, 30(4): 228-235.
- [4] Zhang Y, Luo R, Peng J, et al. Differential clinical outcomes after 3 versus 5 years in a comparison of preoperative chemotherapy with and without radiotherapy in locally advanced rectal cancer: A national cohort propensity score-matched study [J]. Diagn Interv Radiol, 2024, 10(6): e27684.
- [5] 黄伟康, 冯洁萍, 严兆贤, 等. DWI 和 DKI 预测局部进展期直肠癌新辅助放化疗反应 [J]. 放射学实践, 2022, 37(4): 485-492.
- [6] 郭红红, 曹珊, 杨晨, 等. 酰胺质子转移成像在直肠癌中的研究进展 [J]. 放射学实践, 2023, 38(4): 528-531.
- [7] 罗瑛译, 韦利娥, 玉开温. 多模态 MRI 参数联合血清 miR-301a 水平评估前列腺癌危险程度及预测早期复发的价值 [J]. 放射学实践, 2022, 37(5): 560-565.
- [8] 王逸君, 张碧云, 陈乐君, 等. 炎症及营养指标与直肠癌新辅助放化疗病理反应及患者预后的相关性研究 [J]. 东南大学学报(医学版), 2021, 40(5): 578-585.
- [9] 邵梦平, 肖亚迪, 李莹, 等. DWI 联合血清 miR-495 预测骨肉瘤新辅助化疗后疗效的价值 [J]. 放射学实践, 2023, 38(9): 1163-1167.
- [10] 姚升娟, 曲静琦, 曹宇, 等. MRI 联合血清 miR-204 水平对原发性肝癌经皮穿刺射频消融术后疗效及复发的预测价值 [J]. 放射学实践, 2022, 37(1): 62-67.
- [11] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 中国结直肠癌诊疗规范(2020 年版) [J]. 中华外科杂志, 2020, 58(8): 561-585.
- [12] 许文森, 柳永康, 苗环, 等. MR 扩散加权成像与动态对比增强 MRI 评价局部进展期直肠癌新辅助放化疗疗效的价值 [J]. 实用放射学杂志, 2023, 39(11): 1801-1805, 1814.
- [13] 李娟, 高雪梅, 程敬亮. APT 定量参数与直肠癌病理类型及分期的相关性 [J]. 放射学实践, 2022, 37(11): 1405-1409.
- [14] Chen W, Mao L, Li L, et al. Predicting treatment response of neoadjuvant chemoradiotherapy in locally advanced rectal cancer using amide proton transfer MRI combined with diffusion-weighted imaging [J]. Front Oncol, 2021, 11: 698427.
- [15] 林光一, 梁伟成, 唐汉, 等. 免疫炎症指标对食管鳞癌新辅助放化疗疗效的预测价值 [J]. 中华消化外科杂志, 2023, 22(3): 363-370.

(收稿日期: 2024-04-03 修回日期: 2024-07-16)