

能谱 CT 碘基值预测局部进展期胃腺癌新辅助化疗疗效

马千昂, 黎海亮, 王艺, 蒋志强, 徐淑宁, 李靖

【摘要】 目的:探讨基线期能谱 CT 碘基值预测局部进展期胃腺癌新辅助化疗(NAC)后病理学反应的应用价值。**方法:**2021 年 1 月至 2021 年 12 月间,前瞻性对拟行新辅助化疗联合手术治疗的局部进展期胃腺癌患者于治疗前 1 周内行能谱 CT 动脉期、静脉期和延迟期三期增强扫描。收集患者临床病理信息,测量增强各期胃癌病灶的碘基值(IC),并除以主动脉碘基值得到标化碘基值(nIC)。根据术后 AJCC 肿瘤退缩分级(TRG)标准分为病理缓解良好组($TRG=0+1$)和病理缓解不良组($TRG=2+3$)。比较两组间临床指标和碘基值的差异,采用多因素回归方法筛选胃癌 NAC 疗效的独立预测因素,采用受试者工作特征曲线和曲线下面积(AUC)评估 IC 值的预测效能。**结果:**筛选出符合条件的患者 70 例,其中男 55 例,女 15 例,年龄范围 30~71 岁,中位年龄 59 岁。病理缓解良好 22 例,缓解不良 48 例。缓解良好组的静脉期标化碘基值(nICVP)、延迟期标化碘基值(nICDP)值低于缓解不良组,差异有统计学意义($t=2.391, 2.270, P$ 均 <0.05);回归分析结果显示 nICVP 和 CT 报告淋巴结状态是胃癌 NAC 疗效的独立预测指标,联合两者的诺模图预测胃癌 NAC 后病理学反应的 AUC 为 0.821(95%CI: 0.711~0.902),依次高于 nICVP、联合 nICVP 和 nICDP、nICDP($Z=2.306, 2.161, 2.228, P$ 均 <0.05),以诺模图分数 >0.684 为诊断阈值,其预测病理缓解不良的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为 75.00%、81.80%、65.58%、87.71%。**结论:**基线期胃癌病灶 nICVP 和 nICDP 能鉴别新辅助化疗后不同病理缓解状态,nICVP 和 CT 报告淋巴结状态是预测新辅助化疗疗效的独立风险因素,联合两者能进一步提高预测效能。

【关键词】 能谱 CT; 体层摄影术, X 线计算机; 碘基值; 胃肿瘤; 疗效预测; 新辅助化疗

【中图分类号】 R735.2; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2024)01-0077-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.01.014

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Spectral CT based iodine concentration for the prediction of treatment response to neoadjuvant chemotherapy in locally advanced gastric cancer MA Qian-ang, LI Hai-liang, WANG Yi, et al. Department of Radiology, the Affiliated Cancer Hospital of Zhengzhou University (Henan Cancer Hospital), Zhengzhou 450008, Chian

【Abstract】 Objective: This study aims to investigate the value of baseline spectral CT-based iodine concentration for predicting pathologic response in patients with locally advanced gastric adenocarcinomas after neoadjuvant chemotherapy (NAC). **Methods:** Between January 2021 and December 2021, triple-phase enhanced CT scans (arterial phase, venous phase, delay phase), using gemstone spectral imaging (GSI) mode, were prospectively performed within one week before treatment in locally advanced gastric adenocarcinoma patients scheduled for NAC plus gastrectomy. Clinicopathological data were collected, and iodine concentration (IC) of gastric cancer at three enhanced phases was measured and normalized against that in the aorta to generate normalized IC (nIC). Patients were divided into responders ($TRG=0+1$) and non-responders ($TRG=2+3$), based on the tumor regression grading (TRG) system by AJCC criteria on surgical specimen, and differences in clinical indicators and IC values were compared. Multivariable logistic regression analysis was used to screen independent predictors for response to NAC. The predictive efficacy of IC values was assessed by the area under the

作者单位: 450008 郑州, 郑州大学附属肿瘤医院(河南省肿瘤医院)医学影像科(马千昂、黎海亮、李靖), 病理科(王艺), 普外科(蒋志强), 消化肿瘤内科(徐淑宁)

作者简介: 马千昂(1981-), 女, 河南新乡人, 硕士, 主治医师, 主要从事肿瘤功能影像研究工作。

通讯作者: 李靖, E-mail: lijingqingqing@163.com

基金项目: 河南省科技厅重点科技攻关项目(202102310736); 河南省中青年卫生健康科技创新优秀青年人才培养项目(YXKC2021054); 国家自然科学基金青年项目(82202146)

curve (AUC) of receiver operating characteristic (ROC) analysis. **Results:** A total of 70 patients, including 55 males and 15 females, were enrolled, with an age range of 30~71 years (mean of 59 years). Of these, 22 patients were responders and 48 were non-responders. The values of nICVP and nICDP in responders were statistically lower than those in non-responders ($t=2.391, 2.270, 7.358, P<0.05$). Logistic regression analysis revealed nICVP and CT reported LN status as independent predictors for pathologic response to NAC. The nomogram including nICVP and CT reported LN status exhibited an AUC of 0.821 (95%CI, 0.711~0.902), which was statistically higher than that of nICVP, combination of nICVP and nICDP, nICDP with 0.668, 0.666, 0.657 ($Z=2.306, 2.161, 2.228$, all $P<0.05$), with the nomogram score >0.684 as the cutoff value. Its sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value for predicting non-responders were 75.00%, 81.80%, 65.58%, and 87.71%, respectively. **Conclusion:** Baseline nICVP and nICDP in the primary gastric cancer lesion can distinguish different pathologic responses after NAC, and nICVP and CT reported LN status are independent risk factors for treatment response to NAC. The nomogram based on these two factors further improves efficacy.

【Key words】 Spectral CT; Tomography, X-ray computed; Iodine concentration; Gastric neoplasms; Treatment response prediction; Neoadjuvant chemotherapy

新辅助化疗 (neoadjuvant chemotherapy, NAC) 能控制进展期胃癌局部病灶, 提高手术的根治切除率及 5 年生存率^[1], 是局部进展期胃癌的标准治疗方案; 但相关研究发现对 NAC 不敏感的患者, 可能会延误手术时机而致预后不良^[2]。肿瘤消退分级 (tumor regression grading, TRG) 是评估 NAC 疗效的金标准^[3], 但其仅能在术后获得, 具有滞后性。实体瘤疗效评价标准依赖于常规影像学上的肿瘤大小变化, 不适合胃等空腔脏器, 也无法有效鉴别治疗后肿瘤间质纤维化等^[4]。因此, 寻找能预测胃癌新辅助化疗疗效的关键影像学指标, 具有重要的临床意义。目前, 众多研究者将肿瘤疗效评估转向功能影像学领域, 能谱 CT 能提供定量参数和多能级信息, 碘基值 (iodine concentration, IC) 与胃癌血管生成相关, 在胃癌分期和疗效评估方面具有较高的应用价值^[5-7], 本研究前瞻性分析局部进展期胃腺癌患者的基线临床资料和能谱 CT 数据, 旨在探讨能谱 CT 碘基值预测胃癌新辅助化疗后病理学反应的价值。

材料与方法

1. 病例资料

前瞻性搜集 2021 年 1 月至 2021 年 12 月在我院诊治的局部进展期胃腺癌患者。病例纳入标准: ①术前活检病理证实为腺癌, 临床分期为局部进展期 (cT3~4a/N0~3/M0); ②患者在治疗前接受能谱 CT 三期增强扫描; ③经我院初治胃癌多学科会诊拟接受新辅助化疗联合手术治疗; ④图像质量好, 能满足诊断和后续处理要求。病例排除标准: ①患者因不良反应或自身因素未能完成新辅助化疗; ②患者放弃手术治疗; ③图

像存在伪影。本研究连续性收集 75 例患者, 排除 5 例, 最终纳入 70 例。本研究通过医院医学伦理委员会审批 (2021-KY-0021), 并获得患者知情同意。

2. 能谱 CT 扫描

所有患者在 NAC 治疗前 1 周采用 GSI 模式完成腹部平扫和三期增强扫描。患者检查前禁食 8 h, 检查前 10 min 饮用温开水 1000 mL, 并肌肉注射 20 mg 山莨菪碱注射液 (654-2 针, 规格: 10 mg/mL, 杭州民生药业集团有限公司), 以抑制胃肠道蠕动。CT 扫描采用 GE Revolution CT (美国, 密尔沃基), 扫描参数: 管电压采用 140 kVp 和 80 kVp 的 0.5 ms 瞬时切换, 管电流 400 mA, 螺距 0.992:1, 旋转时间 0.8 s, 探测器宽度 80 mm, 准直 0.625 mm, 矩阵 512×512, 视野 38 cm×38 cm, 层厚 5 mm。增强扫描采用高压注射器经肘静脉注射非离子型对比剂优维显注射液 (370 mg I/mL, 拜耳先灵药业有限公司), 剂量 1.5 mL/kg, 流率 3 mL/s。采用追踪触发技术扫描, 动态扫描检测点设置在腹主动脉起始处, 注射对比剂 15 s 后开始监测, 达到触发阈值 100 HU 后开启动脉期扫描, 而后间隔 25 s 采集静脉期图像, 再间隔 40 s 获得延迟期图像。采用标准算法进行单能量图像重建, 层厚、层间距均为 1.25 mm。采用多模型迭代重建算法 (adaptive statistical iterative reconstruction veo, ASiR-V, 指数 1/4 50%) 对图像降噪并降低患者辐射剂量。

3. 新辅助化疗方案

所有患者均接受标准的 3 周期奥沙利铂联合替吉奥化疗方案行新辅助化疗。NAC 结束后 2 周内 (平均 11 天) 行胃癌根治术。

4. 图像分析

由 2 位具有 8 年以上工作经验的高年资腹部影像科医生独立观察和分析图像。CT 测量指标包括:①肿瘤厚度:定义为肿瘤最大层面上与其长轴垂直的最大短径^[6]。②IC 值:研究显示最大层面全肿瘤二维 ROI 法测量的 IC 值可重复性最高^[8],因此本研究也采用此方法;同时放置圆形 ROI 在同层腹主动脉,面积 $\geq 2/3$ 主动脉,避开动脉壁斑块和边缘部分。按照公式:标化碘基值(normalized iodine concentration, nIC)=病灶碘基值/主动脉碘基值,获得动脉期标化碘基值(normalized iodine concentration at arterial phase, nICAP)、静脉期标化碘基值(normalized iodine concentration at venous phase, nICVP)和延迟期标化碘基值(normalized iodine concentration at delay phase, nICDP)。③CT 报告淋巴结状态:淋巴结短径 >10 mm、不均匀强化、簇状分布等诊断为 CT 报告淋巴结状态阳性^[9];Borrmann 分型根据胃癌形态、范围及有无溃疡分为 4 型^[6,10]:I,肿块型;II,局限溃疡型;III,溃疡浸润型;IV,弥漫浸润型。上述征象由 2 位阅片者共同认定,若存在分歧,则由第 3 位副主任以上医师进一步判断。

5. 病理学分析

由 1 位有 10 年工作经验的病理科医师独立阅片。根据第 8 版美国癌症联合委员会(american joint committee on cancer, AJCC)的 TRG 标准评估化疗后病理学反应。诊断标准:TRG 0,病理完全缓解,无癌细胞残留;TRG 1,中度缓解,小簇或单个癌细胞残留;TRG 2,轻度缓解,可见癌组织残留,但范围小于纤维化;TRG 3,无缓解或缓解差,广泛明显的癌组织残留。

6. 统计学分析

采用 SPSS 22.0 和 Medcalc 15.2 软件进行统计学分析。采用 Kolomogorov-Smimov 检验计量资料是否符合正态分布,符合者以均值 $\pm$ 标准差表示,偏态分布以中位数(四分位数间距)[M (Q1, Q3)] 表示。采用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)分析 2 位阅片者测量各参数值的一致性,ICC <0.4 为一致性差,0.40~0.59 为中等,0.60~0.74 为一致性好,0.75~1.00 为一致性非常好。计量资料的组间比较采用 student *t* 检验或 Mann-Whitney *U* 检验,分类资料的组间比较采用卡方检验或 Fisher's 确切概率法。采用多因素回归分析筛选胃癌 NAC 疗效的独立预测因子,结果用诺模图输出,采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析 IC 值和诺模图预测 NAC 治疗后病理学反应的效能,并确定最佳诊断阈值,采用 Delong 检验比较 AUC 间的差异。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 患者一般资料

70 例患者中男 55 例,女 15 例,年龄范围 30~71 岁,中位年龄 59 岁,平均 (58.97 ± 9.96) 岁。术后病理证实 7 例达病理完全缓解(TRG=0),15 例中度缓解(TRG=1),31 例轻度缓解(TRG=2),17 例无缓解或缓解差(TRG=3),将 TRG=0 和 1 作为病理缓解良好组(31.43%, 22/70),TRG=2 和 3 为病理缓解不良组(68.57%, 48/70)。两组间 CT 报告淋巴结状态、术后淋巴结转移、术后阳性淋巴结数目和阳性淋巴结比例的差异均有统计学意义(P 均 <0.05 ,表 1)。

2. 阅片者测量碘基值的一致性

2 位阅片者测量病灶 ICAP、ICVP、ICDP、nICAP、nICVP、nICDP 的一致性很好,ICC 值和 95% 置信区间(confidence interval, CI)分别为 0.926 (0.899~0.953)、0.987 (0.983~0.997)、0.985 (0.976~0.995)、0.973 (0.957~0.990)、0.980 (0.970~0.991) 和 0.986 (0.975~0.992)。

3. 不同病理缓解组间胃癌碘基值的比较

病理缓解良好组(图 1)病灶的 nICVP、nICDP 值低于病理缓解不良组(图 2),差异有统计学意义(P 值分别为 0.020、0.026,表 2)。

4. 胃癌 NAC 疗效的独立预测因子及预测效能分析

多因素回归分析结果显示,nICVP 和 CT 报告淋巴结状态是胃癌 NAC 疗效的独立预测因素($P<0.05$),以此构建诺模图(图 3),其预测胃癌 NAC 后病理缓解不良的效能最高,AUC 达 0.821 (0.711~0.902),依次高于 nICVP、联合 nICVP 和 nICDP、nICDP,差异均有统计学意义(Delong 检验, $Z=2.139$ 、2.286、2.319, $P=0.032$ 、0.022、0.020,图 4,表 3)。Hosmer-Lemeshow 检验结果显示诺模图的预测结果与实际结果存在较高的匹配度($\chi^2=2.00$, $P=0.9809$)。

讨 论

本研究前瞻性分析行 NAC 的局部进展期胃癌患者基线期能谱 CT 数据,初步证实 nICVP 和 nICDP 能鉴别病理缓解状态,nICVP 和 CT 报告淋巴结状态是胃癌 NAC 后病理学反应的独立预测因素,联合两者能进一步提高预测效能。

1. 能谱 CT 预测胃癌新辅助化疗疗效的优势

目前,以形态学为基础的常规影像学仅通过肿瘤大小变化来评估治疗反应,并不能预测 NAC 疗效。如 Wang 等^[11]发现淋巴结短径的变化率和肿瘤厚度

表 1 不同病理缓解组间临床病理特征比较 (例)

指标/分组	总体	病理缓解良好 (n=22)	病理缓解不良 (n=48)	$\chi^2/t/Z$ 值	P 值
性别				0.243	0.622
男	55	16	39		
女	15	6	9		
年龄(岁)					
范围 30~71	58.97±9.96	59.86±11.74	58.56±9.13	0.505	0.615
部位				4.832	0.185
贲门胃底	45	13	32		
胃体	18	6	12		
胃窦幽门	5	1	4		
≥2/3 胃	2	2	0		
厚度(mm)					
7.30~32.69	15.11±5.02	13.93±4.88	15.65±5.04	0.134	0.186
Borrmann 分型				6.143	0.105
I	18	3	15		
II	29	11	18		
III	19	5	14		
IV	4	3	1		
CT 报告淋巴结状态				3.723	0.045
阴性	13	7	6		
阳性	57	15	42		
Lauren 分型				1.172	0.556
肠型	14	5	9		
混合型	23	6	17		
弥漫型	33	10	23		
分化程度				0.772	0.680
低分化	38	13	25		
中分化	30	8	22		
高分化	2	1	1		
淋巴结转移				10.895	0.001
无	22	14	8		
有	48	11	37		
淋巴结清扫数目(个)	26.00 (19.00,35.25)	23.50 (18.50,33.00)	28.50 (19.25,36.00)	1.355	0.175
阳性淋巴结数目(个)	1.00 (0,4.00)	0 (0,3.00)	2.00 (1.00,5.75)	3.048	0.002
阳性淋巴结比例 (%)	5.01 (0.00,20.00)	0 (0,9.94)	6.54 (0.68,23.79)	2.793	0.005

注:淋巴结清扫数目、阳性淋巴结数目和阳性淋巴结比例不符合正态分布,以中位数(四分位数间距)表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。

表 2 不同病理缓解组间胃癌碘基值的比较

碘基值	病理缓解良好 (n=22)	病理缓解不良 (n=48)	t 值	P 值
ICAP(100μg/mL)	19.55±5.55	20.56±7.24	0.578	0.565
ICVP(100μg/mL)	25.12±7.47	25.82±7.58	0.361	0.719
ICDP(100μg/mL)	24.77±6.36	25.46±6.73	0.403	0.688
nICAP	0.17±0.05	0.18±0.06	0.916	0.363
nICVP	0.41±0.08	0.46±0.08	2.391	0.020
nICDP	0.52±0.10	0.58±0.10	2.270	0.026

注:IC=Iodine concentration,碘基值;VP=venous phase,静脉期;DP=delayed phase,延迟期;nIC=Normalized iodine concentration,标化碘基值。

变化率与病理完全缓解有关,但该研究为回顾性研究,样本量少(55 例),缺少定量指标,无法充分反映胃癌的异质性及个体对 NAC 反应的差异。能谱 CT 属于

功能成像,IC 值反映组织真实的碘分布^[7],其与胃癌血管生成高度正相关^[8],能无创量化肿瘤灌注状态^[12],而肿瘤的血流灌注水平是影响化疗药物敏感性的关键因素^[13,14],本研究初步证实 nICVP 和 nICDP 能有效鉴别不同病理缓解状态,为预测胃癌 NAC 疗效提供定量指标。

2.碘基值预测新辅助化疗疗效的价值

目前 IC 值多用于评估 NAC 疗效,且结果差异较大^[10,15],可能与样本量、新辅助化疗方案及能谱 CT 复查时间点不一致有关。因此,越来越多的研究聚焦于对基线期胃癌病灶特征的探索^[6,8]。本研究发现胃癌病灶在静脉期和延迟期显著强化,代表对比剂在病灶

表 3 碘基值及其诺模图预测 NAC 后病理缓解的效能

碘基值参数/模型	AUC(95%CI)	约登指数	诊断阈值	敏感度 (%)	特异度 (%)	PPV(%,95%CI)	NPV(%,95%CI)	Z 值	P 值
nICVP	0.668(0.545~0.776)	0.373	0.414	64.58	72.73	52.05(32.24~71.43)	81.75(66.95~91.89)	2.306	0.021
nICDP	0.657(0.534~0.767)	0.326	0.571	91.67	40.91	64.13(55.29~72.32)	71.94(63.69~79.22)	2.161	0.031
nICVP+nICDP	0.666(0.543~0.774)	0.373	0.656	64.58	72.73	61.93(39.52~81.13)	83.44(69.74~92.67)	2.280	0.023
诺模图	0.821(0.711~0.902)	0.568	0.684	75.00	81.80	65.38(43.99~83.02)	87.71(74.44~95.61)	6.297	<0.001

注:CI=Confidence interval,置信区间;PPV=Positive predictive value,阳性预测值;NPV=Negative predictive value,阴性预测值;IC=Iodine concentration,碘基值;VP=venous phase,静脉期;DP=Delayed phase,延迟期;nIC=Normalized iodine concentration,标化碘基值。

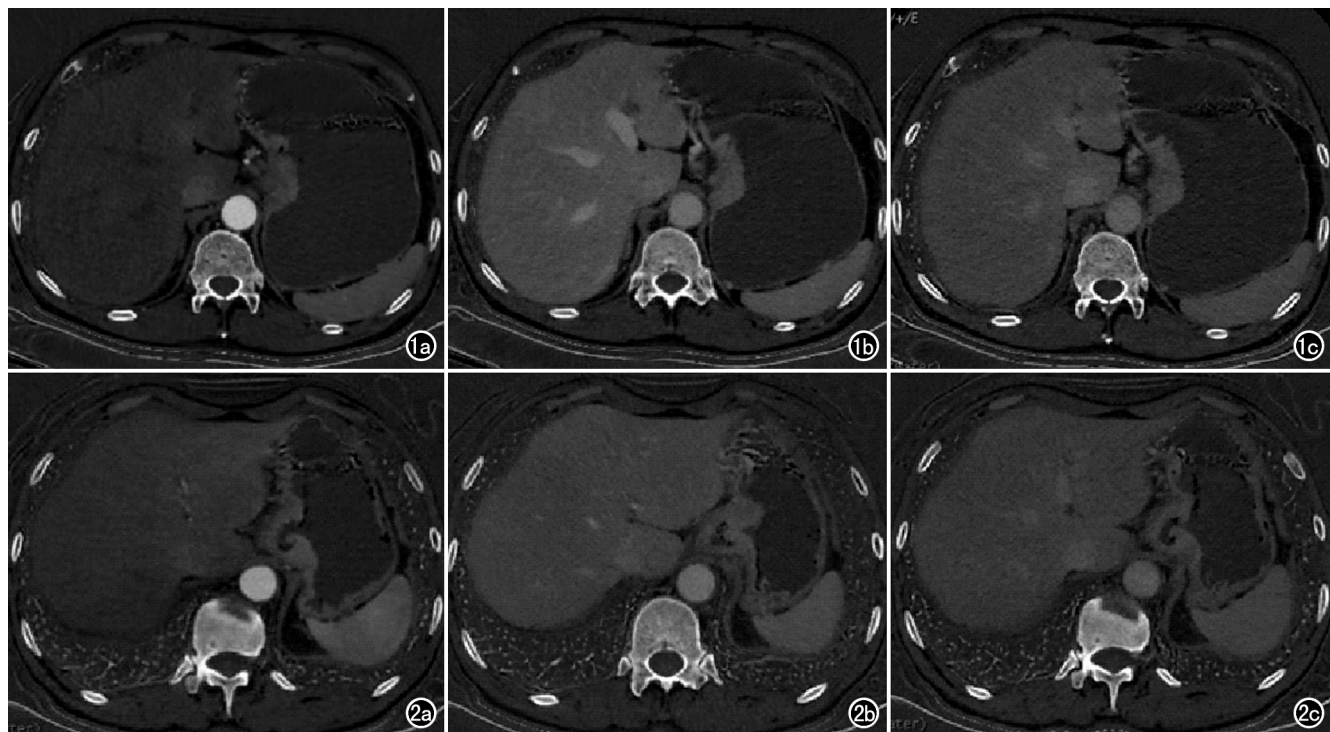


图 1 病理缓解良好组患者治疗前碘水图,男,60 岁,TRG=0。a) 动脉期碘水图,贲门肿块型胃癌,Borrmann I 型,ICAP=17.67(100 μ g/mL),nICAP=0.18;b) 静脉期碘水图,ICVP=24.62(100 μ g/mL),nICVP=0.44;c) 延迟期碘水图,ICDP=20.46(100 μ g/mL),nICDP=0.52。图 2 病理缓解不良患者治疗前碘水图,男,58 岁,TRG=2。a) 动脉期碘水图,贲门小弯溃疡型肿块,Borrmann III 型,ICAP=19.08(100 μ g/mL),nICAP=0.18;b) 静脉期碘水图,ICVP=25.32(100 μ g/mL),nICVP=0.47;c) 延迟期碘水图,ICDP=24.12(100 μ g/mL),nICDP=0.58。

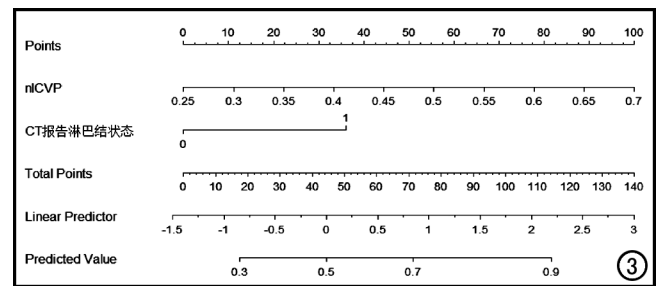


图 3 根据多因素回归分析结果构建的诺模图,包括 nICVP 和 CT 报告淋巴结状态;0:CT 报告淋巴结状态阴性,1:CT 报告淋巴结状态阳性。

间质滞留^[16,17],因此,静脉期和延迟期 IC 值代表更加真实和全面的胃癌血供特征。但本研究结果显示不同病理缓解组间的 IC 值差异无统计学意义,可能和样本量有关,另外 IC 值与患者个体循环状态有关,在笔者引入 nIC 值,去除患者个体间循环差异后,发现病理缓解不良组胃癌的 nICVP、nICDP 显著高于缓解良好组,差异有统计学意义。但胃癌对 NAC 的反应是多因素牵涉的复杂过程,肿瘤血供水平对疗效的影响尚无定论^[14,18],因此 nIC 值预测 NAC 疗效的作用需进一步验证。

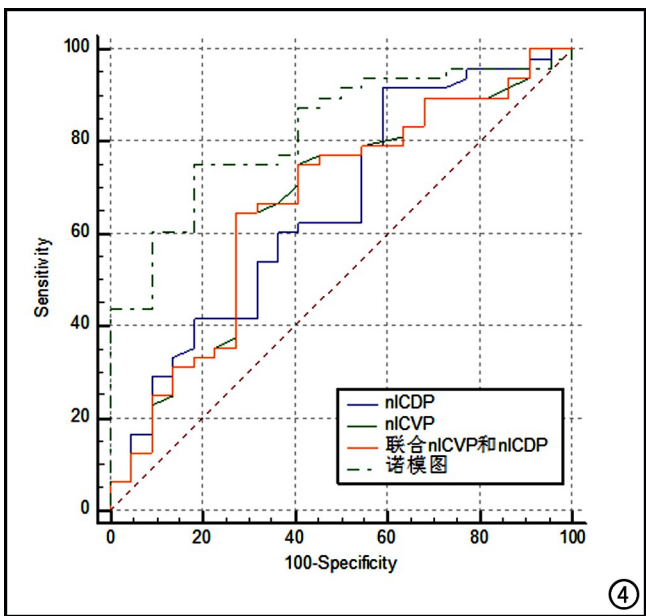


图 4 ROC 曲线分析结果显示,诺模图的预测效能依次高于 nICVP、联合 nICVP 和 nICDP、nICDP。

淋巴结转移与胃癌 NAC 疗效和生存密切相关^[19],治疗前对淋巴结状态的准确评估将有助于预判 NAC 疗效。本研究结果显示,不同疗效组间 CT 报告

淋巴结状态的差异有统计学意义,其联合 nICVP 后的预测效能最高。能谱 CT 一次扫描可同时提供常规 CT 评价指标和定量参数,进一步提高预测效能。

本研究存在以下局限性:①样本量少;②因前瞻性研究,患者处在随访阶段,未进行生存分析;③nIC 值在胃癌的应用尚未达成共识,需扩大样本进一步验证。

综上所述,本研究证实能谱 CT 是预测胃癌 NAC 后病理学反应的无创定量工具,CT 报告淋巴结状态和 nICVP 有助于预测病理缓解不良,避免 NAC 反应不敏感患者群体的过度治疗。

参考文献:

- [1] Das M. Neoadjuvant chemotherapy: survival benefit in gastric cancer[J]. *Lancet Oncol*, 2017, 18(6): e307.
- [2] Wang Y, Liu Z, Shan F, et al. Optimal timing to surgery after neoadjuvant chemotherapy for locally advanced gastric cancer[J]. *Front Oncol*, 2020, 17(10): 613988.
- [3] 马乾宸,袁菲.胃癌术前治疗的病理学判效体系[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2018, 21(10): 1121-1124.
- [4] Park SR, Choi IJ, Kim CG, et al. Use of a combination of computed tomography and endoscopy to assess the response to 5-fluorouracil/cisplatin and predict survival in gastric cancer[J]. *J Gastroenterol*, 2006, 41(4): 339-346.
- [5] 吉玉刚,陈光强,范国华,等.双源 CT 能谱参数对 Lauren 弥漫型与肠型胃癌的鉴别诊断价值[J]. *放射学实践*, 2020, 35(9): 1122-1126.
- [6] Li J, Fang M, Wang R, et al. Diagnostic accuracy of dual-energy CT-based nomograms to predict lymph node metastasis in gastric cancer[J]. *Eur Radiol*, 2018, 28(12): 5241-5249.
- [7] Tang L, Li ZY, Li ZW, et al. Evaluating the response of gastric carcinomas to neoadjuvant chemotherapy using iodine concentration on spectral CT: a comparison with pathological regression[J]. *Clin Radiol*, 2015, 70(11): 1198-1204.
- [8] 陈小华,李佳音,李莉明,等.感兴趣区选择对胃癌能谱 CT 测量结果可重复性的影响及与微血管密度的关系[J]. *中华放射学杂志*, 2018, 52(1): 24-29.
- [9] Santo T, Coit DG, Kim HH, et al. Proposal of a new stage grouping of gastric cancer for TNM classification: International Gastric Cancer Association staging project[J]. *Gastric Cancer*, 2017, 20(2): 217-225.
- [10] Smyth EC, Nilsson M, Grabsch HI, et al. Gastric cancer[J]. *Lancet*, 2020, 396(10251): 635-648.
- [11] Wang ZL, Li YL, Li XT, et al. Role of CT in the prediction of pathological complete response in gastric cancer after neoadjuvant chemotherapy[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2021, 46(7): 3011-3018.
- [12] 王娜,李振辉,李华秀,等.影像新技术在胃癌诊治中的应用进展[J]. *放射学实践*, 2020, 35(1): 108-112.
- [13] Thaiss WM, Haberland U, Kaufmann S, et al. Iodine concentration as a perfusion surrogate marker in oncology: further elucidation of the underlying mechanisms using volume perfusion CT with 80kVp[J]. *Eur Radiol*, 2016, 26(9): 2929-2936.
- [14] Provenzale JM. Imaging of angiogenesis: clinical techniques and novel imaging methods[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2007, 188(1): 11-23.
- [15] Gao X, Zhang Y, Yuan F, et al. Locally advanced gastric cancer: total iodine uptake to predict the response of primary lesion to neoadjuvant chemotherapy[J]. *J Cancer Res Clin Oncol*, 2018, 144(11): 2207-2218.
- [16] Matsui H, Anno H, Uyama I, et al. Relatively small size linitis plastica of the stomach: multislice CT detection of tissue fibrosis[J]. *Abdom Imaging*, 2007, 32(6): 694-697.
- [17] Silva AC, Morse BG, Hara AK, et al. Dual-energy (spectral) CT: applications in abdominal imaging[J]. *Radiographics*, 2011, 31(4): 1031-1046.
- [18] Hansen ML, Fallentin E, Lauridsen C, et al. Computed tomography (CT) perfusion as an early predictive marker for treatment response to neoadjuvant chemotherapy in gastroesophageal junction cancer and gastric cancer—a prospective study[J]. *PLoS One*, 2014, 9(5): e97605.
- [19] Ito S, Ito Y, Misawa K, et al. Neoadjuvant chemotherapy followed by surgery in gastric cancer patients with extensive lymph node metastasis[J]. *World J Clin Oncol*, 2015, 6(6): 291-294.

(收稿日期:2022-11-05 修回日期:2023-03-16)