基于logistic回归的胃癌患者术后并发症风险列线图预测模型

河南医药大学第一附属医院肿瘤科三病区（453100）　寇卫政　王　方　唐灿伟　王高翔

【提　要】 目的　探讨胃癌患者术后并发症发生的相关因素，并基于独立预测因素构建列线图预测模型，为临床早期识别高风险人群提供参考。**方法**　回顾性收集本院于2023年6月至2025年12月接受手术治疗的胃癌患者385例临床资料，根据术后是否发生并发症分为并发症组61例和无并发症组324例。比较两组患者一般资料、肿瘤相关特征、围手术期资料及实验室指标差异。采用单因素分析筛选与术后并发症相关的因素，并将差异有统计学意义的变量纳入多因素logistic回归分析，筛选独立预测因素。在此基础上构建列线图预测模型，并采用受试者工作特征曲线、校准曲线及决策曲线分析评价模型的区分度、校准度及临床应用价值。**结果**　385例胃癌患者中，术后发生并发症61例，发生率为15.84%。单因素分析显示，年龄、BMI、ASA评分、TNM分期、切除范围、手术时间及C反应蛋白（C-reactive protein，CRP）、白蛋白、中性粒细胞/淋巴细胞比值（neutrophil-to-lymphocyte ratio，NLR）、血小板/淋巴细胞比值（platelet-to-lymphocyte ratio，PLR）、系统免疫炎症指数（systemic immune-inflammation index，SII）、预后营养指数（prognostic nutritional index，PNI）与胃癌患者术后并发症发生有关（均P<0.05）。多因素logistic回归分析显示，CRP、NLR及PNI为胃癌患者术后并发症发生的独立相关因素。其中，CRP升高（OR=1.585，95%CI：1.266～1.984，P<0.001）和NLR升高（OR=4.329，95%CI：2.231～8.402，P<0.001）为独立危险因素，PNI升高（OR=0.783，95%CI：0.678～0.905，P=0.001）为保护因素。基于CRP、NLR和PNI构建的列线图模型具有较好的预测效能，ROC曲线下面积为0.928，校准曲线显示模型预测概率与实际观察结果一致性较好，决策曲线分析提示该模型具有较好的临床净获益。**结论**　CRP、NLR和PNI是胃癌患者术后并发症发生的独立相关因素。基于上述3项指标构建的列线图模型具有较好的区分度、校准度及临床应用价值，可用于胃癌患者术后并发症风险的个体化预测。

【关键词】 logistic回归　胃癌　术后并发症　列线图
【中图分类号】 R735.2　　**【文献标志码】** A　　**DOI**　10.11783/j.issn.1002-3674.2026.03.021

胃癌是我国常见的消化系统恶性肿瘤之一。中国最新癌症统计资料显示，2022年胃癌在我国新发恶性肿瘤中位居前列，同时也是癌症死亡的主要原因之一，疾病负担仍然较重[1]。尽管近年来手术技术、围手术期管理及综合治疗水平不断提高，胃癌患者的短期结局已有明显改善，但术后并发症仍较为常见，不仅可延长住院时间、增加医疗负担，还可能影响患者后续辅助治疗实施及远期预后[2-3]。因此，如何在术前或围手术期对高风险人群进行早期识别，是临床管理中的重要问题。

既往关于胃癌术后并发症风险评估的研究，多集中于年龄、体质指数、手术范围、肿瘤分期及麻醉风险分级等临床病理因素[2-3]。然而，上述指标虽然能够在一定程度上反映患者一般状况和疾病严重程度，但对机体炎症应激水平及营养储备状态的量化仍相对有限。近年来，炎症-营养相关指标因获取方便、成本低、可重复性较好而受到关注。其中，C反应蛋白（C-reactive protein，CRP）能够反映机体炎症反应水平，有研究显示其可作为胃癌患者术后并发症的早期预测指标[4]。中性粒细胞/淋巴细胞比值（neutrophil-to-lymphocyte ratio，NLR）可反映全身炎症与免疫状态失衡，既往研究提示其与胃癌患者短期和长期结局相关[5]。预后营养指数（prognostic nutritional index，PNI）则综合反映营养和免疫状态，低PNI与胃癌术后并发症风险增加有关[6]。因此，这类指标可能在胃癌术后并发症风险评估中具有较好的应用价值。

基于此，本研究以胃癌手术患者为研究对象，比较术后并发症发生组与未发生组的一般资料及实验室指标差异，采用单因素及多因素logistic回归分析筛选独立相关因素，并在此基础上构建列线图预测模型，以期为胃癌患者术后并发症的早期风险评估及个体化围手术期管理提供统计学依据。

资料和方法

1. 研究对象

回顾性收集新乡医学院第一附属医院于2023年6月至2025年12月接受手术治疗的胃癌患者临床资料。共纳入385例患者，其中男278例，女107例。术后发生并发症61例，未发生并发症324例。以术后是否发生并发症作为结局变量，将患者分为并发症组和无并发症组。

纳入标准：①经术后病理学检查明确诊断为胃癌；②接受根治性或姑息性胃癌手术治疗；③术前一般临床资料及实验室检查资料完整；④术后并发症发生情况记录完整。排除标准：①合并其他恶性肿瘤者；②合并严重感染、血液系统疾病或自身免疫性疾病者；③术前接受影响炎症或营养指标明显波动治疗且资料不完整者；④临床资料缺失严重者。

2. 观察指标

收集患者一般临床资料、肿瘤相关特征、围手术期资料及实验室指标。一般临床资料包括年龄、性别、BMI、吸烟史、饮酒史、ASA评分及ECOG评分；肿瘤相关特征包括肿瘤部位、肿瘤大小、TNM分期及癌胚抗原（carcinoembryonic antigen，CEA）；围手术期资料包括手术方式、切除范围、手术时间、新辅助治疗及淋巴结清扫范围；实验室指标包括白细胞（white blood cell，WBC）计数、中性粒细胞计数、淋巴细胞计数、单核细胞计数、血小板计数、CRP、白蛋白（albumin，ALB）、前白蛋白（prealbumin，PA）、血红蛋白（hemoglobin，Hb）和总蛋白（total protein，TP）等。根据术前常规血液学及生化检查结果计算炎症-营养相关指标：NLR、血小板/淋巴细胞比值（platelet-to-lymphocyte ratio，PLR）及淋巴细胞/单核细胞比值（lymphocyte-to-monocyte ratio，LMR）；系统免疫炎症指数（systemic immune-inflammation index，SII）=血小板计数×中性粒细胞计数/淋巴细胞计数；PNI=ALB（g/L）+ 5×淋巴细胞计数（$\times10^9$/L）以及CRP/ALB比值（CRP/ALB ratio，CAR）。

3. 结局变量定义

以患者术后是否发生并发症为结局变量。术后并发症根据病历记录、术后病程记录及出院诊断进行判定。未发生术后并发症记为0，发生记为1。

4. 统计学方法

采用SPSS 26.0和R 4.3.1进行统计分析。符合正态分布的计量资料以$\bar{x}\pm s$表示，两组间比较采用两独立样本t检验；计数资料以例数和构成比[n(%)]表示，组间比较采用χ^2检验。以术后并发症发生情况为因变量，将单因素分析中差异有统计学意义的变量纳入多因素logistic回归分析，筛选独立相关因素，计算回归系数（β）、标准误（SE）、Wald χ^2值、OR值及其95%CI。在多因素分析基础上，选取独立预测因素构建列线图预测模型。采用ROC曲线及曲线下面积评价模型区分度，采用校准曲线评价模型校准度，采用决策曲线分析（decision curve analysis，DCA）评价模型临床应用价值。以P<0.05为差异有统计学意义。

结　果

1. 患者一般资料

本研究共纳入胃癌患者385例，其中术后未发生并发症324例，发生并发症61例。对两组患者的一般临床资料、肿瘤相关特征、围手术期资料及实验室指标进行单因素分析，结果见表1。单因素分析显示，并发症组患者年龄高于无并发症组（P<0.001），而BMI低于无并发症组（P<0.001）。在围手术期相关因素中，并发症组ASA评分分布明显高于无并发症组（P<0.001），TNM分期更晚（P<0.001），全胃切除比例更高（P=0.011），且手术时间更长（P<0.001）。实验室指标比较显示，并发症组CRP水平明显高于无并发症组（P<0.001），白蛋白水平明显降低（P<0.001）。此外，并发症组炎症-营养相关指标NLR、PLR、SII及CAR均高于无并发症组（P<0.05），而PNI水平低于无并发症组（P<0.001）。性别、吸烟史、饮酒史、ECOG评分、肿瘤部位、肿瘤大小、CEA、手术方式、新辅助治疗、淋巴结清扫范围、WBC、中性粒细胞、淋巴细胞、单核细胞、血小板、前白蛋白、血红蛋白、总蛋白及LMR等指标在两组间比较差异均无统计学意义。

2. 多因素logistic回归分析

将ASA评分按1~2分与3~4分、TNM分期按Ⅰ~Ⅱ期与Ⅲ~Ⅳ期进行二分类后，与单因素分析中差异有统计学意义的变量一并纳入多因素logistic回归分析（表2）。结果显示，CRP、NLR及PNI与胃癌患者术后并发症发生独立相关（P均<0.05）。其中，CRP升高、NLR升高均为独立危险因素，而PNI升高则为保护因素。

3. 胃癌术后并发症风险列线图模型

基于多因素logistic回归分析筛选出的独立预测因素（CRP、NLR、PNI），我们构建了预测胃癌术后并发症风险的列线图（图1）。该列线图仅纳入CRP、NLR和PNI三个变量，通过各变量对应的分值相加得到总分，进而直接读取患者发生术后并发症的预测概率。列线图显示，CRP和NLR为危险因素，其数值越高，赋予的分值越高，术后并发症风险随之增加；PNI为保护因素，其数值越低（营养状况越差），赋予的分值越高，风险相应增大。

4. 胃癌术后并发症风险列线图模型

为评价该模型的预测效能，进一步绘制ROC曲线、校准曲线及DCA图进行验证。ROC曲线结果显示，该列线图模型具有良好的区分度，模型的AUC为0.928，提示模型对术后并发症发生与否具有较高的判别能力（图2A）。校准曲线结果显示，模型预测概率曲线与理想参考线整体拟合较好，提示模型预测风险与实际观察风险之间具有较好一致性，说明该列线图模型具有较好的校准能力（图2B）。DCA结果显示，在一定阈值概率范围内，列线图模型的净获益曲线整体高于“全部干预”及“不干预”两条参考线，提示该模型在临床决策中具有较好的应用价值，能够为胃癌患者术后并发症风险分层及个体化管理提供一定参考（图2C）。综上，基于CRP、NLR和PNI构建的列线图模型在区分度、校准度及临床净获益方面均表现良好，具有较好的术后并发症风险预测效能。

表 1　一般资料及单因素分析

变量	未发生并发症（n=324）	发生并发症（n=61）	t/χ^2	P 值
年龄	60. 52 ± 9. 04	65. 62 ± 8. 29	4. 093	<0. 001
性别			0. 370	0. 543
女	92	15		
男	232	46		
BMI	23. 19 ± 2. 26	21. 70 ± 1. 94	5. 352	<0. 001
吸烟史			0. 000	0. 985
否	228	43		
是	96	18		
饮酒史			0. 165	0. 685
否	252	46		
是	72	15		
ASA 评分			18. 830	<0. 001
1	33	1		
2	172	20		
3	98	33		
4	21	7		
ECOG 评分			2. 685	0. 261
0	150	24		
1	146	34		
2	28	3		
肿瘤部位			2. 930	0. 403
全胃	49	12		
胃体	85	18		
胃窦	138	19		
贲门	52	12		
肿瘤大小	4. 73 ± 1. 63	4. 77 ± 1. 45	0. 179	0. 859
TNM 分期			26. 537	<0. 001
Ⅰ	92	4		
Ⅱ	110	13		
Ⅲ	97	35		
Ⅳ	25	9		
CEA	3. 27 ± 2. 06	2. 84 ± 1. 94	1. 567	0. 121
手术方式			0. 094	0. 759
开放	126	25		
腹腔镜	198	36		
切除范围			7. 370	0. 007
全胃	74	24		
远端胃	250	37		
手术时间（min）	197. 79 ± 31. 03	238. 20 ± 39. 28	7. 600	<0. 001
新辅助治疗			0. 486	0. 486
否	272	49		
是	52	12		
淋巴结清扫范围			0. 000	0. 998
D1+	69	13		
D2	255	48		
WBC（$\times10^9$/L）	6. 60 ± 1. 42	6. 72 ± 1. 38	0. 601	0. 549
中性粒细胞（$\times10^9$/L）	4. 37 ± 1. 45	4. 68 ± 1. 23	1. 730	0. 087
淋巴细胞（$\times10^9$/L）	1. 84 ± 0. 53	1. 69 ± 0. 62	1. 682	0. 097
单核细胞（$\times10^9$/L）	0. 45 ± 0. 12	0. 46 ± 0. 13	0. 506	0. 614
血小板（$\times10^9$/L）	236. 52 ± 56. 51	244. 69 ± 55. 58	1. 050	0. 297
CRP（mg/L）	3. 46 ± 2. 33	6. 96 ± 3. 29	7. 953	<0. 001
白蛋白（g/L）	40. 11 ± 3. 21	36. 40 ± 3. 26	8. 180	<0. 001
前白蛋白（mg/L）	222. 65 ± 42. 36	228. 29 ± 45. 11	0. 903	0. 369
血红蛋白（g/L）	124. 90 ± 14. 95	124. 03 ± 13. 01	0. 470	0. 640
总蛋白（g/L）	67. 83 ± 5. 11	67. 95 ± 5. 12	0. 179	0. 858
NLR	2. 58 ± 1. 35	3. 45 ± 1. 77	3. 638	<0. 001
PLR	143. 44 ± 67. 34	168. 95 ± 83. 26	2. 258	0. 027
LMR	4. 35 ± 1. 75	4. 05 ± 2. 04	1. 089	0. 280
SII	610. 91 ± 364. 02	849. 24 ± 498. 17	3. 562	<0. 001
PNI	49. 29 ± 4. 24	44. 86 ± 4. 58	7. 019	<0. 001
CAR	0. 10 ± 0. 14	0. 12 ± 0. 24	0. 604	0. 811

表 2 多因素 logistic 回归分析

变量	β	SE	Wald χ^2	OR	95%CI	P值
年龄	0. 056	0. 036	2. 467	1. 058	0. 986~1. 134	0. 116
BMI	0. 181	0. 154	1. 381	1. 198	0. 886~1. 621	0. 240
ASA 评分	0. 620	0. 523	1. 407	1. 859	0. 667~5. 178	0. 236
TNM 分期	−0. 106	0. 514	0. 043	0. 899	0. 329~2. 461	0. 837
切除范围	0. 814	0. 695	1. 371	2. 258	0. 578~8. 824	0. 242
手术时间	0. 012	0. 007	2. 922	1. 012	0. 998~1. 026	0. 087
CRP	0. 461	0. 115	16. 164	1. 585	1. 266~1. 984	<0. 001
ALB	−0. 148	0. 101	2. 171	0. 862	0. 708~1. 050	0. 141
NLR	1. 465	0. 338	18. 763	4. 329	2. 231~8. 402	<0. 001
PLR	0. 006	0. 007	0. 764	1. 006	0. 993~1. 019	0. 382
SII	0. 000	0. 001	0. 003	1. 000	0. 998~1. 002	0. 959
PNI	−0. 244	0. 074	10. 930	0. 783	0. 678~0. 905	0. 001

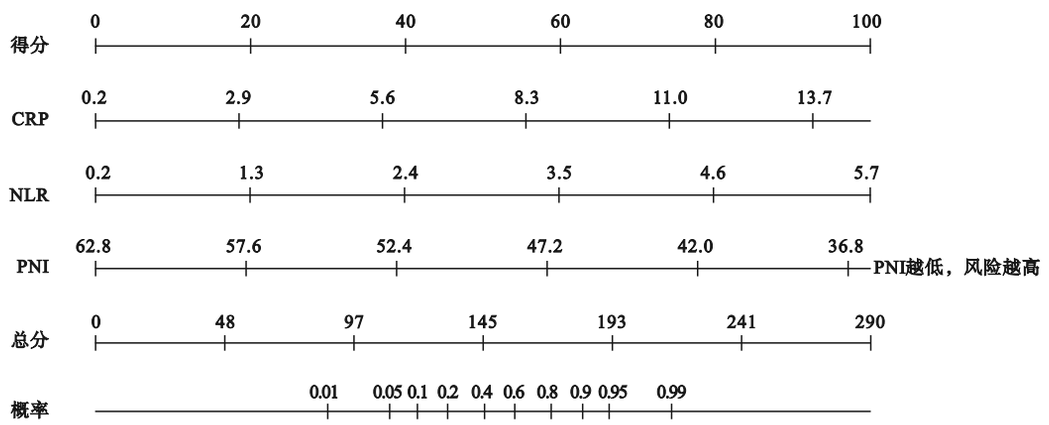
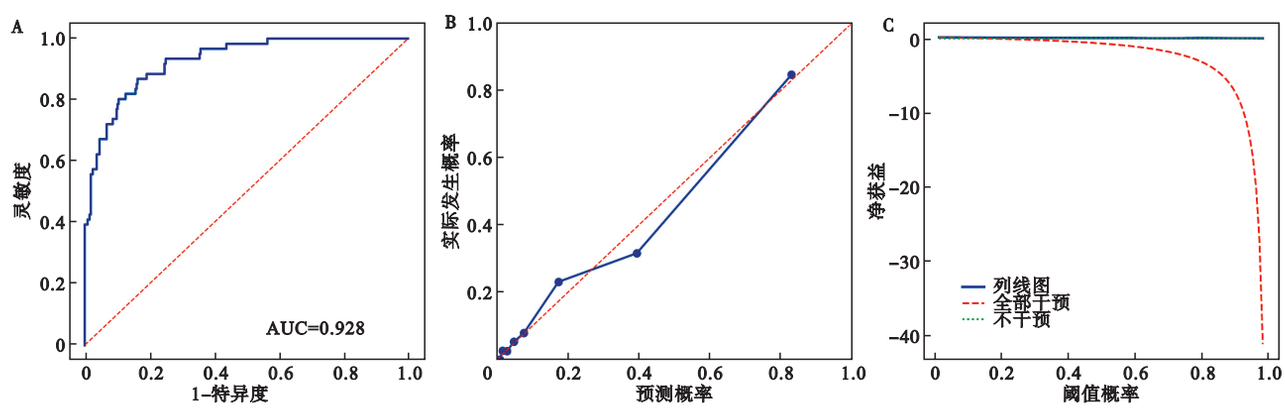


图 1 基于CRP、NLR和PNI构建的术后并发症风险列线图模型



A. ROC曲线；B. 校准曲线；C. 决策曲线分析

图 2 列线图模型的验证

讨 论

本研究基于385例胃癌患者的临床资料，对术后并发症的相关因素进行了系统分析。结果显示，术后并发症发生率为15. 84%（61/385）。单因素分析提示，年龄、BMI、ASA评分、TNM分期、切除范围、手术时间以及CRP、白蛋白、NLR、PLR、SII、PNI等指标与术后并发症发生有关。进一步多因素logistic回归分析显示，仅CRP、NLR及PNI为独立相关因素。在此基础上构建的列线图模型具有较好的区分度、校准度及临床净获益，提示该模型在胃癌术后并发症风险预测方面具有一定应用潜力。既往研究也表明，胃癌术后并发症的发生受患者基础状态、手术创伤及炎症−营养状态等多因素共同影响，而基于围手术期临床与实验室指标构建简便预测模型具有较好的实际应用价值[7-8]。

本研究发现，CRP是胃癌患者术后并发症的独立危险因素。CRP作为经典急性时相反应蛋白，能够较敏感地反映机体炎症反应和组织损伤水平。胃癌患者在肿瘤负荷、营养消耗及围手术期创伤等因素共同作用下，常处于持续炎症反应状态。CRP水平升高提示患者在术前已存在较强炎症应激背景，这类患者在接受手术打击后更易出现感染、吻合口相关并发症或恢复延迟。Kim等研究表明，CRP可作为胃癌术后并

发症的早期预测指标[4]。Montagnana 等的研究也提示，CRP 在胃癌术后感染性并发症风险预警中具有临床价值[9]。因此，本研究结果与既往报道总体一致，说明将 CRP 纳入围手术期风险评估具有现实意义。

NLR 同样是本研究筛选出的独立危险因素。NLR 综合反映了机体炎症激活与免疫抑制之间的平衡状态：中性粒细胞升高提示炎症反应增强，而淋巴细胞减少则提示机体免疫监视和应激适应能力下降。两者共同导致 NLR 升高，往往意味着患者在手术前已存在较差的全身炎症-免疫状态。相比单纯炎症细胞计数，NLR 的综合性更强，且临床检测便捷、重复性较好，因此具有较好的可推广性。胡希阳等研究指出，NLR 与胃癌患者短期及长期结局密切相关[10]。另有研究发现，围手术期 NLR 对全胃切除术后严重并发症具有早期预测价值[11]。本研究中并发症组 NLR 明显高于未并发症组，且多因素分析后仍保持显著，进一步支持 NLR 可作为胃癌术后并发症风险评估中的有效指标。

与 CRP 和 NLR 不同，PNI 在本研究中表现为保护因素。PNI 主要由血清白蛋白和外周血淋巴细胞计数计算得到，能够综合反映患者营养储备及免疫功能水平。PNI 降低通常提示蛋白储备不足、免疫状态受损及机体对应激和创伤的耐受能力下降。胃癌患者常伴有进食减少、消耗增加及肿瘤相关慢性炎症，因而更易出现营养不良。营养状态不佳不仅影响组织修复，还可能增加感染及吻合口愈合不良等风险。Jiang 等研究显示，低 PNI 是胃癌患者术后并发症发生的独立危险因素[6]。Yang 等研究也表明，PNI 与胃癌患者术后并发症及长期预后密切相关[12]。本研究显示，PNI 升高与术后并发症风险降低相关，提示在围手术期管理中，除关注肿瘤本身和手术因素外，还应重视患者营养状态的量化评估与干预。

部分在单因素分析中具有统计学意义的变量，如年龄、BMI、ASA 评分、TNM 分期、切除范围、手术时间、PLR 及 SII 等，在多因素分析后未进入最终模型。其原因可能在于：一方面，这些变量之间存在一定相关性，进入多因素模型后部分效应被其他变量替代或削弱。另一方面，CRP、NLR 和 PNI 作为炎症-营养综合指标，能够更直接、集中地反映患者整体生理储备和围手术期风险，从而提高模型的解释效率。这也提示，在风险预测模型构建中，较少但信息量更集中的变量，往往比纳入过多临床指标更利于模型的简化和实际应用。

本研究进一步基于 CRP、NLR 和 PNI 构建了列线图模型。结果显示，该模型 AUC 为 0.928，表明具有较好的区分能力，校准曲线显示预测概率与实际观察结果一致性较好，DCA 提示模型在一定阈值概率范围内具有较好的净获益。这说明该模型不仅具备较好的统计学预测性能，也具有一定的临床应用价值。与依赖复杂变量或专科评分系统的模型相比，本研究构建的列线图仅基于 3 项常规实验室指标，操作简便、成本较低，更适合基层医院或常规临床工作中推广应用。

综上所述，CRP、NLR 和 PNI 是胃癌患者术后并发症发生的独立相关因素。基于上述 3 项指标构建的列线图模型具有较好的预测效能和临床应用前景，可为胃癌患者术后并发症高风险人群的识别及围手术期精准管理提供参考。

参 考 文 献

[1] 余炜燕, 李雪, 朱娟, 等. 中国及全球胃癌流行特征分析[J]. 中华肿瘤杂志, 2025, 47(6):468-476.
[2] 曹乐, 马敏敏, 李雯敏, 等. 2004—2021 年中国胃癌死亡率的变化趋势及其疾病负担[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2025, 17(1):68-73.
[3] 陈耀宗, 孙锋. 胃癌的诊断及治疗进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(5): 1688-1693.
[4] Kim EY, Yim HW, Park CH, et al. C-reactive protein can be an early predictor of postoperative complications after gastrectomy for gastric cancer[J]. Surgical Endoscopy, 2017, 31(1): 445-454.
[5] Miyamoto R, Inagawa S, Sano N, et al. The neutrophil-to-lymphocyte ratio predicts short-term and long-term outcomes in gastric cancer patients[J]. European Journal of Surgical Oncology, 2018, 44(5): 607-612.
[6] Jiang N, Deng JY, Ding XW, et al. Prognostic nutritional index predicts postoperative complications and long-term outcomes of gastric cancer[J]. World Journal of Gastroenterology, 2014, 20(30): 10537-10544.
[7] Li Z, Zhang H, Reitzel LR, et al. The clinical value and usage of inflammatory and nutritional markers in survival prediction for gastric cancer patients with neoadjuvant treatment[J]. Gastric Cancer, 2020, 23(6): 1030-1040.
[8] Shen D, Chen W, Guan C, et al. A novel nomogram based on the prognostic nutritional index for predicting postoperative outcomes in gastric cancer patients undergoing ERAS combined with robotic radical gastrectomy[J]. Frontiers in Surgery, 2022, 9: 1023498.
[9] Montagnana M, Minicozzi AM, Salvagno GL, et al. Postoperative variation of C-reactive protein and procalcitonin in patients with gastrointestinal cancer[J]. Clinical Laboratory Journal For Clinical Laboratories And Laboratories Related, 2009, 55(5): 187.
[10] 胡希阳, 骆玉霜, 徐新倩. NLR/LMR/PLR 与胃癌患者预后的相关研究[J]. 临床医学进展, 2022, 12(5): 4240-4245.
[11] Kwak JS, Cho M, Ryu SW, et al. The role of postoperative neutrophil-to-lymphocyte ratio as an early predictor of major postoperative complications after total gastrectomy for gastric cancer[J]. Journal of Gastric Cancer, 2022, 22(4): 337-349.
[12] Yang Y, Gao P, Chen X, et al. The prognostic nutritional index is a predictive indicator of prognosis and postoperative complications in gastric cancer: a meta-analysis[J]. European Journal of Surgical Oncology, 2016, 42(8): 1176-1182.

（责任编辑：郭海强）