

· 论著 ·

# 术前联合检测 NLR 和 PTAR 对肝移植术后早期腹腔感染的预测价值

彭华彬 刘颖 侯斐 赵爽 张译之 崔亭亭 何志颖 刘静怡 熊号峰 孙丽莹

**【摘要】** 目的 探讨术前联合检测中性粒细胞/淋巴细胞比值 (NLR) 及凝血酶原时间国际标准化比值/白蛋白比值 (PTAR) 对肝移植术后早期腹腔感染的预测价值。方法 回顾性分析首都医科大学附属北京友谊医院肝移植中心在 2020 年 1 月至 2024 年 4 月 287 例行肝移植手术受者的临床资料, 根据术后 30 d 内是否发生腹腔感染分为感染组 (60 例) 和未感染组 (227 例), 分析感染受者病原菌分布特点及感染时间分布情况。采用 Spearman 法分析 NLR、PTAR 与 Child-Pugh、术前终末期肝病模型 (MELD) 评分的相关性, 采用单因素和多因素 logistic 回归分析腹腔感染的危险因素。绘制 NLR、PTAR 单项及二者联合预测模型的受试者工作特征 (ROC) 曲线并评估对肝移植术后腹腔感染的预测效能。根据联合模型的截断值将受者分为低危组和高危组, 采用 Kaplan-Meier 法比较两组受者术后 30 d 内腹腔累积感染率。结果 287 例肝移植受者术后发生腹腔细菌或真菌感染共 60 例, 感染受者共分离出 86 株菌株, 其中革兰阴性菌感染占 58%, 革兰阳性菌感染占 36%, 真菌感染占 5%。术前 NLR、PTAR 与 Child-Pugh、MELD 评分之间均呈正相关 (均为  $1>r>0$ ,  $P<0.05$ )。logistic 回归分析结果显示, 术前 NLR、术前 PTAR、术后 ICU 停留时间、术后并发胆汁漏均为影响受者术后 30 d 内发生腹腔感染的危险因素。NLR、PTAR、Child-Pugh 评分、MELD 评分的曲线下面积 (AUC) 分别是 0.771、0.735、0.650、0.741, 而联合 NLR 和 PTAR 的预测模型的 AUC 为 0.824 (95% 可信区间: 0.763~0.885,  $P<0.001$ ), 截断值为 0.168。Kaplan-Meier 结果显示, 低危组受者术后 30 d 内腹腔累积感染率低于高危组, 差异有统计学意义 ( $P<0.001$ )。结论 术前 NLR、PTAR 均为肝移植术后 30 d 内发生腹腔感染的独立危险因素, NLR 联合 PTAR 的预测模型可有效识别肝移植术后早期腹腔感染的高危受者, 为早期干预提供依据。

**【关键词】** 肝移植; 腹腔感染; 中性粒细胞/淋巴细胞比值; 凝血酶原时间国际标准化比值/白蛋白比值; 终末期肝病模型评分; Child-Pugh 评分; 腹腔积液; 细菌感染

**【中图分类号】** R617, R572 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445 (2025) 06-0014-13

**Predictive value of preoperative combined detection of NLR and PTAR for early abdominal infection after liver transplantation** Peng Huabin\*, Liu Ying, Hou Fei, Zhao Shuang, Zhang Yizhi, Cui Tingting, He Zhiying, Liu Jingyi, Xiong Haofeng, Sun Liying. \*Department of Critical Liver Diseases, Beijing Friendship Hospital, Affiliated to Capital Medical University, Beijing 100050, China

Corresponding authors: Sun Liying, Email: sunlx@outlook.com  
Xiong Haofeng, Email: xionghaofengmd@qq.com

DOI: 10.12464/j.issn.1674-7445.2025229

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (82270685); 通州区科技创新人才资助项目 (CXTD2024007)

作者单位: 100050 北京, 首都医科大学附属北京友谊医院重症肝病科 (彭华彬、刘颖、侯斐、赵爽、张译之、崔亭亭、何志颖、刘静怡、熊号峰、孙丽莹), 肝移植中心 (孙丽莹); 首都医科大学肝脏免疫与器官保护联合实验室 (孙丽莹); 首都医科大学儿童肝脏移植临床诊疗与研究中心 (孙丽莹)

作者简介: 彭华彬 (ORCID 0009-0006-8413-2378), 博士研究生, 研究方向为移植感染与免疫, Email: 1148255759@qq.com

通信作者: 孙丽莹 (ORCID 0000-0003-1101-7994), 主任医师, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为肝衰竭、肝移植危重症、移植感染与免疫等, Email: sunlx@outlook.com; 熊号峰 (ORCID 0000-0002-9282-8694), 主任医师, 研究方向为肝脏危重症、肝移植围手术期管理, Email: xionghaofengmd@qq.com

**【 Abstract 】 Objective** To investigate the predictive value of preoperative combined detection of neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR) and prothrombin time-international normalized ratio to albumin ratio (PTAR) for early abdominal infection after liver transplantation. **Methods** Clinical data of 287 recipients who underwent liver transplantation at the Liver Transplant Center of Beijing Friendship Hospital, Affiliated to Capital Medical University, from January 2020 to April 2024 were retrospectively analyzed. The patients were divided into infection group ( $n=60$ ) and non-infection group ( $n=227$ ) based on whether abdominal infection occurred within 30 days after surgery. The distribution characteristics of pathogens and infection time in infected patients were analyzed. Spearman correlation analysis was used to assess the correlation between NLR, PTAR, Child-Pugh score and preoperative model for end-stage liver disease (MELD) score. Univariate and multivariate logistic regression analyses were performed to identify risk factors for abdominal infection. Receiver operating characteristic (ROC) curves were plotted for NLR, PTAR, and the combined prediction model to evaluate their predictive efficacy for abdominal infection after liver transplantation. Based on the cutoff value of the combined model, recipients were divided into low-risk and high-risk groups, and Kaplan-Meier analysis was used to compare the cumulative incidence of abdominal infection within 30 days after surgery between the two groups. **Results** Among the 287 recipients who underwent liver transplantation, 60 developed bacterial or fungal abdominal infections postoperatively. A total of 86 strains were isolated from infected patients, with Gram-negative bacteria accounting for 58%, Gram-positive bacteria for 36%, and fungi for 5%. Preoperative NLR and PTAR were positively correlated with Child-Pugh and MELD scores (all  $1 > r > 0$ ,  $P < 0.05$ ). Logistic regression analysis showed that preoperative NLR, preoperative PTAR, postoperative ICU stay duration and postoperative biliary leakage were risk factors for abdominal infection within 30 days after surgery. The area under the curve (AUC) for NLR, PTAR, Child-Pugh score and MELD score were 0.771, 0.735, 0.650 and 0.741, respectively. The AUC for the combined NLR and PTAR prediction model was 0.824 (95% confidence interval: 0.763-0.885,  $P < 0.001$ ), with a cutoff value of 0.168. Kaplan-Meier analysis showed that the cumulative incidence of abdominal infection within 30 days after surgery was lower in the low-risk group than in the high-risk group, with statistically significant difference ( $P < 0.001$ ). **Conclusions** Preoperative NLR and PTAR are independent risk factors for abdominal infection within 30 days after liver transplantation. The combined prediction model of NLR and PTAR may effectively identify high-risk recipients for early abdominal infection after liver transplantation, providing basis for early intervention.

**【 Key words 】** Liver transplantation; Abdominal infection; Neutrophil-to-lymphocyte ratio; Prothrombin time-international normalized ratio to albumin ratio; Model for end-stage liver disease score; Child-Pugh score; Ascites; Bacterial infection

肝移植是终末期肝病最有效和最主要的治疗方法<sup>[1]</sup>。近年来,随着器官移植技术、新型免疫抑制药的问世及围手术期管理水平的不断提高,受者和移植物的近、远期预后均有显著改善<sup>[2]</sup>。尽管如此,术后早期感染的发生率仍高达 71.4%<sup>[3]</sup>,严重影响受者预后<sup>[4]</sup>。早期感染通常是指术后 1 个月内发生的感染,其中腹腔感染是肝移植术后 1 个月内主要的感染性并发症,也是导致受者死亡的重要原因之一<sup>[5]</sup>。引起肝移植术后感染的危险因素较为复杂,相关研究表明,机体炎症系统的激活和免疫系统的失衡在肝移植术后感染性并发症的发生发展中起重要作用<sup>[6-7]</sup>。中性粒细胞/淋巴细胞比值(neutrophil-to-lymphocyte ratio, NLR)是临床上常见的炎症指标<sup>[8]</sup>,在机体免疫系统防御中发挥着重要作用<sup>[9]</sup>,近年来也被作为各种类型感染的预测指标<sup>[10-12]</sup>,但 NLR 作为肝移植术后早期感染预测指标的相关研究较少。凝血酶原时间国际标

准化比值/白蛋白比值(prothrombin time-international normalized ratio to albumin ratio, PTAR)是一种反映肝脏合成功能、机体营养及抵抗力情况的指标<sup>[13]</sup>。相关研究指出,PTAR 升高是肝癌患者肝切除术后预后不良的危险因素<sup>[13]</sup>。等待肝移植的终末期肝病者与肝细胞癌切除术患者一样,存在肝功能障碍和肝储备不足,而多项研究已经证实<sup>[14-16]</sup>,肝功能障碍和储备不足会增加感染易感性。白蛋白(albumin, ALB)和国际标准化比值(international normalized ratio, INR)的异常在肝移植术后感染患者中已有广泛描述<sup>[4, 17-18]</sup>。基于这些发现,我们推断 PTAR 可能是一个用于预测肝移植术后感染的发生有价值的指标。然而,目前尚无研究探讨 PTAR 对肝移植术后感染的预测价值。本文通过对 287 例肝移植受者的临床资料进行分析,探讨术前联合检测 NLR 和 PTAR 对肝移植术后早期腹腔感染的预测价值,以期及早识别感染,

从而改善受者预后, 提高受者生存率。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象及分组

收集首都医科大学附属北京友谊医院肝移植中心在 2020 年 1 月至 2024 年 4 月行肝移植手术受者的临床资料, 纳入标准包括: (1) 年龄 $\geq 18$  岁; (2) 麻醉及手术由同一治疗团队完成; (3) 术中及术后给予免疫抑制治疗。排除标准包括: (1) 术前合并感染; (2) 供者来源性感染; (3) 移植术前 3 d 有白蛋白、血浆、纤维蛋白原或冷沉淀等血制品输注史; (4) 合并肾脏等多器官移植受者; (5) 临床资料不完整。根据纳入和排除标准, 共纳入 287 例受者。根据移植术后 30 d 是否发生腹腔感染, 将受者分为感染组 (60 例) 和未感染组 (227 例)。本研究获得北京友谊医院伦理委员会批准 (批号: 2025-P2-095-01), 且豁免患者知情同意。

### 1.2 免疫抑制方案

所有受者根据实际情况选择是否使用巴利昔单抗进行免疫诱导, 术后免疫抑制药主要包括: 他克莫司 (初始剂量按体质量每日 0.05~0.10 mg/kg, 其后根据不同时间段他克莫司目标血药浓度要求调整剂量)、甲泼尼龙 (静脉甲泼尼龙的起始剂量为每日 2~3 mg/kg, 逐渐递减至术后第 7 日改为口服甲泼尼龙, 每日剂量为 5~10 mg)、吗替麦考酚酯 (每日 2 次, 常规剂量为每次 0.50~0.75 g)。

### 1.3 术后经验性抗感染治疗方案

所有受者术后均常规给予经验性抗感染治疗。本研究共纳入 287 例肝移植受者, 对于接受心脏死亡器官捐献或脑死亡器官捐献供肝的 200 例受者, 预防性抗感染方案原则上覆盖革兰阳性球菌、革兰阴性杆菌、非典型致病菌及真菌, 一般情况下采用美罗培南或亚胺培南+万古霉素+米卡芬净钠的联合给药。对于接受活体肝移植的 87 例受者, 因其供者术前均不存在感染, 故术后均单用三代头孢酶抑制剂或碳青霉烯类抗生素预防性抗感染治疗。

### 1.4 腹腔感染的诊断标准

腹腔感染的诊断参考 2021 年《外科常见腹腔感染多学科诊治专家共识》<sup>[9]</sup>, 主要包括: (1) 术后临床表现为快速发作的腹痛以及局部和全身炎症的体征 [腹肌紧张、压痛、反跳痛、发热、白细胞计数增加、C 反应蛋白及降钙素原等炎症标志物异常升高、心动过速和 (或) 呼吸急促]; (2) 腹腔引流液微生

物培养 [细菌和 (或) 真菌] 阳性; (3) 影像学检查 (超声、CT 等) 提示腹腔存在感染灶。

### 1.5 微生物培养方法

操作前对引流管道、引流口进行消毒, 无菌操作下抽取引流液样本, 采集量为 10~20 mL, 以 25 mL 需氧或厌氧培养瓶收集。采集后的引流液标本被立即送往微生物实验室行细菌及真菌培养。使用 BACTEC FT5790 全自动血培养仪及其配套试剂, 在 37 °C 下进行细菌培养, 使用 BD phoenix<sup>TM</sup> M50 微生物鉴定与药敏分析系统及其配套试剂对培养样本进行细菌分析、分离鉴定和耐药性分析。

关于引流液送检, 所有受者肝移植术后 24 h 内常规留取腹腔引流液送培养, 术后 24 h 至 1 周内每 2~3 d 内留取 1 次, 术后 1 周后无特殊情况则每周留取 1~2 次, 直至引流管全部拔出。若受者明确诊断为腹腔感染, 则根据受者实际情况反复送检, 以获知病原学结果并评估抗感染治疗效果。

### 1.6 研究内容

收集两组受者术前人口学资料 [性别、年龄、体质量指数 (body mass index, BMI)], 术前临床信息 [原发疾病类型、术前基础疾病、术前并发症、肝移植次数 (首次、再次)、术前腹腔积液程度、术前终末期肝病模型 (model for end-stage liver disease, MELD) 评分及 Child-Pugh 评分], 术前 24 h 基线实验室指标 [白细胞计数、中性粒细胞计数、淋巴细胞计数、血小板计数、C 反应蛋白、凝血酶原时间、活化部分凝血活酶时间 (activated partial thromboplastin time, APTT)、凝血酶原活动度 (prothrombin activity, PTA)、INR、丙氨酸转氨酶 (alanine aminotransferase, ALT)、天冬氨酸转氨酶 (aspartate aminotransferase, AST)、 $\gamma$ -谷氨酰转移酶 ( $\gamma$ -glutamyl transferase, GGT)、碱性磷酸酶 (alkaline phosphatase, AKP)、ALB 等], 术中临床资料 [供肝来源、手术方式、胆道吻合方式、手术时间、无肝期时间、移植体与受者质量比 (graft to recipient weight ratio, GRWR)、失血量、红细胞悬液输注量、血浆输注量、白蛋白输注量、术中免疫诱导药物及各类血管活性药物使用情况], 术后临床资料 [术后重症监护室 (intensive care unit, ICU) 停留时间、连续性肾脏替代治疗 (continuous renal replacement therapy, CRRT) 情况等], 感染事件发生前术后腹腔出血、胆汁漏、结肠漏及胆道狭窄等外科并发症发生情况。统计受者术后 30 d 内发生腹腔感染及病原

菌分布情况,包括感染发生例数、病原菌种类。NLR 的计算公式<sup>[8]</sup>: $NLR = \text{中性粒细胞} (\times 10^9 / L) / \text{淋巴细胞} (\times 10^9 / L)$ ,PTAR 的计算公式<sup>[13]</sup>: $PTAR = \text{INR} / \text{ALB} (\text{g/dL})$ 。MELD 评分和 Child-Pugh 评分的计算公式均参考文献 [20-21]。再次移植定义为首次肝移植术后因移植肝失功而进行的第二次或多次的肝移植手术<sup>[22]</sup>。

对两组受者的人口学资料、临床资料、基线实验室指标等进行单因素和多因素 logistic 回归分析,从术前、术中、术后 3 个时间段明确我中心肝移植术后 30 d 内发生腹腔感染的危险因素,探讨术前联合检测 NLR 和 PTAR 对肝移植术后 30 d 发生腹腔感染的预测价值。

### 1.7 统计学方法

采用 SPSS 27.0 软件进行统计学分析,采用 Graphpad Prism 10 软件进行图表绘制。符合正态分布的计量资料采用均数 $\pm$ 标准差表示,组间比较采用独立样本  $t$  检验或 Mann-Whitney  $U$  检验。不符合正态分布的计量资料采用中位数(下四分位数,上四分位数)表示;计数资料以率表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验。采用 Spearman 法分析 NLR、PTAR 与 Child-Pugh、MELD 评分的相关性,采用单因素和多因素 logistic 回归分析腹腔感染的危险因素,绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线并评估腹腔感染的预测效能,采用 Kaplan-Meier 法比较两组腹腔累积感染率。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 肝移植术后发生腹腔感染及病原菌分布情况

在肝移植术后 30 d 内,287 例受者中有 60 例受者出现腹腔细菌或真菌感染,总体感染率为 20.9% (60/287)。60 例感染受者共分离出 86 株菌株,革兰阴性菌感染占 58%,在病原菌构成中处于优势。其次为革兰阳性菌感染,占 36%。真菌感染占 5%。革兰阴性菌中,检出频率最多的 3 种菌株中,肺炎克雷伯菌比例最高,占 14%,其次是鲍曼不动杆菌(12%)和铜绿假单胞菌(6%)。革兰阳性菌中,检出频率最多的 3 种菌株中,屎肠球菌比例最高,占 15%,其次为表皮葡萄球菌(8%)和粪肠球菌(5%)。真菌中检出 2 株白色假丝酵母菌(2%),近平滑假丝酵母菌(1%)、热带假丝酵母菌(1%)及克柔假丝酵母菌(1%)各检出 1 株。

### 2.2 影响肝移植术后 30 d 内发生腹腔感染的术前因素单因素分析

如表 1 所示,与未感染组比较,感染组受者再次肝移植比例、术前中度至重度腹腔积液比例、中性粒细胞、凝血酶原时间、INR、总胆红素、术前 NLR、术前 PTAR、术前 Child-Pugh 评分、术前 MELD 评分均增加,感染组受者术前淋巴细胞、PTA、ALB 均减少,差异均有统计学意义(均为  $P < 0.05$ )。两组受者其他指标差异均无统计学意义(均为  $P > 0.05$ )。

### 2.3 影响肝移植术后 30 d 内发生腹腔感染的术中因素单因素分析

如表 2 所示,与未感染组比较,感染组受者术中失血量增加,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。两组受者其他指标差异均无统计学意义(均为  $P > 0.05$ )。

### 2.4 影响肝移植术后 30 d 内发生腹腔感染的术后因素单因素分析

如表 3 所示,与未感染组比较,感染组受者术后 ICU 停留时间、术后腹腔引流管留置时间、术后并发胆汁漏比例均增加,差异均有统计学意义(均为  $P < 0.05$ )。两组受者其他指标差异均无统计学意义(均为  $P > 0.05$ )。

### 2.5 术前 NLR、PTAR 与 Child-Pugh、MELD 评分相关性

NLR、PTAR 与 Child-Pugh、MELD 评分的相关性分析结果显示,术前 NLR、PTAR 与 Child-Pugh、MELD 评分之间均呈正相关(均为  $1 > r > 0$ ,  $P < 0.05$ ),见图 1。

### 2.6 影响肝移植术后 30 d 内发生腹腔感染因素的多因素 logistic 回归分析

以受者是否感染为因变量(是=1,否=0),以表 1~3 中有统计学意义的变量包括术前腹腔积液程度、肝移植次数、术中失血量、术后 ICU 停留时间、术后腹腔引流管留置时间、术后并发胆汁漏、术前总胆红素、术前 NLR 及术前 PTAR 为自变量,采用进入法建立二元 logistic 回归模型,由于中性粒细胞、淋巴细胞与 NLR 之间,以及凝血酶原时间、PTA、INR、ALB、Child-Pugh 评分、MELD 评分与 PTAR 之间存在共线性关系,故未将中性粒细胞、淋巴细胞、凝血酶原时间、PTA、INR、ALB、Child-Pugh 评分和 MELD 评分纳入多因素回归分析中。表 4 结果显示,术前 NLR、术前 PTAR、术后 ICU 停留时间、术后并发胆汁漏在模型中均有统计学意义(均

表 1 影响肝移植术后 30 d 内发生腹腔感染的术前因素单因素分析  
 Table 1 Univariate analysis of preoperative factors influencing the occurrence of intra-abdominal infection within 30 days after liver transplantation

指标	未感染组 (n=227)	感染组 (n=60)	统计值	P值
性别[n (%)]			0.132	0.717
男	142 (63)	36 (60)		
女	85 (37)	24 (40)		
年龄 ( $\bar{x}\pm s$ , 岁)	51±13	51±12	0.241	0.810
术前BMI ( $\bar{x}\pm s$ , kg/m <sup>2</sup> )	23±4	23±4	0.504	0.615
术前基础疾病[n (%)]				
糖尿病	33 (15)	13 (22)	1.792	0.181
高血压	29 (13)	10 (17)	0.612	0.434
冠状动脉粥样硬化性心脏病	24 (11)	8 (13)	0.365	0.546
脑梗死	3 (1)	2 (3)	0.255	0.614
原发病[n (%)]			3.119	0.682
肝癌	76 (34)	20 (33)		
乙型病毒性肝炎肝硬化	45 (20)	14 (23)		
酒精性肝硬化	17 (7)	5 (8)		
自身免疫性肝病	43 (19)	14 (23)		
遗传代谢性肝病	19 (8)	4 (7)		
其他	27 (12)	3 (5)		
肝移植次数[n (%)]			6.988	0.008
首次	217 (96)	51 (85)		
再次	10 (4)	9 (15)		
术前并发症[n (%)]				
消化道出血	29 (13)	10 (17)	0.612	0.434
肝性脑病	38 (17)	13 (22)	0.788	0.375
肝肾综合征	13 (6)	7 (12)	1.748	0.186
肝肺综合征	18 (8)	4 (7)	0.003	0.957
电解质紊乱	63 (28)	21 (35)	1.204	0.273
术前腹腔积液程度[n (%)]			16.732	<0.001
无	102 (45)	19 (32)		
轻度	94 (41)	19 (32)		
中度至重度	31 (14)	22 (37)		
术前24 h基线实验室指标				
白细胞[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), ×10 <sup>9</sup> /L]	5.5 (4.6, 6.7)	6.2 (3.8, 9.0)	-0.366	0.715

续表 1

指标	未感染组 (n=227)	感染组 (n=60)	统计值	P值
中性粒细胞[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), ×10 <sup>9</sup> /L]	2.2 (1.7, 3.2)	4.3 (2.4, 6.8)	-5.519	<0.001
淋巴细胞[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), ×10 <sup>9</sup> /L]	0.8 (0.5, 1.2)	0.6 (0.4, 1.0)	-2.690	0.007
血小板计数[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), ×10 <sup>9</sup> /L]	60 (41, 103)	63 (43, 102)	-0.052	0.958
C反应蛋白[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), mg/L]	3.7 (1.5, 7.2)	4.1 (2.3, 7.1)	-0.937	0.349
凝血酶原时间[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), s]	15 (13, 19)	18 (15, 24)	-3.710	<0.001
APTT[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), s]	39 (35, 45)	41 (35, 48)	-0.727	0.467
PTA ( $\bar{x}\pm s$ , %)	59±20	49±19	3.837	<0.001
INR[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	1.42 (1.21, 1.73)	1.86 (1.52, 2.46)	-5.891	<0.001
ALT[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), U/L]	24 (18, 45)	29 (19, 48)	-1.246	0.213
AST[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), U/L]	41 (31, 73)	48 (29, 101)	-1.408	0.159
GGT[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), U/L]	43 (23, 95)	39 (24, 69)	-0.649	0.516
AKP[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), U/L]	115 (83, 167)	134 (84, 195)	-1.322	0.180
总胆红素[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), μmol/L]	40 (22, 95)	98 (35, 374)	-4.582	<0.001
ALB[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), g/L]	35 (30, 41)	34 (29, 38)	-2.325	0.020
血氨[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), μmol/L]	60 (45, 76)	68 (47, 87)	-1.306	0.192
肌酐[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), μmol/L]	66 (56, 78)	72 (57, 92)	-1.729	0.084
血清钠[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), mmol/L]	139 (137, 141)	138 (135, 141)	-1.769	0.077
血清钾 ( $\bar{x}\pm s$ , mmol/L)	3.9±0.4	3.9±0.5	0.565	0.573
乳酸[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), mmol/L]	1.6 (1.3, 2.0)	1.7 (1.2, 2.2)	-1.164	0.244
血糖[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), mmol/L]	5.4 (4.8, 6.5)	5.5 (4.8, 7.4)	-0.785	0.432
总胆固醇[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), mmol/L]	2.8 (2.0, 3.9)	2.7 (1.8, 3.6)	-0.446	0.656
甘油三酯[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), mmol/L]	0.80 (0.56, 1.05)	0.85 (0.55, 1.13)	-0.533	0.594
NLR[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	3 (2, 5)	7 (4, 14)	-6.455	<0.001
PTAR[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	0.41 (0.34, 0.54)	0.57 (0.43, 0.83)	-5.604	<0.001
Child-Pugh评分[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), 分]	8 (7, 10)	9 (8, 11)	-3.615	<0.001
MELD评分[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), 分]	10 (6, 15)	15 (12, 23)	-5.747	<0.001

为  $P<0.05$ ), 且均为影响受者术后 30 d 内发生腹腔感染的危险因素 (均为  $OR>1$ ), 即 NLR 水平越高、PTAR 水平越高、术后 ICU 停留时间越长、术后并发胆汁漏, 受者发生感染的风险越大。通过系数法将 NLR 和 PTAR 合成为联合模型, 该系数基于两项指标单独构建的逻辑回归的系数得出, 具体的计算公式为:  $0.224\times NLR+3.758\times PTAR$ 。

## 2.7 预测肝移植术后 30 d 内发生腹腔感染的 ROC 曲线分析

ROC 结果显示 (表 5、图 2), NLR、PTAR、Child-Pugh 评分、MELD 评分、NLR 联合 PTAR 预测感染的曲线下面积 (area under the curve, AUC) 分别是 0.771、0.735、0.650、0.741、0.824 (均为  $P<0.05$ ), 说明以上指标预测腹腔感染的价值均有

表2 影响肝移植术后30 d内发生腹腔感染的术中因素单因素分析  
Table 2 Univariate analysis of intraoperative factors influencing the occurrence of intra-abdominal infection within 30 days after liver transplantation

指标	未感染组 (n=227)	感染组 (n=60)	统计值	P值
供肝来源[n (%)]			2.310	0.129
尸体供肝	163 (72)	37 (62)		
活体供肝	64 (28)	23 (38)		
手术方式[n (%)]			3.446	0.179
经典肝移植	179 (79)	41 (68)		
背驮式肝移植	41 (18)	15 (25)		
其他	7 (3)	4 (7)		
胆道吻合方式[n (%)]			1.843	0.175
端端吻合	191 (84)	46 (77)		
胆肠吻合	36 (16)	14 (23)		
手术时间[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), h]	7 (6, 9)	7 (6, 9)	-0.035	0.972
无肝期时间[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), min]	40 (37, 45)	42 (39, 46)	-1.439	0.150
GRWR[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), %]	1.20 (0.87, 1.80)	1.10 (0.86, 1.37)	-1.083	0.279
术中失血量[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), mL]	800 (500, 1 200)	1 100 (662, 1 775)	-2.712	0.007
术中红细胞悬液输注量[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), mL]	600 (0, 1 040)	600 (520, 1 040)	-1.697	0.090
术中血浆输注量[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), mL]	800 (0, 1 200)	800 (600, 1 350)	-1.714	0.086
术中白蛋白输注量[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), mL]	2 000 (1 500, 2 650)	2 000 (1 500, 3 150)	-1.240	0.215
术中药物使用情况[n (%)]				
巴利昔单抗	208 (92)	54 (90)	0.159	0.690
特利加压素	102 (45)	28 (47)	0.058	0.810
肾上腺素	83 (37)	24 (40)	0.240	0.624
苯肾上腺素	38 (17)	7 (12)	0.924	0.336
多巴胺	20 (9)	2 (3)	1.312	0.252
垂体后叶素	8 (4)	5 (8)	1.548	0.213

统计学意义, 且 NLR 联合 PTAR 的 AUC 均大于 NLR、PTAR、Child-Pugh 评分、MELD 评分单一指标预测腹腔感染的 AUC, 差异均有统计学意义 (均为  $P < 0.05$ )。

### 2.8 肝移植术后 30 d 内不同危险程度组受者腹腔累积感染率的比较

根据 NLR+PTAR 联合预测模型的截断值将受者分为术后腹腔感染低危组 (NLR+PTAR < 0.168) 和高危组 (NLR+PTAR ≥ 0.168), 低危组共 192 例,

高危组共 95 例。肝移植术后 30 d 内, 低危组共感染 15 例, 高危组感染 45 例, 经 log-rank 检验结果显示, 低危组受者腹腔累积感染率低于高危组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.001$ , 图 3)。

## 3 讨论

随着手术技术、术中和术后管理的快速发展, 肝移植受者目前 5 年生存率已经突破 70%<sup>[23]</sup>。尽管如此, 仍有相当一部分受者在术后早期发生感染<sup>[3]</sup>。我

表 3 影响肝移植术后 30 d 内发生腹腔感染的术后因素单因素分析

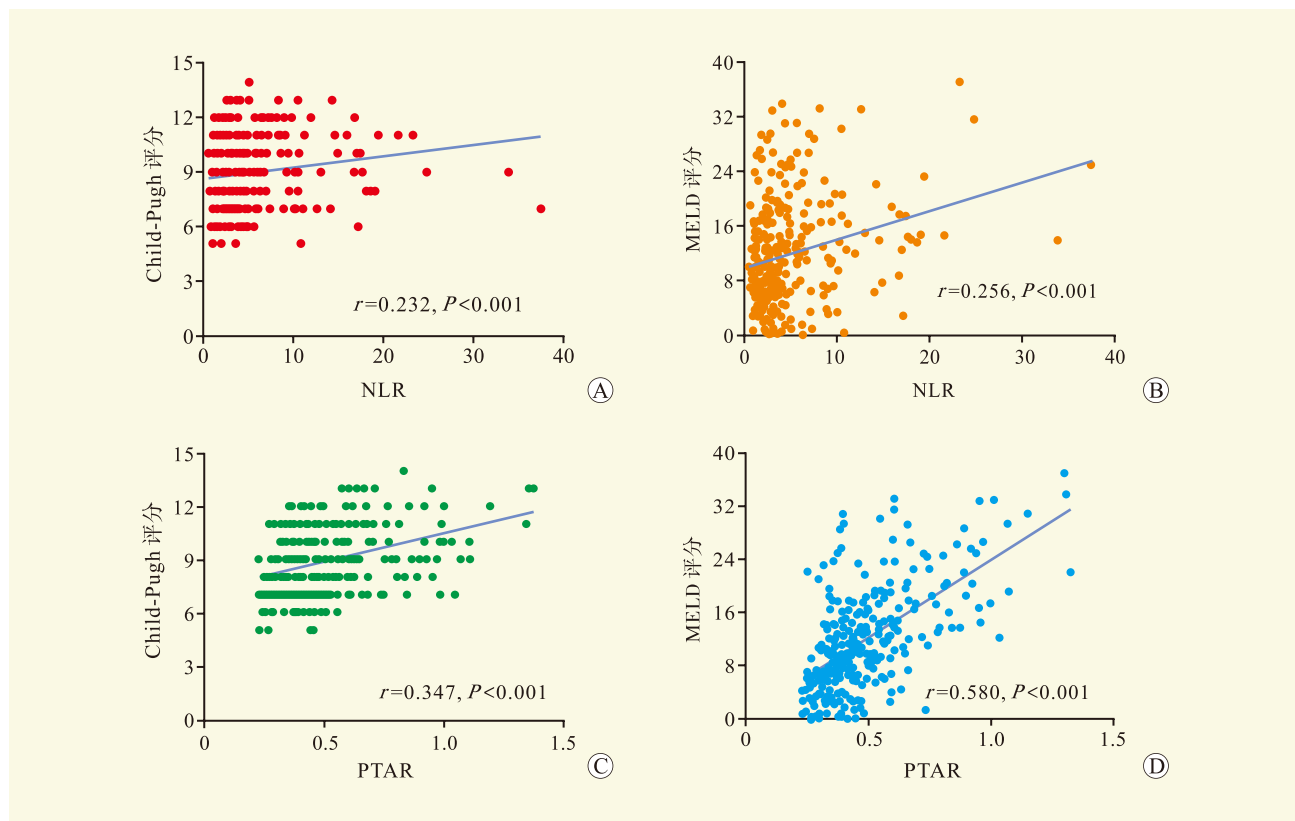
Table 3 Univariate analysis of postoperative factors influencing the occurrence of intra-abdominal infection within 30 days after liver transplantation

指标	未感染组 (n=227)	感染组 (n=60)	统计值	P值
术后ICU停留时间[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), d]	3 (2, 4)	4 (3, 5)	-4.897	<0.001
术后腹腔引流管留置时间[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), d]	11 (8, 16)	15 (10, 21)	-3.392	0.001
术后相关外科手术操作和治疗[n (%)]				
剖腹探查	7 (3)	3 (5)	0.105	0.746
腹部伤口清创缝合	3 (1)	2 (3)	0.255	0.614
CRRT支持	5 (2)	3 (5)	0.533	0.466
术后外科并发症[n (%)]				
腹腔内出血	6 (3)	4 (7)	1.245	0.265
胆道狭窄	1 (0.4)	1 (2)	0.020	0.886
胆汁漏	5 (2)	7 (12)	8.379	0.004
结肠漏	1 (0.4)	1 (2)	0.020	0.886
NLR[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]				
术后1 d	23 (18, 28)	23 (17, 29)	-0.669	0.504
术后2 d	25 (18, 40)	21 (20, 31)	-1.096	0.273
术后3 d	25 (19, 38)	30 (24, 35)	-1.883	0.060
PTAR[M (P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]				
术后1 d	0.50 (0.38, 0.56)	0.45 (0.38, 0.50)	-1.873	0.061
术后2 d	0.44 (0.39, 0.58)	0.46 (0.40, 0.52)	-0.151	0.880
术后3 d	0.39 (0.35, 0.50)	0.44 (0.35, 0.49)	-0.865	0.387

中心前期统计数据显示肝移植术后早期感染的发生率为 44.1%<sup>[24]</sup>, 这与 Kùpeli 等<sup>[25]</sup>报道的 13.7%~51.0% 的发生率吻合。在肝移植受者中, 约有一半在移植后 1 年内死亡的病例是由感染导致的<sup>[5]</sup>, 感染始终是影响移植疗效的主要原因<sup>[26]</sup>, 其中腹腔感染是肝移植术后最为常见的感染性并发症之一<sup>[27]</sup>。本研究中肝移植术后 30 d 内腹腔感染的总体发生率为 20.9%, 病原菌构成以屎肠球菌 (15%)、肺炎克雷伯菌 (14%) 和鲍曼不动杆菌 (12%) 为主, 这些发现和既往文献报道的结论基本一致<sup>[5, 28-32]</sup>。由早期感染所导致的病死率高达 10%~30%<sup>[32]</sup>, 然而由于临床上免疫抑制剂的使用, 许多受者的感染症状不典型, 加之传统培养存在局限性, 一定程度上令感染得不到及时诊治; 另一方面, 术后早期发生的感染以院内获得性多重耐药菌多见, 给临床治疗带来了极大的挑战。因此, 寻找一种简单经济且有效的指标进行早期识别感染, 对降低受者病死率、改善受者预后具有重要意义。

NLR 是一种简便易行、重复性高的炎症反应指标, 其在一定程度上反映了宿主炎症反应与免疫反应

的平衡, 是免疫系统稳态的标志, 能够有效预测感染的发生和严重程度<sup>[33]</sup>。熊祥云等<sup>[34]</sup>研究表明, 术前 NLR 水平高是肝移植术后发生细菌或真菌感染的独立危险因素。Umman 等<sup>[35]</sup>研究证实了 NLR 的升高与发生在肝移植术后 1~2 周之间的腹腔内或导管相关感染密切相关。Yu 等<sup>[36]</sup>研究发现, 肝移植术后感染人群中术前和术后 1 d NLR 水平均升高, 多因素分析表明, 术后 1 d NLR 水平高是早期细菌感染的独立危险因素。本研究检测了受者术前 24 h 以及术后 1~3 d 内的 NLR 水平, 结果显示感染组术前 NLR 高于未感染组 ( $P<0.05$ ), 与既往研究结论一致。本研究发现, 与术前相比, 术后 1~3 d 内 NLR 水平升高, 可能与肝移植手术打击、缺血-再灌注损伤激活机体的炎症通路有关<sup>[37]</sup>; 术中大剂量激素冲击可能导致白细胞一过性升高, 尤以中性粒细胞为主; 此外, 免疫抑制治疗使机体免疫功能受到抑制, 外周血淋巴细胞水平降低, 机体对病原体的防御能力减弱, 更易发生感染, 进而刺激中性粒细胞增殖, 同样导致 NLR 升高<sup>[26]</sup>。虽然感染组术后 1 d NLR 水平明显升高, 然而, 组



注：A 图为 NLR 与 Child-Pugh 评分相关性；B 图为 NLR 与 MELD 评分相关性；C 图为 PTAR 与 Child-Pugh 评分相关性；D 图为 PTAR 与 MELD 评分相关性。

图 1 NLR、PTAR 与 Child-Pugh、MELD 评分的相关性分析

Figure 1 Analysis of correlation between NLR, PTAR and Child-Pugh and MELD scores

表 4 影响肝移植术后 30 d 内发生腹腔感染因素的多因素 logistic 回归分析

Table 4 Multivariate logistic regression analysis of factors influencing the occurrence of intra-abdominal infection within 30 days after liver transplantation

变量	OR值	95%可信区间	P值
术前腹腔积液程度			0.067
无	1.000		
轻度	0.705	0.275~1.805	0.466
中度至重度	2.285	0.854~6.110	0.100
肝移植次数			
首次	1.000		
再次	1.254	0.235~6.704	0.791
log术中失血量	2.723	0.658~11.266	0.167
术后ICU停留时间	1.179	1.027~1.354	0.019
术后腹腔引流管留置时间	1.031	0.973~1.093	0.296
术后并发胆汁漏	17.05	3.635~79.985	<0.001
术前总胆红素	1.001	0.999~1.003	0.439
术前NLR	1.255	1.145~1.375	<0.001
术前PTAR×10 <sup>①</sup>	1.451	1.182~1.782	<0.001

注：①考虑PTAR数值过小，为避免OR值过大，进行了倍数处理以增强可读性。

表 5 NLR、PTAR、Child-Pugh、MELD、NLR 联合 PTAR 预测肝移植术后 30 d 内发生腹腔感染的 ROC 结果

Table 5 The ROC results of NLR, PTAR, Child-Pugh, MELD, and the combination of NLR and PTAR in predicting intra-abdominal infection within 30 days after liver transplantation

参数	AUC	95%可信区间	P值	截断值	灵敏度	特异度
NLR	0.771	0.700~0.842	<0.001	4.389	0.733	0.722
PTAR	0.735	0.666~0.804	<0.001	0.508	0.650	0.722
Child-Pugh评分	0.650	0.577~0.723	<0.001	7.500	0.900	0.326
MELD评分	0.741	0.674~0.808	<0.001	11.386	0.833	0.612
NLR+PTAR	0.824	0.763~0.885	<0.001	0.168	0.750	0.780

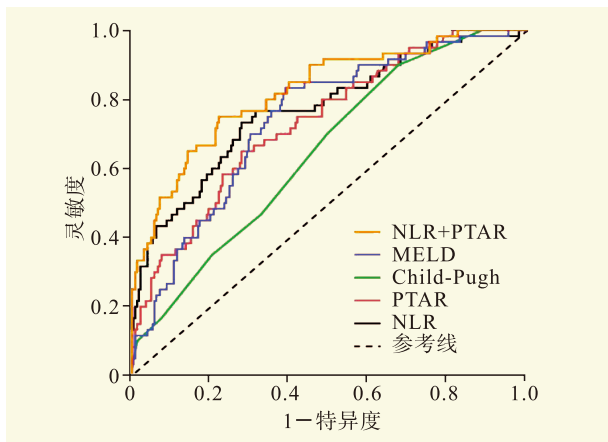


图 2 NLR、PTAR、Child-Pugh、MELD 及 NLR 联合 PTAR 预测肝移植术后 30 d 内发生腹腔感染的 ROC 曲线  
Figure 2 ROC curves of NLR, PTAR, Child-Pugh, MELD, and the combination of NLR and PTAR for predicting intra-abdominal infection within 30 days after liver transplantation

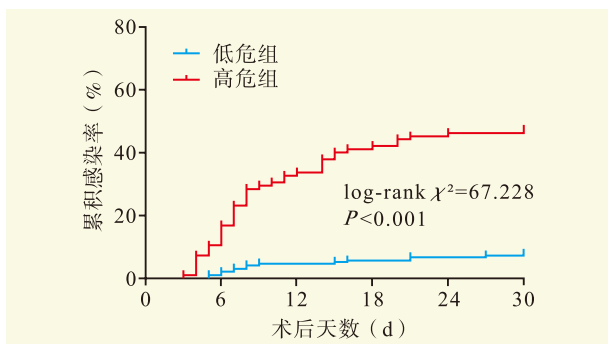


图 3 肝移植术后 30 d 内高危组与低危组受者发生腹腔感染风险曲线  
Figure 3 Risk curves of intra-abdominal infection in high-risk and low-risk recipients within 30 days after liver transplantation

间比较差异无统计学意义，一方面可能与部分受者对大剂量激素冲击后血象变化不明显有关，另一方面，样本量可能也有一定的影响。多因素分析表明，术前 NLR 水平高是肝移植受者术后早期发生腹腔感染

的独立危险因素。与经典 MELD 评分相比，NLR 在预测肝移植术后 30 d 内发生腹腔感染方面具有更高的诊断准确率（AUC：0.771 比 0.741），有助于早期识别术后感染的高风险人群，但目前关于 NLR 与移植后感染之间关系的大规模的研究相对较少，仍需要前瞻性研究来进一步证实其可靠性。

PTAR 是 2018 年由日本学者 Haruki 等<sup>[13]</sup>首次提出的新型指标，起初主要用于评估肝功能状态，此后 PTAR 在多项研究中被进一步验证<sup>[38-40]</sup>，显示出其在评估重症肝硬化患者预后方面的良好预测能力。PTAR 由 INR 和 ALB 计算得出，INR 的升高常提示肝脏的合成功能和凝血功能障碍<sup>[40]</sup>，由于肝脏本身在免疫防御中发挥着重要作用，对于肝移植受者而言，这种状态可能进一步削弱机体的免疫功能，增加感染的风险<sup>[41]</sup>。此外，INR 的升高可能提示炎症反应的加剧<sup>[42]</sup>，进一步增加感染的易感性。Tezcan 等<sup>[17]</sup>研究表明，肝移植术前 INR 升高会显著增加术后感染的风险。Chen 等<sup>[4]</sup>研究表明，肝移植术前 INR>2 是术后多重耐药细菌血流感染的危险因素。ALB 的水平和机体的营养状态和炎症反应密切相关<sup>[43-44]</sup>，低 ALB 水平已被广泛证实是实体器官移植后感染独立危险因素<sup>[18, 45-46]</sup>。从病理生理学的角度可以解释为，由于低 ALB 血症常伴有营养不良，进而影响免疫细胞的活性和功能，削弱机体的抗感染能力，在免疫抑制的基础上进一步增加感染的风险<sup>[47]</sup>；此外，ALB 同时能够调节炎症介质的释放，低 ALB 血症可能导致炎症反应失控，引发全身炎症反应综合征，最终导致发生各种炎症并发症<sup>[48]</sup>。这些发现补充说明了肝功能障碍和感染之间的潜在联系，然而目前尚无在器官移植领域使用 PTAR 预测术后感染的相关研究。本研究检测了受者术前 24 h 以及术后 1~3 d 内的 PTAR 水平。结果表明，术前高 PTAR 水平是术后早期发生腹腔感染的独立危险因素。然而，关于术后 1~3 d 内 PTAR 水平我们未观察到显著的组间差异，推测可能

与术中、术后不同受者蛋白、血浆、冷沉淀等血制品输注情况不同有关。ROC 曲线表明, 术前 PTAR 预测肝移植术后 30 d 内发生腹腔感染的 AUC 为 0.735 (95% 可信区间: 0.666~0.804,  $P < 0.001$ ), 略低于 MELD 评分 (AUC 为 0.735 比 0.741), 但由于其仅由 INR 及 ALB 两个临床常规指标组成, 因此更便于临床工作使用, 同时由于其不受胆红素水平的影响, 因此对于肝功能的评估具有较高准确性。以上研究结果提示 PTAR 可作为评估机体炎症状态的一项有力指标, 术前 PTAR 越高, 发生感染的风险就越大。

Child-Pugh 评分是目前最常用的肝功能分级法, 其评分高被证实为移植后发生感染的独立危险因素<sup>[21, 49]</sup>。MELD 评分目前作为一种评估各种肝病预后经典的模型在临床广泛使用, 数值越高提示患者预后越差。研究证实<sup>[49-50]</sup>, 低 MELD 评分的肝移植受者术后的感染风险也下降。然而, MELD 用于判断终末期肝病患者感染风险时稳定性较差, 主要由于该评分系统中未纳入炎症反应及免疫状态相关指标, 而炎症反应和免疫状态贯穿了肝移植术后感染发生发展的整个过程<sup>[6]</sup>。因此, 本研究纳入炎症指标和免疫状态相关指标, 探索术前 NLR 和 PTAR 对肝移植术后早期腹腔感染的预测价值。ROC 曲线结果显示, 联合使用 PTAR 及 NLR 对肝移植术后 30 d 内发生腹腔感染的预测效能 AUC 为 0.824, 优于单独使用 PTAR、NLR、Child-Pugh 及 MELD 评分。相关性分析结果显示, 术前 NLR、术前 PTAR 与 Child-Pugh、MELD 评分均呈正相关, 说明 NLR、PTAR 均能在一定程度上反映受者肝功能情况及病情严重程度, 进而影响术后预后。据我们所知, 这是在器官移植领域首次开展此类研究, 验证 NLR 与 PTAR 联合模型对肝移植术后感染性并发症的预测效能。

多因素分析结果显示, 术后 ICU 停留时间、术后并发胆汁漏均是腹腔感染的独立危险因素, 以上发现和既往研究中的结论一致<sup>[51-53]</sup>, 这些临床参数对预警肝移植术后感染均具有一定的指导意义。

本研究存在一定的局限性, 由于本研究为回顾性病例研究, 可能存在选择偏倚; 由于真菌感染的患者较少, 我们未单独分析真菌与细菌感染的人群中 NLR 和 PTAR 水平的差异; 此外, 免疫抑制方案的不同可能也会产生混杂偏倚; 仅单独使用 NLR 和 PTAR 仍不足以全面评估机体的免疫功能状态, 联合检测模型的 AUC 尚未达到一个相对满意的范围, 但基于本中心真实的数据, 我们得出了一个具有指导意

义地发现, 这可能为未来开发一种新型且简单有效的炎症免疫生物标记物的组合提供新的线索。未来研究中, 我们将深入探索具有前景的免疫标记物, 联合 NLR 和 PTAR, 进一步提高感染的预测效能, 同时开展多中心、大样本的前瞻性研究验证这些预测指标的应用价值。

综上所述, NLR、PTAR 均为肝移植受者术后 30 d 内发生腹腔感染的独立危险因素, 且相较于单一指标, NLR+PTAR 的联合预测模型具有更准确的区分度, 有助于早期识别感染。由于上述两种指标均为常规的无创检测项目, 临床获得相对容易, 计算公式较简便, 有利于动态观察, 可进一步临床推广。

#### 参考文献:

- [1] REARDON L C, LIN J P, VANARSDELL G S, et al. Orthotopic heart and combined heart liver transplantation: the ultimate treatment option for failing fontan physiology[J]. *Curr Transplant Rep*, 2021, 8(1): 9-20. DOI: 10.1007/s40472-021-00315-4.
- [2] SHETTY A, KODALI S. Long-term management of the successful adult liver transplant: a patient-friendly summary of the 2012 AASLD and AST practice guideline[J]. *Clin Liver Dis (Hoboken)*, 2022, 19(3): 83-88. DOI: 10.1002/cld.1179.
- [3] 吴小霞, 吴灵俐, 万齐全. 肝移植术后早期细菌与真菌感染病原体分布及危险因素[J]. *中南大学学报(医学版)*, 2022, 47(8): 1120-1128. DOI: 10.11817/j.issn.1672-7347.2022.220054.
- [4] WU X X, WU L L, WAN Q Q. Pathogen distribution and risk factors of bacterial and fungal infections after liver transplantation[J]. *J Cent South Univ (Med Sci)*, 2022, 47(8): 1120-1128. DOI: 10.11817/j.issn.1672-7347.2022.220054.
- [5] CHEN C, GUAN Q, LI D, et al. Clinical characteristics and risk factor analysis of recipients with multidrug-resistant bacterial bloodstream infections after liver transplantation: a single-centre retrospective study[J]. *J Pharm Policy Pract*, 2024, 17(1): 2390072. DOI: 10.1080/20523211.2024.2390072.
- [6] TADDEI R, RICCARDI N, TISEO G, et al. Early intra-abdominal bacterial infections after orthotopic liver transplantation: a narrative review for clinicians[J]. *Antibiotics (Basel)*, 2023, 12(8): 1316. DOI: 10.3390/antibiotics12081316.
- [7] CHEN G, HU X, HUANG Y, et al. Role of the immune system in liver transplantation and its implications for therapeutic interventions[J]. *MedComm (2020)*, 2023, 4(6): e444. DOI: 10.1002/mco2.444.
- [8] LIU Y, LEI Z, CHAI H, et al. Thrombomodulin-mediated inhibition of neutrophil extracellular trap formation alleviates hepatic ischemia-reperfusion injury by blocking TLR4 in rats subjected to liver transplantation[J]. *Transplantation*, 2022, 106(2): e126-e140. DOI: 10.1097/TP.0000000000003954.
- [8] REGOLO M, VACCARO M, SORCE A, et al. Neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR) is a promising

- predictor of mortality and admission to intensive care unit of COVID-19 patients[J]. *J Clin Med*, 2022, 11(8): 2235. DOI: 10.3390/jcm11082235.
- [9] LIU S, WANG X, SHE F, et al. Effects of neutrophil-to-lymphocyte ratio combined with interleukin-6 in predicting 28-day mortality in patients with sepsis[J]. *Front Immunol*, 2021, 12: 639735. DOI: 10.3389/fimmu.2021.639735.
- [10] ZHANG G, WANG T, AN L, et al. The neutrophil-to-lymphocyte ratio levels over time correlate to all-cause hospital mortality in sepsis[J]. *Heliyon*, 2024, 10(16): e36195. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e36195.
- [11] LIU F, CHEN L, WANG M Y, et al. Exploring high-risk factors for the prediction of severe mycoplasma pneumonia in children[J]. *Transl Pediatr*, 2024, 13(11): 2003-2011. DOI: 10.21037/tp-24-293.
- [12] ERFANIPOUR M, DOOKI M E, NIKBAKHT H A, et al. Diagnostic value of neutrophil to lymphocyte ratio in identifying gastritis in children with chronic abdominal pain in northern Iran[J]. *BMC Res Notes*, 2025, 18(1): 68. DOI: 10.1186/s13104-025-07148-9.
- [13] HARUKI K, SHIBA H, SAITO N, et al. Risk stratification using a novel liver functional reserve score of combination prothrombin time-international normalized ratio to albumin ratio and albumin in patients with hepatocellular carcinoma[J]. *Surgery*, 2018, 164(3): 404-410. DOI: 10.1016/j.surg.2018.02.022.
- [14] KRAMER L, JORDAN B, DRUML W, et al. Incidence and prognosis of early hepatic dysfunction in critically ill patients—a prospective multicenter study[J]. *Crit Care Med*, 2007, 35(4): 1099-1104. DOI: 10.1097/01.CCM.0000259462.97164.A0.
- [15] JENSEN J S, PETERS L, ITENOV T S, et al. Biomarker-assisted identification of sepsis-related acute liver impairment: a frequent and deadly condition in critically ill patients[J]. *Clin Chem Lab Med*, 2019, 57(9): 1422-1431. DOI: 10.1515/cclm-2018-1350.
- [16] 任华琼, 钟珊, 雷宇, 等. 失代偿期肝硬化并发败血症的危险因素分析[J]. *中华肝脏病杂志*, 2022, 30(11): 1163-1169. DOI: 10.3760/cma.j.cn501113-20210913-00469.
- REN H Q, ZHONG S, LEI Y, et al. Analysis of risk factors for decompensated cirrhosis complicated with sepsis[J]. *Chin J Hepatol*, 2022, 30(11): 1163-1169. DOI: 10.3760/cma.j.cn501113-20210913-00469.
- [17] TEZCAN H, ALTUNSOY A, TURAN GÖKÇE D, et al. Multidrug-resistant infections after liver transplantation, etiology and risk factors: a single-center experience[J]. *Exp Clin Transplant*, 2023, 21(12): 952-960. DOI: 10.6002/ect.2023.0081.
- [18] LIU M, LI C, LIU J, et al. Risk factors of early bacterial infection and analysis of bacterial composition, distribution and drug susceptibility after cadaveric liver transplantation[J]. *Ann Clin Microbiol Antimicrob*, 2023, 22(1): 63. DOI: 10.1186/s12941-023-00616-9.
- [19] 中华医学会外科学分会, 中国研究型医院学会感染性疾病循证与转化专业委员会, 中华外科杂志编辑部, 等. 外科常见腹腔感染多学科诊治专家共识[J]. *中华外科杂志*, 2021, 59(3): 161-178. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20201223-00874.
- Chinese Medical Association Department of Surgery, Chinese Research Hospital Association Committee of Evidence-Based and Translational Medicine for Infectious Diseases, Editorial Department of Chinese Journal of Surgery, et al. Expert consensus on multidisciplinary management of intra-abdominal infections[J]. *Chin J Surg*, 2021, 59(3): 161-178. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20201223-00874.
- [20] KAMATH P S, WIESNER R H, MALINCHOC M, et al. A model to predict survival in patients with end-stage liver disease[J]. *Hepatology*, 2001, 33(2): 464-470. DOI: 10.1053/jhep.2001.22172.
- [21] ZHANG J, HE Q, DU L, et al. Risk factor for lung infection in recipients after liver transplantation: a meta-analysis[J]. *Artif Organs*, 2021, 45(3): 289-296. DOI: 10.1111/aor.13826.
- [22] YOON P D, PATEL M S, MURILLO PEREZ C F, et al. Outcomes of adult liver retransplantation: a Canadian national database analysis[J]. *Can J Gastroenterol Hepatol*, 2022, 2022: 9932631. DOI: 10.1155/2022/9932631.
- [23] 陈昊, 李照, 朱继业, 等. 在科学探索中前进的肝癌肝移植[J]. *中华普通外科杂志*, 2024, 39(5): 329-332. DOI: 10.3760/cma.j.cn113855-20240125-00069.
- CHEN H, LI Z, ZHU J Y, et al. Liver transplantation for hepatocellular carcinoma, advancing in scientific exploration[J]. *Chin J Gen Surg*, 2024, 39(5): 329-332. DOI: 10.3760/cma.j.cn113855-20240125-00069.
- [24] PENG H B, LIU Y, HOU F, et al. Clinical application of metagenomic next-generation sequencing (mNGS) in patients with early pulmonary infection after liver transplantation[J]. *Infect Drug Resist*, 2024, 17: 5685-5698. DOI: 10.2147/IDR.S483684.
- [25] KÜPELİ E, EYÜBOĞLU F Ö, HABERAL M. Pulmonary infections in transplant recipients[J]. *Curr Opin Pulm Med*, 2012, 18(3): 202-212. DOI: 10.1097/MCP.0b013e328352104f.
- [26] IMLAY H, SEIBERT A M, HANSON K E. Pathogen-agnostic immune biomarkers that predict infection after solid organ transplantation[J]. *Transpl Infect Dis*, 2023, 25(2): e14020. DOI: 10.1111/tid.14020.
- [27] ABAD C L R, LAHR B D, RAZONABLE R R. Epidemiology and risk factors for infection after living donor liver transplantation[J]. *Liver Transpl*, 2017, 23(4): 465-477. DOI: 10.1002/lt.24739.
- [28] NIE K, RAN R, TAN W, et al. Risk factors of intra-abdominal bacterial infection after liver transplantation in patients with hepatocellular carcinoma[J]. *Chin J Cancer Res*, 2014, 26(3): 309-314. DOI: 10.3978/j.issn.1000-9604.2014.06.10.
- [29] SHINDE A S, KAPOOR D. Infections after liver transplant-timeline, management and prevention[J]. *J Clin Exp Hepatol*, 2024, 14(3): 101316. DOI: 10.1016/j.jceh.2023.101316.
- [30] WANG W, WANG B, LIN T, et al. Distribution, drug resistance, and risk factors of infection in liver transplant recipients with liver failure[J]. *Transplant Proc*, 2025, 57(2): 305-311. DOI: 10.1016/j.transproceed.2025.01.003.
- [31] ESFEH J M, HANOUNEH I A, KOVAL C E, et al. Impact of pretransplant rifaximin therapy on early post-liver transplant infections[J]. *Liver Transpl*, 2014, 20(5):

- 544-551. DOI: 10.1002/lt.23845.
- [32] KIM S I. Bacterial infection after liver transplantation[J]. *World J Gastroenterol*, 2014, 20(20): 6211-6220. DOI: 10.3748/wjg.v20.i20.6211.
- [33] BUONACERA A, STANCANELLI B, COLACI M, et al. Neutrophil to lymphocyte ratio: an emerging marker of the relationships between the immune system and diseases[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(7): 3636. DOI: 10.3390/ijms23073636.
- [34] 熊祥云, 丁佑铭, 苏洋. 术前炎症指标预测肝移植术后感染的价值[J]. *临床外科杂志*, 2023, 31(5): 457-460. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6483.2023.05.015.  
XIONG X Y, DING Y M, SU Y. The prediction effect of preoperative inflammatory indicators in infection after liver transplantation[J]. *J Clin Surg*, 2023, 31(5): 457-460. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6483.2023.05.015.
- [35] UMMAN V, GUMUS T, KIVRATMA H G, et al. Predictive value of red blood cell distribution width, platelet count to lymphocyte count ratio, and neutrophil count to lymphocyte count ratio values for the detection of postoperative infection in patients undergoing liver transplantation[J]. *Transplant Proc*, 2023, 55(5): 1257-1261. DOI: 10.1016/j.transproceed.2023.05.002.
- [36] YU J, JIANG J, FAN C, et al. A nomogram for predicting early bacterial infection after liver transplantation: a retrospective study[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2025, 12: 1563235. DOI: 10.3389/fmed.2025.1563235.
- [37] ZAHOREC R. Neutrophil-to-lymphocyte ratio, past, present and future perspectives[J]. *Bratisl Lek Listy*, 2021, 122(7): 474-488. DOI: 10.4149/BLL\_2021\_078.
- [38] GAO F, CAI M X, LIN M T, et al. Prognostic value of international normalized ratio to albumin ratio among critically ill patients with cirrhosis[J]. *Eur J Gastroenterol Hepatol*, 2019, 31(7): 824-831. DOI: 10.1097/MEG.0000000000001339.
- [39] ZHANG T, YE B, SHEN J. Prognostic value of albumin-related ratios in HBV-associated decompensated cirrhosis[J]. *J Clin Lab Anal*, 2022, 36(4): e24338. DOI: 10.1002/jcla.24338.
- [40] SHENG Y, ZENG Y, LUO W, et al. Predictive value of the prothrombin time-international normalized ratio to albumin ratio in the prognosis of patients with hepatitis B virus-related acute-on-chronic liver failure[J]. *Int J Gen Med*, 2023, 16: 4565-4572. DOI: 10.2147/IJGM.S434572.
- [41] ZOU J, LI J, WANG X, et al. Neuroimmune modulation in liver pathophysiology[J]. *J Neuroinflammation*, 2024, 21(1): 188. DOI: 10.1186/s12974-024-03181-w.
- [42] HAZARAPETYAN L, ZELVEIAN P H, GRIGORYAN S. Inflammation and coagulation are two interconnected pathophysiological pathways in atrial fibrillation pathogenesis[J]. *J Inflamm Res*, 2023, 16: 4967-4975. DOI: 10.2147/JIR.S429892.
- [43] 中华医学会重症医学分会. 中国成人ICU患者营养评估与监测临床实践指南[J]. *中华危重病急救医学*, 2023(11): 1121-1146. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-1537.2023.04.001.  
Branch of Critical Care Medicine of Chinese Medical Association. Clinical practice guidelines for nutritional assessment and monitoring of adult ICU patients in China[J]. *Chin Crit Care Med*, 2023(11): 1121-1146. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-1537.2023.04.001.
- [44] ABEDI F, ZAREI B, ELYASI S. Albumin: a comprehensive review and practical guideline for clinical use[J]. *Eur J Clin Pharmacol*, 2024, 80(8): 1151-1169. DOI: 10.1007/s00228-024-03664-y.
- [45] SRIVASTAVA A, BODNAR J, OSMAN F, et al. Serum albumin level before kidney transplant predicts post-transplant BK and possibly cytomegalovirus infection[J]. *Kidney Int Rep*, 2020, 5(12): 2228-2237. DOI: 10.1016/j.ekir.2020.09.012.
- [46] MOHAMMADI A, INANLOO S H, REZAEIAN A, et al. Hypo-albuminemia and perioperative renal transplant-related infections: a systematic review and meta-analysis[J]. *Urol J*, 2024, 21(5): 274-282. DOI: 10.22037/uj.v21i.7943.
- [47] LI Y, LIU X, JIANG Y, et al. Low preoperative prealbumin predicts the prevalence of complications following liver transplantation[J]. *BMC Gastroenterol*, 2021, 21(1): 233. DOI: 10.1186/s12876-021-01818-1.
- [48] POMPILI E, ZACCHERINI G, BALDASSARRE M, et al. Albumin administration in internal medicine: a journey between effectiveness and futility[J]. *Eur J Intern Med*, 2023, 117: 28-37. DOI: 10.1016/j.ejim.2023.07.003.
- [49] 黄毓凯, 刘雪来. 肝移植术后感染的危险因素研究进展[J/OL]. *发育医学电子杂志*, 2023, 11(2): 148-153, 160. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5340.2023.02.011.  
HUANG Y K, LIU X L. Research progress on risk factors of infection after liver transplantation[J/OL]. *J Dev Med (Electr Vers)*, 2023, 11(2): 148-153, 160. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5340.2023.02.011.
- [50] 王文静, 张靖垚, 张晓刚, 等. 肝衰竭患者肝移植后细菌感染特征及危险因素分析[J]. *中华消化外科杂志*, 2023(11): 1343-1350. DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20230913-00093.  
WANG W J, ZHANG J Y, ZHANG X G, et al. Analysis of characteristics and risk factors of bacterial infection in patients undergoing liver transplantation for liver failure[J]. *Chin J Dig Surg*, 2023(11): 1343-1350. DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20230913-00093.
- [51] LIU T H, CHEN L H, WAN Q Q. Carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* infections after liver transplantation: drug resistance, risk factors and impact on prognosis[J]. *World J Gastroenterol*, 2025, 31(8): 98415. DOI: 10.3748/wjg.v31.i8.98415.
- [52] LI Z, RAMMOHAN A, GUNASEKARAN V, et al. Biliary complications after adult-to-adult living-donor liver transplantation: an international multicenter study of 3633 cases[J]. *Am J Transplant*, 2024, 24(7): 1233-1246. DOI: 10.1016/j.ajt.2024.02.023.
- [53] CHEN F, PANG X Y, SHEN C, et al. High mortality associated with gram-negative bacterial bloodstream infection in liver transplant recipients undergoing immunosuppression reduction[J]. *World J Gastroenterol*, 2020, 26(45): 7191-7203. DOI: 10.3748/wjg.v26.i45.7191.

(收稿日期: 2025-08-14)

(本文编辑: 谢诗韵 吴秋玲)