

外周血 NMLR、SII 对肺结核合并 2 型糖尿病患者预后不良的评估价值^{*}

王敏媛¹, 王妮^{2△}, 李伟³

1. 陕西省结核病防治院/陕西省第五人民医院检验科, 陕西西安 710100; 2. 陕西省中医医院检验科, 陕西西安 710003; 3. 陕西省结核病防治院/陕西省第五人民医院内四科, 陕西西安 710100

摘要:目的 探讨中性粒细胞与单核细胞之和与淋巴细胞比值(NMLR)、全身免疫炎症指数(SII)对肺结核合并 2 型糖尿病(PTB-T2DM)患者预后不良的评估价值。**方法** 选取 2020 年 4 月至 2024 年 4 月陕西省结核病防治院/陕西省第五人民医院收治的 281 例 PTB-T2DM 患者作为 PTB-T2DM 组。另选取同期在陕西省结核病防治院/陕西省第五人民医院就诊的 175 例未合并 2 型糖尿病(T2DM)的肺结核(PTB)患者作为单纯 PTB 组, 以及 175 例未合并 PTB 的 T2DM 患者作为单纯 T2DM 组。根据治疗 6 个月的预后情况将 PTB-T2DM 患者分为不良组与良好组。采用多因素 Logistic 回归分析 PTB-T2DM 患者预后不良的影响因素。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析 NMLR、SII 对 PTB-T2DM 患者预后不良的评估价值。**结果** PTB-T2DM 组 NMLR、SII 高于单纯 PTB 组、单纯 T2DM 组, 且单纯 PTB 组 NMLR、SII 高于单纯 T2DM 组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。不良组痰涂片阳性比例、痰培养阳性比例、Gene Xpert 结核分枝杆菌/利福平检测阳性比例及 NMLR、SII 均高于良好组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示, 痰培养阳性、NMLR 升高、SII 升高为 PTB-T2DM 患者预后不良的危险因素($P < 0.05$)。ROC 曲线分析结果显示, NMLR、SII 联合评估 PTB-T2DM 患者预后不良的曲线下面积(AUC)为 0.884, 大于 NMLR、SII 单独评估的 AUC($Z_{2\text{项联合}-\text{NMLR}} = 3.645, P_{2\text{项联合}-\text{NMLR}} < 0.001; Z_{2\text{项联合}-\text{SII}} = 2.986, P_{2\text{项联合}-\text{SII}} = 0.003$)。**结论** 外周血 NMLR、SII 升高为 PTB-T2DM 患者预后不良的危险因素, NMLR、SII 联合检测对 PTB-T2DM 患者预后不良的评估价值较高。

关键词: 肺结核; 2 型糖尿病; 中性粒细胞与单核细胞之和与淋巴细胞比值; 全身免疫炎症指数; 预后
中图分类号: R521; R446.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9455(2026)15-2017-06

The value of peripheral blood NMLR and SII in evaluating the poor prognosis of patients with pulmonary tuberculosis complicated with type 2 diabetes^{*}

Wang Minyuan¹, Wang Ni^{2△}, Li Wei³

1. Department of Clinical Laboratory, Shaanxi Provincial Tuberculosis Prevention and Control Institute/the Fifth People's Hospital of Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi 710100, China; 2. Department of Clinical Laboratory, Shaanxi Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Xi'an, Shaanxi 710003, China; 3. the Fourth Department of Internal Medicine, Shaanxi Provincial Tuberculosis Prevention and Control Institute/the Fifth People's Hospital of Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi 710100, China

Abstract: Objective To investigate the value of neutrophil-monocyte to lymphocytes ratio (NMLR) and systemic immune inflammation index (SII) in evaluating the poor prognosis of patients with pulmonary tuberculosis complicated with type 2 diabetes mellitus (PTB-T2DM). **Methods** A total of 281 patients with PTB-T2DM admitted to Shaanxi Provincial Tuberculosis Prevention and Control Institute/the Fifth People's Hospital of Shaanxi Province from April 2020 to April 2024 were selected as the PTB-T2DM group. In addition, 175 pulmonary tuberculosis (PTB) patients without type 2 diabetes mellitus (T2DM) were selected as the PTB alone group, and 175 T2DM patients without PTB were selected as the T2DM alone group in Shaanxi Provincial Tuberculosis Prevention and Control Institute/the Fifth People's Hospital of Shaanxi Province during the same period. According to the prognosis after 6 months of treatment, the PTB-T2DM patients were di-

^{*} 基金项目: 陕西省重点研发计划项目(2022SF-215)。

作者简介: 王敏媛, 女, 主管技师, 主要从事临床微生物检验、结核病实验室诊断方向的研究。△ 通信作者, E-mail: 445879425@qq.com。

引用格式: 王敏媛, 王妮, 李伟. 外周血 NMLR、SII 对肺结核合并 2 型糖尿病患者预后不良的评估价值[J]. 检验医学与临床, 2026, 23(15): 2017-2022.

vided into the poor group and the good group. Multivariate Logistic regression was used to analyze the influencing factors of poor prognosis in PTB-T2DM patients. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to analyze the value of NMLR and SII in evaluating the poor prognosis of PTB-T2DM patients.

Results The NMLR and SII in the PTB-T2DM group were higher than those in the PTB alone group and the T2DM alone group, and the NMLR and SII in the PTB alone group were higher than those in the T2DM alone group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). The positive rate of sputum smear, positive rate of sputum culture, positive rate of Gene Xpert Mycobacterium tuberculosis/rifampicin test results, NMLR and SII in the poor group were higher than those in the good group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that positive sputum culture, increased NMLR and increased SII were risk factors for poor prognosis in PTB-T2DM patients ($P < 0.05$). The results of ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) of the combination of NMLR and SII for evaluating the poor prognosis of PTB-T2DM patients was 0.884, which was larger than the AUC of NMLR and SII alone ($Z_{2 \text{ combination-NMLR}} = 3.645, P_{2 \text{ combination-NMLR}} < 0.001; Z_{2 \text{ item combined-SII}} = 2.986, P_{2 \text{ item combined-SII}} = 0.003$).

Conclusion Increased peripheral blood NMLR and SII are risk factors for poor prognosis in PTB-T2DM patients, and the combined detection of NMLR and SII has a higher value in evaluating the poor prognosis of PTB-T2DM patients.

Key words: pulmonary tuberculosis; type 2 diabetes mellitus; neutrophil-monocyte to lymphocytes ratio; systemic immune inflammation index; prognosis

肺结核(PTB)是一种由结核分枝杆菌(MTB)感染引起的慢性呼吸系统传染病^[1]。2型糖尿病(T2DM)是一种以胰岛素抵抗和持续高血糖为特征的代谢性疾病,2023年我国糖尿病患者人数高达2.33亿,其中95%为T2DM^[2]。有研究报道,由于T2DM患者营养代谢紊乱和细胞免疫功能降低,PTB与T2DM常合并存在并相互影响,尽管近年来抗结核治疗方案不断优化,但PTB合并T2DM(PTB-T2DM)患者预后仍然较差^[3-4]。近年来研究发现,炎症反应与免疫反应失衡在PTB-T2DM发病过程中发挥重要作用^[5]。中性粒细胞与单核细胞之和与淋巴细胞比值(NMLR)、全身免疫炎症指数(SII)是近年来开发的炎症反应指标,可综合反映炎症反应和免疫反应,已被证实与糖尿病患者炎症反应相关^[6-7]。在结核病研究领域,Zhang等^[8]研究表明,NMLR有助于区分PTB与其他下呼吸道感染疾病,陈兰等^[9]研究发现,SII有助于评估PTB患者强化期治疗后痰阴转率。然而,目前关于NMLR、SII对PTB-T2DM患者预后不良的评估价值仍缺乏系统研究。鉴于此,本研究分析了外周血NMLR、SII与PTB-T2DM患者预后不良的关系,以期对PTB-T2DM患者的预后评估及临床管理提供新的参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2020年4月至2024年4月陕西省结核病防治院/陕西省第五人民医院收治的281例PTB-T2DM患者作为PTB-T2DM组。纳入标准:(1)年龄 ≥ 18 岁;(2)符合《肺结核基层诊疗指南(2018年)》^[10]中PTB的诊断标准,且首次确诊为PTB;(3)符合《中国2型糖尿病防治指南(2017年版)》^[11]中T2DM的诊断标准;(4)临床资料完整。排除标准:

(1)入院前已接受抗结核治疗;(2)合并血液系统疾病,如血小板减少性紫癜、再生障碍性贫血、嗜血细胞性淋巴组织细胞增多症等;(3)治疗依从性差,不能按医嘱服药或抗结核治疗中断;(4)合并恶性肿瘤或其他严重疾病;(5)合并获得性免疫缺陷病毒、肝炎病毒、梅毒等其他感染;(6)近1个月内使用过免疫抑制剂;(7)合并精神疾病;(8)合并肺外结核或慢性阻塞性肺疾病、支气管扩张、肺脓肿等其他肺部疾病;(9)妊娠期或哺乳期女性;(10)治疗过程中死亡或失访。另选取同期在陕西省结核病防治院/陕西省第五人民医院就诊的175例未合并T2DM的PTB患者作为单纯PTB组,以及175例未合并PTB的T2DM患者作为单纯T2DM组。PTB-T2DM组年龄20~87岁,平均 (57.84 ± 15.76) 岁;男158例,女123例;体质指数为 $16.29 \sim 28.88 \text{ kg/m}^2$,平均 $(23.18 \pm 2.67) \text{ kg/m}^2$;T2DM病程为3~13年。单纯PTB组年龄18~82岁,平均 (57.42 ± 15.33) 岁;男103例,女72例;体质指数为 $17.44 \sim 28.63 \text{ kg/m}^2$,平均 $(23.11 \pm 2.47) \text{ kg/m}^2$ 。单纯T2DM组年龄18~85岁,平均 (57.25 ± 14.30) 岁;男105例,女70例;体质指数为 $19.21 \sim 28.17 \text{ kg/m}^2$,平均 $(23.20 \pm 2.35) \text{ kg/m}^2$ 。PTB-T2DM组、单纯PTB组、单纯T2DM组年龄、性别和体质指数比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。本研究经陕西省结核病防治院/陕西省第五人民医院医学伦理委员会审核批准[(2025)年临审第(1)号]。

1.2 方法

1.2.1 NMLR、SII计算 记录患者入院时外周静脉血中性粒细胞计数(NEU)、单核细胞计数(MON)、淋巴细胞计数(LYM)、血小板计数(PLT)。计算

$NMLR = (NEU + MON) / LYM$; $SII = NEU \times PLT / LYM$, 由 2 名检测者采用盲法(不知研究对象分组等信息)进行检测和计算, 双人独立计算并核对, 以减少主观偏倚和数据录入错误。

1.2.2 基线资料收集 通过电子病历系统收集 PTB-T2DM 患者资料, 包括基础疾病、吸烟史、饮酒史、胸部影像学检查结果、痰涂片、痰培养、Gene Xpert MTB/利福平(RIF)检测结果、降糖方案, 以及空腹血糖、糖化血红蛋白(HbA1c)、C 反应蛋白水平。所有血液学指标均为患者入院后首次检测结果。

1.2.3 预后分组 PTB-T2DM 患者入院后参考相关指南^[10-11]接受 6 个月标准抗结核治疗方案(强化期 2 个月采用异烟肼、RIF、吡嗪酰胺、乙胺丁醇联合治疗, 巩固期 4 个月采用异烟肼联合 RIF 治疗), 期间根据血糖水平给予规范的降糖治疗。治疗 6 个月后根据预后情况分为不良组与良好组。预后良好定义为同时满足血糖达标(空腹血糖为 4.4~7.0 mmol/L 或非空腹血糖<10.0 mmol/L 或 HbA1c<7%), 痰涂片、痰培养及 GeneXpert MTB/RIF 检测结果阴性, 临床症状消失或明显缓解, 且胸部影像学检查结果提示病灶吸收≥50%, 未达到以上条件则为预后不良^[12-13]。

1.3 统计学处理 采用 SPSS27.0 统计软件分析数据。计数资料以例数或百分率表示, 组间比较采用 χ^2 检验; 符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 2 组间比较采用独立样本 t 检验。不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示, 2 组间比较采用 Mann-Whitney U 检验, 多组间比较采用 Kruskal-Wallis H 检验, 多组间两两比较采用 Nemenyi 检验。采用多因

素 Logistic 回归分析 PTB-T2DM 患者预后不良的影响因素。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析 NMLR、SII 对 PTB-T2DM 患者预后不良的评估价值, 曲线下面积(AUC)比较采用 DeLong 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 PTB-T2DM 组、单纯 PTB 组、单纯 T2DM 组 NMLR、SII 比较 PTB-T2DM 组 NMLR、SII 高于单纯 PTB 组、单纯 T2DM 组, 且单纯 PTB 组 NMLR、SII 高于单纯 T2DM 组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 PTB-T2DM 组、单纯 PTB 组、单纯 T2DM 组 NMLR、SII 比较[$M(P_{25}, P_{75})$]			
组别	<i>n</i>	NMLR	SII
PTB-T2DM 组	281	4.81(3.56, 6.26)	1 284.18(904.75, 1 784.65)
单纯 PTB 组	175	3.32(2.63, 4.72) ^a	807.03(592.11, 1 146.84) ^a
单纯 T2DM 组	175	2.79(2.07, 3.80) ^{ab}	634.14(466.74, 903.80) ^{ab}
<i>H</i>		146.790	172.601
<i>P</i>		<0.001	<0.001

注: 与 PTB-T2DM 组比较, ^a $P < 0.05$; 与单纯 PTB 组比较, ^b $P < 0.05$ 。

2.2 不良组 and 良好组临床资料比较 281 例 PTB-T2DM 患者中, 有 51 例患者发生预后不良, 预后不良发生率为 18.15%(51/281)。不良组痰涂片阳性比例、痰培养阳性比例、Gene Xpert MTB/RIF 检测阳性比例及 NMLR、SII 均高于良好组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 不良组和良好组临床资料比较[n/n 或 $\bar{x} \pm s$ 或 $n(\%)$ 或 $M(P_{25}, P_{75})$]								
组别	<i>n</i>	性别(男/女)	年龄(岁)	体质量指数(kg/m ²)	T2DM 病程(年)	高血压	稳定型冠心病	
不良组	51	27/24	61.43±13.15	22.76±2.91	7.00(4.00, 8.00)	22(43.14)	22(43.14)	
良好组	230	131/99	57.04±16.20	23.27±2.61	5.00(4.00, 8.00)	78(33.91)	75(32.61)	
$\chi^2/t/Z$		0.273	1.808	-1.239	-1.800	1.549	2.047	
<i>P</i>		0.601	0.072	0.217	0.072	0.213	0.152	

组别	<i>n</i>	慢性肝病	慢性肾病	胸部影像表现				有吸烟史
				支气管内播散灶	斑片状阴影	结核球	空洞	
不良组	51	13(25.49)	11(21.57)	11(21.57)	20(39.22)	9(17.65)	13(25.49)	18(35.29)
良好组	230	46(20.00)	39(16.96)	45(19.57)	90(39.13)	37(16.09)	57(24.78)	69(30.00)
$\chi^2/t/Z$		0.759	0.607	0.105	<0.001	0.074	0.011	0.547
<i>P</i>		0.384	0.436	0.746	0.991	0.785	0.916	0.459

组别	<i>n</i>	有饮酒史	痰涂片				Gene Xpert MTB/RIF 检测阳性
			阴性	+	++	+++	
不良组	51	22(43.14)	15(29.41)	11(21.57)	13(25.49)	12(23.53)	40(78.43)
良好组	230	87(37.83)	152(66.09)	51(22.17)	16(6.96)	11(4.78)	120(52.17)
$\chi^2/t/Z$		0.496		41.272			11.738
<i>P</i>		0.481		<0.001			<0.001

续表 2 不良组和良好组临床资料比较[n/n 或 $\bar{x}\pm s$ 或 $n(\%)$ 或 $M(P_{25}, P_{75})$]

组别	n	痰培养阳性	降糖方案			空腹血糖 (mmol/L)	HbA1c (%)
			注射胰岛素	降糖药物	注射胰岛素联合降糖药物		
不良组	51	37(72.55)	13(25.49)	22(43.14)	16(31.37)	11.15±3.42	7.41±1.01
良好组	230	101(43.91)	50(21.74)	97(42.17)	83(36.09)	10.31±3.24	7.13±0.97
$\chi^2/t/Z$		11.889		0.534		1.647	1.873
P		<0.001		0.765		0.101	0.062

组别	n	C 反应蛋白(mg/L)	NMLR	SII
不良组	51	8.46(7.54,8.86)	6.74(5.13,13.45)	1 758.62(1 373.53,4 022.22)
良好组	230	7.78(7.10,8.67)	4.46(3.39,5.79)	1 169.21(882.48,1 569.26)
$\chi^2/t/Z$		-1.922	-6.336	-6.461
P		0.055	<0.001	<0.001

2.3 多因素 Logistic 回归分析 PTB-T2DM 患者预后不良的影响因素 以 PTB-T2DM 患者预后情况作为因变量(良好=0,不良=1),将表 2 中差异有统计学意义的指标[痰涂片(阳性=1,阴性=0)、痰培养(阳性=1,阴性=0)、Gene Xpert MTB/RIF 检测结果(阳性=1,阴性=0)、NMLR(原值输入)、SII(原值输入)]作为自变量,进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,痰培养阳性、NMLR 升高、SII 升高为 PTB-T2DM 患者预后不良的危险因素($P<0.05$)。为评估 NMLR、SII 单独成模的评估价值(用于后续 ROC 曲线分析),另行拟合仅含 NMLR、SII 的简化模型,结果显示,NMLR、SII 与 PTB-T2DM 患者预后不良相关($P<0.05$)。见表 3。

2.4 NMLR、SII 对 PTB-T2DM 患者预后不良的评估价值 以 PTB-T2DM 患者预后情况为状态变量(良好=0,不良=1),以 NMLR、SII 单项及二者联合为检验变量,进行 ROC 曲线分析。结果显示,NMLR、SII 单独评估 PTB-T2DM 患者预后不良的 AUC 分别为 0.784、0.789。根据表 4 中模型 2 的多因素 Logistic 回归分析结果,构建模型:Logit(P)=-4.943+0.293 X_{NMLR} +0.858 X_{SII} 。NMLR、SII 联合评估 PTB-T2DM 患者预后不良的 AUC 为 0.884,大于 NMLR、SII 单独评估的 AUC($Z_{2\text{项联合}-\text{NMLR}}=3.645, P_{2\text{项联合}-\text{NMLR}}<0.001; Z_{2\text{项联合}-\text{SII}}=2.986, P_{2\text{项联合}-\text{SII}}=0.003$)。见表 4。

表 3 多因素 Logistic 回归分析 PTB-T2DM 患者预后不良的影响因素

因素	β	SE	$Wald\chi^2$	P	OR	OR 的 95% CI
模型 1						
痰涂片	0.318	0.660	0.232	0.630	1.374	0.377~5.005
痰培养	1.569	0.694	5.115	0.024	4.802	1.233~18.708
Gene Xpert MTB/RIF 检测结果	0.508	0.277	3.371	0.066	1.662	0.966~2.860
NMLR	0.235	0.789	9.124	0.003	1.265	1.086~1.473
SII	0.539	0.231	5.461	0.019	1.714	1.091~2.693
常数项	-16.979	4.513	14.156	<0.001	<0.001	—
模型 2						
NMLR	0.293	0.057	26.212	<0.001	1.341	1.199~1.501
SII	0.858	0.184	21.686	<0.001	2.359	1.644~3.384
常数项	-4.943	0.553	79.991	<0.001	0.007	—

注:模型 1 为全模型;模型 2 为仅拟合含 NMLR、SII 的简化模型,用于后续 ROC 曲线分析;—表示无数据。

表 4 NMLR、SII 对 PTB-T2DM 患者预后不良的评估价值

指标	AUC	AUC 的 95% CI	P	最佳截断值	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数
NMLR	0.784	0.731~0.830	<0.001	4.88	82.35	58.26	0.406
SII	0.789	0.737~0.835	<0.001	1 455.38	72.55	71.30	0.439
2 项联合	0.884	0.839~0.918	<0.001	—	82.35	78.26	0.606

注:—表示无数据。

3 讨 论

PTB 和 T2DM 均为危害公共健康的重大疾病,

伴随 PTB 和 T2DM 发病率的持续上升,二者合并风险显著增加^[11]。T2DM 可通过损害机体免疫功能、降

低巨噬细胞吞噬能力及 T 细胞介导免疫反应,从而促进 MTB 的持续繁殖与病灶进展;PTB 相关炎症反应又会加重胰岛素抵抗及代谢紊乱,形成恶性循环,因此 PTB-T2DM 患者相较于单纯 PTB 患者,痰菌转阴延迟、病灶吸收缓慢、治疗失败及病死风险均显著增加^[14]。临床常规评估 PTB-T2DM 患者预后通常依赖痰菌转阴时间,但痰菌学检测(涂片或培养)存在一定局限,如痰涂片在早期或轻度感染时可能检测不到;痰培养周期较长,难以及时反映病情变化,从而无法快速判断预后^[15]。探索相关敏感指标评估 PTB-T2DM 患者预后,对改善疗效及预后具有重要临床意义。

炎症反应与免疫反应失衡在 PTB-T2DM 发病及进展中起着关键作用,MTB 感染诱导的持续免疫激活能通过抑制胰岛素信号传导和损伤胰岛 β 细胞功能,加剧胰岛素抵抗,同时糖尿病患者持续高血糖环境也会抑制巨噬细胞吞噬及杀菌功能,使机体对 MTB 的清除能力下降,形成恶性循环促进 PTB-T2DM 的发生、发展^[16]。NMLR 和 SII 分别通过中性粒细胞、单核细胞、血小板和淋巴细胞进行综合计算,较单一血液细胞参数能更全面地反映机体炎症负荷与免疫反应之间的相互作用^[6-7]。Cursi 等^[17] 研究报道,NMLR 升高有助于活动性结核病的诊断。Yu 等^[18] 研究发现,SII 与 PTB 患者炎症反应程度和细菌载量呈正相关,且有助于 PTB 的诊断。在糖尿病的临床研究中,既往报道发现 NMLR 升高与 T2DM 患者不良心血管事件增加相关($HR = 1.43, 95\% CI: 1.20 \sim 1.70$)^[19]。SII 升高为 T2DM 患者全因和心血管死亡的独立影响因子^[20]。然而,既往报道多集中于分析 NMLR、SII 与单纯结核病或单纯糖尿病的关系,目前关于 NMLR、SII 在 PTB 合并 T2DM 患者中的意义及其对治疗后预后的影响仍缺乏研究。本研究发现,单纯 PTB 组 NMLR、SII 高于单纯 T2DM 组。MTB 感染可诱导机体产生强烈的系统性炎症反应,中性粒细胞和单核细胞被大量募集至肺组织病灶,同时血小板活化参与局部炎症反应,从而导致外周血 NMLR、SII 升高;相比之下,单纯 T2DM 患者表现为慢性低度炎症和免疫功能异常,外周血 NMLR、SII 较 PTB 患者更低。本研究结果还显示,PTB-T2DM 组 NMLR、SII 高于单纯 PTB 组和单纯 T2DM 组,且 NMLR、SII 升高是 PTB-T2DM 患者预后不良的危险因素。NMLR、SII 升高可能提示中性粒细胞、单核细胞及血小板数量增加和淋巴细胞数量减少,提示机体炎症反应增强及免疫调节功能下降。中性粒细胞作为 MTB 感染早期的重要炎症效应细胞,其数量升高可通过释放活性氧、髓过氧化物酶及蛋白酶,加剧局部组织氧化损伤和坏死;同时中性粒细胞聚集可形成中性粒细胞胞外陷阱,过度激活会破坏肺泡上皮结构,加剧炎症反应并损伤肺组织功能^[21]。单核细胞在

MTB 感染中被募集至病灶后分化为巨噬细胞,参与肉芽肿形成并吞噬 MTB,但在 T2DM 患者长期高血糖状态下,单核细胞过度活化并分泌大量炎症细胞因子,维持慢性炎症微环境,同时高血糖还可通过高级糖基化终末产物/受体通路增强炎症信号,进一步放大炎症反应,促进肺组织损伤和疾病进展^[22]。血小板在高糖及炎症状态下易被激活,可促进白细胞黏附、炎症细胞迁移及内皮细胞激活,进一步放大炎症信号并加重组织损伤;大量血小板聚集还可形成微血栓,进一步加剧肺损伤,影响病灶吸收和组织修复^[23]。淋巴细胞作为机体特异性免疫应答的核心,高血糖环境可抑制淋巴细胞增殖、诱导凋亡,削弱机体对 MTB 的免疫清除能力,导致病灶持续存在,并降低机体抗病能力^[24]。因此,NMLR、SII 升高反映 PTB-T2DM 患者炎症反应增强与免疫抑制共存状态,高血糖通过促进炎症放大和免疫功能下降加重病情,从而导致 MTB 持续感染、病灶吸收延迟及预后不良风险增加。

本研究 ROC 曲线分析显示,NMLR、SII 单独评估 PTB-T2DM 患者预后不良的 ROC 曲线下面积分别为 0.784、0.789,这与既往研究报道血清巨噬细胞移动抑制因子、新蝶呤、富亮氨酸 $\alpha 2$ -糖蛋白 1 评估 PTB-T2DM 患者预后不良的 0.776、0.807、0.755 相近^[25]。这提示基于外周血炎症细胞参数计算的 NMLR、SII 在评估 PTB-T2DM 患者预后方面具有与部分炎症相关生物标志物相当的评估效能。NMLR 与 SII 来源于常规血常规检测,更具检测便捷、成本低廉及临床普及性高等优势,更适合在不同层级医疗机构中推广应用。同时,NMLR、SII 联合评估 PTB-T2DM 患者预后不良的 AUC 显著提高至 0.884,且稍高于既往研究基于多项临床资料和生化指标构建评估模型所报道的 0.878^[26]。这提示将多种炎症相关指标进行联合评估能够进一步提高对 PTB-T2DM 患者预后不良风险的识别能力。NMLR 与 SII 能够同时反映机体炎症反应强度及免疫功能状态,相较于单一指标能够更全面地反映疾病的炎症和免疫病理变化。因此,二者联合在预后评估中表现出更好的综合评估效能。未来临床实践中,可结合 NMLR 和 SII 的最佳截断值对 PTB-T2DM 患者进行风险分层管理:当 NMLR 和 SII 均高于最佳截断值时提示患者可能处于较高预后风险状态,应加强血糖控制、优化抗结核治疗方案并强化随访监测;当仅一项指标升高时提示存在中等风险,可根据患者具体情况适当调整治疗及随访策略;当 2 项指标均低于最佳截断值时提示预后风险相对较低,可按照常规方案进行管理。上述策略有望为临床医师制订个体化治疗和随访方案提供参考,从而进一步改善 PTB-T2DM 患者的临床结局。

综上所述,NMLR、SII 升高与 PTB-T2DM 患者预后不良密切相关,二者联合评估预后不良的价值较高。NMLR 与 SII 均基于血常规结果计算,不依赖额

外试剂或耗材,操作简便、成本低廉,在基层医院同样可应用,具有良好的基层适配性,为基层医疗机构开展 PTB-T2DM 患者早期预后风险分层和管理提供可行的工具。但本研究为单中心回顾性研究,样本量相对有限,可能存在选择偏倚;其次,未纳入其他炎症及免疫相关指标进行综合比较。未来可开展多中心、大样本的前瞻性研究,结合多指标联合建模,以进一步验证 NMLR、SII 在 PTB-T2DM 患者预后评估中的稳定性和临床应用价值。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。
作者贡献 王敏媛:实施研究过程,资料搜集整理,论文撰写和修改;李伟:实施研究过程,资料搜集整理,进行统计学分析;王妮:提出研究思路,论文审核。

参考文献

[1] 李凯凯,党丽慧,张宏伟,等. 2015—2023 年陕西省病原学阳性肺结核时空分布特征分析[J]. 中华流行病学杂志, 2025,46(7):1180-1187.

[2] Zhou Y C,Liu J M,Zhao Z P,et al. The national and provincial prevalence and non-fatal burdens of diabetes in China from 2005 to 2023 with projections of prevalence to 2050[J]. Mil Med Res,2025,12(1):28.

[3] 吴璇,张艳秋,徐吉英,等. 2019—2023 年河南省肺结核合并糖尿病患者治疗转归影响因素分析[J]. 中国防痨杂志,2025,47(4):425-431.

[4] 张买,杨敬源,余琴,等. 2017—2022 年毕节市肺结核合并糖尿病患者流行特征及治疗转归影响因素[J]. 中国感染控制杂志,2025,24(3):402-409.

[5] Thong P M,Wong Y H,Kornfeld H,et al. Immune dysregulation of diabetes in tuberculosis[J]. Semin Immunol, 2025,78:101959.

[6] Liu J,Chen K,Tang M,et al. Oxidative stress and inflammation mediate the adverse effects of cadmium exposure on all-cause and cause-specific mortality in patients with diabetes and prediabetes[J]. Cardiovasc Diabetol,2025,24(1):145.

[7] Cosma-Lăzuran R,Leucuta D C,Popoviciu M S. Systemic immune-inflammation index and related hematologic markers as prognostic tools in type 2 diabetes[J]. Medicina (Kaunas),2025,61(8):1433.

[8] Zhang R,Yu X,Xu Y,et al. NLR and NMLR can be used to differentiate children with tuberculosis disease from other lower respiratory tract infections[J]. Pediatr Infect Dis J,2024,43(4):e146-e147.

[9] 陈兰,沈艳,金柯,等. 肺结核强化期治疗血液学特征的临床意义[J/CD]. 中华肺部疾病杂志(电子版),2024,17(6):913-919.

[10] 中华医学会,中华医学会杂志社,中华医学会全科医学分会,等. 肺结核基层诊疗指南(2018 年)[J]. 中华全科医师杂志,2019,18(8):709-717.

[11] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2017 年版)[J]. 中华糖尿病杂志,2018,10(1):4-67.

[12] 刘彦娟. 肺结核合并糖尿病临床特征和预后的多因素分析[J]. 中国基层医药,2018,25(24):3158-3161.

[13] 王琪,严晓娟. OPN、IFN- γ 、IL-10 检测对活动性肺结核病情及预后判定的临床意义[J]. 临床肺科杂志,2019,24(8):1463-1465.

[14] Boadu A A,Yeboah-Manu M,Osei-Wusu S,et al. Tuberculosis and diabetes mellitus; the complexity of the comorbid interactions [J]. Int J Infect Dis, 2024, 146: 107140.

[15] 丁娜,梁建琴,龚林,等. 糖尿病合并肺结核耐多药快速检测[J]. 中国临床医生杂志,2015,43(12):37-39.

[16] Al-Bari M A A,Peake N,Eid N. Tuberculosis-diabetes comorbidities; mechanistic insights for clinical considerations and treatment challenges [J]. World J Diabetes, 2024,15(5):853-866.

[17] Cursi L,Lancella L,Mariani F,et al. Monocyte-to-lymphocyte, neutrophil-to-lymphocyte and neutrophil-to-monocyte plus lymphocyte ratios in children with active tuberculosis; a multicentre study[J]. Acta Paediatr,2023, 112(11):2418-2425.

[18] Yu Z,Shang Z,Huang Q,et al. Integrating systemic immune-inflammation index, fibrinogen, and T-SPOT. TB for precision distinction of active pulmonary tuberculosis in the era of mycobacterial disease research[J]. Front Microbiol,2024,15:1382665.

[19] Li H L,Dong L P,Wei H L,et al. Elevated neutrophil-monocyte-to-lymphocyte ratio increases risk of adverse outcomes in patients with chronic kidney disease and type 2 diabetes[J]. Eur J Med Res,2025,30(1):436.

[20] Chen C,Chen Y,Gao Q,et al. Association of systemic immune inflammatory index with all-cause and cause-specific mortality among individuals with type 2 diabetes[J]. BMC Cardiovasc Disord,2023,23(1):596.

[21] Beig H,Singh A. Neutrophils from protection to pathogenesis in tuberculosis[J]. ACS Infect Dis,2025,11(11): 2926-2950.

[22] Ahmad F,Rani A,Alam A,et al. Macrophage: a cell with many faces and functions in tuberculosis[J]. Front Immunol,2022,13:747799.

[23] Donohue S,Leisching G,Keane J. The emerging role of immunothrombosis in the control and pathogenesis of Mycobacterium tuberculosis [J]. J Infect Dis, 2026, 233(3):e596-e599.

[24] Vats D,Rani G,Arora A,et al. Tuberculosis and T cells: impact of T cell diversity in tuberculosis infection[J]. Tuberculosis,2024,149:102567.

[25] 刘文艳,马世河,吴成勇,等. 血清 MIF、Neopterin、LRG1 与糖尿病合并肺结核患者预后不良的关系[J]. 热带医学杂志,2025,25(7):955-959.

[26] 蒲杰. 肺结核合并糖尿病患者预后预测模型的构建与验证[D]. 重庆:重庆医科大学,2025.