

## • 临床康复与营养优化策略专题 •

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.11.004

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250928.1213.003\(2025-09-28\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250928.1213.003(2025-09-28))

## 康北高原地区空洞型肺结核与免疫和营养状态的关系及预测模型构建\*

凤 婧<sup>1</sup>, 韩 娟<sup>1</sup>, 李继琼<sup>1</sup>, 尼玛降村<sup>2</sup>, 扎西拉姆<sup>2</sup>, 徐忠碧<sup>2</sup>, 胡晓波<sup>1△</sup>

(1. 成都市第二人民医院呼吸与危重症医学科, 成都 610017; 2. 甘孜县人民医院感染科, 四川甘孜 626700)

**[摘要]** **目的** 探讨康北高原地区空洞型肺结核与免疫及营养状态的关系并构建预测模型。**方法** 回顾性纳入 2023 年 6 月至 2024 年 6 月在甘孜县人民医院就诊的 121 例活动性肺结核患者, 根据影像学分为空洞型组( $n=53$ )与非空洞型组( $n=68$ )。收集临床及实验室数据, 采用单因素及多因素 logistic 回归分析筛选肺结核发生肺空洞的影响因素, 构建预测模型并通过受试者工作特征(ROC)曲线和 Hosmer-Lemeshow 检验评估效能。**结果** 空洞型组吸烟比例、痰检阳性率、病程 $>6$  个月比例、首诊时合并呼吸道症状比例、中性粒细胞与淋巴细胞比值(NLR)、血小板与淋巴细胞比值(PLR)、中性粒细胞、PLT 均高于非空洞型组( $P<0.05$ ), 而预后营养指数(PNI)、淋巴细胞、ALB 均低于非空洞型组( $P<0.05$ )。多因素分析显示, 病程、NLR、ALB 是肺结核患者发生肺空洞的影响因素( $P<0.05$ )。三者联合的曲线下面积(AUC)为 0.909, Hosmer-Lemeshow 检验显示预测模型拟合良好( $\chi^2=10.740, P=0.217$ )。**结论** 康北高原地区肺结核患者出现肺空洞与病程、ALB、NLR 有关, 3 项指标联合的预测价值较高。

**[关键词]** 肺结核; 空洞; 免疫; 营养; 高海拔**[中图法分类号]** R521**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2025)11-2497-06

## Correlation between pulmonary cavitory tuberculosis and immune and nutritional status and prediction model construction in the Kangbei Plateau\*

FENG Jing<sup>1</sup>, HAN Juan<sup>1</sup>, LI Jiqiong<sup>1</sup>, Nima Jiangcun<sup>2</sup>, Zhaxi Lamu<sup>2</sup>, XU Zhongbi<sup>2</sup>, HU XiaoBo<sup>1△</sup>

(1. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Chengdu Second People's

Hospital, Chengdu, Sichuan 610017, China; 2. Department of Infectious Diseases,

Ganzi County People's Hospital, Ganzi, Sichuan 626700, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the association between cavitory pulmonary tuberculosis and immunonutritional status in the Kangbei Plateau and construct a prediction model. **Methods** A total of 121 patients with active pulmonary tuberculosis treated at Ganzi County People's Hospital from June 2023 to June 2024 were retrospectively enrolled and divided into cavitory group ( $n=53$ ) and non-cavitory group ( $n=68$ ) based on imaging findings. Clinical and laboratory data were collected. Influencing factors for pulmonary cavitation in tuberculosis were screened using univariate and multivariate logistic regression analysis to construct a prediction model. The model's performance was evaluated using receiver operating characteristic (ROC) curve analysis and the Hosmer-Lemeshow test. **Results** The cavitory group had higher proportions of smokers, sputum-positive cases, patients with disease duration  $>6$  months, and patients with respiratory symptoms at initial diagnosis, as well as higher neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), platelet-to-lymphocyte ratio (PLR), neutrophil count, and platelet count than the non-cavitory group ( $P<0.05$ ). Conversely, the prognostic nutritional index (PNI), lymphocyte count, and albumin (ALB) level were lower in the cavitory group ( $P<0.05$ ). Multivariate analysis identified disease duration, NLR, and ALB as influencing factors for pulmonary cavitation in tuberculosis patients ( $P<0.05$ ). The prediction model yielded an area under the curve (AUC) of 0.909, and the Hosmer-Lemeshow test indicated good model fit ( $\chi^2=10.740, P=0.217$ ). **Conclusion** Pulmonary cavitation in high-altitude tuberculosis patients is associated with disease duration, ALB, and NLR. The combined predictive value of these three indicators is high.

**[Key words]** tuberculosis; cavity; immunity; nutrition; high altitude

结核病是全球重大公共卫生威胁,2023 年世界卫生组织报告显示全球发病数达 1 060 万,居致命传染病第 2 位<sup>[1-3]</sup>。中国西部康北高原(平均海拔>3 000 m)因低氧、低温、气候干燥等环境因素,结核病负担明显<sup>[4]</sup>。空洞型肺结核与预后不良、耐药性及高传播风险相关,其危险因素存在争议,吸烟、长病程、低 BMI 可能促进空洞的形成<sup>[5]</sup>。而有研究提示,高中性粒细胞与淋巴细胞比值(neutrophil to lymphocyte ratio,NLR)与低 ALB 是其独立预测因素,与 BMI 无关<sup>[6]</sup>。

NLR 是全身免疫和炎症的综合指标,被作为区分肺结核和非结核感染性肺病的标志物<sup>[7]</sup>,与肺结核的不良预后有关<sup>[8-9]</sup>。血清 ALB 水平和预后营养指数(prognostic nutritional index,PNI)是评估营养及免疫状况的重要指标<sup>[10]</sup>。目前高原地区空洞型结核的临床特征及危险因素尚不明确。本研究通过对比康北高原地区空洞型与非空洞型肺结核患者的临床及实验室指标,聚焦免疫和营养状态对空洞形成的预测作用,构建风险模型以指导早期干预,以期改善预后。

### 1 资料与方法

#### 1.1 一般资料

选择 2023 年 6 月至 2024 年 6 月甘孜县人民医院收治的 121 例活动性肺结核患者为研究对象。纳入标准:(1)符合《肺结核诊断(WS 288-2017)》<sup>[11]</sup>中活动性肺结核(包括确诊病例和临床诊断病例)的诊断标准;(2)临床资料完整。排除标准:(1)肺外结核;(2)合并细菌性肺炎;(3)合并血液系统疾病或使用糖皮质激素导致血常规指标明显异常;(4)合并严重器官功能不全;(5)资料不全。空洞型肺结核定义为活动性肺结核患者肺部出现直径≥5 mm 的含气空腔性病变,其影像学特征为边界清楚的透亮区伴周围炎性壁(厚度通常>2 mm),且需排除支气管扩张、肺囊肿等非结核性空腔病变<sup>[12]</sup>。患者均接受 16 层螺旋 CT 检查,由 2 名放射科医师独立阅片,意见不一致时由第 3 名高级职称医师裁定。根据影像学表现将纳入患者分为空洞型组( $n=53$ )和非空洞型组( $n=68$ )。本研究已通过成都市第二人民医院伦理委员会批准(审批号:[KY]PJ2025140),免除患者知情同意。

#### 1.2 方法

收集患者临床资料。(1)一般资料:年龄、性别、BMI、吸烟史、基础疾病、病程、治疗史、首诊时症状及痰检情况;(2)首诊时影像学表现:肺受累部位、是否存在肺部播散影、钙化(包括肺野、纵隔淋巴结和胸膜的钙化);(3)血液检验指标:血常规、生化、C 反应蛋白(C reactive protein,CRP)及红细胞沉降率(erythrocyte sedimentation rate,ESR),并基于此计算 NLR、血小板与淋巴细胞比值(platelet to lymphocyte ratio,PLR)和 PNI。

#### 1.3 统计学处理

采用 SPSS23.0 进行数据分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,比较采用  $t$  检验;不符合正态分布的计量资料以  $M(Q_1,Q_3)$  表示,比较采用 Mann-Whitney  $U$  检验;计数资料以例数或百分比表示,比较采用  $\chi^2$  检验。将单因素分析中差异有统计学意义的变量纳入多因素 logistic 回归分析并构建预测模型,受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线评估预测模型的效能,Hosmer-Lemeshow 检验评估模型拟合度。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

### 2 结 果

#### 2.1 一般资料比较

与非空洞型组比较,空洞型组吸烟比例、痰检阳性率和病程>6 个月比例升高,首诊时合并呼吸道症状较多,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),见表 1。

表 1 两组一般资料比较

| 项目                     | 空洞型组<br>( $n=53$ ) | 非空洞型组<br>( $n=68$ ) | $t/\chi^2$ | $P$   |
|------------------------|--------------------|---------------------|------------|-------|
| 年龄( $\bar{x}\pm s$ ,岁) | 54.23±18.46        | 49.26±20.32         | 0.596      | 0.441 |
| 性别[ $n(\%)$ ]          |                    |                     | 2.991      | 0.101 |
| 男                      | 32(60.38)          | 29(42.65)           |            |       |
| 女                      | 21(39.62)          | 39(57.35)           |            |       |
| 吸烟史[ $n(\%)$ ]         |                    |                     | 9.796      | 0.007 |
| 从不                     | 9(16.98)           | 19(27.94)           |            |       |
| 偶尔                     | 17(32.08)          | 33(48.53)           |            |       |
| 经常                     | 27(50.94)          | 16(23.53)           |            |       |
| 基础疾病[ $n(\%)$ ]        |                    |                     |            |       |
| 高血压                    | 17(32.08)          | 24(35.29)           | 0.138      | 0.847 |
| 糖尿病                    | 19(35.85)          | 14(20.59)           | 3.497      | 0.068 |
| 慢性阻塞性肺疾病               | 12(22.64)          | 14(20.59)           | 0.074      | 0.826 |
| 慢性肝炎                   | 9(16.98)           | 13(19.12)           | 0.091      | 0.816 |
| 病程[ $n(\%)$ ]          |                    |                     | 8.487      | 0.006 |
| ≤6 个月                  | 28(52.83)          | 53(77.94)           |            |       |
| >6 个月                  | 25(47.17)          | 15(22.06)           |            |       |
| 治疗史[ $n(\%)$ ]         |                    |                     | 1.854      | 0.221 |
| 初治                     | 47(88.68)          | 54(79.41)           |            |       |
| 复治                     | 6(11.32)           | 14(20.59)           |            |       |
| 首诊时症状[ $n(\%)$ ]       |                    |                     | 7.047      | 0.012 |
| 呼吸道症状                  | 31(58.49)          | 23(33.82)           |            |       |
| 非呼吸道症状                 | 13(24.53)          | 19(27.94)           |            |       |
| 无明显症状                  | 9(16.98)           | 26(38.24)           |            |       |
| 痰检[ $n(\%)$ ]          |                    |                     | 11.569     | 0.001 |
| 阳性                     | 36(67.92)          | 25(36.76)           |            |       |
| 阴性                     | 17(32.08)          | 43(63.24)           |            |       |

#### 2.2 影像学资料比较

两组患者在肺受累部位、是否存在肺部播散影和

钙化病灶方面比较差异无统计学意义( $P>0.05$ ),见表2。

2.3 免疫与营养状态比较

与非空洞型组相比,空洞型组的中性粒细胞、PLT、NLR、PLR 较高,淋巴细胞、ALB 和 PNI 较低,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。两组 CRP、ESR、血红蛋白、BMI 差异无统计学意义( $P>0.05$ ),见表3。

2.4 肺结核患者空洞形成的多因素 logistic 回归分析

将上述单因素分析中差异有统计学意义的指标纳入多因素 logistic 回归分析,结果显示病程 $>6$ 个月、高 NLR 是肺结核患者空洞形成的独立危险因素,而高 ALB 是肺结核患者空洞形成的保护因素,见表4。

表 2 两组影像学资料比较[n( %)]

| 项目           | 空洞型组<br>( <i>n</i> =53) | 非空洞型组<br>( <i>n</i> =68) | $\chi^2$ | <i>P</i> |
|--------------|-------------------------|--------------------------|----------|----------|
| 受累部位         |                         |                          | 1.261    | 0.532    |
| 上叶尖后段、下叶背段   | 39(73.58)               | 44(64.70)                |          |          |
| 上叶尖后段、下叶背段以外 | 6(11.32)                | 12(17.65)                |          |          |
| 全肺           | 8(15.09)                | 12(17.65)                |          |          |
| 肺部播散影        |                         |                          | 1.492    | 0.263    |
| 是            | 49(92.45)               | 58(85.29)                |          |          |
| 否            | 4(7.55)                 | 10(14.71)                |          |          |
| 钙化           |                         |                          | 0.129    | 0.434    |
| 是            | 18(33.96)               | 21(30.88)                |          |          |
| 否            | 35(66.04)               | 47(69.12)                |          |          |

表 3 两组免疫状态与营养状态比较

| 项目                                                                                   | 空洞型组( <i>n</i> =53)   | 非空洞型组( <i>n</i> =68)  | <i>Z</i> / <i>t</i> | <i>P</i> |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|----------|
| 免疫指标                                                                                 |                       |                       |                     |          |
| 中性粒细胞[ <i>M</i> ( <i>Q</i> <sub>1</sub> , <i>Q</i> <sub>3</sub> ), $\times 10^9$ /L] | 5.06(4.07,6.39)       | 4.09(2.82,5.53)       | −2.176              | 0.030    |
| 淋巴细胞[ <i>M</i> ( <i>Q</i> <sub>1</sub> , <i>Q</i> <sub>3</sub> ), $\times 10^9$ /L]  | 0.95(0.67,1.26)       | 2.05(1.37,3.81)       | 3.839               | <0.001   |
| PLT( $\bar{x}\pm s$ , $\times 10^9$ /L)                                              | 308.60±89.76          | 267.55±90.76          | 2.007               | 0.048    |
| CRP( $\bar{x}\pm s$ ,mg/L)                                                           | 91.33±70.49           | 61.44±57.01           | 2.071               | 0.051    |
| ESR( $\bar{x}\pm s$ ,mm/h)                                                           | 43.66±29.12           | 33.44±27.22           | 1.441               | 0.492    |
| NLR[ <i>M</i> ( <i>Q</i> <sub>1</sub> , <i>Q</i> <sub>3</sub> )]                     | 5.22(3.21,7.52)       | 2.50(1.93,3.98)       | −4.096              | <0.001   |
| PLR[ <i>M</i> ( <i>Q</i> <sub>1</sub> , <i>Q</i> <sub>3</sub> )]                     | 377.92(220.11,490.69) | 173.35(137.28,241.78) | −4.175              | <0.001   |
| 营养指标                                                                                 |                       |                       |                     |          |
| ALB[ <i>M</i> ( <i>Q</i> <sub>1</sub> , <i>Q</i> <sub>3</sub> ),g/L]                 | 32.01(28.03,34.31)    | 37.22(35.63,41.71)    | 5.265               | <0.001   |
| 血红蛋白[ <i>M</i> ( <i>Q</i> <sub>1</sub> , <i>Q</i> <sub>3</sub> ),g/L]                | 142(121,156)          | 145(134,162)          | 1.861               | 0.063    |
| BMI[ <i>M</i> ( <i>Q</i> <sub>1</sub> , <i>Q</i> <sub>3</sub> ),kg/m <sup>2</sup> ]  | 21.30(19.65,24.15)    | 21.85(20.10,23.85)    | 0.815               | 0.415    |
| PNI[ <i>M</i> ( <i>Q</i> <sub>1</sub> , <i>Q</i> <sub>3</sub> )]                     | 37.35(31.86,39.96)    | 45.32(41.87,50.21)    | 5.408               | <0.001   |

表 4 肺结核患者空洞形成的多因素 logistic 回归分析

| 影响因素 | $\beta$ | <i>Wald</i> | <i>OR</i> | 95% <i>CI</i> | <i>P</i> |
|------|---------|-------------|-----------|---------------|----------|
| 病程   | 1.606   | 4.457       | 4.984     | 1.122~22.138  | 0.035    |
| NLR  | 0.756   | 4.376       | 2.131     | 1.049~4.328   | 0.036    |
| ALB  | −0.216  | 6.482       | 0.806     | 0.683~0.952   | 0.011    |

2.5 病程、NLR、ALB 对肺结核患者空洞形成的预测效能

根据上述影响因素构建预测模型, $P=1/[1+e^{(4.577+1.444\times\text{病程}-0.218\times\text{ALB}+0.579\times\text{NLR})}]$ 。

ROC 曲线分析显示:病程的预测效能较差;NLR 与 ALB 的预测效能更好,但二者 AUC 差异无统计学意义( $P=0.747$ )。NLR 联合 ALB 后 AUC 升至 0.888,与单一指标无明显差异( $P>0.05$ );病程、NLR、ALB 联合时 AUC 达 0.909,明显优于单一指标( $P<0.05$ ),见表5。Hosmer-Lemeshow 检验证实预测模型拟合度良好( $\chi^2=10.740,P=0.217$ )。

表 5 病程、NLR、ALB 对空洞型肺结核的预测价值

| 变量         | AUC   | 95% <i>CI</i> | 截断值       | 灵敏度(%) | 特异度(%) | <i>P</i> |
|------------|-------|---------------|-----------|--------|--------|----------|
| 病程         | 0.675 | 0.560~0.776   | 6个月       | 48.57  | 86.36  | <0.001   |
| NLR        | 0.829 | 0.727~0.904   | 5.10      | 65.70  | 93.20  | <0.001   |
| ALB        | 0.846 | 0.748~0.918   | 34.47 g/L | 82.86  | 84.09  | <0.001   |
| NLR+ALB    | 0.888 | 0.797~0.948   |           | 77.14  | 93.18  | <0.001   |
| 病程+NLR+ALB | 0.909 | 0.823~0.962   |           | 85.71  | 93.18  | <0.001   |

### 3 讨 论

空洞型肺结核占继发性肺结核的 20%~40%，这类患者是主要的结核传染源<sup>[5]</sup>。本研究纳入 121 例活动性肺结核患者，结果显示空洞型组吸烟比例、痰检阳性率、病程>6 个月比例及呼吸道症状首诊率均明显高于非空洞型组；但两组在年龄、性别、基础疾病、治疗史及影像学特征方面无明显差异。提示二者虽存在部分临床特征差异，但多数特征具有相似性。

糖尿病与肺结核空洞形成的关系尚存争议，部分研究表明糖尿病是空洞形成的独立危险因素，且病灶多分布于下野<sup>[13]</sup>，其机制可能与高血糖抑制肺泡巨噬细胞 MARCO/CD14 受体表达削弱其吞噬功能，同时诱导肿瘤坏死因子- $\alpha$  (tumor necrosis factor- $\alpha$ , TNF- $\alpha$ )、IL-17 等促炎因子过度分泌，加速组织破坏相关<sup>[14-15]</sup>；而糖尿病相关免疫应答的区域异质性(如中性粒细胞通路的跨区域差异)可能通过局部修复机制抵消炎症损伤<sup>[16]</sup>；此外，糖尿病患者的自然杀伤细胞活性普遍降低，但 CD8<sup>+</sup>T 细胞或巨噬细胞的代偿性免疫应答可抑制细菌扩散，减少空洞形成<sup>[17]</sup>，从而解释了本研究未观察到明显关系。吸烟可削弱免疫防御并增加结核病风险<sup>[18]</sup>，且可能导致更高的耐药率、复发率和死亡率<sup>[19-20]</sup>，其机制可能涉及尼古丁抑制巨噬细胞 TNF- $\alpha$  分泌，导致菌载量升高、治疗反应下降。合并空洞的肺结核患者痰检阳性率更高，与 KIM 等<sup>[5]</sup>、NAKAO 等<sup>[6]</sup>研究一致，但与曾庆球等<sup>[10]</sup>的结果存在差异，可能与地域或不同液体培养系统的灵敏度差异等有关<sup>[21]</sup>。

肺结核的临床表现取决于宿主和病原体之间的复杂相互作用而各不相同，从无症状的终生感染到肺实质破坏导致空洞性病变<sup>[5]</sup>。NLR 能反映宿主的炎症程度及免疫状态，其价值已在多种疾病中被证实<sup>[22-23]</sup>，且在结核与细菌性肺炎的鉴别中显示出潜力<sup>[7,24-25]</sup>。本研究提示，高 NLR 是肺结核空洞形成的独立危险因素。中性粒细胞增多与淋巴细胞减少可能反映免疫失衡<sup>[26]</sup>，而 NLR 升高提示淋巴细胞介导的免疫反应减弱<sup>[27]</sup>。此外，巨噬细胞和 T 淋巴细胞在肺结核空洞形成中发挥着关键作用<sup>[28]</sup>，因此，循环血淋巴细胞相对比例的改变可能会影响空洞的形成。PLR 虽在空洞组较高，但未显示独立预测价值。高 NLR 可能提示宿主免疫失衡，并独立预测空洞形成，临床中需关注其变化以优化干预策略，未来研究若能纳入更精细的免疫评估指标(如 CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup>T 细胞亚群)，将有助于精确解析淋巴细胞亚群失衡在空洞形成中的特异性作用。

结核病与营养不良的关系已明确，营养不良使患者死亡风险倍增且为治疗失败的可逆风险因素<sup>[29-30]</sup>。ALB 是关键指标，ALB<3.0 g/dL 明显增加死亡风

险<sup>[31]</sup>，并建议用于营养动态监测<sup>[32]</sup>；本研究证实高 ALB 是空洞形成的独立保护因素。BMI 作为营养指标存在争议：低 BMI 虽与空洞形成相关<sup>[29]</sup>，但结核病等分解代谢疾病患者短期内体重骤降，BMI 仍可能正常，无法反映身体成分急性流失，导致其评估灵敏度不足。PNI 的预测价值尚未统一：低 PNI 与空洞及死亡相关<sup>[6,33]</sup>，但部分研究未支持其独立预测性<sup>[10]</sup>。此外，病程>6 个月因体内细菌持续增殖及组织破坏加剧，明显增加空洞形成风险。低 ALB 与长病程是空洞形成的核心预测因素，临床需优先监测 ALB 以指导营养干预，而 BMI 和 PNI 的评估需结合代谢及炎症指标综合考量。

本研究显示，康北高原地区肺结核患者的空洞形成与病程>6 个月、高 NLR 及低 ALB 有关。基于高原特异性影响因素构建的预测模型具有较高的临床实用性，可低成本评估患者免疫及营养状态并指导早期干预：对于病程较长的患者应缩短随访间隔；对于 NLR 升高或 ALB 降低的患者，可考虑早期营养支持治疗和免疫调节干预。同时，建议在高海拔地区结核病筛查中常规检测 NLR 和 ALB，以便及时发现高风险患者。值得注意的是，糖尿病与空洞形成无关，可能反映高原独特的风险因素谱。本研究作为单中心回顾性研究，样本量相对有限，且未能完全控制遗传背景、环境暴露等混杂因素的影响。未来可在高海拔地区开展多中心临床研究，以扩大样本量并验证当前模型的普适性；同时结合动物实验和分子生物学研究，深入揭示高原低氧环境下免疫-营养失衡促进空洞形成的具体分子机制；在此基础上，进一步设计随机对照试验，系统评估基于这些危险因素的精准确干预措施(如营养支持联合免疫调节)对预防空洞形成的实际临床效果，从而为高原地区结核病的精准防控提供更可靠的循证医学证据。

### 参考文献

- [1] 舒薇,刘宇红.世界卫生组织《2023 年全球结核病报告》解读[J]. 结核与肺部疾病杂志,2024,5(1):15-19.
- [2] World Health Organization. Global Tuberculosis Report 2023[EB/OL]. (2023-11-07)[2025-03-20]. <https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2023>.
- [3] 舒薇,刘宇红.笃志创新 躬行致远:世界卫生组织《2023 年全球结核病报告》结核病科学研究章节解读[J]. 中国防痨杂志,2024,46(6):613-617.

- [4] LI H, GE M, ZHANG M. Spatio-temporal distribution of tuberculosis and the effects of environmental factors in China[J]. *BMC Infect Dis*, 2022, 22(1):565.
- [5] KIM S H, SHIN Y M, YOO J Y, et al. Clinical factors associated with cavitory tuberculosis and its treatment outcomes[J]. *J Pers Med*, 2021, 11 (11):1081.
- [6] NAKAO M, MURAMATSU H, ARAKAWA S, et al. Immunonutritional status and pulmonary cavitation in patients with tuberculosis: a revisit with an assessment of neutrophil/lymphocyte ratio[J]. *Respir Investig*, 2019, 57(1):60-66.
- [7] SHOJAAN H, KALAMI N, GHASEMPOUR ALAMDARI M, et al. Diagnostic value of the neutrophil lymphocyte ratio in discrimination between tuberculosis and bacterial community acquired pneumonia: a meta-analysis[J]. *J Clin Tuberc Other Mycobact Dis*, 2023, 33:100395.
- [8] KOBAYASHI N, TANAKA K, MURAOKA S, et al. Influence of age, IGRA results, and inflammatory markers on mortality in hospitalized tuberculosis patients [J]. *J Infect Chemother*, 2024, 30(1):48-52.
- [9] GU Z, LIU B, YU X, et al. Association of blood neutrophil-lymphocyte ratio with short-term prognosis and severity of tuberculosis meningitis patients without HIV infection[J]. *BMC Infect Dis*, 2023, 23(1):449.
- [10] 曾庆球, 王伟洪, 童照威, 等. 肺结核患者肺部空洞形成与免疫及营养状态的相关性分析[J]. *中华临床感染病杂志*, 2021, 14(5):358-363.
- [11] 原中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. WS288-2017 肺结核诊断[EB/OL]. (2017-11-09) [2025-03-20]. <https://www.nhc.gov.cn/wjw/s9491/201712/a452586fd21d4018b0ebc00b89c06254.shtml>.
- [12] URBANOWSKI M E, ORDONEZ A A, RUIZ-BEDOYA C A, et al. Cavitory tuberculosis: the gateway of disease transmission[J]. *Lancet Infect Dis*, 2020, 20(6):e117-128.
- [13] RONG X S, YAO C. Computed tomography imaging and clinical significance of bacterium-positive pulmonary tuberculosis complicated with diabetes[J]. *World J Clin Cases*, 2024, 12 (20):4230-4238.
- [14] THONG P M, WONG Y H, KORNFELD H, et al. Immune dysregulation of diabetes in tuberculosis [J]. *Semin Immunol*, 2025, 78:101959.
- [15] YANG M, LI P, LIU H, et al. The association between type 2 diabetes and pulmonary cavitation revealed among IGRA-positive tuberculosis patients[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2023, 10:1245316.
- [16] QUEIROZ A T L, VINHAES C L, FUKUTANI E R, et al. A multi-center, prospective cohort study of whole blood gene expression in the tuberculosis-diabetes interaction [J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1):7769.
- [17] WEI R, LI P, XUE Y, et al. Impact of diabetes mellitus on the immunity of tuberculosis patients: a retrospective, cross-sectional study[J]. *Risk Manag Health Policy*, 2022, 15:611-627.
- [18] HU X, LIU J, SHAO Y, et al. Smoking exposure and the risk of latent tuberculosis infection: results from NHANES 2011 – 2012 [J]. *Toxics*, 2024, 12(1):94.
- [19] POURALI F, KHADEMLOO M, ABEDI S, et al. Relationship between smoking and tuberculosis recurrence: a systematic review and meta-analysis[J]. *Indian J Tuberc*, 2023, 70(4):475-482.
- [20] FELDMAN C, THERON A J, CHOLO M C, et al. Cigarette smoking as a risk factor for tuberculosis in adults: epidemiology and aspects of disease pathogenesis [J]. *Pathogens*, 2024, 13 (2):151.
- [21] PALACI M, DIETZE R, HADAD D J, et al. Cavitory disease and quantitative sputum bacillary load in cases of pulmonary tuberculosis [J]. *J Clin Microbiol*, 2007, 45(12):4064-4066.
- [22] HOU X, ZHANG X. The value of combined detection D-dimer and NLR in judging the severity and short-term prognosis of acute cardiogenic cerebral embolism in elderly patients [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2024, 33(8):107763.
- [23] EVLICE A, SANLI Z S, BOZ P B. The importance of vitamin-D and neutrophil-lymphocyte ratio for Alzheimer's disease [J]. *Pak J Med Sci*, 2023, 39(3):799-803.
- [24] AYGÜN D, ÖNAL P, KILINÇ A A, et al. Can complete blood count parameters and serum electrolyte levels have a predictive role in differ-

- ential diagnosis of tuberculosis from community-acquired pneumonia in children? [J]. *Turk Arch Pediatr*, 2024, 59(3):289-295.
- [25] YOON N B, SON C, UM S J. Role of the neutrophil-lymphocyte count ratio in the differential diagnosis between pulmonary tuberculosis and bacterial community-acquired pneumonia [J]. *Ann Lab Med*, 2013, 33(2):105-110.
- [26] SHENG Y, HUA H, CUI Y, et al. Neutrophil-to-lymphocyte ratio and its correlation with tuberculosis infection; a cross-sectional survey based on the NHANES database[J]. *J Thorac Dis*, 2025, 17(1):70-81.
- [27] YANG X, HAN X, LIANG M, et al. The role of neutrophil to lymphocyte ratio in patients with COPD-OSA overlap syndrome[J]. *Sleep Breath*, 2024, 28(3):1329-1335.
- [28] JI Y, XIE Q, WEI W, et al. Association between blood inflammatory status and the survival of tuberculosis; a five-year cohort study[J]. *Front Immunol*, 2025, 16:1556857.
- [29] TER BEEK L, BOLHUIS M S, JAGER-WITT-ENAAR H, et al. Malnutrition assessment methods in adult patients with tuberculosis; a systematic review [J]. *BMJ Open*, 2021, 11(12):e049777.
- [30] LI Y, ZHOU H, ZHAO C, et al. Nutritional support clinical efficacy in tuberculosis; quasi-experimental study[J/OL]. *BMJ Support Palliat*. [2025-03-11]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39209354/>.
- [31] KWON O B, KIM H W, KIM J S, et al. Nutrition status and comorbidities are important factors associated with mortality during anti-tuberculosis treatment [J]. *J Korean Med Sci*, 2025, 40(17):e73.
- [32] LU C, XU Y, LI X, et al. Nutritional status affects immune function and exacerbates the severity of pulmonary tuberculosis[J]. *Front Immunol*, 2024, 15:1407813.
- [33] LIU Q X, TANG D Y, XIANG X, et al. Associations between nutritional and immune status and clinicopathologic factors in patients with tuberculosis: a comprehensive analysis [J]. *Front Cell Infect Microbiol*, 2022, 12:1013751.
- (收稿日期:2025-05-04 修回日期:2025-07-12)  
(编辑:唐 璞)
- 
- (上接第 2496 页)
- [27] ARJONA RETAMAL J J, FERNÁNDEZ SEIJO A, TORRES CINTAS J D, et al. Effects of instrumental, manipulative and soft tissue approaches for the suboccipital region in subjects with chronic mechanical neck pain. A randomized controlled trial[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(16):8636.
- [28] BIALOSKY J E, BENECIUK J M, BISHOP M D, et al. Unraveling the mechanisms of manual therapy: modeling an approach [J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2018, 48(1):8-18.
- [29] SUN X, CHAI L, HUANG Q, et al. Effects of exercise combined with cervicothoracic spine self-mobilization on chronic non-specific neck pain[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1):5298.
- [30] MACMILLAN N J, KAPCHINSKY S, KONO-KHOVA Y, et al. Eccentric ergometer training promotes locomotor muscle strength but not mitochondrial adaptation in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease[J]. *Front Physiol*, 2017, 8:114.
- [31] MUELLER J, WEINIG J, NIEDERER D, et al. Resistance, motor control, and mindfulness-based exercises are effective for treating chronic nonspecific neck pain; a systematic review with meta-analysis and dose-response meta-regression[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2023, 53(8):420-459.
- [32] SNIJDERS T, NEDERVEEN J P, JOANISSE S, et al. Muscle fibre capillarization is a critical factor in muscle fibre hypertrophy during resistance exercise training in older men[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2017, 8(2):267-276.
- [33] CUMMING K T, REITZNER S M, HANSLIEN M, et al. Muscle memory in humans: evidence for myonuclear permanence and long-term transcriptional regulation after strength training[J]. *J Physiol*, 2024, 602(17):4171-4193.
- (收稿日期:2025-02-22 修回日期:2025-07-11)  
(编辑:袁皓伟)