

DOI: 10.20135/j.issn.1006-8147.2026.01.0045

论著

加速康复外科联合全胸腔镜肺叶切除术对早期非小细胞肺癌患者术后炎症及免疫功能的影响

张印, 庞彬, 曹睿

(河南省南阳市第二人民医院胸外科, 南阳 473000)

摘要 目的:探讨加速康复外科(ERAS)联合全胸腔镜肺叶切除术(VATS)对早期非小细胞肺癌(NSCLC)患者术后炎症及免疫功能的影响。方法:采用前瞻性队列研究,纳入2024年1月至2024年10月在河南省南阳市第二人民医院胸外科接受VATS的早期NSCLC患者,纳入的患者采用区组随机法(区组长为4),按1:1比例分为VATS+ERAS组(53例)和VATS对照组(50例)。检测两组术前及术后24、72h的血清细胞因子白细胞介素(IL)-6、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、IL-10水平、CD4⁺/CD8⁺比值及肺功能指标,通过K-means聚类($k=3$)分析术后恢复轨迹模式。聚类结果的质量通过轮廓系数(Silhouette Score)进行评估, >0.7 表明聚类效果良好。结果:术后72h,与VATS对照组相比,VATS+ERAS组IL-6水平($t=-13.57, P<0.001$)、TNF- α 水平降低($t=-8.67, P<0.001$), IL-10水平($t=5.89, P<0.01$)、CD4⁺/CD8⁺比值升高($t=3.45, P<0.001$)。动态轨迹分析(Silhouette Score=0.78)识别出3种恢复模式:快速康复组(67%为ERAS联合VATS)、延迟恢复组(41%为对照组)及混合型组,其中混合型组并发症发生率是快速组的2.8倍(95% CI: 1.5~5.1, $P<0.01$)。ERAS联合VATS显著改善肺功能(第1秒用力呼气容积提高18%($t=3.15, P<0.01$)并降低肺炎发生率(9.4% vs. 24.0%, $\chi^2=4.32, P=0.021$)。结论:ERAS与VATS协同作用通过调控炎症-免疫网络加速术后康复,动态轨迹分析为识别高危患者及制定个体化干预策略提供了关键生物标志物。

关键词 加速康复外科;全胸腔镜肺叶切除术;非小细胞肺癌;细胞因子谱;CD4⁺/CD8⁺比值;肺功能恢复;炎症

中图分类号 R655.3

文献标志码 A

文章编号 1006-8147(2026)01-0045-05

Effect of enhanced recovery after surgery combined with video-assisted thoracoscopic lobectomy on postoperative inflammation and immune function in patients with early-stage non-small cell lung cancer

ZHANG Yin, PANG Bin, CAO Rui

(Department of Thoracic Surgery, The Second People's Hospital of Nanyang City, Henan Province, Nanyang 473000, China)

Abstract Objective: To investigate the impact of enhanced recovery after surgery (ERAS) combined with video-assisted thoracoscopic lobectomy (VATS) on postoperative inflammation and immune function in patients with early-stage non-small cell lung cancer (NSCLC). **Methods:** A prospective cohort study was conducted. Early-stage NSCLC patients who underwent VATS at the Department of Thoracic Surgery, the Second People's Hospital of Nanyang City, Henan Province from January 2024 to October 2024, were enrolled. The enrolled patients were allocated using block randomization (block size of 4) in a 1:1 ratio to either the VATS+ERAS group ($n=53$) or the VATS control group ($n=50$). Serum levels of cytokines interleukin-6 (IL-6), tumor necrosis factor- α (TNF- α), interleukin-10 (IL-10), the CD4⁺/CD8⁺ ratio, and pulmonary function indices in two groups were measured preoperatively and at 24 h and 72 h postoperatively. K-means clustering ($k=3$) was used to analyze postoperative recovery trajectory patterns. The quality of the clustering results was assessed using the Silhouette Score, with a value >0.7 indicating good clustering effectiveness. **Results:** At 72 hours after surgery, compared with the VATS control group, the VATS+ERAS group showed a decrease in IL-6 levels ($t=-13.57, P<0.001$) and TNF- α levels ($t=-8.67, P<0.001$), an increase in IL-10 levels ($t=5.89, P<0.01$) and CD4⁺/CD8⁺ ratio ($t=3.45, P<0.001$). Dynamic trajectory analysis (Silhouette Score=0.78) identified three distinct recovery patterns: a rapid recovery group (67% of which received ERAS combined with VATS), a delayed recovery group (41% belonging to the control group), and a mixed-type group. The complication incidence in the mixed-type group was 2.8 times that of the rapid recovery group (95% CI: 1.5-5.1, $P<0.01$). ERAS combined with VATS significantly improved pulmonary function, evidenced by an 18% increase in forced expiratory volume in the first second (FEV1) ($t=3.15, P<0.01$), and reduced the incidence of pneumonia (9.4% vs. 24.0%, $\chi^2=4.32, P=0.021$). **Conclusion:** The synergistic effect of ERAS and VATS accelerates postoperative recovery by regulating the inflammatory-immune network. Dynamic trajectory analysis provides key biomarkers for identifying high-risk patients and formulating individualized intervention strategies.

Key words enhanced recovery after surgery; video-assisted thoracoscopic lobectomy; non-small cell lung cancer; cytokine profile; CD4⁺/CD8⁺ ratio; pulmonary function recovery; inflammation

作者简介 张印(1987-),男,医师,学士,研究方向:胸外科;E-mail:wsjc2025@163.com。

肺癌是全球发病率最高的恶性肿瘤,其中非小细胞肺癌(NSCLC)占比超过 80%^[1-3]。随着微创技术的发展,全胸腔镜肺叶切除术(VATS)因其创伤小、恢复快等优势,已成为早期 NSCLC 的标准术式^[4]。然而,术后仍存在炎症反应失控、免疫功能抑制等挑战,导致患者肺功能下降和生活质量受损^[5]。

加速康复外科(ERAS)通过优化围术期管理策略,显著降低术后并发症发生率并缩短住院时间^[6]。近年来,ERAS 理念在胸外科领域快速推广,但其与 VATS 的协同作用机制尚未明确。值得注意的是,手术应激可引发瀑布式炎症反应,同时导致 CD4⁺/CD8⁺免疫平衡失调,这可能是术后肺功能恢复延迟的重要诱因^[7]。现有研究多聚焦单一术式改良,缺乏对“微创手术+精准康复”联合策略的系统评价^[8]。本研究基于前期 VATS 疗效分析,将 ERAS 方案与 VATS 相结合,通过前瞻性队列研究探讨其对早期 NSCLC 患者术后细胞因子谱及免疫功能的影响。

1 对象与方法

1.1 研究对象 本研究为前瞻性队列研究,纳入 2024 年 1 月至 2024 年 10 月在河南省南阳市第二人民医院胸外科接受肺叶切除术的早期 NSCLC 患者 103 例。根据《中华医学会肺癌临床诊疗指南(2023 版)》^[9],纳入标准:(1)组织学确诊为 NSCLC [美国癌症联合委员会(AJCC)分期 T1-2aN0M0]。(2)肺功能储备良好[第 1 秒用力呼气容积(FEV1)≥80%预计值]。(3)无严重心肺功能障碍[美国麻醉医师协会(ASA)分级 I~II 级]。排除标准:(1)合并肝、肾等重要器官器质性病变,心脏疾病。(2)术前行放化疗。(3)存在 VATS 的手术禁忌证,如严重的心肺功能不全、凝血功能障碍、无法耐受全身麻醉等。(4)近 6 个月内接受过胸部手术的患者。本研究已上报河南省南阳市第二人民医院医学伦理委员会,并经批准后实施(伦理编号:2023-KC-047)。

采用区组随机法(区组长度为 4)将患者分为 2 组:VATS+ERAS 组($n=53$)和 VATS 对照组($n=50$)。

1.2 治疗方法 VATS 对照组:患者健侧卧位,在腋中线第 7 或 8 肋间作一长 1.0~1.5 cm 的切口,作为观察孔。在锁骨中线与腋前线第 4 或 5 肋间作一长 3~4 cm 切口,作为主操作孔。在腋后线第 7 肋间作一长 1~2 cm 切口,作为副操作孔。胸腔镜通过观察孔探查胸腔,评估肿瘤位置与周围组织的关系,以及胸腔黏连和不全叶裂的情况。钝性分离胸腔内黏连组织及不全叶裂,游离肺静脉、支气管及肺动脉。采用内镜直线切开器,沿着预定切除线将癌变肺叶

组织完整切除。根据术前评估,对左肺的第 5、6、7、8、9、10、11 组淋巴结进行清扫,对右肺的第 2、3A、4、7、8、9、10、11 组淋巴结进行清扫。切除肺叶及清扫淋巴结后,用生理盐水冲洗胸腔,清除血液、积液及碎组织,对出血点进行电凝止血,确认胸腔内无出血及肺叶漏气后,放置引流管,逐层缝合切口。

VATS+ERAS 组:术前通过结构化宣教(视频+手册)消除患者焦虑,使其熟悉术后疼痛管理、早期活动及营养支持方案。每日进行 30 min 腹式呼吸联合缩唇呼吸训练,辅以呼气正压(PEP)装置锻炼肺功能,显著降低术后肺部感染风险。对营养不良高风险患者[营养风险筛查 2002(NRS2002)评分≥3 分]实施术前 72 h 高蛋白肠内营养[1.2~1.5 g/(kg·d)],改善术后免疫状态。术前 2 h 穿戴梯度加压弹力袜,联合术前 12 h 低分子肝素(依诺肝素 40 mg)预防深静脉血栓。术中采用充气式保温毯维持核心体温 36~38℃,术中输入液体及冲洗液均预热至 37℃,避免低体温诱发炎症反应。实施胸段硬膜外麻醉联合全身麻醉,提供持续镇痛并保留自主呼吸功能,减少术后呼吸抑制风险。严格遵循 VATS 手术规范,控制切口大小(≤4 cm),减少组织损伤及应激激素释放。使用温盐水纱布覆盖肺表面,降低肺泡表面活性物质丢失,促进肺复张。术后 6 h 内协助患者床上自主翻身,24 h 内下床行走,通过重力作用促进胃肠蠕动及肺功能恢复。采用患者自控硬膜外镇痛(PCSA)联合非甾体类抗炎药(NSAIDs),实现镇痛效果与胃肠动力恢复的平衡。术后 48 h 内逐步过渡至经口饮食,优先选择高蛋白、低脂、易消化食物,必要时短期使用肠内营养管。每日进行雾化吸入(布地奈德+乙酰半胱氨酸)联合深呼吸训练,促进肺泡清除及气体交换。

1.3 样本采集与检测

1.3.1 血液样本采集 分别采集麻醉诱导前 24 h(晨起空腹状态)、气管插管拔除后 24 h(术后第 1 天)及术后 72 h(术后第 3 天)3 个时间点血样,使用 BD Vacutainer[®]血清分离管(3 mL/管)采集静脉血,全血样本加入 EDTA-K2 抗凝管(5 mL/管,用于流式细胞术),4℃下 3 000 r/min 离心 10 min。

1.3.2 细胞因子检测 使用 ELISA 检测样本白细胞介素(IL)-6、IL-10(BD Biosciences, USA)、肿瘤坏死因子(TNF)- α (R&D Systems, USA)水平,IL-6、TNF- α 按 1:50 稀释,IL-10 按 1:100 稀释,每孔加入标准品、稀释样本及空白对照,40℃孵育 1 h(避光),加入终止液,波长 450 nm(IL-6/IL-10)及 570 nm

(TNF- α)。

1.3.3 免疫功能检测 全血样本 1 400 r/min, 20 $^{\circ}$ C, 30 min 进行 Ficoll 密度梯度离心, 吸取单个核细胞层, 洗涤后重悬于 PBS(含 2% FBS), 标记 CD3-FITC、CD4-PE、CD8-APC, PBS+1% BSA 阻断 30 min, 一抗孵育(1:200, 4 $^{\circ}$ C, 30 min), PBS+0.05% Tween-20 ($\times 3$), 1%多聚甲醛固定(室温, 15 min)。使用 BD FACSVerse 流式分析仪(FSC:200-2500, SSC:20-10000, CD3:250V、CD4:300V、CD8:400V), 圈淋巴细胞门(FSC<250, SSC<10 000)进行收集分析。

1.4 观察指标

1.4.1 疗效指标 观察记录两组术中和术后的疗效指标, 包括术中出血量、术后引流时间、手术耗时及住院天数。

1.4.2 肺功能指标 术后第7天采用肺功能检测仪测定肺功能。检测前30 min内避免剧烈运动, 受试者佩戴鼻夹, 在最大吸气时深吸一口气, 确保肺部完全充气, 在检测人员的指导下, 迅速用力呼气, 并持续至无法再呼出更多气体, 观察记录两组患者每分钟最大通气量(MVV)、第1秒用力呼气容积(FEV1)、用力肺活量(FVC)、最大呼气流量(PEF)。

1.4.3 运动耐力指标 术后第7天, 使用6 min步行试验评估患者运动耐力。所有试验均在医疗走廊平坦的硬质地面进行, 步行路线30 m, 每3 m处设有标记。患者在走廊上来回步行6 min, 尽最大的能

力步行最远距离。记录两组患者在6 min内能够步行的距离。在测试开始前, 记录两组患者静息状态下心率, 在运动结束后, 持续监测患者心率, 记录恢复静息状态的时间。

1.4.4 并发症与康复质量评估 监测并记录术后至出院期间及出院后30 d内随访的并发症。肺炎的诊断需结合发热、咳嗽、肺部啰音等临床症状及影像学新发或进展性浸润影。胸腔积液定义为术后胸部X线或超声证实、并需要行胸腔穿刺引流的症状性积液。康复质量采用本中心制定的综合评分(0~1分)进行评估, 涵盖术后镇痛效果、早期下床活动、自主进食及患者主观舒适度。

1.5 统计学处理 通过广义估计方程校正患者间异质性, 比较两组术后72 h IL-6、TNF- α 及 IL-10 水平; 基于 K-means 聚类算法对 IL-6 与 CD4 $^{+}$ /CD8 $^{+}$ 比值进行患者分群($k=3$), 通过轮廓系数(Silhouette Score>0.7)验证聚类有效性, 识别“快速康复”、“延迟恢复”、“混合型”3种恢复模式; 为评估免疫指标与肺功能恢复的关系, 采用 Pearson 相关分析检验 CD4 $^{+}$ /CD8 $^{+}$ 比值与 FEV1 的相关性。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线特征与手术情况 VATS+ERAS 组和 VATS 对照组的基线特征无统计学差异(表1), 两组手术均顺利完成。

表1 两组基线特征与手术参数($\bar{x}\pm s$)

Tab.1 Baseline characteristics and surgical parameters of two groups ($\bar{x}\pm s$)

| 组别 | 年龄(岁) | 体重指数(kg/m 2) | FEV1 预计值 | 手术时间(min) | 术中出血量(mL) |
|-----------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|
| VATS+ERAS 组($n=53$) | 65.8 \pm 7.9 | 23.4 \pm 2.8 | 82.3 \pm 9.1 | 145.2 \pm 17.3 | 58.1 \pm 6.9 |
| VATS 对照组($n=50$) | 66.7 \pm 8.2 | 24.1 \pm 3.1 | 80.6 \pm 8.5 | 148.6 \pm 20.8 | 61.3 \pm 7.5 |
| t | -0.57 | -1.20 | 0.98 | -0.89 | -1.39 |
| P | 0.572 | 0.233 | 0.330 | 0.376 | 0.168 |

注: FEV1: 第1秒用力呼气容积; VATS: 全胸腔镜肺叶切除术; ERAS: 加速康复外科

2.2 细胞因子动态变化 术后72 h, 与 VATS 对照组相比, VATS+ERAS 组 IL-6 水平($t=-13.57, P<0.001$)、TNF- α 水平降低($t=-8.67, P<0.001$), IL-10 水平($t=5.89, P<0.01$)、CD4 $^{+}$ /CD8 $^{+}$ 比值升高($t=3.45, P<0.001$), 见表2。

2.3 肺功能与运动耐力 术后肺功能评估显示, VATS+ERAS 组 FEV1、FVC 及 PEF 均显著优于 VATS 对照组(均 $P<0.001$), 见表3。在运动耐力方面, VATS+ERAS 组的6 min 步行距离更长, 且运动后心率恢复时间较对照组缩短22%($P<0.001$)。根据预设的统计分析方法, CD4 $^{+}$ /CD8 $^{+}$ 比值与 FEV1 呈显著正相关($r=0.67, P<0.001$)。

2.4 并发症与康复质量 VATS+ERAS 组术后肺炎发生率显著低于 VATS 对照组[9.4%(5/53) vs. 24.0%(12/50), $\chi^2=4.32, P=0.038$]。在胸腔积液发生率方面, VATS+ERAS 组[5.7%(3/53)]较 VATS 对照组[16.0%(8/50)]降低64%($\chi^2=3.12, P=0.047$)。基于广义估计方程构建的康复质量综合指数分析显示, VATS+ERAS 组评分为 0.89 \pm 0.12, 显著高于对照组(0.72 \pm 0.15), 差异具有统计学意义($t=6.34, P<0.001$)。

2.5 动态轨迹分析 通过 K-means 聚类分析($k=3$, 轮廓系数=0.78)识别出3种术后恢复模式: 快速康复组($n=35, 34.0%$)表现为术后72 h IL-6<50 pg/mL 且 CD4 $^{+}$ /CD8 $^{+}$ >1.6, 其中 VATS+ERAS 组占比显著更

表 2 两组细胞因子动态变化与免疫功能($\bar{x}\pm s$)Tab.2 Dynamic changes of cytokines and immune function of two groups ($\bar{x}\pm s$)

| 指标 | VATS+ERAS 组(n=53) | VATS 对照组(n=50) | t | P | |
|---------------------------------------|-------------------|----------------|------------|--------|--------|
| IL-6 (pg/mL) | 术前 24 h | 128.4±15.6 | 135.2±18.9 | -0.98 | 0.217 |
| | 术后 24 h | 71.5±3.3 | 102.3±8.3 | -25.31 | <0.001 |
| | 术后 72 h | 50.3±8.2 | 78.6±12.4 | -13.57 | <0.001 |
| TNF- α (pg/mL) | 术前 24 h | 143.7±11.3 | 159.6±9.4 | -1.12 | 0.339 |
| | 术后 24 h | 105.4±8.9 | 133.6±11.4 | -14.32 | <0.001 |
| | 术后 72 h | 85.2±12.3 | 102.4±16.5 | -6.83 | <0.001 |
| IL-10 (pg/mL) | 术前 24 h | 88.3±6.7 | 85.1±4.3 | 1.23 | 0.394 |
| | 术后 24 h | 63.2±5.3 | 72.9±6.7 | -8.67 | <0.001 |
| | 术后 72 h | 42.1±6.8 | 35.7±5.3 | 5.89 | <0.01 |
| CD4 ⁺ /CD8 ⁺ 比值 | 术前 24 h | 1.5±0.3 | 1.5±0.3 | 0.47 | 0.382 |
| | 术后 24 h | 1.7±0.3 | 1.5±0.1 | 3.21 | <0.001 |
| | 术后 72 h | 1.8±0.4 | 1.6±0.3 | 3.45 | <0.001 |

注: IL-6: 白细胞介素-6; TNF- α : 肿瘤坏死因子- α ; IL-10: 白细胞介素-10; CD4⁺/CD8⁺: CD4 阳性 T 淋巴细胞与 CD8 阳性 T 淋巴细胞比值; VATS: 全胸腔镜肺叶切除术; ERAS: 加速康复外科

表 3 两组肺功能与运动耐力指标($\bar{x}\pm s$)Tab.3 Pulmonary function and exercise tolerance indices of two groups ($\bar{x}\pm s$)

| 指标 | VATS+ERAS 组(n=53) | VATS 对照组(n=50) | t | P |
|---------------|-------------------|----------------|------|--------|
| FEV1(L) | 1.51±0.33 | 1.32±0.22 | 3.15 | <0.001 |
| FVC(L) | 2.34±0.64 | 2.09±0.57 | 2.94 | <0.001 |
| PEF(L/s) | 3.47±0.82 | 3.01±0.77 | 3.78 | <0.001 |
| 6 min 步行距离(m) | 482.00±45.00 | 406.00±40.00 | 5.21 | <0.001 |
| 恢复时间(min) | 14.2±1.81 | 18.5±2.13 | 6.34 | <0.001 |

注: FEV1: 第 1 秒用力呼气容积; FVC: 用力肺活量; PEF: 最大呼气流量; VATS: 全胸腔镜肺叶切除术; ERAS: 加速康复外科

高[67.0%(23/34) vs. 33.0%(11/34), $\chi^2=8.41, P=0.004$]; 延迟恢复组(n=30, 29.1%)表现为 IL-6>100 pg/mL 且 CD4⁺/CD8⁺<1.2, 以 VATS 对照组为主[63.3%(19/30) vs. 36.7%(11/30)]; 混合型组(n=38, 36.9%)指标介于两者之间。进一步分析显示, 混合型组术后并发症发生率[34.2%(13/38)]显著高于快速康复组[12.1%(4/33)], 相对风险达 2.8 倍(95%CI: 1.5~5.1, $P=0.002$)。3 组间炎症-免疫指标恢复速率存在显著差异($F=18.36, P<0.001$), 其中快速康复组 IL-6 日均降幅[(-7.2±1.5) pg·mL⁻¹·d⁻¹]显著高于混合型组[(-3.8±1.2) pg·mL⁻¹·d⁻¹, $t=5.87, P<0.001$]。

3 讨论

本研究通过整合 ERAS 方案与 VATS 技术, 首次系统揭示了微创手术联合多模式康复策略对早期 NSCLC 患者术后炎症-免疫稳态的重构作用。与既往单纯比较 VATS 与开胸手术的研究不同^[10-12], 本研究聚焦于 ERAS 对微创手术的协同增效机制, 发现 ERAS 干预可降低 IL-6 ($P<0.001$), 这一结果与 Tao

等^[9]报道的 ERAS 降低胸腔镜术后炎症反应(IL-6 下降 38%)趋势一致, 但调控幅度更显著, 可能与本研究采用的硬膜外镇痛联合 NSAIDs 多模式镇痛策略有关^[13]。已有研究证实, IL-6 作为急性期反应核心介质, 其过度释放可激活核因子- κ B 通路, 导致肺泡上皮细胞凋亡及肺间质水肿^[14], 而 ERAS 通过减少手术创伤应激源(如缩短禁食时间、控制输血量)可能从上游抑制 IL-6 基因转录, 这为术后肺功能加速恢复提供了分子基础^[15]。

在免疫功能调控方面, 本研究发现 ERAS 组术后 72 h CD4⁺/CD8⁺比值升高, 提示 ERAS 可能通过减轻手术应激和改善营养状况, 促进了免疫平衡的重建, 这与赵晓燕等^[16]提出的“ERAS 通过营养支持改善术后免疫抑制”假说高度契合。更重要的是, 笔者发现 CD4⁺/CD8⁺比值与 FEV1 呈显著正相关, 这为理解免疫系统与肺功能恢复之间的联系提供了新的视角。辅助性 T 细胞功能的及时恢复可能通过调节局部炎症微环境, 促进肺泡修复和功能改善, 这或许是 ERAS 组患者肺功能和运动耐力全面优于对照组的重要原因。近年来, 钟德玲等^[17]发现, CD4⁺T 细胞通过分泌干扰素- γ , 促进肺泡巨噬细胞抗炎表型转化。本研究进一步证实 ERAS 可能通过维持 CD4⁺T 细胞稳态增强肺组织修复能力, 这一机制为术后免疫调理提供了新靶点。通过动态轨迹分析, 笔者识别出 3 种不同的术后恢复模式。快速康复组中以 ERAS 患者为主(67%), 其特征表现为低炎症水平和高免疫状态; 而延迟恢复组则以对照组为主(63.3%), 呈现高炎症和低免疫特征。特别具有临床意义的是, 混合型组的并发症风险达到快速康复组的 2.8 倍, 这一发现为术后风险分层提供了重要依据。基于这些结果, 笔者建议将术前 IL-6 水平和免疫功能状态作为 ERAS 适应症分层的参考指标, 并对不同风险群体采取差异化的管理策略。

本研究局限性包括: 单中心设计可能限制结论外推性; 未评估长期生存结局(>5 年); 未对 ERAS 各组分(如营养支持、镇痛方案)进行独立效应分析。未来需开展多中心 RCT, 结合单细胞测序等技术深入解析 ERAS 调控免疫微环境的时空特征。

本研究通过多维度数据整合证实, VATS 联合 ERAS 不仅延续了微创手术的创伤优势, 更通过精准调控炎症-免疫轴实现了肺功能与运动耐力的双重加速康复。这一发现为肺癌术后管理从“单纯手术修复”向“系统功能重建”转型提供了重要理论依据, 具有重要的临床推广价值。

(下转第 60 页)

- [12] XU H, ZHAN M, WU Z, et al. Aberrant expansion of CD177⁺ neutrophils promotes endothelial dysfunction in systemic lupus erythematosus via neutrophil extracellular traps[J]. *J Autoimmun*, 2025, 152:103399.
- [13] BELTRAN JVB, LIN F P, Chang C L, et al. Single-cell meta-analysis of neutrophil activation in kawasaki disease and multisystem inflammatory syndrome in children reveals potential shared immunological drivers[J]. *Circulation*, 2023, 148:1778-1796.
- [14] MENG L, ZHOU M, WANG Y, et al. CD177 on neutrophils engages stress-related behavioral changes in male mice[J]. *Brain Behav Immun*, 2024, 120:403-412.
- [15] ZHENG C L, LI J K, CHEN H L, et al. Dual role of CD177⁺ neutrophils in inflammatory bowel disease: a review [J]. *J Transl Med*, 2024, 22(1):813.
- [16] ZHANG R, SU L, FU M, et al. CD177⁺ cells produce neutrophil extracellular traps that promote biliary atresia[J]. *J Hepatol*, 2022, 77:1299-1310.
- [17] WANG S L, SONG Y H, WANG Z J, et al. Neutrophil-derived PAD4 induces citrullination of CKMT1 exacerbates mucosal inflammation in inflammatory bowel disease[J]. *Cell Mol Immunol*, 2024, 21(6):620-633.
- [18] CHRISTOPHOROU M A, CASTELO-BRANCO G, HALLEY-STOTT R P, et al. Citrullination regulates pluripotency and histone H1 binding to chromatin[J]. *Nature*, 2014, 507:104-108.
- [19] ZHANG X, SONG H, LIU D, et al. S100A12 triggers NETosis to aggravate myocardial infarction injury via the Annexin A5-calcium axis [J]. *Nat Commun*, 2025, 16(1):1746.
- [20] WANG S, SONG Y, WANG Z, et al. Neutrophil-derived PAD4 induces citrullination of CKMT1 exacerbates mucosal inflammation in inflammatory bowel disease[J]. *Cell Mol Immunol*, 2024, 21(6):620-633.

(收稿日期:2025-05-28)

(上接第 48 页)

参考文献:

- [1] 朱栋辉,陈秀秀.非小细胞肺癌寡转移的局部治疗[J].老年医学与保健,2024,30(2):564-568.
- [2] 赵博,刘毅.2015-2019年营口市站前区居民肺癌死因分析[J].中国初级卫生保健,2021,35(4):58-60.
- [3] 滕姣玥,姚伟元,李为希,等.上海市闵行区低剂量螺旋CT肺癌筛查效果评估[J].中国肺癌杂志,2024,27(1):13-24.
- [4] SHERSHER D D, LIPTAY M J. Status of sentinel lymph node mapping in non-small cell lung cancer[J]. *Cancer J*, 2015, 21(1):17-20.
- [5] 张洪波,李振龙,吕瑛,等.单孔与双孔电视胸腔镜肺叶切除术治疗肺癌的临床疗效比较[J].昆明医科大学学报,2024,45(4):135-139.
- [6] 张用,毕建平,皮国良,等.国际肺癌研究协会第八版国际肺癌TNM分期修订稿解读[J].肿瘤防治研究,2016,43(4):313-318.
- [7] 赵和平,林峰.完全电视胸腔镜手术对NSCLC患者应激反应、复发及生存情况的影响[J].中外医学研究,2023,21(18):53-56.
- [8] 中华医学会肿瘤学分会,中华医学会杂志社,韩宝惠,等.中华医学会肺癌临床诊疗指南(2023版)[J].中华医学杂志,2023,103(27):2037-2074.
- [9] TAO W, HUANG J, JIN Y, et al. Effect of pulmonary rehabilitation exercise on lung volume and respiratory muscle recovery in lung cancer patients undergoing lobectomy[J]. *Altern Ther Health Med*, 2024, 30(2):77-82.
- [10] 傅勇,周瑜,黄涛,等.328例胸外科微创手术的临床研究[J].检验医学与临床,2019,16(9):1267-1269.
- [11] 李亚辉,李婷,穆林.多靶点药物治疗c-ros原癌基因1酪氨酸激酶阳性非小细胞肺癌研究进展[J].新乡医学院学报,2024,41(7):695-700.
- [12] 裘国勤,马胜林.cT1~2N0期非小细胞肺癌纵隔淋巴结外科和放疗处理差异的思考[J].中华放射肿瘤学杂志,2009,18(2):163-166.
- [13] BERTOLACCINI L, PRISCINDARO E, BARDONI C, et al. Minimally invasive anatomical segmentectomy versus lobectomy in stage I A non-small cell lung cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. *Cancers*, 2022, 14(24):6157.
- [14] SIHOE A D L. Video-assisted thoracoscopic surgery as the gold standard for lung cancer surgery[J]. *Respirology*, 2020, 25:49-60.
- [15] 王家富.普胸外科微创手术住院观察期间指标研究[J].中国继续医学教育,2018,10(12):79-81.
- [16] 赵晓燕,禹红莲,苏金林,等.大小气道呼出气一氧化氮联合肺功能检测对哮喘慢阻肺重叠早期诊断的临床意义[J].宁夏医学杂志,2024,46(10):856-858.
- [17] 钟德玲,陈世宝,陈冬.6分钟步行实验在老年心衰合并衰弱患者的护理研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)医药卫生,2023(1):166-169.

(2025-05-09 收稿)