

复杂疑难气胸患者在超声引导下胸腔闭式引流术的 治疗效果及对炎症因子、肺功能的影响

刘 丹¹⁾, 白上林²⁾, 吴 旭²⁾, 任王胜¹⁾, 吴先余¹⁾, 曾 航¹⁾, 许 果²⁾

(1) 绵阳四〇四医院胸外科; 2) 心脏大血管外科, 四川 绵阳 621053)

[摘要] **目的** 探究超声引导下胸腔闭式引流术与传统胸腔闭式引流术对复杂疑难气胸患者的治疗效果, 并比较二者对患者炎症因子水平及肺功能指标的影响。**方法** 选择 2021 年 9 月至 2024 年 9 月于绵阳四〇四医院收治的 128 例复杂疑难气胸患者为研究对象, 非随机分为研究组($n=64$, 行超声引导下胸腔闭式引流术)与对照组($n=64$, 行传统胸腔闭式引流术)。为进一步平衡两组之间的潜在差异, 采用倾向性评分匹配法(propensity score matching, PSM)以 1:1 的比例对基线资料进行匹配。对匹配后患者的临床数据进行分析。采用重复测量方差分析两组患者的炎症因子[白细胞介素-6(interleukin-6, IL-6)、C-反应蛋白(C-reactive protein, CRP)]指标水平与肺功能[用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、1 秒用力呼气容积(forced expiratory volume in 1 second, FEV₁)、1 秒用力呼气容积占用力肺活量百分比(forced expiratory volume in 1 second/forced vital capacity, FEV₁/FVC)]指标水平。Pearson 法分析术前炎症因子指标与肺功能指标的相关性。Logistic 回归模型分析有无超声引导对胸腔闭式引流术后并发症发生事件影响, 并进行亚组分析。**结果** PSM 后, 研究组和对照组各匹配到 50 例患者, 基线资料具有可比性($P>0.05$)。较对照组, 研究组手术时间、引流时间、术后住院时间更短($P<0.05$), 引流量更多($P<0.05$), 并发症总发生率更低($P<0.05$), 治疗总有效率更高($P<0.05$)。重复测量方差分析显示: (1) 研究组与对照组患者 IL-6、CRP 水平均随时间增加先升高后降低, FVC、FEV₁ 和 FEV₁/FVC 水平均随时间增加而升高, 时间效应有统计学意义($P<0.05$); (2) 研究组患者术后 1 d、术后 3 d 和术后 7 d 的 IL-6、CRP 均明显低于对照组, 术后 1 个月、术后 3 个月的 FVC、FEV₁ 明显高于对照组患者($P<0.05$), 各指标组间效应有统计学意义($P<0.05$); (3) 时间因素对两组患者 IL-6、CRP、FVC、FEV₁ 的影响根据胸腔闭式引流术中是否使用超声引导的不同而有所不同, 交互效应均存在统计学意义($P<0.05$)。Pearson 结果显示, IL-6、CRP 与 FVC、FEV₁ 和 FEV₁/FVC 均呈负相关($P<0.05$)。Logistic 回归分析显示, 校正协变量后, 胸腔闭式引流术中使用超声引导仍是降低复杂疑难气胸患者术后并发症发生的独立保护因素($OR=0.196$, 95%CI: 0.047~0.816, $P=0.025$), 且在不同亚组人群中的结果一致($P_{交互}>0.05$)。**结论** 超声引导下胸腔闭式引流术治疗复杂疑难气胸患者的效果更优, 能更有效调节炎症因子水平、改善肺功能, 且可降低术后并发症发生风险。

[关键词] 复杂疑难气胸; 超声引导; 胸腔闭式引流术; 临床疗效; 炎症因子; 肺功能

[中图分类号] R561.4 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2095-610X(2026)06-0093-12

Therapeutic Effects of Ultrasound-guided Closed Thoracic Drainage in Patients with Complex and Refractory Pneumothorax and Its Impact on Inflammatory Factors and Pulmonary Function

LIU Dan¹⁾, BAI Shanglin²⁾, WU Xu²⁾, REN Wangsheng¹⁾, WU Xianyu¹⁾, ZENG Hang¹⁾, XU Guo²⁾

(1) Department of Thoracic Surgery; 2) Department of Cardiac and Great Vascular Surgery,
Mianyang 404 Hospital, Mianyang Sichuan 621053, China)

[收稿日期] 2025-10-29

[基金项目] 四川省医学科研课题计划(S22055)

[作者简介] 刘丹(1985~), 女, 四川罗江人, 医学学士, 主管护师, 主要从事心胸外科研究工作。

[通信作者] 许果, E-mail: 1254908152@qq.com

[Abstract] **Objective** To investigate the therapeutic effects of ultrasound-guided closed thoracic drainage versus conventional closed thoracic drainage in patients with complex and refractory pneumothorax, and to compare the effects of both approaches on inflammatory factor levels and pulmonary function indices in these patients. **Methods** A total of 128 patients with complex and refractory spontaneous pneumothorax admitted to Mianyang 404 Hospital between September 2021 and September 2024 were selected as the study subjects. Patients were non-randomly divided into a study group ($n = 64$, receiving ultrasound-guided closed thoracic drainage) and a control group ($n = 64$, receiving conventional closed thoracic drainage). To further balance potential differences between the two groups, propensity score matching (PSM) was adopted to match the baseline data at a 1 : 1 ratio. Clinical data of matched patients were analyzed. Repeated measures analysis of variance was used to compare the levels of inflammatory factors [interleukin-6 (IL-6), C-reactive protein (CRP)] and pulmonary function indicators [forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 second (FEV_1), forced expiratory volume in 1 second/forced vital capacity (FEV_1/FVC)] between the two groups. Pearson correlation analysis was performed to examine the correlation between preoperative inflammatory factor indicators and pulmonary function indicators. Logistic regression models were used to analyze the impact of ultrasound guidance on postoperative complications following closed thoracic drainage, with subgroup analyses performed. **Results** Following PSM, 50 patients were matched in each group, with comparable baseline characteristics ($P > 0.05$). Compared with the control group, the study group had shorter operation time, drainage time, and postoperative hospital stay ($P < 0.05$), higher drainage volume ($P < 0.05$), lower total complication rate ($P < 0.05$), and higher overall treatment efficacy rate ($P < 0.05$). Repeated measures analysis of variance showed: (1) IL-6 and CRP levels in both groups increased initially then decreased over time, while FVC, FEV_1 , and FEV_1/FVC levels increased over time, with statistically significant time effects ($P < 0.05$); (2) IL-6 and CRP levels at postoperative day 1, 3, and 7 in the study group were significantly lower than in the control group, and FVC and FEV_1 at postoperative 1 month and 3 months were significantly higher than in the control group ($P < 0.05$), with statistically significant group effects for all indicators ($P < 0.05$); (3) The effects of time on IL-6, CRP, FVC, and FEV_1 differed between groups based on whether ultrasound guidance was used during closed thoracic drainage, with statistically significant interaction effects ($P < 0.05$). Pearson analysis revealed negative correlations between IL-6, CRP and FVC, FEV_1 , and FEV_1/FVC ($P < 0.05$). Logistic regression analysis showed that after adjusting for covariates, ultrasound guidance during closed thoracic drainage remained an independent protective factor for reducing postoperative complications in patients with complex and refractory pneumothorax ($OR = 0.196$, $95\%CI: 0.047 \sim 0.816$, $P = 0.025$), with consistent results across subgroups ($P_{\text{for interaction}} > 0.05$). **Conclusion** Ultrasound-guided closed thoracic drainage demonstrates superior efficacy in treating patients with complex and difficult spontaneous pneumothorax, more effectively regulating inflammatory factor levels, improving pulmonary function, and reducing the risk of postoperative complications.

[Key words] Complex and refractory pneumothorax; Ultrasound-guided procedure; Closed thoracic drainage; Clinical efficacy; Inflammatory factors; Pulmonary function

自发性气胸是由气体通过邻近肺部的撕裂或破裂处、或胸壁的破损处异常进入胸膜腔所致的胸膜疾病^[1-2],若未及时予以有效干预,患者会因肺组织持续受压导致肺功能出现不可逆损伤,不仅严重影响生活质量,甚至可能因严重呼吸循环衰竭等并发症直接危及生命^[3]。在自发性气胸中,复杂疑难气胸病情极具特殊性,由于其患者多合并慢性阻塞性肺疾病、支气管扩张、肺纤维化、肺结核等基础肺部疾病,肺组织功能较低、

修复能力较弱;同时,常伴随胸膜广泛粘连、张力性气胸、双侧气胸等特殊气胸类型,进一步增加治疗难度,不仅复发风险远高于普通气胸患者,还因肺组织代偿能力差,更易出现严重呼吸循环并发症,对治疗精准度要求极高。

胸腔闭式引流术是治疗气胸的有效手段,传统术式依赖胸部X线结合术者临床经验进行盲穿,然而长期临床实践发现,尽管盲穿能够缩短穿刺时间,但失败率高,易损伤邻近的血管、神经或

肺组织, 增加血胸、气胸加重等并发症的发生风险^[4-7]。对于复杂疑难气胸患者而言, 传统术式弊端进一步放大。若仍沿用固定的盲穿点位, 一方面, 固定穿刺点位可能无法准确到达胸膜腔内气体积聚的关键区域, 导致引流不彻底; 另一方面, 穿刺偏差的概率大幅增加, 可能误穿至粘连组织或重要脏器, 加重病情, 延长住院时间。因此, 针对复杂疑难气胸患者, 亟需探索更精准的定位穿刺策略。研究表明, CT 引导下置入新型便携式胸腔闭式引流装置治疗气胸患者安全性较高, 且并发症更少^[8-9]。但 CT 引导存在电离辐射大, 静态引导无法适配患者呼吸、体位变动导致的动态解剖变化的劣势, 相比之下, 超声引导可实现实时动态监测, 便于医师根据解剖变化及时调整穿刺路径, 精准度更具优势, 但其在复杂疑难气胸患者中的疗效与应用价值尚未得到充分验证。基于此, 本研究旨在通过对比超声引导与传统胸腔闭式引流术的治疗效果, 深入分析两种术式对患者炎症因子及肺功能的影响, 以期为临床优化复杂疑难气胸治疗方案提供可靠的支持。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选择 2021 年 9 月至 2024 年 9 月于绵阳四〇四医院就诊的 128 例气胸患者作为研究对象。将 128 例患者非随机分为研究组与对照组, 每组患者各 64 例。研究组行超声引导下胸腔闭式引流术, 共纳入男性患者 45 例, 女性患者 19 例, 年龄 35 ~ 63 岁, 平均年龄(50.11 ± 9.22)岁; 对照组行传统胸腔闭式引流术, 共纳入男性患者 42 例, 女性患者 22 例, 年龄 35 ~ 65 岁, 平均年龄(48.81 ± 9.47)岁。

本研究使用 G*Power3.1.9.7 软件计算样本量, 采用 Proportions 检验里的 “Two independent groups: Inequality, z-Test” 方法, 结合本院临床经验, 超声引导下胸腔闭式引流术的有效率为 96%, 传统胸腔闭式引流术的有效率为 74%, α 取 0.05, $1-\beta$ 取 0.8, 两种术式取均等病例, 得到本研究单组样本量为 41 例, 两组合计至少需要 82 例, 本研究共纳入 128 例。

纳入标准: (1) 符合《成人自发性气胸联合 ERS/EACTS/ESTS 临床实践指南》^[10] 中自发性气胸诊断标准, 且满足以下至少 1 项 “复杂疑难” 条件: 合并慢性阻塞性肺疾病、肺结核等肺部疾

病, 双侧气胸, 入院前 1 年内气胸发作 ≥ 2 次的复发性气胸、血气胸, 复杂疑难条件制定参考《选择性支气管封堵术治疗难治性气胸专家共识》^[11]; (2) 年龄 18 ~ 75 岁; (3) 符合胸腔闭式引流术适应证; (4) 能够配合完成肺功能检查及炎症因子采血检测; (5) 临床资料完整。排除标准: (1) 创伤性气胸患者; (2) 合并严重脏器功能障碍、恶性肿瘤、精神疾病、血液系统疾病、免疫系统疾病患者; (3) 影像学检查无法清晰显示胸膜及气腔; (4) 存在既往开胸手术史患者; (5) 妊娠及哺乳期女性或认知功能障碍患者。本研究经绵阳四〇四医院医学伦理委员会审核批准 [2024 年文章(027)号]。

1.2 研究方法

1.2.1 治疗方法 所有患者术前均行胸部 X 线或 CT 检查, 明确病变位置, 告知患者术中保持平静呼吸, 避免咳嗽以防肺组织损伤。

(1) 对照组: 对照组患者行传统胸腔闭式引流术, 患者均取平卧位, 以锁骨中线与第 2 肋下缘间隙或腋前线第 4、5 肋间隙作为穿刺点, 穿刺点常规消毒, 铺无菌洞巾后, 2% 的利多卡因(国药集团容生制药有限公司, 国药准字 H20043676)逐层浸润麻醉达壁层胸膜至有气体抽出。麻醉生效后, 穿刺点处做 1 cm 切口, 血管钳伸入切口内, 沿肋骨上缘, 避开肋间血管、神经, 逐渐分离至壁层胸膜。将胸腔闭式引流管(扬州康达医疗科技有限公司, F20, 苏械注准 20162141397)沿肋骨上缘方向(与胸壁呈 30°)缓慢置入胸腔内, 置入深度为 8 ~ 10 cm, 引流管置入后拔出血管钳, 连接水封瓶。可吸收线缝合引流切口, 并确保引流管固定稳妥, 防止移位。切口处覆盖无菌敷料后, 用胶布沿胸壁向下固定 10 ~ 15 cm。外接水封瓶若有气体溢出, 则代表引流成功。引流成功后, 暂时夹闭胸腔闭式引流管, 使用 40 mL 生理盐水稀释 1000 U 凝血酶(三九集团昆明白马制药有限公司, 国药准字 H53021113), 经胸腔闭式引流管注入, 注入后再用 10 mL 生理盐水冲洗胸腔闭式引流管, 每 30 min 进行一次体位变动, 包括仰卧、左侧卧、右侧卧、俯卧, 2 h 后结束体位变动, 重新开放闭式引流管。

(2) 研究组: 研究组行超声引导下胸腔闭式引流术, 患者体位、术前消毒铺巾、穿刺点选择同对照组保持一致, 采用超声仪(美国飞利浦 Philips iU22 型, 探头频率 5 ~ 10 MHz)进行实时动态引导, 清晰显示穿刺路径上的胸膜、肺组织及周围血管、神经等解剖结构, 避开重要血管与神经后,

确定最佳穿刺点。在超声引导下,以 2% 利多卡因逐层浸润麻醉,并确认麻醉生效(同对照组)。之后在超声引导下将引流管置入胸腔,置入深度、水封瓶连接及切口缝合引流管固定同对照组保持一致。研究组同样需使用 40 mL 生理盐水稀释 1000 U 凝血酶灌注。

1.2.2 资料收集 收集所有患者的年龄、性别、体质量指数、吸烟史、基础疾病、发病部位、气胸类型等信息。

1.2.3 炎症因子检测 于术前、术后 1 d、术后 3 d 和术后 7 d 采集患者 5 mL 空腹静脉血,分离血清后,采用酶联免疫法(试剂盒购自上海酶联生物科技有限公司,编号为 ml058097、ml027874)检测炎症因子水平,包括白细胞介素-6(interleukin-6, IL-6)、C-反应蛋白(C-reactive protein, CRP)。

1.2.4 肺功能评估 于术前、术后 1 个月和术后 3 个月采用肺功能测试系统(伟亚安医疗器械公司, MasterScreen 型)评估患者肺功能水平,用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、1 秒用力呼气容积(forced expiratory volume in 1 second, FEV₁)、1 秒用力呼气容积占用力肺活量百分比(forced expiratory volume in 1 second/forced vital capacity, FEV₁/FVC)。

1.2.5 疗效判定 参照相关文献^[11]制定:显效-胸膜破裂口愈合,胸腔闭式引流瓶内无气泡溢出,患者气胸临床症状基本消失;有效-胸腔闭式引流瓶内无气泡溢出,胸片提示肺组织压缩<10%,患者气胸临床症状明显减轻;无效-胸腔闭式引流瓶内有气泡溢出,患者气胸临床症状无明显减轻甚至恶化。总有效率=(显效患者例数+有效患者例数)/总患者例数×100%。

1.3 倾向性评分匹配(propensity score matching, PSM)

本研究初步分析研究组与对照组的资料后,发现两组基线水平存在明显差异。若直接分析两组在炎症指标、肺功能指标及并发症发生情况等方面的差异,可能因基线不均衡引入偏倚,进而影响结果的准确性。因此,采用 PSM 法对两组资料进行平衡处理,以提升研究结果的可信度与说服力。应用在线统计平台风暴统计(<https://medsta.cn/>)进行 PSM 匹配,随机数字设为 123456,方法使用邻近法,匹配的基线资料包括年龄、性别、体质量指数、吸烟史、基础疾病、发病部位和气胸类型。

1.4 统计学分析

应用 SPSS 26.0 统计软件对数据进行分析,

计数资料以例数和率 [$n(\%)$] 表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 精确概率检验;符合正态分布的计量资料以平均值±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,两组间比较采用独立样本 t 检验,多组间比较采用方差分析,组间两两比较,采用 LSD- t 检验;正态分布且方差齐性的重复测量指标,满足 Mauchly's 球形检验假设的指标采用两因素重复测量方差分析,不满足的采用 Greenhouse-Geisser 法进行校正;重复测量方差分析结果若时间与干预方法之间不存在交互效应,则采用主效应检验;若时间与干预方法之间存在交互效应,则采用单独效应检验。Pearson 法分析术前炎症因子指标与肺功能指标的相关性。Logistic 回归模型分析有无超声引导对胸腔闭式引流术术后并发症发生事件影响,并按照两组患者基线资料年龄、性别、体质量指数、吸烟史、基础疾病、发病部位、气胸类型进行亚组分析。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较

结果显示,PSM 前,研究组与对照组的年龄、性别、体质量指数、基础疾病、气胸类型比较,差异无统计学意义($P>0.05$),但发病部位的比较差异有统计学意义($P<0.05$);PSM 后,研究组和对照组各匹配到患者 50 例,且基线资料年龄、性别、体质量指数、基础疾病、发病部位、气胸类型具有可比性($P>0.05$),见表 1、图 1A~1B、图 2。

2.2 围术期资料比较

结果显示,研究组手术时间、引流时间、术后住院时间明显短于对照组($P<0.05$),引流量明显大于对照组($P<0.05$),见表 2。

2.3 两组患者临床疗效比较

结果显示,研究组总有效率明显高于对照组($P<0.05$),见表 3。

2.4 炎症因子指标的重复测量方差分析

重复测量方差分析结果显示,IL-6、CRP 均不满足 Mauchly's 球形检验假设($W_{IL-6}=0.550$, $P_{IL-6}<0.05$; $W_{CRP}=0.776$, $P_{CRP}<0.05$),需 Greenhouse-Geisser 法进行校正。研究组与对照组患者炎症因子指标 IL-6、CRP 水平均随时间增加先升高后降低,时间效应有统计学意义($P<0.05$);研究组患者术后 1 d、术后 3 d 和术后 7 d 的 IL-6、CRP 均明显低于对照组,组间效应有统计学意义($P<0.05$);

表 1 PSM 前后两组患者基线资料比较 $[(\bar{x} \pm s)/n(\%)]$
Tab. 1 Comparison of baseline data between the two groups before and after PSM $[(\bar{x} \pm s)/n(\%)]$

项目	PSM前				PSM后			
	研究组 (n = 64)	对照组 (n = 64)	χ^2/t	P	研究组 (n = 50)	对照组 (n = 50)	χ^2/t	P
年龄(岁)	50.11 ± 9.22	48.81 ± 9.47	0.785	0.434	49.34 ± 8.80	49.92 ± 9.24	0.321	0.749
性别			0.323	0.570			0.045	0.832
男	45(70.31)	42(65.62)			33(66.00)	34(68.00)		
女	19(29.69)	22(34.38)			17(34.00)	16(32.00)		
体质量指数(kg/m ²)	21.99 ± 1.96	21.76 ± 2.21	0.609	0.544	21.84 ± 2.01	21.73 ± 2.27	0.261	0.794
吸烟史	27(42.19)	30(46.88)	0.285	0.594	21(42.00)	24(48.00)	0.364	0.546
基础疾病	48(75.00)	48(75.00)	0.000	1.000	36(72.00)	39(78.00)	0.480	0.488
发病部位			6.228	0.044*			0.046	0.977
左侧单侧	25(39.06)	39(60.94)			24(48.00)	25(50.00)		
右侧单侧	31(48.44)	19(29.69)			20(40.00)	19(38.00)		
左右双侧	8(12.50)	6(9.38)			6(12.00)	6(12.00)		
气胸类型			0.576	0.902			0.855	0.836
张力性气胸	5(7.81)	4(6.25)			4(8.00)	2(4.00)		
血气胸	4(6.25)	3(4.69)			2(4.00)	2(4.00)		
合并COPD	36(56.25)	40(62.50)			27(54.00)	30(60.00)		
复发性气胸	19(29.69)	17(26.56)			17(34.00)	16(32.00)		

*P < 0.05。

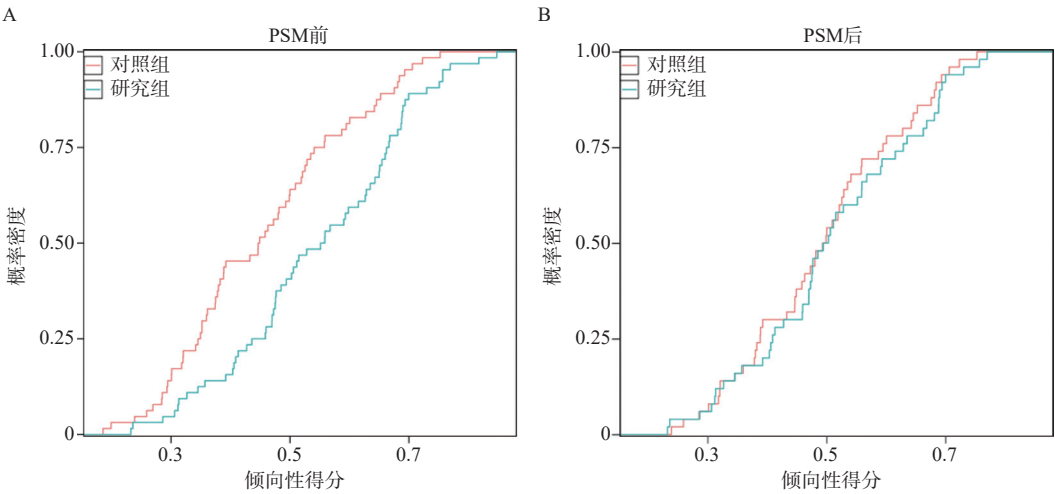


图 1 PSM 前后概率密度分析

Fig. 1 Probability density analysis before and after PSM

A: 匹配前总体倾向评分的分布; B: 倾向评分在匹配人群中的分布。

时间因素对 IL-6、CRP 的影响根据胸腔闭式引流术中是否使用超声引导的不同而有所不同, 交互效应有统计学意义($P < 0.05$)。对 IL-6、CRP 进行单独效应检验, 对照组患者术后 1 d、术后 3 d 的 IL-6 和 CRP 水平均明显高于术前($P < 0.05$), 术后 7 d 的 CRP 水平均明显低于术前($P < 0.05$), 术后 1 d 的 IL-6 和 CRP 水平均明显高于术后 3 d 和术后 7 d($P < 0.05$), 术后 3 d 的 IL-6 和 CRP 水平均明

显高于术后 7 d($P < 0.05$), 研究组患者术后 1 d、术后 3 d 的 IL-6 以及术后 1 d 的 CRP 水平均明显高于术前($P < 0.05$), 术后 1 d 的 IL-6 和 CRP 水平均明显高于术后 3 d 和术后 7 d($P < 0.05$), 术后 3 d 的 IL-6 和 CRP 水平均明显高于术后 7 d($P < 0.05$); 研究组患者术后 1 d、术后 3 d 和术后 7 d 的 IL-6、CRP 均明显低于对照组($P < 0.05$), 见表 4、图 3A ~ 3B。

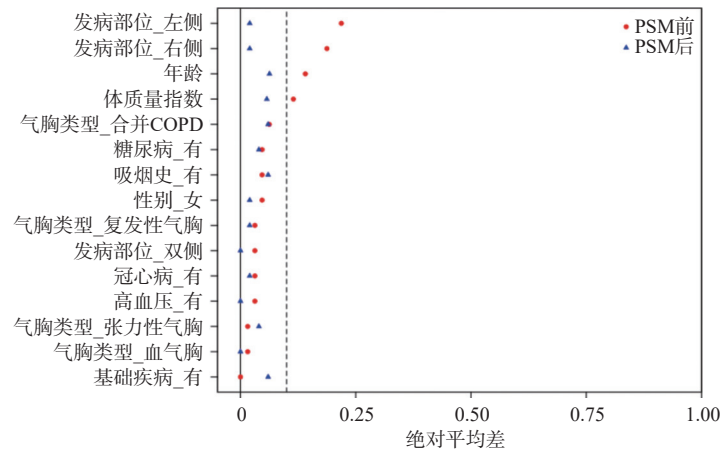


图 2 PSM 前后标准化均值差异分析

Fig. 2 Analysis of standardized mean difference before and after PSM

表 2 两组患者围术期指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

Tab. 2 Comparison of perioperative indicators between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	手术时间(min)	引流时间(d)	引流量(mL)	术后住院时间(d)
研究组	50	17.98 ± 2.50	3.44 ± 0.61	623.70 ± 22.88	9.26 ± 1.67
对照组	50	21.82 ± 3.17	4.82 ± 0.66	549.48 ± 19.08	11.60 ± 1.41
<i>t</i>		6.718	10.841	17.620	7.546
<i>P</i>		<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*

**P* < 0.05。

表 3 两组患者临床疗效比较 [*n*(%)]

Tab. 3 Comparison of clinical efficacy between the two groups [*n*(%)]

组别	<i>n</i>	显效	有效	无效	总有效率
研究组	50	34(68.00)	13(26.00)	3(6.00)	47(94.00)
对照组	50	26(52.00)	12(24.00)	12(24.00)	38(76.00)
<i>Z/χ²</i>			0.221		6.353
<i>P</i>			0.825		0.012*

**P* < 0.05。

2.5 肺功能指标的重复测量方差分析

重复测量方差分析结果显示，FVC、FEV₁均不满足 Mauchly's 球形检验假设 ($W_{FVC}=0.847$, $P_{FVC}<0.05$; $W_{FEV_1}=0.856$, $P_{FEV_1}<0.05$)，需 Greenhouse-Geisser 法进行校正，FEV₁/FVC 满足 Mauchly's 球形检验假设 ($W_{FEV_1/FVC}=0.955$, $P_{FEV_1/FVC}=0.108$)，无需 Greenhouse-Geisser 法进行校正。研究组与对照组患者肺功能指标 FVC、FEV₁ 和 FEV₁/FVC 水平均随时间增加而升高，时间效应均有统计学意义 ($P<0.05$)；研究组患者术后 1 个月、术后 3 个月的 FVC、FEV₁ 明显高于对照组，组间效应均有统计学意义 ($P<0.05$)；时间因素对 FVC、FEV₁ 的影响根据胸腔闭式引流术中是否使用超声引导的不同而有所不同，交互效应均有统计学意义 ($P<0.05$)，而与时间与胸腔闭式引流术中是否使

用超声引导对 FEV₁/FVC 的影响不存在交互效应 ($P>0.05$)。对 FVC、FEV₁ 进行单独效应检验，对照组和研究组患者术后 1 个月、术后 3 个月的 FVC、FEV₁ 水平均明显高于术前 ($P<0.05$)，术后 3 个月的 FVC、FEV₁ 水平均明显高于术后 1 个月；研究组患者术后 1 个月、术后 3 个月的 FVC、FEV₁ 明显高于对照组 ($P<0.05$)，见表 5、图 4A ~ 4C。

2.6 炎症因子与肺功能指标的相关性分析

Pearson 结果显示，术前炎症因子指标 IL-6、CRP 与肺功能指标 FVC、FEV₁ 和 FEV₁/FVC 均呈负相关 ($P<0.05$)，见表 6。

2.7 两组患者术后并发症比较

结果显示，研究组术后并发症总发生率明显低于对照组 ($P<0.05$)，见表 7。

表 4 两组患者手术前后炎症因子指标比较 ($\bar{x} \pm s$)
Tab. 4 Comparison of inflammatory factor indicators between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	研究组($n=50$)	对照组($n=50$)	t	P
IL-6(ng/L)				
术前	88.33 $\pm$ 13.38	90.90 $\pm$ 14.09	0.879	0.351
术后1 d	202.46 $\pm$ 26.45 [△]	232.25 $\pm$ 34.30 [△]	23.642	<0.001*
术后3 d	166.31 $\pm$ 22.19 ^{△#}	191.62 $\pm$ 24.13 ^{△#}	29.810	<0.001*
术后7 d	66.43 $\pm$ 10.69 ^{△#▲}	85.09 $\pm$ 14.44 ^{△#▲}	53.942	<0.001*
F	554.013	498.833		
P	<0.001*	<0.001*		
	$F_{\text{时间}}=1\,007.297, P_{\text{时间}}<0.001^*$	$F_{\text{组间}}=86.916, P_{\text{组间}}<0.001^*$	$F_{\text{交互}}=7.571, P_{\text{交互}}<0.001^*$	
CRP(mg/L)				
术前	33.91 $\pm$ 4.28	34.08 $\pm$ 4.56	0.037	0.848
术后1 d	49.59 $\pm$ 4.43 [△]	56.70 $\pm$ 6.30 [△]	42.706	<0.001*
术后3 d	35.95 $\pm$ 4.12 [#]	44.11 $\pm$ 3.87 ^{△#}	104.227	<0.001*
术后7 d	14.36 $\pm$ 3.08 ^{△#▲}	20.89 $\pm$ 3.57 ^{△#▲}	96.099	<0.001*
F	653.690	522.671		
P	<0.001*	<0.001*		
	$F_{\text{时间}}=1\,160.653, P_{\text{时间}}<0.001^*$	$F_{\text{组间}}=149.314, P_{\text{组间}}<0.001^*$	$F_{\text{交互}}=17.453, P_{\text{交互}}<0.001^*$	

* $P < 0.05$; 组内事后两两比较, $LSD-t$ 验证, 与术前比较, $^{\Delta}P < 0.05$; 与术后1 d比较, $^{\#}P < 0.05$; 与术后3 d比较, $^{\blacktriangle}P < 0.05$ 。

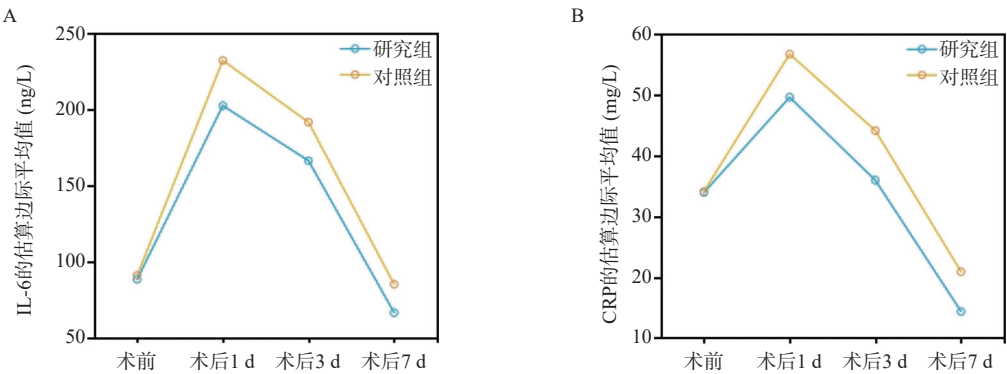


图 3 手术前后炎症因子指标比较
Fig. 3 Comparison of inflammatory factor indicators before and after surgery
A: IL-6; B: CRP。

2.8 超声引导操作对并发症事件影响的 Logistic 回归分析

以是否使用超声引导(使用超声引导=1, 传统不使用超声引导=0)作为自变量纳入Logistic 回归模型 1, 结果显示, 超声引导下行胸腔闭式引流术可降低气胸患者术后并发症的发生($OR = 0.316, 95\%CI: 0.103 \sim 0.969, P = 0.044$)。校正一系列协变量后(模型4), 模型仍表明胸腔闭式引流术中使用超声引导是降低气胸患者术后并发症的发生的独立保护因素($OR = 0.196, 95\%CI: 0.047 \sim 0.816, P = 0.025$), 见表 8。

2.9 亚组分析

按照年龄、性别、体质量指数、吸烟史、基

础疾病、发病部位、气胸类型进行亚组分析。所有亚组内自变量治疗方式“超声引导胸腔闭式引流术”赋值 1, “传统胸腔闭式引流术”赋值 0。因变量并发症发生, “并发症发生”赋值 1, “并发症不发生”赋值 0。结果显示, 超声引导下行胸腔闭式引流术治疗复杂疑难气胸患者术后并发症更低, 胸腔闭式引流术中使用超声引导对并发症的发生与年龄、性别、体质量指数、吸烟史、基础疾病、发病部位、气胸类型之间无交互作用($P_{\text{交互}} > 0.05$), 即超声引导胸腔闭式引流术治疗复杂疑难气胸患者术后并发症更低这一结果在不同特征人群中的稳定存在, 见表 9、图 5。

表 5 两组患者手术前后肺功能指标比较($\bar{x} \pm s$)

Tab. 5 Comparison of pulmonary function indicators between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	研究组($n=50$)	对照组($n=50$)	t	P
FVC(L)				
术前	1.68 ± 0.24	1.65 ± 0.16	0.287	0.594
术后1个月	$2.19 \pm 0.29^{\Delta}$	$1.95 \pm 0.21^{\Delta}$	23.243	$<0.001^*$
术后3个月	$2.62 \pm 0.38^{\Delta\#}$	$2.46 \pm 0.30^{\Delta\#}$	5.471	0.021*
F	119.996	152.884		
P	$<0.001^*$	$<0.001^*$		
	$F_{\text{时间}}=397.762, P_{\text{时间}}<0.001^*$	$F_{\text{组间}}=11.954, P_{\text{组间}}=0.001^*$	$F_{\text{交互}}=7.571, P_{\text{交互}}=0.002^*$	
FEV ₁ (L)				
术前	0.94 ± 0.15	0.89 ± 0.21	1.630	0.205
术后1个月	$1.42 \pm 0.21^{\Delta}$	$1.21 \pm 0.19^{\Delta}$	27.359	$<0.001^*$
术后3个月	$2.02 \pm 0.26^{\Delta\#}$	$1.83 \pm 0.24^{\Delta\#}$	15.101	$<0.001^*$
F	341.045	252.532		
P	$<0.001^*$	$<0.001^*$		
	$F_{\text{时间}}=695.823, P_{\text{时间}}<0.001^*$	$F_{\text{组间}}=28.411, P_{\text{组间}}<0.001^*$	$F_{\text{交互}}=5.274, P_{\text{交互}}=0.008^*$	
FEV ₁ /FVC(%)				
术前	57.10 ± 12.83	54.92 ± 12.53	—	—
术后1个月	$65.71 \pm 12.32^{\Delta}$	$62.66 \pm 11.24^{\Delta}$	—	—
术后3个月	$78.16 \pm 12.19^{\Delta\#}$	$75.03 \pm 12.70^{\Delta\#}$	—	—
	$F_{\text{时间}}=95.913, P_{\text{时间}}<0.001^*$	$F_{\text{组间}}=2.890, P_{\text{组间}}=0.092$	$F_{\text{交互}}=0.007, P_{\text{交互}}=0.993$	

* $P < 0.05$; 组内事后两两比较, $LSD-t$ 验证, 与术前比较, $^{\Delta}P < 0.05$; 与术后1个月比较, $^{\#}P < 0.05$ 。

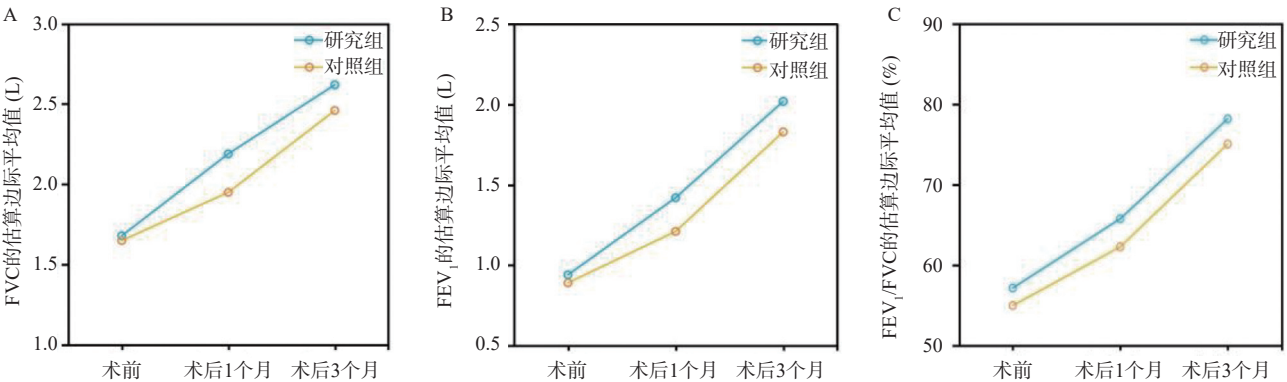


图 4 手术前后肺功能指标比较

Fig. 4 Comparison of pulmonary function indicators before and after surgery

A: FVC; B: FEV₁; C: FEV₁/FVC。

表 6 炎症因子与肺功能指标的相关性

Tab. 6 Correlation between inflammatory factors and pulmonary function indicators

组别	IL-6	CRP
FVC		
r	-0.257	-0.272
P	0.010*	0.006*
FEV ₁		
r	-0.228	-0.246
P	0.023*	0.014*
FEV ₁ /FVC		
r	-0.215	-0.222
P	0.032*	0.026*

* $P < 0.05$ 。

3 讨论

复杂疑难气胸患者在临床中并不少见, 其患病人群主要集中于中老年人^[12-14]。此类气胸特指患者在原有气胸基础上, 因疾病反复发作、既往接受过胸腔闭式引流、胸腔镜等手术治疗, 或胸腔内曾注射粘连剂等因素, 导致胸腔内形成广泛粘连、肺表面被纤维组织包裹, 进而出现肺组织难以充分膨胀且气胸仍多次复发的复杂病理状态^[11]。复杂疑难气胸患者肺功能储备普遍较差, 日常喘憋症状明显, 需行胸腔闭式引流术改善呼吸功能, 而传统胸腔闭式引流的穿刺位点多依赖

表 7 两组患者术后并发症比较 [n(%)]

Tab. 7 Comparison of postoperative complications between the two groups [n(%)]

组别	<i>n</i>	皮下气肿	切口感染	胸腔感染	脱管	堵管	合计
研究组	50	2(4.00)	1(2.00)	0(0.00)	1(2.00)	1(2.00)	5(10.00)
对照组	50	5(10.00)	2(4.00)	1(2.00)	2(4.00)	3(6.00)	13(26.00)
χ^2 /Fisher		—	—	—	—	—	4.151
<i>P</i>		0.436	1.000	1.000	1.000	0.617	0.042*

**P* < 0.05。

表 8 超声引导操作对并发症事件影响的 Logistic 回归分析

Tab. 8 Logistic regression analysis of the effect of ultrasound-guided procedure on the occurrence of complications

模型	β	<i>SE</i>	Wald χ^2	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>	<i>P</i>
模型1	-1.151	0.571	4.063	0.316	0.103 ~ 0.969	0.044*
模型2	-1.147	0.573	4.014	0.318	0.103 ~ 0.975	0.045*
模型3	-1.155	0.577	4.008	0.315	0.102 ~ 0.976	0.045*
模型4	-1.627	0.726	5.021	0.196	0.047 ~ 0.816	0.025*

模型1-未校正模型; 模型2-在模型1的基础上校正年龄、性别、体质质量指数; 模型3-在模型2的基础上校正吸烟史、基础疾病;
模型4-在模型3的基础上校正发病部位、气胸类型; **P* < 0.05。

表 9 超声引导操作对并发症发生的亚组分析

Tab. 9 Subgroup analysis of the effect of ultrasound-guided procedure on the occurrence of complications

因素	并发症发生例数/超声引导例数/总例数(<i>n</i>)	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>	<i>P</i>	<i>P</i> _{交互}
年龄(岁)					0.445
<49	2/25/50	0.275	0.050 ~ 1.525	0.140	
≥49	3/25/50	0.367	0.083 ~ 1.633	0.188	
性别					0.495
男	4/33/67	0.188	0.019 ~ 1.900	0.157	
女	1/17/33	0.383	0.105 ~ 1.397	0.146	
体质质量指数(kg/m ²)					0.906
<21.65	2/24/50	0.247	0.046 ~ 1.333	0.104	
≥21.65	3/26/50	0.391	0.086 ~ 1.784	0.225	
吸烟史					0.399
有	3/21/45	0.500	0.108 ~ 2.314	0.500	
无	2/29/55	0.201	0.038 ~ 1.076	0.061	
基础疾病					0.533
有	3/36/75	0.264	0.066 ~ 1.501	0.059	
无	2/14/25	0.444	0.060 ~ 3.285	0.427	
发病部位					0.791
左侧单侧	2/24/39	0.494	0.100 ~ 2.439	0.387	
右侧单侧	2/20/49	0.193	0.036 ~ 1.303	0.054	
左右双侧	1/6/12	0.400	0.026 ~ 6.176	0.512	
气胸类型					0.367
张力性气胸与血气胸	1/6/10	0.500	0.037 ~ 6.683	0.600	
合并COPD	2/27/57	0.250	0.026 ~ 2.390	0.229	
复发性气胸	2/17/33	0.239	0.054 ~ 1.066	0.061	

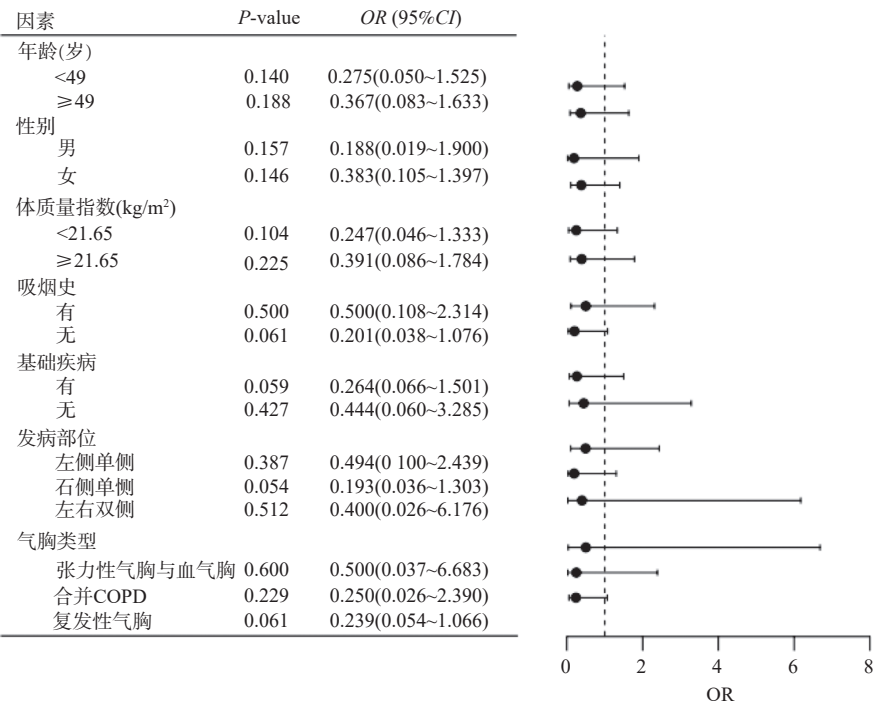


图 5 超声引导操作对并发症发生的亚组分析森林图

Fig. 5 Forest plot of subgroup analysis of the effect of ultrasound-guided procedure on the occurrence of complications

经验定位法确定^[15-16]。但该方法的准确性高度依赖临床医师的操作经验与技术水平。但部分患者因胸廓畸形、胸腔粘连位置特殊等个体差异,极易导致盲穿失败,不仅对患者身心健康造成严重损害,还可能因穿刺过程中病肺随呼吸起伏干扰穿刺深度与角度,造成病肺损伤;此外,穿刺操作若误损伤胸腔内黏连带,还可能引发出血等严重并发症,影响患者治疗效果^[17]。尽管临床可在出现医源性损伤后通过胸腔镜探查进行修补或止血,但如何从源头避免此类风险,仍是当前复杂疑难气胸治疗领域的研究重点。

近年来,随着超声技术在肺部疾病诊疗中的应用不断深入,其已在多个领域实现床旁肺部疾病诊断^[18-20]。有研究表明,超声探查胸膜病变的准确率优于CT,且具备无需移动患者、可床旁实时操作、无辐射损伤等独特优势^[21-23]。在气胸诊断中,超声具有典型的特征性表现:肺滑动症消失、B线消失、A线保持清晰,而“肺点”的检出更是高度提示气胸存在^[24-25]。既往研究表明,传统胸腔闭式引流术治疗总有效率仅为75%,而并发症发生率可达39%^[26]。本研究传统胸腔闭式引流术总有效率与其相似,但并发症发生率较其偏低,这可能是由于本研究中额外使用了凝血酶灌注,以达到快速止血的功能,有利于修复破裂的胸膜,从而减少并发症的发生。且本研究通过对比发现,较传统胸腔闭式引流术,超声引导下

胸腔闭式引流术手术时间、引流时间、术后住院时间更短,引流量更多,且术后并发症更少,治疗总有效率更高,与既往研究结果一致^[27]。这一结果与超声技术的成像优势密切相关。分析其原因为:传统胸腔闭式引流术对穿刺位点的确定,多依赖医师临床经验结合胸部X线片辅助定位,但难以精准识别复杂解剖结构下的气胸实际范围、肺组织压缩程度及胸腔内粘连的具体位置与形态,易导致穿刺位置偏差。位置偏差不仅会增加术中损伤血管引发出血的风险,还可能因引流管置入深度不当或引流口未对准气胸核心区域,导致引流不彻底,进而延长引流时间;而引流时间延长又会增加胸腔感染、肺不张等并发症的发生概率。而超声引导技术通过实时动态显示胸腔内结构,可清晰分辨气胸区域与正常肺组织的边界,精准定位最佳穿刺点,并准确判断引流管需置入的深度,最大限度减少对周围血管、神经及肺组织的损伤;同时,精准引流可更高效地排出胸腔内气体,促进肺组织充分复张,缩短引流时间与术后住院时间,最终提升治疗总有效率。此外,超声引导下的微创操作减少了手术对胸腔内的创伤,进一步降低了术后并发症的发生风险。

在炎症因子水平变化方面,本研究发现两组患者IL-6、CRP水平均随时间推移先升高后降低,且研究组术后各时点的上述炎症因子水平均明显低于对照组。这表明两种术式均会引发机体一定

程度的应激反应使得炎症因子短暂升高^[28], 但超声引导下的胸腔闭式引流术的应激反应更小, 炎症因子上升水平更少, 且下降更快。分析其原因: 超声引导可实现对手术操作的精准定位与引导, 有效减少手术过程中对周围组织的损伤, 从而减轻局部创伤应激反应的强度。而局部创伤应激反应的减弱, 又能直接降低机体炎症因子的释放水平, 进而减少炎症反应对肺组织的损伤, 为肺功能的早期恢复创造有利条件。IL-6 作为重要的促炎细胞因子, 其水平升高会加剧肺组织损伤, 延缓肺功能恢复; CRP 作为敏感的炎症标志物, 其水平变化可直接反映机体炎症状态^[29-30]。研究组更低的炎症因子水平, 为肺功能的快速恢复奠定了基础, 也进一步解释了其治疗总有效率更高的原因。在肺功能指标变化方面, 本研究发现两组患者 FVC、FEV₁、FEV₁/FVC 均随时间增加而升高, 且研究组术后各时点 FVC、FEV₁ 明显高于对照组。这一结果与既往研究^[31] 中气胸治疗后炎症因子水平变化趋势相呼应, 即炎症反应越轻, 肺功能恢复越好。此外由于 FEV₁/FVC 反映气流受限程度^[32], 两组均为复杂疑难气胸患者, 基础气流受限改善缓慢, FEV₁/FVC 组间无明显差异可能与复杂疑难气胸患者固有气道病变相关, 超声引导主要改善肺容积指标。

此外, 本研究通过 Pearson 分析发现 IL-6、CRP 与 FVC、FEV₁、FEV₁/FVC 均呈负相关, 表明炎症反应的有效控制是肺功能改善的重要因素。复杂疑难气胸患者本身肺功能受损较严重, 传统手术因引流不彻底或手术创伤较大, 可能进一步加重肺组织损伤, 导致肺功能恢复缓慢。而超声引导术通过精准引流促进肺组织充分复张, 减少手术创伤对肺组织的二次损伤, 同时抑制炎症反应对肺组织的破坏, 从而更有效地改善肺功能。Logistic 回归分析发现超声引导仍是降低复杂疑难气胸患者术后并发症发生的独立保护因素, 且在不同亚组人群中结果一致, 这一结果进一步证实了超声引导下胸腔闭式引流术在降低并发症风险方面的可靠性和稳定性, 不受患者年龄、基础疾病等因素的影响, 为其在复杂疑难气胸患者中的广泛应用提供了有力支撑。

本研究创新性地选择了复杂疑难气胸患者这一群体作为研究对象, 丰富了超声技术在特殊气胸人群中的临床应用证据; 此外, 采用重复测量方差分析探讨了炎症因子、肺功能指标的动态变化, 并通过相关性分析揭示了炎症反应与肺功能

恢复的内在联系, 为超声引导术疗效优势的机制提供了更深入的解释; 最后, 开展亚组分析, 验证了超声引导作为术后并发症独立保护因素在不同人群中的稳定性, 既往研究多缺乏亚组验证, 难以证明技术疗效的适用人群, 本研究结果进一步提升了结论的临床参考价值。然而, 本研究也存在一定局限性: 为单中心回顾性设计, 研究对象并非按“是否接受超声引导下胸腔闭式引流术”进行随机分组, 部分混杂因素在研究组与对照组间的分布可能存在不均衡, 尽管通过 PSM 方法平衡了基线资料的潜在差异, 但仍可能存在未被完全控制的残留混杂因素, 如患者术后康复护理的细节差异等, 可能对结果的普适性产生一定影响, 未来研究可采用多中心、前瞻性随机对照设计, 扩大样本量并对患者进行长期随访, 进一步验证超声引导术的长期疗效与安全性, 为其在临床的推广应用提供支持。

综上所述, 超声引导下胸腔闭式引流术治疗复杂疑难气胸患者的效果优于传统胸腔闭式引流术。该术式能有效缩短手术及恢复时间, 增加引流量和减少术后并发症, 提升治疗总有效率; 同时可更有效地抑制炎症反应, 降低 IL-6、CRP 水平, 促进肺功能指标 FVC、FEV₁ 的长期改善, 且是降低术后并发症的独立保护因素, 在不同亚组人群中疗效稳定, 可作为复杂疑难气胸患者临床治疗的优选方案。

[参考文献]

- [1] Barton E C, Walker S P. The medical management of spontaneous pneumothorax: A concise review[J]. *Br J Hosp Med*, 2024, 85(9): 1-13.
- [2] Kanne J P, Rother M D M. Pneumothorax: Imaging diagnosis and etiology[J]. *Semin Roentgenol*, 2023, 58(4): 440-453.
- [3] Kelling J A, Meade A, Adkins M, et al. Risk of pneumothorax with internal mammary vessel utilization in autologous breast reconstruction[J]. *Ann Plast Surg*, 2021, 86(3S Suppl 2): S184-S188.
- [4] DeMaio A, Semaan R. Management of pneumothorax[J]. *Clin Chest Med*, 2021, 42(4): 729-738.
- [5] 丁世陆, 陈松. 胸腔闭式引流术带针胸管引流治疗气胸的疗效及对患者生活自理能力的影响[J]. *安徽医学*, 2020, 41(6): 715-716.
- [6] 赖德益. 微创胸腔闭式引流术治疗自发性气胸的临床

- 研究[J]. 中国卫生标准管理, 2020, 11(15): 8-11.
- [7] Gilday C, Odunayo A, Hespel A M. Spontaneous pneumothorax: Management and prognosis[J]. *Top Companion Anim Med*, 2021, 45: 100582.
- [8] 张师闻, 肖越勇, 何晓锋, 等. CT 引导下置入新型便携式胸腔闭式引流装置治疗气胸: 动物实验及文献复习[J]. 中国介入影像与治疗学, 2023, 20(6): 362-365.
- [9] 焦志梅, 韩倩孝, 郑永坤, 等. CT 引导下即刻小负压胸腔引流治疗经皮肺穿刺活检后气胸[J]. 中国介入影像与治疗学, 2025, 22(3): 169-172.
- [10] Walker S, Hallifax R, Ricciardi S, et al. Joint ERS/EACTS/ESTS clinical practice guidelines on adults with spontaneous pneumothorax[J]. *Eur Respir J*, 2024, 63(5): 2300797.
- [11] 中华医学会呼吸病学分会介入呼吸病学学组, 曾奕明. 选择性支气管封堵术治疗难治性气胸专家共识[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2021, 44(5): 417-426.
- [12] Gottlieb M, Long B. Managing spontaneous pneumothorax[J]. *Ann Emerg Med*, 2023, 81(5): 568-576.
- [13] Alvarez M, Evans D D, Tucker P. Spontaneous pneumothorax: Controversies in treatment[J]. *Adv Emerg Nurs J*, 2023, 45(3): 169-176.
- [14] Wang W, Zhu D N, Shao S S, et al. Closed thoracic drainage in elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease complicated with spontaneous pneumothorax: A retrospective study[J]. *World J Clin Cases*, 2023, 11(27): 6415-6423.
- [15] 陈均, 王允, 母存富, 等. 微创胸腔闭式引流精密可控负压吸引术治疗原发性自发性气胸的疗效及患者疼痛、氧化应激反应观察[J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(7): 1253-1256.
- [16] 杨胜珍, 陈文香, 贾文晶. 胸腔闭式引流部位对自发性气胸患者疗效及术后并发症的影响[J]. 实用医院临床杂志, 2024, 21(4): 75-78.
- [17] 韩蕃颖, 王海滨, 李淋淋, 等. CT 引导下经皮肺穿刺活检术后气胸风险的预测模型[J]. 实用医学杂志, 2025, 41(15): 2412-2417.
- [18] Peixoto A O, Costa R M, Uzun R, et al. Applicability of lung ultrasound in COVID-19 diagnosis and evaluation of the disease progression: A systematic review[J]. *Pulmonology*, 2021, 27(6): 529-562.
- [19] 彭亮, 郭剑, 查波辉, 等. 急诊创伤性血气胸在床边超声引导下精准化穿刺置管引流术的治疗效果[J]. 检验医学与临床, 2024, 21(9): 1245-1249.
- [20] 翟颖如, 盖建芳, 王成虎, 等. 床旁肺脏超声对新生儿气胸的临床诊断评价[J]. 中国临床医生杂志, 2021, 49(10): 1243-1246.
- [21] 徐鹏宇, 迟骋, 张晓霞. 床旁肺部超声及改良方案在急诊重症监护病房患者肺部病变诊断及监测中的应用进展[J]. 诊断学理论与实践, 2024, 23(5): 542-549.
- [22] 宋彤骏, 邓睿, 费蕾, 等. CT 与超声引导下经皮肺或胸膜病变穿刺活检的有效性和安全性比较[J]. 国际肿瘤学杂志, 2022, 49(9): 526-531.
- [23] Wang X, Li C, Fan J, et al. Safety and effectiveness of using disposable ultrasonic shears to coagulate 5-7 mm blood vessels: Protocol for a prospective, multicenter, randomized, parallel controlled, non-inferiority clinical trial[J]. *BMC Surg*, 2024, 24(1): 212.
- [24] 赵浩天, 刘奕, 刘元琳, 等. 肺超声气胸诊断流程及三点定位法引导气胸穿刺的应用价值[J]. 中国超声医学杂志, 2023, 39(11): 1239-1242.
- [25] 徐艳, 刘馨, 蔡腊梅, 等. 肺部超声诊断腹腔镜肝脏切除术中气胸 1 例[J]. 重庆医学, 2021, 50(14): 2518-2520.
- [26] 周旭, 罗文, 李宗武, 等. 微创胸腔闭式引流术与传统胸腔闭式引流术治疗自发性气胸患者的疗效[J]. 医疗装备, 2020, 33(1): 6-7.
- [27] 危内芳, 王志耘, 刘玉江. 实时超声引导下经皮胸腔穿刺置管闭式引流术治疗气胸的效果分析[J]. 中国社区医师, 2024, 40(6): 74-76.
- [28] Ivascu R, Torsin L I, Hostiuc L, et al. The surgical stress response and anesthesia: A narrative review[J]. *J Clin Med*, 2024, 13(10): 3017.
- [29] 黄卫, 唐秀宏, 胡成刚, 等. 电视胸腔镜外科手术治疗创伤性血气胸的疗效观察[J]. 重庆医学, 2024, 53(3): 349-353.
- [30] Bezerra F S, Lanzetti M, Nesi R T, et al. Oxidative stress and inflammation in acute and chronic lung injuries[J]. *Antioxidants (Basel)*, 2023, 12(3): 548.
- [31] 于涛, 齐拥军, 张秋生, 等. 血府逐瘀汤联合胸腔镜手术治疗创伤性血气胸的临床疗效及对应激反应和凝血功能的影响[J]. 中国中西医结合外科杂志, 2024, 30(2): 243-247.
- [32] 刘金鑫, 郑英. 胸腔镜下肺大疱切除术中不同胸膜固定术用于原发性自发性气胸患者的临床价值[J]. 川北医学院学报, 2023, 38(8): 1118-1121.