

超声引导下前锯肌平面阻滞对胸腔镜肺癌根治术患者术后镇痛及免疫功能的影响

赵 旭

(四川大学华西医院麻醉科, 四川 成都 610041)

摘 要: **目的:** 探讨超声引导下前锯肌平面阻滞 (serratus anterior plane block, SAPB) 对胸腔镜肺癌根治术患者术后镇痛效果及免疫功能的影响, 为临床围术期镇痛管理及免疫保护提供理论依据与实践参考。**方法:** 选取2024年1月至2024年12月于四川大学华西医院择期行胸腔镜肺癌根治术的患者80例, 采用随机数字表法分为SAPB组 (n=40) 和对照组 (n=40)。SAPB组患者在麻醉诱导前实施超声引导下患侧前锯肌平面阻滞, 对照组仅采用传统全身麻醉及术后静脉自控镇痛方案, 不实施区域阻滞。比较两组患者术后6h、24h、48h静息及咳嗽时视觉模拟评分 (VAS)、术后48h内阿片类药物总消耗量及不良反应发生率; 检测并对比两组患者术前1d、术后24h、术后48h外周血T淋巴细胞亚群 (CD3⁺、CD4⁺、CD8⁺ 及 CD4⁺/CD8⁺ 比值)、自然杀伤 (NK) 细胞活性及炎症因子 (IL-6、TNF- α) 水平; 记录两组患者术后首次下床活动时间及住院总时长。**结果:** 术后6h、24h、48h, SAPB组静息及咳嗽时VAS评分均显著低于对照组 (P<0.05); SAPB组术后48h内阿片类药物总消耗量显著少于对照组 (P<0.05), 恶心呕吐、头晕等不良反应发生率显著低于对照组 (P<0.05)。术前1d, 两组患者外周血CD3⁺、CD4⁺、CD8⁺ T淋巴细胞百分比、CD4⁺/CD8⁺ 比值、NK细胞活性及IL-6、TNF- α 水平比较, 差异均无统计学意义 (P>0.05); 术后24h、48h, 两组上述免疫指标及炎症因子水平均较术前发生显著变化 (P<0.05), 但SAPB组CD3⁺、CD4⁺ T淋巴细胞百分比、CD4⁺/CD8⁺ 比值及NK细胞活性显著高于对照组 (P<0.05), IL-6、TNF- α 水平显著低于对照组 (P<0.05)。SAPB组术后首次下床活动时间显著早于对照组 (P<0.05), 住院总时长显著短于对照组 (P<0.05)。**结论:** 超声引导下前锯肌平面阻滞可显著改善胸腔镜肺癌根治术患者术后镇痛效果, 减少阿片类药物用量及不良反应, 有效减轻术后免疫抑制, 维持免疫功能稳定, 促进患者术后快速康复, 值得在临床围术期镇痛管理中推广应用。

关键词: 超声引导; 前锯肌平面阻滞; 胸腔镜肺癌根治术; 术后镇痛; 免疫功能; T淋巴细胞亚群; 炎症因子

中图分类号: R614

文献标识码: B

文章编号: 3106-2040 (2025) 05-0014-13

DOI: 10.62022/CPH.issn3106-2040.2025.05.002

Effects of Ultrasound-Guided Serratus Anterior Plane Block on Postoperative Analgesia and Immune Function in Patients Undergoing Radical Thoracoscopic Surgery for Lung Cancer

Zhao Xu

(West China Hospital, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610041)

Abstract: **Objective:** To explore the effects of ultrasound-guided serratus anterior plane block (SAPB) on postoperative analgesia and immune function in patients undergoing radical thoracoscopic surgery for lung cancer, and to provide theoretical basis and practical reference for clinical perioperative analgesia management and immune protection. **Methods:** A total of 80 patients who underwent selective radical thoracoscopic surgery for lung cancer in West China Hospital of Sichuan University from January 2024 to December 2024 were selected and randomly divided into SAPB group (n=40) and control group (n=40) by random number table method. Patients in the SAPB group received ultrasound-guided ipsilateral serratus anterior plane block before anesthesia induction, while patients in the control group only received traditional general anesthesia and postoperative patient-controlled intravenous analgesia (PCIA) without regional block. The visual analog scale (VAS) scores at rest and during coughing at 6h, 24h and 48h after operation, the total consumption of opioids and the incidence of adverse reactions within 48h after operation were compared between the two groups. The levels of T lymphocyte subsets (CD3⁺, CD4⁺, CD8⁺ and CD4⁺/CD8⁺ ratio), natural killer (NK) cell activity and inflammatory factors (IL-6, TNF- α) in peripheral blood were detected and compared between the two groups at 1 day before operation, 24h and 48h after operation. The time of first ambulation and total length of hospital stay after operation were recorded in both groups. **Results:** At 6h, 24h and 48h after operation, the VAS scores at rest and

作者简介: 赵旭, 博士, 副主任医师, 研究方向为胸科手术麻醉与围术期脏器保护。

during coughing in the SAPB group were significantly lower than those in the control group ($P<0.05$). The total consumption of opioids within 48h after operation in the SAPB group was significantly less than that in the control group ($P<0.05$), and the incidence of adverse reactions such as nausea, vomiting and dizziness was significantly lower than that in the control group ($P<0.05$). At 1 day before operation, there were no significant differences in the percentages of $CD3^+$, $CD4^+$, $CD8^+$ T lymphocytes, $CD4^+/CD8^+$ ratio, NK cell activity and levels of IL-6 and TNF- α in peripheral blood between the two groups ($P>0.05$). At 24h and 48h after operation, the above immune indicators and inflammatory factor levels in both groups changed significantly compared with those before operation ($P<0.05$), but the percentages of $CD3^+$, $CD4^+$ T lymphocytes, $CD4^+/CD8^+$ ratio and NK cell activity in the SAPB group were significantly higher than those in the control group ($P<0.05$), and the levels of IL-6 and TNF- α were significantly lower than those in the control group ($P<0.05$). The time of first ambulation after operation in the SAPB group was significantly earlier than that in the control group ($P<0.05$), and the total length of hospital stay was significantly shorter than that in the control group ($P<0.05$). **Conclusion:** Ultrasound-guided serratus anterior plane block can significantly improve the postoperative analgesic effect of patients undergoing radical thoracoscopic surgery for lung cancer, reduce the dosage of opioids and their adverse reactions, effectively alleviate postoperative immunosuppression, maintain the stability of immune function, and promote the rapid postoperative recovery of patients. It is worthy of popularization and application in clinical perioperative analgesia management.

Keywords: Ultrasound guidance; Serratus anterior plane block; Radical thoracoscopic surgery for lung cancer; Postoperative analgesia; Immune function; T lymphocyte subsets; Inflammatory factors

1 引言

1.1 研究背景与意义

1.1.1 胸腔镜肺癌根治术的普及与术后疼痛管理挑战

肺癌是全球发病率和死亡率最高的恶性肿瘤之一,据世界卫生组织相关数据统计,每年全球新发肺癌病例超200万例,死亡病例接近180万例,其发病率和死亡率长期位居各类恶性肿瘤首位,严重威胁人类生命健康,给患者家庭及全球医疗体系带来了沉重的负担。随着微创外科技术的快速发展、手术器械的不断革新以及临床诊疗经验的逐步积累,胸腔镜肺癌根治术已逐渐取代传统开胸手术,成为临床治疗早期非小细胞肺癌的首选术式,该术式主要通过胸壁上的1-3个微小切口,借助胸腔镜器械及高清摄像系统完成肿瘤切除、淋巴结清扫等核心操作,具有手术创伤小、术中出血量少、术后恢复快、住院时间短、胸壁美观度高等显著优势。相较于传统开胸手术需切开较长胸壁、切断肋骨及胸壁肌肉的操作方式,胸腔镜肺癌根治术显著降低了手术创伤对患者的生理干扰,减少了术中应激反应,有效改善了患者术后呼吸功能、活动能力及远期预后,大幅提升了早期非小细胞肺癌患者的术后生活质量^[1]。

但需明确的是,胸腔镜手术虽属于微创手术,仍会不可避免地造成胸壁软组织损伤、肋间神经刺激及胸膜牵拉,术后疼痛仍是临床中不可忽视的突出问题,且临床数据显示,约70%-80%的胸腔镜肺癌根治术患者术后会出现中重度疼痛,疼痛持续时间多为3-7天,部分患者疼痛可持续2周以上,严重影响患者的术后恢复进程。术后剧烈疼痛不仅会直接导致患者出现焦虑、抑郁、烦躁等不良情绪,降低患者的治疗依从性,还会抑制患者的呼吸、咳嗽功能—

一患者因疼痛不敢用力咳嗽、深呼吸,导致气道内分泌物无法及时排出,进而显著增加肺部感染、肺不张、呼吸衰竭等严重并发症的发生风险;同时,剧烈疼痛还会诱发机体产生强烈的应激反应,导致体内儿茶酚胺、皮质醇等应激激素分泌增多,进而影响机体免疫功能的稳定,抑制免疫细胞对残留肿瘤细胞的清除能力,不利于患者术后康复,甚至可能增加肿瘤复发、转移的风险。

目前,临床常用的胸腔镜肺癌根治术术后镇痛方案以静脉自控镇痛联合阿片类药物为主,该方案虽能在一定程度上缓解患者术后疼痛,但存在明显的局限性:阿片类药物用量过大易引发恶心、呕吐、头晕、嗜睡、便秘等不良反应,严重时还可能导致呼吸抑制、低血压等危及患者生命的并发症,增加术后护理难度;且长期使用阿片类药物可能进一步加重机体免疫抑制,影响患者远期预后,同时还可能导致患者出现药物依赖、耐受等问题,不利于术后镇痛方案的持续实施。因此,寻找一种安全、有效、不良反应少且可减少阿片类药物用量的镇痛方式,优化胸腔镜肺癌根治术围术期镇痛管理,减轻患者术后疼痛、降低并发症发生率、促进患者快速康复,已成为目前胸外科临床围术期管理的重点和难点,也是临床医护人员及相关研究者亟待解决的重要医学问题^[2]。

1.1.2 前锯肌平面阻滞(SAPB)的技术原理及优势

前锯肌平面阻滞(Serratus Anterior Plane Block, SAPB)是2013年由Blanco等人率先提出并应用于临床的新型超声引导下筋膜间平面阻滞技术,作为区域镇痛领域的重要技术革新,该方法最初被用于乳腺癌手术患者的术后镇痛管理。凭借操作简便、安全性突出、镇痛效果确切可靠等

核心优势,前锯肌平面阻滞迅速在临床推广,目前已广泛应用于胸外科、创伤科、急诊科及康复科等多个学科,成为胸壁相关手术与创伤后疼痛治疗的重要手段。

前锯肌平面阻滞的核心技术原理,是在实时超声可视化引导下,将局部麻醉药物精准注射至特定的筋膜间隙内。根据临床镇痛需求,可分为浅层阻滞与深层阻滞两种方式:浅层阻滞将药物注入前锯肌与背阔肌之间的筋膜平面,深层阻滞则将药物注射于前锯肌与肋间肌之间的筋膜层次。局部麻醉药在筋膜间隙内沿自然解剖间隙扩散,可有效阻滞肋间神经外侧皮支、胸长神经及其交通神经分支,其镇痛区域通常可覆盖T2~T9脊神经皮节支配范围,能够全面阻断胸壁组织的痛觉信号传导,从而为各类胸壁手术、胸腔镜手术及胸壁创伤患者提供稳定、持续且效果优良的术后镇痛。

与传统胸椎旁神经阻滞、硬膜外阻滞等经典区域镇痛技术相比,前锯肌平面阻滞具有不可替代的临床安全性与实用性优势。该阻滞路径远离胸膜、大血管、椎管及脊髓等重要危险解剖结构,整体穿刺路径表浅、操作直观,显著降低了穿刺难度与技术门槛,同时大幅减少了严重并发症的发生风险。在超声实时引导下,操作者可清晰分辨肌肉层次、筋膜间隙与周围组织结构,实现精准定位、定量注药、全程可视,有效避免了传统盲穿法可能导致的神经损伤、气胸、血管损伤、局部血肿等不良事件^[3]。此外,前锯肌平面阻滞的镇痛范围与镇痛强度能够稳定满足胸腔镜肺癌根治术、肺叶切除术、胸壁肿物切除、肋骨骨折固定等胸外科常见手术的镇痛需求,可有效减少术后阿片类药物的用量,降低药物相关不良反应,促进患者早期咳嗽排痰与下床活动,缩短术后康复时间。

凭借上述多重优势,前锯肌平面阻滞已从单一术式的辅助镇痛技术,发展为胸外科术后多模式镇痛方案中不可或缺的重要组成部分,在加速康复外科(ERAS)理念的临床实践中发挥着关键作用,具有广阔的应用前景与持续推广价值。

1.1.3 术后镇痛与免疫功能关联性研究的重要性

肺癌作为临床发病率和死亡率均居前列的恶性肿瘤,其患者群体本身就面临着免疫功能受损的困境。一方面,肿瘤细胞的无限增殖会大量消耗机体营养物质和免疫活性成分,导致免疫细胞合成原料不足;另一方面,放化疗等术前辅助治疗或根治性治疗手段,在杀灭肿瘤细胞的同时,会不可避免地损伤机体正常的免疫细胞(如T淋巴细胞、B淋巴细胞、自然杀伤细胞等),破坏免疫细胞的活化通路,

导致患者免疫功能出现不同程度的低下,部分患者甚至出现严重的免疫抑制,使其难以有效抵御外界病原体入侵和肿瘤细胞的进一步扩散。

在此基础上,胸腔镜肺癌根治术作为目前临床治疗肺癌的主流微创手术方式,虽较传统开胸手术创伤更小,但仍会对机体造成一定的手术创伤,且术后疼痛是患者不可避免的临床症状。手术创伤作为一种强烈的外界刺激,会进一步诱发机体产生全身性应激反应,促使下丘脑-垂体-肾上腺轴(HPA轴)和交感神经-肾上腺髓质系统过度激活,导致皮质醇、肾上腺素、去甲肾上腺素等应激激素大量分泌。这些应激激素会通过多种途径抑制免疫功能:一是直接抑制T淋巴细胞、B淋巴细胞的增殖与分化,减少免疫球蛋白的合成和释放;二是抑制自然杀伤细胞的细胞毒性,降低其对肿瘤细胞的识别和清除能力;三是促进免疫抑制细胞(如调节性T细胞)的活化,进一步加重免疫抑制状态,形成“创伤-应激-免疫抑制”的恶性循环。

免疫功能低下对胸腔镜肺癌根治术患者的术后恢复和长期预后具有显著的负面影响:从短期来看,免疫功能受损会显著增加患者术后肺部感染、切口感染、胸腔积液等并发症的发生风险,延长患者住院时间,增加治疗成本,甚至可能因严重感染危及患者生命^[4];从长期来看,免疫功能的持续低下会削弱机体对术后残留肿瘤细胞的清除能力,显著增加肿瘤复发、远处转移的风险,降低患者的无病生存期和总体生存期,严重影响患者的生活质量和长期预后,成为制约肺癌患者术后康复的关键因素之一。

大量临床研究已证实,术后有效镇痛是减轻机体应激反应、保护患者免疫功能的重要干预措施。通过科学有效的镇痛治疗,可显著减轻患者术后疼痛强度,减少疼痛刺激对机体的不良影响,从而抑制下丘脑-垂体-肾上腺轴和交感神经-肾上腺髓质系统的过度激活,减少皮质醇、肾上腺素等应激激素的分泌,打破“疼痛-应激-免疫抑制”的恶性循环,进而减轻免疫抑制程度,维持免疫细胞的正常增殖、分化及功能,保持机体免疫功能稳定,为患者术后康复和肿瘤清除提供良好的免疫基础。

超声引导下前锯肌平面阻滞(SAPB)作为一种新型高效的区域镇痛技术,近年来在胸腔镜肺癌根治术患者的术后镇痛中得到广泛应用。与传统的静脉镇痛、硬膜外镇痛相比,SAPB具有镇痛效果确切、操作简便、创伤小、不良反应少等优势,可有效阻滞胸壁疼痛传导通路,显著减轻患者术后胸壁疼痛和躯体不适,改善患者术后呼吸功能和睡眠质量,已成为胸腔镜肺癌根治术患者围术期镇痛的重

要选择^[5]。

然而，目前关于SAPB对胸腔镜肺癌根治术患者术后免疫功能的具体影响及相关作用机制，临床研究仍存在争议，尚未形成统一结论。部分研究结果显示，SAPB可通过有效减轻术后疼痛、抑制机体应激反应，减少应激激素分泌，从而显著保护患者术后免疫功能，具体表现为T淋巴细胞亚群（CD3⁺、CD4⁺、CD8⁺）比例升高、自然杀伤细胞活性增强、免疫球蛋白水平改善等；但另有部分临床研究未能观察到SAPB组与传统镇痛组患者术后免疫功能指标存在显著差异，认为SAPB仅能缓解术后疼痛，对患者术后免疫功能无明显保护作用，其争议可能与样本量大小、手术方式差异、镇痛药物联合使用、患者基础免疫状态不同及检测指标选择等多种因素相关。

因此，深入探讨SAPB对胸腔镜肺癌根治术患者术后镇痛效果及免疫功能的具体影响，明确SAPB是否能有效保护患者术后免疫功能、其保护作用的强度及相关作用机制，厘清目前临床研究中的争议点，对于进一步优化胸腔镜肺癌根治术患者的围术期镇痛管理方案、筛选更优的镇痛方式、有效保护患者术后免疫功能、减少术后并发症发生、降低肿瘤复发转移风险、改善患者术后康复质量和长期预后，具有重要的临床意义和研究价值，同时也能为SAPB在肺癌围术期的规范化应用提供可靠的临床依据和理论支撑。

2 研究方法

2.1 研究对象与分组

2.1.1 纳入标准

纳入标准：①经病理检查确诊为非小细胞肺癌，符合胸腔镜肺癌根治术手术指征；②年龄40~75岁，性别不限，体重指数（BMI）18.5~28.0 kg/m²；③美国麻醉医师协会（ASA）分级为Ⅰ~Ⅱ级，无严重心、肝、肾、脑等重要脏器功能障碍；④无凝血功能障碍、自身免疫性疾病、感染性疾病病史；⑤无局部麻醉药过敏史、阿片类药物依赖史；⑥患者及家属知情同意，自愿参与本研究，并签署知情同意书；⑦术前未接受放化疗、免疫治疗等抗肿瘤治疗；⑧手术方式为单侧胸腔镜肺叶切除术或肺段切除术，手术时间≤3h。

2.1.2 排除标准

排除标准：①合并严重心脑血管疾病、肝肾功能衰竭、呼吸功能不全等基础疾病，无法耐受手术及麻醉；②存在凝血功能障碍（凝血酶原时间延长>1.2倍、活化部分凝血活酶时间延长>1.5倍）或正在使用抗凝药物；③对本研究使用

的局部麻醉药、阿片类药物及其他麻醉药物过敏；④存在胸壁畸形、局部皮肤感染、肿瘤转移至胸壁等情况，无法实施前锯肌平面阻滞；⑤合并自身免疫性疾病、血液系统疾病或长期使用免疫抑制剂；⑥术前存在严重感染、发热（体温>38.5℃）；⑦精神疾病患者、认知功能障碍患者，无法配合完成VAS评分及相关检查；⑧术中中转开胸、手术时间>3h或出现严重手术并发症；⑨随访过程中脱落或拒绝配合完成相关指标检测。

2.1.3 分组设计

采用随机数字表法将符合纳入标准的80例患者分为SAPB组和对照组，每组各40例。SAPB组实施超声引导下前锯肌平面阻滞联合全身麻醉及术后静脉自控镇痛，对照组实施传统全身麻醉及术后静脉自控镇痛，不实施区域阻滞。两组患者在年龄、性别、BMI、ASA分级、肿瘤病理类型、手术方式、手术时间等一般临床资料方面比较，差异均无统计学意义（P>0.05），具有可比性。

2.2 麻醉与阻滞方案

2.2.1 超声引导下SAPB操作流程

SAPB组患者在麻醉诱导前30min实施超声引导下患侧前锯肌平面阻滞。患者取健侧卧位，患侧上肢自然上举置于头部，暴露患侧胸壁腋中线区域^[6]。采用飞利浦EPIQ5彩色多普勒超声诊断仪，配备高频线性探头（频率7~12 MHz），常规消毒铺巾后，将超声探头置于患侧腋中线第5~6肋间水平，矢状面放置，清晰显示皮肤、皮下组织、背阔肌、前锯肌及肋骨的超声图像，明确前锯肌与背阔肌之间的浅层筋膜平面（本研究采用浅层阻滞，适用于胸腔镜手术胸壁镇痛）。采用平面内穿刺技术，将22G穿刺针从超声探头外侧缘进针，针尖方向由前上向后下，缓慢刺入，实时超声监测下，当针尖到达前锯肌与背阔肌之间的筋膜平面时，回抽无血、无气后，缓慢注射阻滞药物。阻滞药物选用0.375%罗哌卡因注射液（瑞典阿斯利康公司，规格：10mL:75mg）25mL，注射过程中可适当调整针尖位置，确保药物均匀扩散于筋膜平面内，注射完毕后，拔出穿刺针，局部按压5~10min，观察患者无不适后，进行麻醉诱导。罗哌卡因具有起效快、作用时间长、心脏毒性低的优势，结合该剂量可实现术后12~24h持续镇痛，减少术后阿片类药物用量。

2.2.2 对照组麻醉管理

对照组患者不实施任何区域阻滞，仅采用传统全身麻醉及术后静脉自控镇痛方案。两组患者麻醉诱导方案一致：依次静脉注射咪达唑仑0.04mg/kg、舒芬太尼0.5 μg/kg、丙

泊酚2mg/kg、罗库溴铵0.6mg/kg,待患者意识消失、肌肉松弛后,行双腔支气管插管,连接麻醉呼吸机辅助呼吸,设置呼吸参数:潮气量8~10mL/kg,呼吸频率12~16次/min,吸呼比1:2,呼气末二氧化碳分压维持在35~45mmHg。麻醉维持:持续静脉泵注丙泊酚4~6mg·kg⁻¹·h⁻¹、瑞芬太尼0.1~0.2μg·kg⁻¹·min⁻¹,间断静脉注射罗库溴铵维持肌肉松弛,根据患者心率、血压变化,调整麻醉药物剂量,维持术中血流动力学稳定,避免麻醉过深或过浅。术后镇痛方案:两组患者均采用静脉自控镇痛(PCIA),镇痛泵配方为:舒芬太尼100μg+托烷司琼10mg+生理盐水稀释至100mL,设置参数:背景输注速率2mL/h,单次按压剂量0.5mL,锁定时间15min,术后持续使用48h,若患者VAS评分>4分,可追加氟比洛芬酯50mg静脉注射进行补救性镇痛。

2.3 观察指标与数据采集

2.3.1 术后镇痛效果

①视觉模拟评分(VAS):由专人负责,分别于术后6h、24h、48h,采用VAS评分法评估两组患者静息及咳嗽时的疼痛程度。VAS评分范围为0~10分,0分表示无痛,1~3分表示轻度疼痛,4~6分表示中度疼痛,7~10分表示重度疼痛,患者根据自身疼痛感受在评分尺上标记,记录对应评分。②阿片类药物消耗量:记录两组患者术后48h内PCIA舒芬太尼总消耗量及补救性镇痛药物(氟比洛芬酯)使用例数,计算阿片类药物总消耗量(以舒芬太尼当量计算)。③不良反应发生率:记录两组患者术后48h内阿片类药物相关不良反应(恶心、呕吐、头晕、皮肤瘙痒、呼吸抑制)的发生情况,计算不良反应发生率。

2.3.2 免疫功能指标

①标本采集:分别于术前1d、术后24h、术后48h,采集两组患者外周静脉血5mL,置于EDTA抗凝管中,轻轻摇匀,避免溶血,立即送至医院检验科进行检测。②T淋巴细胞亚群检测:采用流式细胞仪(美国BD公司,型号:FACSCalibur)检测外周血CD3⁺、CD4⁺、CD8⁺T淋巴细胞百分比,并计算CD4⁺/CD8⁺比值,检测严格按照试剂盒说明书操作。③NK细胞活性检测:采用乳酸脱氢酶释放法检测NK细胞活性,试剂盒购自南京建成生物工程研究所,检测步骤严格遵循试剂盒说明书。④炎症因子水平检测:采用酶联免疫吸附试验(ELISA)检测外周血白细胞介素-6(IL-6)、肿瘤坏死因子-α(TNF-α)水平,试剂盒购自上海酶联生物科技有限公司,检测仪器为酶标仪(美国Thermo公司,型号:Multiskan MK3),严格按照试剂盒说明书操作,确保检测结果准确可靠。

2.3.3 术后恢复指标

由专人负责记录两组患者术后恢复相关指标:①首次下床活动时间:记录患者术后拔除气管插管后,首次自主下床活动(可借助助行器,活动时间≥5min)的时间;②住院总时长:记录患者从手术当日出院当日的总天数,出院标准为:患者生命体征平稳,无明显疼痛(VAS评分≤3分),无肺部感染、肺不张等并发症,可自主进食、排便,切口愈合良好,无渗血、渗液。

3 结果

3.1 术后镇痛效果对比

3.1.1 VAS评分动态变化(术后6h、24h、48h)

术前两组患者均无明显疼痛,VAS评分均为0分。术后6h、24h、48h,两组患者静息及咳嗽时VAS评分均呈逐渐下降趋势,但SAPB组各时间点VAS评分均显著低于对照组,差异具有统计学意义(P<0.05)。具体数据如下:术后6h,SAPB组静息VAS评分(2.35±0.58)分,咳嗽时VAS评分(3.42±0.65)分;对照组静息VAS评分(4.86±0.72)分,咳嗽时VAS评分(5.93±0.81)分(P<0.05)。术后24h,SAPB组静息VAS评分(1.82±0.45)分,咳嗽时VAS评分(2.76±0.53)分;对照组静息VAS评分(3.95±0.64)分,咳嗽时VAS评分(4.88±0.75)分(P<0.05)。术后48h,SAPB组静息VAS评分(1.23±0.32)分,咳嗽时VAS评分(1.98±0.41)分;对照组静息VAS评分(2.87±0.56)分,咳嗽时VAS评分(3.72±0.68)分(P<0.05)。结果表明,超声引导下前锯肌平面阻滞可显著减轻胸腔镜肺癌根治术患者术后疼痛,且镇痛效果持续稳定,与相关研究结论一致。

3.1.2 阿片类药物总消耗量及不良反应发生率

术后48h内,SAPB组阿片类药物(舒芬太尼)总消耗量为(42.35±8.56)μg,显著少于对照组的(78.62±10.34)μg,差异具有统计学意义(P<0.05);SAPB组补救性镇痛药物使用例数为3例(7.50%),显著少于对照组的11例(27.50%),差异具有统计学意义(P<0.05)。不良反应发生率方面,SAPB组不良反应发生率为10.00%(4/40),其中恶心2例、头晕2例,无呕吐、皮肤瘙痒、呼吸抑制发生;对照组不良反应发生率为32.50%(13/40),其中恶心6例、呕吐3例、头晕3例、皮肤瘙痒1例,无呼吸抑制发生。SAPB组不良反应发生率显著低于对照组,差异具有统计学意义(P<0.05)。提示SAPB可有效减少术后阿片类药物用量,降低不良反应发生率,提高患者术后舒适度,这与Park等研究中SAPB可减少阿片类药物消耗和恶心呕吐等并发

症的结论一致，而与Semyonov等的研究结论存在差异，可能与样本量、阻滞药物剂量及患者个体差异有关。

3.2 免疫功能变化分析

3.2.1 术前与术后免疫指标基础值对比

术前1d，两组患者外周血CD3⁺、CD4⁺、CD8⁺ T淋巴细胞百分比、CD4⁺/CD8⁺比值、NK细胞活性及IL-6、TNF- α 水平比较，差异均无统计学意义（ $P>0.05$ ），表明两组患者术前免疫功能状态一致，具有可比性。术后24h、48h，两组患者上述免疫指标及炎症因子水平较术前发生显著变化（ $P<0.05$ ）：与术前1d相比，两组术后24h、48h CD3⁺、CD4⁺ T淋巴细胞百分比、CD4⁺/CD8⁺比值及NK细胞活性均显著下降，IL-6、TNF- α 水平均显著升高（ $P<0.05$ ），提示手术创伤及疼痛可诱发机体免疫抑制和炎症反应，导致免疫功能下降，这与手术创伤引发的应激反应及炎症反应密切相关，与相关研究结论一致。

3.2.2 SAPB组与对照组术后免疫功能差异

术后24h、48h，SAPB组免疫功能指标及炎症因子水平改善情况显著优于对照组，差异具有统计学意义（ $P<0.05$ ）。具体表现为：术后24h，SAPB组CD3⁺ T淋巴细胞百分比（ 62.35 ± 5.42 ）%、CD4⁺ T淋巴细胞百分比（ 38.46 ± 4.35 ）%、CD4⁺/CD8⁺比值（ 1.52 ± 0.23 ）、NK细胞活性（ 35.62 ± 5.78 ）%，均显著高于对照组的（ 55.78 ± 5.16 ）%、（ 32.15 ± 4.08 ）%、（ 1.23 ± 0.18 ）、（ 28.95 ± 5.34 ）%；SAPB组IL-6水平（ 89.35 ± 12.46 ）pg/mL、TNF- α 水平（ 56.78 ± 10.23 ）pg/mL，均显著低于对照组的（ 125.62 ± 15.34 ）pg/mL、（ 82.35 ± 12.67 ）pg/mL（ $P<0.05$ ）。术后48h，SAPB组CD3⁺ T淋巴细胞百分比（ 65.78 ± 5.63 ）%、CD4⁺ T淋巴细胞百分比（ 41.23 ± 4.56 ）%、CD4⁺/CD8⁺比值（ 1.68 ± 0.25 ）、NK细胞活性（ 40.35 ± 6.12 ）%，均显著高于对照组的（ 58.95 ± 5.34 ）%、（ 34.86 ± 4.23 ）%、（ 1.35 ± 0.20 ）、（ 32.68 ± 5.56 ）%；SAPB组IL-6水平（ 68.45 ± 10.32 ）pg/mL、TNF- α 水平（ 45.62 ± 9.15 ）pg/mL，均显著低于对照组的（ 98.75 ± 13.26 ）pg/mL、（ 65.48 ± 11.34 ）pg/mL（ $P<0.05$ ）。结果表明，超声引导下前锯肌平面阻滞可有效减轻胸腔镜肺癌根治术患者术后免疫抑制，抑制炎症反应，促进免疫功能恢复，这与SAPB减轻术后疼痛、减少应激反应及炎症因子释放密切相关，与相关研究结论一致。

3.3 术后恢复情况

3.3.1 首次下床活动时间

SAPB组患者术后首次下床活动时间为（ 18.56 ± 3.42 ）h，显著早于对照组的（ 26.78 ± 4.56 ）h，差异具有统计学意义

（ $P<0.05$ ）。分析原因，SAPB组术后疼痛控制效果更佳，患者疼痛不适感减轻，且阿片类药物不良反应发生率低，身体舒适度更高，能够更早期地进行自主活动，而对照组术后疼痛较明显，且不良反应较多，影响患者早期下床活动，这与SAPB改善术后镇痛效果、减少不良反应的作用密切相关，与相关研究结论一致。

3.3.2 住院总时长

SAPB组患者住院总时长为（ 6.35 ± 1.23 ）d，显著短于对照组的（ 8.78 ± 1.56 ）d，差异具有统计学意义（ $P<0.05$ ）。原因主要为：SAPB组术后镇痛效果好，减少了肺部感染、肺不张等并发症的发生风险；免疫功能恢复更快，机体抵抗力增强，利于切口愈合及身体整体恢复；患者早期下床活动，进一步促进了胃肠功能、呼吸功能恢复，缩短了住院时间，降低了住院费用，符合快速康复外科理念，与相关研究结论一致。

4 讨论

4.1 SAPB对术后镇痛的机制与临床价值

4.1.1 局部麻醉药对神经传导的阻断作用

超声引导下前锯肌平面阻滞（SAPB）作为胸腔镜肺癌根治术围术期常用的区域镇痛技术，其核心镇痛机制本质是通过局部麻醉药对胸壁痛觉神经传导通路的精准阻断，从痛觉信号传导的源头发挥镇痛效应，进而显著减轻患者术后疼痛程度，改善术后康复体验^[7]。

胸腔镜肺癌根治术虽具有微创优势，但手术操作过程中不可避免地会造成胸壁软组织损伤、肋间神经机械性刺激，以及胸膜牵拉等创伤性刺激，这些刺激均是引发患者术后疼痛的主要诱因。其中，术后痛觉信号的传导主要依赖于肋间神经外侧皮支，该神经分支广泛分布于胸壁软组织及胸膜表面，负责将胸壁区域的痛觉信号传递至脊髓，再由脊髓上传至中枢神经系统，最终形成痛觉感知。

前锯肌平面阻滞通过超声的实时引导，可将局部麻醉药精准注射至前锯肌与背阔肌之间的筋膜平面内，该筋膜平面为神经分支的走行区域，且具有良好的药物扩散特性。注射后的局部麻醉药可沿此筋膜平面自由扩散，均匀浸润周围神经组织，进而有效阻滞T2~T9肋间神经外侧皮支、胸长神经及相关神经交通支，使这些神经的传导功能暂时被抑制，无法将外周的痛觉信号向中枢神经系统传导，最终实现阻断痛觉感知、达到高效术后镇痛的目的^[8]。

这一镇痛机制已通过多项尸体解剖研究得到充分证实，其中Mayes等学者开展的相关研究最具代表性。该研究

团队在尸体的前锯肌平面内注射亚甲蓝染色剂,通过解剖观察发现,亚甲蓝可沿筋膜平面广泛扩散,且肋间神经的多个节段及分支均出现明显染色,清晰直观地证实了局部麻醉药在该筋膜平面内的扩散范围可覆盖术后痛觉传导的关键神经分支,进一步验证了前锯肌平面阻滞技术镇痛机制的科学性和可靠性。

本研究中选用0.375%罗哌卡因作为局部麻醉药,该药物属于长效酰胺类局部麻醉药,是目前临床区域阻滞中应用最广泛的药物之一,其相较于其他类型局部麻醉药具有显著优势^[9]:起效速度快,通常在注射后10~15min即可发挥神经阻滞作用,能够快速缓解患者术后早期疼痛;作用持续时间长,单次注射后镇痛效果可维持12~24h,可有效覆盖患者术后疼痛最剧烈的时期,减少追加镇痛药物的需求;同时其心脏毒性和中枢神经系统毒性极低,临床应用安全性高,可有效降低因药物毒性引发的相关并发症风险。

此外,超声引导技术的应用进一步提升了阻滞操作的精准度和安全性,通过超声实时可视化监测,可清晰显示前锯肌、背阔肌的解剖结构,以及筋膜平面的位置,有效避开血管、胸膜等重要组织器官,确保局部麻醉药精准注射至目标筋膜平面内,既提高了神经阻滞的成功率,避免了因注射位置偏差导致的镇痛效果不佳,又减少了局部麻醉药的浪费,同时降低了药物误入血管、胸膜等引发的出血、气胸等并发症发生率。本研究中超声引导下前锯肌平面阻滞的应用效果,与国内外相关临床研究得出的结论保持一致,进一步证实了该阻滞技术联合0.375%罗哌卡因在胸腔镜肺癌根治术后镇痛中的有效性和安全性。

4.1.2 减少阿片类药物使用的意义

阿片类药物是临床外科术后镇痛中传统且常用的药物类别,其通过作用于中枢神经系统的阿片受体,发挥强效镇痛作用,可在一定程度上缓解患者术后疼痛,但该类药物的临床应用存在明显局限性,尤其是用量过大或使用时间过长时,易引发多种不良反应,严重影响患者术后舒适度和康复进程,甚至对患者长期预后产生不利影响。

阿片类药物常见的不良反应包括恶心、呕吐、头晕、皮肤瘙痒、尿潴留等,其中恶心、呕吐发生率较高,严重时可导致患者进食困难、水电解质紊乱;而呼吸抑制是阿片类药物最严重的不良反应,若未及时发现和干预,可能危及患者生命安全。此外,长期或大量使用阿片类药物还会对机体免疫细胞功能产生抑制作用,导致免疫细胞活性下降、免疫应答能力降低,而胸腔镜肺癌根治术患者本身因手术创伤和肿瘤消耗,机体免疫功能已处于相对低下状

态,阿片类药物的免疫抑制作用会进一步加重术后免疫抑制,增加患者术后肺部感染、切口感染等并发症的发生风险,不利于肺癌患者的术后恢复和长期预后。

除此之外,阿片类药物的使用还可能增加患者术后谵妄的发生风险,尤其是对于老年肺癌患者,由于其机体代谢能力下降、中枢神经系统调节功能减弱,对阿片类药物的敏感性更高,术后谵妄的发生率也相对更高,而谵妄会严重影响患者的认知功能恢复,延长住院时间,增加术后护理难度和医疗费用。

本研究临床数据结果显示,采用超声引导下前锯肌平面阻滞(SAPB)的SAPB组,术后48h内阿片类药物总消耗量显著少于采用传统镇痛方案的对照组,同时SAPB组患者术后恶心、呕吐、头晕、皮肤瘙痒等阿片类药物相关不良反应的发生率也显著低于对照组,这一研究结果与国内外相关临床研究得出的结论一致,充分表明SAPB可通过发挥高效、持久的区域镇痛作用,替代部分甚至全部阿片类药物的镇痛作用,从而显著减少术后阿片类药物的用量,进而降低阿片类药物相关不良反应的发生率,改善患者术后舒适度,减少不良反应对术后恢复的影响。

同时,SAPB通过减少阿片类药物的使用,可有效避免阿片类药物过量使用对机体免疫细胞功能的抑制作用,保护患者术后免疫功能的稳定性,为术后免疫功能的恢复奠定良好基础,这也是SAPB相较于传统镇痛方案的重要优势之一,对于改善肺癌患者术后免疫状态、降低感染风险、促进长期预后具有重要意义。

此外,减少阿片类药物使用还可有效降低患者术后呼吸抑制的发生风险,避免呼吸抑制对患者呼吸功能的影响,有助于维持患者术后呼吸通畅,减少肺部感染、肺不张等肺部并发症的发生,进一步促进患者术后快速康复,这一理念与快速康复外科(ERAS)的核心宗旨高度契合。快速康复外科强调通过优化围术期各项干预措施,减少手术创伤和术后应激反应,降低并发症发生率,缩短住院时间,促进患者快速康复,而SAPB通过减少阿片类药物使用、降低不良反应发生率、保护免疫功能,为胸腔镜肺癌根治术患者围术期快速康复提供了重要支撑,具有重要的临床应用价值。

这一结论与Gan等学者开展的相关研究结果相一致,Gan等学者在研究中发现,无阿片类药物相关麻醉技术可显著降低术后恶心、呕吐等不良反应的发生率,改善患者术后恢复质量,进一步佐证了减少阿片类药物使用在外科术后康复中的重要意义,也为SAPB技术在胸腔镜肺癌根治术

围术期的推广应用提供了有力的研究依据。

4.2 SAPB对免疫功能的保护作用

4.2.1 疼痛应激与免疫抑制的关联

手术作为一种强烈的外界创伤刺激,其本身造成的组织损伤以及术后切口疼痛、内脏牵涉痛等多种痛源,均可系统性激活机体下丘脑-垂体-肾上腺轴与交感-肾上腺髓质系统,进而触发全身性应激反应。在应激状态下,交感神经兴奋性显著增高,促使皮质醇、肾上腺素、去甲肾上腺素等应激激素大量合成并释放入血。这些应激激素可直接作用于免疫细胞,对T淋巴细胞、NK细胞等核心免疫效应细胞的增殖、分化、迁移及生物学功能产生显著抑制效应,具体表现为外周血中CD3⁺总T淋巴细胞、CD4⁺辅助性T淋巴细胞百分比明显下降,CD4⁺/CD8⁺T淋巴细胞比值降低,NK细胞杀伤活性显著减弱,直接造成细胞免疫功能受损。

与此同时,持续的疼痛应激还可进一步促进IL-6、TNF- α 等促炎因子的大量释放,加剧全身炎症反应,而过度炎症状态又会进一步加重免疫细胞功能紊乱,形成“疼痛-应激反应-炎症加剧-免疫抑制”的恶性循环,这一病理生理关联已在大量临床与基础研究中得到广泛证实。除此之外,长期且严重的术后疼痛还可通过干扰患者睡眠结构、引发焦虑、抑郁等不良情绪,从神经-内分泌-免疫网络层面间接对免疫系统产生持续性负面影响,进一步加重免疫抑制程度。

对于接受手术治疗的肺癌患者而言,其自身已存在肿瘤细胞侵袭、慢性消耗、营养代谢紊乱、术前放化疗干预等多重因素导致的免疫功能低下,机体免疫监视与免疫清除能力本就处于薄弱状态。在此基础上,术后疼痛应激所诱发的继发性免疫抑制加重,不仅会显著降低机体对细菌、真菌等病原体的抵抗能力,增加肺部感染、切口感染等术后并发症发生风险,还会削弱机体对残留肿瘤细胞的清除与监视作用,进而提高肿瘤局部复发与远处转移的潜在风险,最终严重影响患者术后短期康复效果与长期生存预后。

因此,在肺癌围手术期管理中,有效减轻术后疼痛、阻断过度应激反应、打破疼痛-免疫抑制的恶性循环,是保护患者术后免疫功能、降低并发症发生率、改善长期预后的关键环节之一。超声引导下前锯肌平面阻滞(SAPB)作为一种定位精准、镇痛效果确切、不良反应少的区域阻滞镇痛技术,可通过高效阻断胸壁痛觉信号传导,显著减轻术后疼痛强度,从源头上抑制过度应激反应,进而阻断疼痛介导的免疫抑制通路,发挥重要的免疫保护作用,这

一作用机制与国内外相关研究结论高度一致。

4.2.2 SAPB通过减轻炎症反应维持免疫平衡

本研究结果显示,术后24h、48h,SAPB组CD3⁺、CD4⁺T淋巴细胞百分比、CD4⁺/CD8⁺比值及NK细胞活性均显著高于对照组,IL-6、TNF- α 水平均显著低于对照组,表明SAPB可有效减轻胸腔镜肺癌根治术患者术后免疫抑制,抑制炎症反应,维持免疫功能稳定。其具体作用机制可能为:①SAPB通过高效阻断痛觉神经传导,减轻术后疼痛,从而抑制交感神经兴奋,减少皮质醇、肾上腺素等应激激素的分泌,解除应激激素对免疫细胞的抑制作用,促进免疫细胞功能恢复;②疼痛减轻可减少机体炎症反应的激活,抑制IL-6、TNF- α 等炎症因子的释放,而炎症因子过量释放可直接损伤免疫细胞,抑制免疫功能,因此,SAPB通过抑制炎症反应,减少炎症因子对免疫细胞的损伤,维持免疫平衡;③SAPB减少了阿片类药物的使用,避免了阿片类药物对免疫细胞功能的抑制作用,进一步保护了免疫功能,与相关研究结论一致。IL-6、TNF- α 是机体重要的促炎因子,其水平升高可反映机体炎症反应的严重程度,术后炎症反应越严重,免疫抑制越明显,本研究中SAPB组术后IL-6、TNF- α 水平显著低于对照组,进一步证实了SAPB可通过减轻炎症反应,发挥免疫保护作用,维持免疫功能稳定,为患者术后康复及长期预后提供保障。

4.3 研究局限性及未来方向

4.3.1 样本量与随访时间的限制

本研究为单中心临床研究,受限于研究开展的场地范围、资源配置及研究周期等客观条件,选取的样本量相对较小,仅纳入80例胸腔镜肺癌根治术患者,相较于大样本临床研究而言,样本覆盖范围较窄,难以充分反映不同年龄、病程、病情严重程度等异质性人群的临床特征,可能导致研究样本的代表性不足。同时,本研究的随访时间设置较短,仅对患者随访至术后48小时,随访周期局限于术后短期阶段,仅重点观察了患者术后短期镇痛效果(如术后不同时间点的疼痛评分、镇痛药物使用量等)、免疫功能相关指标的短期变化(如免疫细胞亚群比例、炎症因子水平等)以及术后短期恢复情况(如术后下床活动时间、进食时间、不良反应发生率等),未对患者术后长期免疫功能恢复轨迹、肿瘤复发率、无病生存率、总体生存率等关键长期预后指标进行长期随访监测。由于胸腔镜肺癌根治术患者的免疫功能恢复是一个长期过程,肿瘤复发及生存情况也需要长期随访才能明确,短期随访所获取的研究数据无法全面反映干预措施的长期效应,这可能导致研究

结果存在一定的局限性,无法完整、准确地评估干预方案对患者长期预后的影响,这与相关meta分析中明确指出的“样本量大小及研究类型差异均可能影响研究结果的可靠性与普适性”这一局限性结论相一致。

此外,在研究对象的纳入标准设置上,本研究纳入的患者均为美国麻醉医师协会(ASA)分级Ⅰ~Ⅱ级的患者,该类患者身体基础状况较好,无严重脏器功能障碍、凝血功能异常等基础疾病,病情相对单一,而临床中接受胸腔镜肺癌根治术的患者群体中,还存在大量ASAⅢ~Ⅳ级、合并严重心脑血管疾病、糖尿病、慢性肺部疾病等基础疾病的患者,此类患者的病情更为复杂,对麻醉及手术干预的耐受性、反应性均与ASAⅠ~Ⅱ级患者存在明显差异,但本研究未将该部分特殊人群纳入研究范围,导致研究结果的适用人群范围受限,难以推广至所有接受胸腔镜肺癌根治术的患者,降低了研究结果的临床应用价值。

另外,在研究设计层面,本研究未对超声引导下前锯肌平面阻滞(SAPB)的关键干预参数进行分层分析,尤其是未区分浅层SAPB与深层SAPB两种不同阻滞方式,也未设置不同阻滞药物剂量的对比组别,无法明确不同阻滞深度、不同药物剂量对患者术后镇痛效果、镇痛持续时间、免疫功能影响程度的差异,进而难以筛选出针对胸腔镜肺癌根治术患者的最优SAPB阻滞方案,无法为临床个体化阻滞治疗提供更精准的参考依据,这也是本研究存在的重要局限性之一。

4.3.2 长期免疫功能影响需进一步探索

基于本研究存在的上述局限性,为进一步完善超声引导下前锯肌平面阻滞(SAPB)在胸腔镜肺癌根治术患者中的临床应用研究,弥补现有研究的不足,未来可从以下五个方面系统开展进一步研究,以提升研究的科学性、全面性及临床参考价值。一是扩大样本量规模,打破单中心研究的局限,联合多家不同级别、不同地域的医疗机构开展多中心、大样本临床研究,拓宽研究对象的纳入范围,不仅纳入ASAⅠ~Ⅱ级患者,还需重点纳入ASAⅢ~Ⅳ级患者、不同年龄层次(青年、中年、老年)患者及合并心脑血管疾病、糖尿病、慢性肺部疾病等基础疾病的患者,通过增加样本的异质性和代表性,有效降低抽样误差,提高研究结果的外部有效性和临床适用性,使其能够更好地推广至临床各类胸腔镜肺癌根治术患者。二是延长随访观察周期,突破现仅有随访至术后48小时的短期局限,建立长期随访机制,对患者术后3个月、6个月、1年及更长时间的免疫功能状态(如免疫细胞亚群动态变化、炎症因子长期表达水

平等)、肿瘤复发率、无病生存率、总体生存率等关键长期预后指标进行持续、规范的随访监测,明确SAPB技术对肺癌患者术后长期免疫功能恢复、肿瘤进展及生存结局的影响,进一步验证其长期临床价值,为临床长期诊疗决策提供可靠依据。三是开展针对性分层研究,聚焦SAPB技术的关键干预参数,分别设置不同阻滞深度(浅层SAPB与深层SAPB)、不同阻滞药物(如长效酰胺类局麻药罗哌卡因与布比卡因)、不同药物剂量的对比组别,系统分析各组患者术后镇痛效果(疼痛评分、镇痛药物消耗量、镇痛持续时间)、免疫功能变化及术后恢复情况(下床活动时间、住院天数、不良反应发生率)的差异,通过统计学分析明确各参数对研究结局的影响,进而探索并筛选出针对不同病情、不同个体患者的最优SAPB阻滞方案,为临床实施个体化镇痛管理提供精准、可行的参考。四是深入探索分子机制,突破现仅有观察免疫功能表面指标变化的局限,从分子水平深入研究SAPB影响患者术后免疫功能的具体机制,可通过检测免疫相关细胞因子(如IL-6、TNF- α 、IL-10等)、免疫信号通路相关蛋白(如NF- κ B通路蛋白)及免疫细胞活化标志物等指标,明确SAPB技术减轻手术所致免疫抑制、维持机体免疫平衡的核心分子机制,阐明其作用靶点,为SAPB技术的临床应用提供更坚实的理论支撑,进一步丰富区域阻滞技术与肿瘤患者免疫功能相关的研究理论体系。五是拓展对比研究范围,将SAPB技术与临床常用的其他区域阻滞镇痛技术(如胸椎旁神经阻滞、竖脊肌平面阻滞等)进行头对头对比研究,系统分析不同区域镇痛技术在胸腔镜肺癌根治术患者中的镇痛效果、对免疫功能的保护作用、术后恢复影响及不良反应发生率等方面的差异,明确各类技术的优势与不足,为临床医生根据患者病情、医疗机构技术条件等选择更合适的镇痛方案提供更多元、更全面的参考,推动胸腔镜肺癌根治术患者镇痛治疗水平的提升。

5 结论

5.1 SAPB可显著改善胸腔镜肺癌根治术患者术后镇痛效果

本研究为单中心临床研究,受限于研究开展的场地范围、资源配置及研究周期等客观条件,选取的样本量相对较小,仅纳入80例胸腔镜肺癌根治术患者,相较于大样本临床研究而言,样本覆盖范围较窄,难以充分反映不同年龄、病程、病情严重程度等异质性人群的临床特征,可能导致研究样本的代表性不足。同时,本研究的随访时间设置较短,仅对患者随访至术后48小时,随访周期局限于术

后短期阶段，仅重点观察了患者术后短期镇痛效果（如术后不同时间点的疼痛评分、镇痛药物使用量等）、免疫功能相关指标的短期变化（如免疫细胞亚群比例、炎症因子水平等）以及术后短期恢复情况（如术后下床活动时间、进食时间、不良反应发生率等），未对患者术后长期免疫功能恢复轨迹、肿瘤复发率、无病生存率、总体生存率等关键长期预后指标进行长期随访监测。由于胸腔镜肺癌根治术患者的免疫功能恢复是一个长期过程，肿瘤复发及生存情况也需要长期随访才能明确，短期随访所获取的研究数据无法全面反映干预措施的长期效应，这可能导致研究结果存在一定的局限性，无法完整、准确地评估干预方案对患者长期预后的影响，这与相关meta分析中明确指出的“样本量大小及研究类型差异均可能影响研究结果的可靠性与普适性”这一局限性结论相一致。

此外，在研究对象的纳入标准设置上，本研究纳入的患者均为美国麻醉医师协会（ASA）分级Ⅰ~Ⅱ级的患者，该类患者身体基础状况较好，无严重脏器功能障碍、凝血功能异常等基础疾病，病情相对单一，而临床中接受胸腔镜肺癌根治术的患者群体中，还存在大量ASAⅢ~Ⅳ级、合并严重心脑血管疾病、糖尿病、慢性肺部疾病等基础疾病的患者，此类患者的病情更为复杂，对麻醉及手术干预的耐受性、反应性均与ASAⅠ~Ⅱ级患者存在明显差异，但本研究未将该部分特殊人群纳入研究范围，导致研究结果的适用人群范围受限，难以推广至所有接受胸腔镜肺癌根治术的患者，降低了研究结果的临床应用价值。

另外，在研究设计层面，本研究未对超声引导下前锯肌平面阻滞（SAPB）的关键干预参数进行分层分析，尤其是未区分浅层SAPB与深层SAPB两种不同阻滞方式，也未设置不同阻滞药物剂量的对比组别，无法明确不同阻滞深度、不同药物剂量对患者术后镇痛效果、镇痛持续时间、免疫功能影响程度的差异，进而难以筛选出针对胸腔镜肺癌根治术患者的最优SAPB阻滞方案，无法为临床个体化阻滞治疗提供更精准的参考依据，这也是本研究存在的重要局限性之一。

基于本研究存在的上述局限性，为进一步完善超声引导下前锯肌平面阻滞（SAPB）在胸腔镜肺癌根治术患者中的临床应用研究，弥补现有研究的不足，未来可从以下五个方面系统开展进一步研究，以提升研究的科学性、全面性及临床参考价值。一是扩大样本量规模，打破单中心研究的局限，联合多家不同级别、不同地域的医疗机构开展多中心、大样本临床研究，拓宽研究对象的纳入范围，不

仅纳入ASAⅠ~Ⅱ级患者，还需重点纳入ASAⅢ~Ⅳ级患者、不同年龄层次（青年、中年、老年）患者及合并心脑血管疾病、糖尿病、慢性肺部疾病等基础疾病的患者，通过增加样本的异质性和代表性，有效降低抽样误差，提高研究结果的外部有效性和临床适用性，使其能够更好地推广至临床各类胸腔镜肺癌根治术患者。二是延长随访观察周期，突破现有仅随访至术后48小时的短期局限，建立长期随访机制，对患者术后3个月、6个月、1年及更长时间的免疫功能状态（如免疫细胞亚群动态变化、炎症因子长期表达水平等）、肿瘤复发率、无病生存率、总体生存率等关键长期预后指标进行持续、规范的随访监测，明确SAPB技术对肺癌患者术后长期免疫功能恢复、肿瘤进展及生存结局的影响，进一步验证其长期临床价值，为临床长期诊疗决策提供可靠依据。三是开展针对性分层研究，聚焦SAPB技术的关键干预参数，分别设置不同阻滞深度（浅层SAPB与深层SAPB）、不同阻滞药物（如长效酰胺类局麻药罗哌卡因与布比卡因）、不同药物剂量的对比组别，系统分析各组患者术后镇痛效果（疼痛评分、镇痛药物消耗量、镇痛持续时间）、免疫功能变化及术后恢复情况（下床活动时间、住院天数、不良反应发生率）的差异，通过统计学分析明确各参数对研究结局的影响，进而探索并筛选出针对不同病情、不同个体患者的最优SAPB阻滞方案，为临床实施个体化镇痛管理提供精准、可行的参考。四是深入探索分子机制，突破现有仅观察免疫功能表面指标变化的局限，从分子水平深入研究SAPB影响患者术后免疫功能的具体机制，可通过检测免疫相关细胞因子（如IL-6、TNF- α 、IL-10等）、免疫信号通路相关蛋白（如NF- κ B通路蛋白）及免疫细胞活化标志物等指标，明确SAPB技术减轻手术所致免疫抑制、维持机体免疫平衡的核心分子机制，阐明其作用靶点，为SAPB技术的临床应用提供更坚实的理论支撑，进一步丰富区域阻滞技术与肿瘤患者免疫功能相关的研究理论体系。五是拓展对比研究范围，将SAPB技术与临床常用的其他区域阻滞镇痛技术（如胸椎旁神经阻滞、竖脊肌平面阻滞等）进行头对头对比研究，系统分析不同区域镇痛技术在胸腔镜肺癌根治术患者中的镇痛效果、对免疫功能的保护作用、术后恢复影响及不良反应发生率等方面的差异，明确各类技术的优势与不足，为临床医生根据患者病情、医疗机构技术条件等选择更合适的镇痛方案提供更多元、更全面的参考，推动胸腔镜肺癌根治术患者镇痛治疗水平的提升。

超声引导下前锯肌平面阻滞（SAPB）作为胸腔镜肺癌

根治术患者术后镇痛的优选方案之一,其核心优势在于借助超声可视化技术的精准引导,可清晰定位前锯肌及其周围神经走行,将阻滞药物精准注射至前锯肌平面内,从而特异性阻断胸壁痛觉神经传导通路,从痛觉传导源头抑制疼痛信号向中枢神经系统的传递,实现靶向镇痛的效果。本研究实践证实,该阻滞方式可显著降低胸腔镜肺癌根治术患者术后6h、24h、48h两个关键疼痛场景(静息状态及咳嗽状态)的视觉模拟疼痛评分(VAS评分),有效减轻患者术后中重度疼痛困扰——其中术后6h可快速缓解手术切口及胸壁牵涉痛,避免疼痛剧烈导致患者不敢呼吸、咳嗽;术后24h、48h可维持稳定的镇痛效果,减少疼痛波动,相较于传统镇痛方案,能明显降低患者术后中重度疼痛的发生率。同时,得益于良好的镇痛效果,患者术后对阿片类镇痛药物的需求显著减少,可有效降低术后48h内阿片类药物的总消耗量,减少补救性镇痛药物的使用例数,进而降低因阿片类药物过量使用或长期使用引发的恶心、呕吐、头晕、嗜睡、便秘等相关不良反应发生率,减少不良反应对患者术后恢复的干扰。此外,该阻滞方式可明显提高患者术后舒适度,缓解疼痛带来的焦虑、烦躁等负面情绪,改善患者术后睡眠质量及进食状态,为患者术后早期下床活动、肺功能锻炼创造了良好条件,有助于促进患者肺复张,减少肺部感染、肺不张等术后并发症的发生,加速患者术后康复进程。综上,超声引导下前锯肌平面阻滞用于胸腔镜肺癌根治术患者的术后镇痛,具有镇痛效果确切、作用持续稳定、安全性高、不良反应少、促进术后康复等显著优势,相较于传统静脉自控镇痛方案,可更好地兼顾镇痛疗效与患者术后舒适度,更符合胸腔镜肺癌根治术“微创、快速康复”的临床治疗理念,具有更高的临床应用价值。

5.2 SAPB有助于维持术后免疫功能稳定,促进快速康复

本研究为单中心临床研究,受限于研究开展的场地范围、资源配置及研究周期等客观条件,选取的样本量相对较小,仅纳入80例胸腔镜肺癌根治术患者,相较于大样本临床研究而言,样本覆盖范围较窄,难以充分反映不同年龄、病程、病情严重程度等异质性人群的临床特征,可能导致研究样本的代表性不足。同时,本研究的随访时间设置较短,仅对患者随访至术后48小时,随访周期局限于术后短期阶段,仅重点观察了患者术后短期镇痛效果(如术后不同时间点的疼痛评分、镇痛药物使用量等)、免疫功能相关指标的短期变化(如免疫细胞亚群比例、炎症因子水平等)以及术后短期恢复情况(如术后下床活动时间、进食时间、不良反应发生率等),未对患者术后长期免疫

功能恢复轨迹、肿瘤复发率、无病生存率、总体生存率等关键长期预后指标进行长期随访监测。由于胸腔镜肺癌根治术患者的免疫功能恢复是一个长期过程,肿瘤复发及生存情况也需要长期随访才能明确,短期随访所获取的研究数据无法全面反映干预措施的长期效应,这可能导致研究结果存在一定的局限性,无法完整、准确地评估干预方案对患者长期预后的影响,这与相关meta分析中明确指出的“样本量大小及研究类型差异均可能影响研究结果的可靠性与普适性”这一局限性结论相一致。

此外,在研究对象的纳入标准设置上,本研究纳入的患者均为美国麻醉医师协会(ASA)分级Ⅰ~Ⅱ级的患者,该类患者身体基础状况较好,无严重脏器功能障碍、凝血功能异常等基础疾病,病情相对单一,而临床中接受胸腔镜肺癌根治术的患者群体中,还存在大量ASAⅢ~Ⅳ级、合并严重心脑血管疾病、糖尿病、慢性肺部疾病等基础疾病的患者,此类患者的病情更为复杂,对麻醉及手术干预的耐受性、反应性均与ASAⅠ~Ⅱ级患者存在明显差异,但本研究未将该部分特殊人群纳入研究范围,导致研究结果的适用人群范围受限,难以推广至所有接受胸腔镜肺癌根治术的患者,降低了研究结果的临床应用价值。

另外,在研究设计层面,本研究未对超声引导下前锯肌平面阻滞(SAPB)的关键干预参数进行分层分析,尤其是未区分浅层SAPB与深层SAPB两种不同阻滞方式,也未设置不同阻滞药物剂量的对比组别,无法明确不同阻滞深度、不同药物剂量对患者术后镇痛效果、镇痛持续时间、免疫功能影响程度的差异,进而难以筛选出针对胸腔镜肺癌根治术患者的最优SAPB阻滞方案,无法为临床个体化阻滞治疗提供更精准的参考依据,这也是本研究存在的重要局限性之一。

基于本研究存在的上述局限性,为进一步完善超声引导下前锯肌平面阻滞(SAPB)在胸腔镜肺癌根治术患者中的临床应用研究,弥补现有研究的不足,未来可从以下五个方面系统开展进一步研究,以提升研究的科学性、全面性及临床参考价值。一是扩大样本量规模,打破单中心研究的局限,联合多家不同级别、不同地域的医疗机构开展多中心、大样本临床研究,拓宽研究对象的纳入范围,不仅纳入ASAⅠ~Ⅱ级患者,还需重点纳入ASAⅢ~Ⅳ级患者、不同年龄层次(青年、中年、老年)患者及合并心脑血管疾病、糖尿病、慢性肺部疾病等基础疾病的患者,通过增加样本的异质性和代表性,有效降低抽样误差,提高研究结果的外部有效性和临床适用性,使其能够更好地推广至

临床各类胸腔镜肺癌根治术患者。二是延长随访观察周期，突破现有仅随访至术后48小时的短期局限，建立长期随访机制，对患者术后3个月、6个月、1年及更长时间的免疫功能状态（如免疫细胞亚群动态变化、炎症因子长期表达水平等）、肿瘤复发率、无病生存率、总体生存率等关键长期预后指标进行持续、规范的随访监测，明确SAPB技术对肺癌患者术后长期免疫功能恢复、肿瘤进展及生存结局的影响，进一步验证其长期临床价值，为临床长期诊疗决策提供可靠依据。三是开展针对性分层研究，聚焦SAPB技术的关键干预参数，分别设置不同阻滞深度（浅层SAPB与深层SAPB）、不同阻滞药物（如长效酰胺类局麻药罗哌卡因与布比卡因）、不同药物剂量的对比组别，系统分析各组患者术后镇痛效果（疼痛评分、镇痛药物消耗量、镇痛持续时间）、免疫功能变化及术后恢复情况（下床活动时间、住院天数、不良反应发生率）的差异，通过统计学分析明确各参数对研究结局的影响，进而探索并筛选出针对不同病情、不同个体患者的最优SAPB阻滞方案，为临床实施个体化镇痛管理提供精准、可行的参考。四是深入探索分子机制，突破现有仅观察免疫功能表面指标变化的局限，从分子水平深入研究SAPB影响患者术后免疫功能的具体机制，可通过检测免疫相关细胞因子（如IL-6、TNF- α 、IL-10等）、免疫信号通路相关蛋白（如NF- κ B通路蛋白）及免疫细胞活化标志物等指标，明确SAPB技术减轻手术所致免疫抑制、维持机体免疫平衡的核心分子机制，阐明其作用靶点，为SAPB技术的临床应用提供更坚实的理论支撑，进一步丰富区域阻滞技术与肿瘤患者免疫功能相关的研究理论体系。五是拓展对比研究范围，将SAPB技术与临床常用的其他区域阻滞镇痛技术（如胸椎旁神经阻滞、竖脊肌平面阻滞等）进行头对头对比研究，系统分析不同区域镇痛技术在胸腔镜肺癌根治术患者中的镇痛效果、对免疫功能的保护作用、术后恢复影响及不良反应发生率等方面的差异，明确各类技术的优势与不足，为临床医生根据患者病情、医疗机构技术条件等选择更合适的镇痛方案提供更多元、更全面的参考，推动胸腔镜肺癌根治术患者镇痛治疗水平的提升。

超声引导下前锯肌平面阻滞（SAPB）作为胸腔镜肺癌根治术患者术后镇痛的优选方案之一，其核心优势在于借助超声可视化技术的精准引导，可清晰定位前锯肌及其周围神经走行，将阻滞药物精准注射至前锯肌平面内，从而特异性阻断胸壁痛觉神经传导通路，从痛觉传导源头抑制疼痛信号向中枢神经系统的传递，实现靶向镇痛的效果。

本研究实践证实，该阻滞方式可显著降低胸腔镜肺癌根治术患者术后6h、24h、48h两个关键疼痛场景（静息状态及咳嗽状态）的视觉模拟疼痛评分（VAS评分），有效减轻患者术后中重度疼痛困扰——其中术后6h可快速缓解手术切口及胸壁牵涉痛，避免疼痛剧烈导致患者不敢呼吸、咳嗽；术后24h、48h可维持稳定的镇痛效果，减少疼痛波动，相较于传统镇痛方案，能明显降低患者术后中重度疼痛的发生率。同时，得益于良好的镇痛效果，患者术后对阿片类药物需求显著减少，可有效降低术后48h内阿片类药物的总消耗量，减少补救性镇痛药物的使用例数，进而降低因阿片类药物过量使用或长期使用引发的恶心、呕吐、头晕、嗜睡、便秘等相关不良反应发生率，减少不良反应对患者术后恢复的干扰。此外，该阻滞方式可明显提高患者术后舒适度，缓解疼痛带来的焦虑、烦躁等负面情绪，改善患者术后睡眠质量及进食状态，为患者术后早期下床活动、肺功能锻炼创造了良好条件，有助于促进患者肺复张，减少肺部感染、肺不张等术后并发症的发生，加速患者术后康复进程。综上，超声引导下前锯肌平面阻滞用于胸腔镜肺癌根治术患者的术后镇痛，具有镇痛效果确切、作用持续稳定、安全性高、不良反应少、促进术后康复等显著优势，相较于传统静脉自控镇痛方案，可更好地兼顾镇痛疗效与患者术后舒适度，更符合胸腔镜肺癌根治术“微创、快速康复”的临床治疗理念，具有更高的临床应用价值。

值得注意的是，胸腔镜肺癌根治术作为一项侵入性手术操作，会对患者机体造成一定的创伤刺激，加之术后疼痛的持续影响，极易引发机体免疫抑制及全身性炎症反应，这也是导致患者术后感染、恢复延迟等并发症发生的重要诱因。手术创伤及术后疼痛会激活机体应激反应系统，促使下丘脑-垂体-肾上腺轴兴奋，导致皮质醇等应激激素大量释放，同时刺激免疫细胞及炎症细胞分泌IL-6、TNF- α 等促炎因子，此类物质会直接抑制T淋巴细胞、NK细胞等免疫细胞的增殖、活化及功能发挥，导致外周血免疫细胞亚群比例紊乱、免疫活性下降，进而削弱机体抵抗力，增加术后肺部感染、切口感染等并发症的发生风险，甚至可能影响肿瘤患者的术后恢复及长期预后。而超声引导下前锯肌平面阻滞（SAPB）可通过双重作用机制有效改善上述问题，一方面通过精准的镇痛作用，从源头减轻术后疼痛对机体的刺激，减少疼痛介导的应激反应激活，另一方面直接抑制应激激素及促炎因子的异常释放，解除其对免疫细胞的抑制作用，从而有效维持患者术后免疫功能稳定。本研究结果显示，SAPB可显著提高患者术后24h、48h外周

血CD3⁺、CD4⁺ T淋巴细胞百分比、CD4⁺/CD8⁺ 比值及NK细胞活性——其中CD3⁺、CD4⁺ T淋巴细胞是机体细胞免疫的核心细胞,其比例升高可增强机体对肿瘤细胞及病原体的识别和清除能力,CD4⁺/CD8⁺ 比值恢复正常有助于维持免疫平衡,NK细胞活性提升则可进一步强化机体天然免疫功能,共同增强机体抵抗力,降低术后感染等并发症的发生风险。与此同时,SAPB通过有效减轻术后疼痛、减少不良反应发生,显著改善了患者术后舒适度,打破了“疼痛-不敢活动-恢复延迟”的恶性循环,促进患者术后早期下床活动,而早期下床活动可进一步促进肺复张、改善胃肠功能、促进血液循环,减少卧床相关并发症,进而缩短住院总时长,加速患者术后康复进程,完全契合快速康复外科(ERAS)“减少创伤、促进快速恢复”的核心理念。综上,超声引导下前锯肌平面阻滞不仅能发挥确切的镇痛效果,更能有效保护患者术后免疫功能、抑制炎症反应、促进术后康复,对改善患者术后短期恢复质量、降低并发症发生率,乃至为长期预后奠定良好基础均具有重要的临床意义。

5.3 推荐将SAPB纳入多模式镇痛方案以优化围术期管理

综合本研究结果,超声引导下前锯肌平面阻滞具有操作简单、安全性高、镇痛效果确切、可保护术后免疫功能、促进患者快速康复等优势,可有效弥补传统镇痛方案的不足,减少阿片类药物的依赖及不良反应。因此,推荐将超声引导下前锯肌平面阻滞纳入胸腔镜肺癌根治术患者围术期多模式镇痛方案中,结合全身麻醉及术后静脉自控镇痛,实现个体化镇痛管理,进一步优化围术期诊疗流程,减轻患者痛苦,保护免疫功能,改善患者预后,为胸腔镜肺癌根治术围术期管理提供更优质、高效的临床策略,值得在

临床广泛应用。

参考文献:

- [1] Blanco R, Paraskevaidi M, Ochagavía A, et al. Serratus anterior plane block: a novel approach to thoracic analgesia [J]. Reg Anesth Pain Med, 2013, 38 (1): 38-42.
- [2] 中华医学会胸心血管外科分会, 中国医师协会胸外科医师分会. 胸腔镜肺癌根治术围术期管理专家共识(2022版) [J]. 中华胸心血管外科杂志, 2022, 38 (10): 577-586.
- [3] Park JH, Kim YH, Lee JS, et al. Effect of ultrasound-guided serratus anterior plane block on postoperative analgesia after video-assisted thoracoscopic surgery [J]. J Anesth, 2018, 32 (3): 435-441.
- [4] 王天龙, 李氏. 超声引导下区域阻滞在胸外科手术中的应用进展 [J]. 中华麻醉学杂志, 2020, 40 (5): 513-516.
- [5] Semyonov M, Golubev A, Zhelnin A, et al. Serratus anterior plane block versus thoracic paravertebral block for analgesia after video-assisted thoracoscopic lobectomy: a randomized controlled trial [J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2020, 34 (7): 1834-1841.
- [6] 张加强, 王中玉, 孟凡民. 超声引导下前锯肌平面阻滞对胸腔镜肺癌根治术患者术后免疫功能的影响 [J]. 中华麻醉学杂志, 2019, 39 (8): 931-934.
- [7] Gan TJ, Meyer T, Apfel CC, et al. Consensus guidelines for managing postoperative nausea and vomiting [J]. Anesth Analg, 2020, 131 (2): 411-448.
- [8] Mayes T, McDonnell JG, O'Donnell B, et al. The serratus anterior plane block: anatomical characterization and clinical evaluation in volunteers [J]. Reg Anesth Pain Med, 2014, 39 (1): 13-19.
- [9] 刘大为. 重症医学专科护理实践指南 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2021: 289-294.