

瑞芬太尼全身麻醉联合颈段竖脊肌平面阻滞与肌间沟臂丛神经阻滞用于关节镜下肩袖修补术的效果比较

石智宇^{1*}, 梁俊², 周美辰³, 张彦平^{3#}

¹青岛大学附属医院麻醉科, 山东 青岛

²青岛市公共卫生临床中心中医理疗科, 山东 青岛

³青岛市公共卫生临床中心麻醉科, 山东 青岛

收稿日期: 2026年5月4日; 录用日期: 2026年5月29日; 发布日期: 2026年6月5日

摘要

目的: 比较瑞芬太尼全身麻醉联合肌间沟臂丛神经阻滞(ISB)或颈段竖脊肌平面阻滞(CESPB)用于关节镜下肩袖修补术的镇痛效果及其对膈肌功能、麻醉恢复室(PACU)氧合恢复的影响。方法: 将120例择期关节镜下小至中型肩袖撕裂修补术患者随机分为瑞芬太尼全身麻醉组(A组)、ISB联合全身麻醉组(B组)和CESPB联合全身麻醉组(C组)。B组和C组均于麻醉诱导前在超声引导下注射0.375%罗哌卡因20 mL。三组均接受丙泊酚和瑞芬太尼维持的全凭静脉麻醉, 术后采用舒芬太尼患者自控静脉镇痛(PCIA)。观察术中瑞芬太尼和丙泊酚用量、术后24 h舒芬太尼用量、PCIA有效按压次数、补救性镇痛、术后恶心呕吐、同侧半膈肌麻痹(HDP)、PACU最低SpO₂、PACU吸氧时间及术后48 h患侧肩关节被动活动度。结果: 117例患者纳入分析。与A组比较, B组和C组术中瑞芬太尼、丙泊酚及术后24 h舒芬太尼用量均减少, PCIA有效按压次数和补救性镇痛需求降低, 术后48 h被动前屈和外展角度增加(均P < 0.01); B组与C组主要镇痛结局差异无统计学意义。HDP仅见于B组, 发生27例(67.5%)。B组PACU最低SpO₂低于C组(P < 0.05), PACU吸氧时间长于C组(P < 0.01)。B组和C组术后恶心呕吐发生率低于A组。结论: ISB和CESPB联合瑞芬太尼全身麻醉均可减轻关节镜下肩袖修补术围术期镇痛负担; CESPB镇痛效果与ISB相近, 且对膈肌功能影响较小, PACU氧合恢复更稳定。

关键词

瑞芬太尼, 关节镜下肩袖修补术, 肌间沟臂丛神经阻滞, 颈段竖脊肌平面阻滞, 术后镇痛

*第一作者。

#通讯作者。

Comparison of the Efficacy of Remifentanil-Based General Anesthesia Combined with Cervical Erector Spinae Plane Block or Interscalene Brachial Plexus Block for Arthroscopic Rotator Cuff Repair

Zhiyu Shi^{1*}, Jun Liang², Meichen Zhou³, Yanping Zhang^{3#}

¹Department of Anesthesiology, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

²Department of Traditional Chinese Medicine Physiotherapy, Qingdao Public Health Clinical Center, Qingdao Shandong

³Department of Anesthesiology, Qingdao Public Health Clinical Center, Qingdao Shandong

Received: May 4, 2026; accepted: May 29, 2026; published: June 5, 2026

Abstract

Objective: To compare the analgesic efficacy of remifentanil-based general anesthesia combined with interscalene brachial plexus block (ISB) or cervical erector spinae plane block (CESPB) for arthroscopic rotator cuff repair, and to evaluate their effects on diaphragmatic function and oxygenation recovery in the post-anesthesia care unit (PACU). **Methods:** A total of 120 patients scheduled for elective arthroscopic repair of small-to-medium rotator cuff tears were randomly assigned to remifentanil-based general anesthesia alone (group A), ISB combined with general anesthesia (group B), or CESPB combined with general anesthesia (group C). In groups B and C, ultrasound-guided blocks were performed before anesthesia induction with 20 mL of 0.375% ropivacaine. All patients received total intravenous anesthesia maintained with propofol and remifentanil, followed by postoperative patient-controlled intravenous analgesia (PCIA) with sufentanil. Intraoperative remifentanil and propofol consumption, 24-h postoperative sufentanil consumption, effective PCIA presses, rescue analgesia, postoperative nausea and vomiting, ipsilateral hemidiaphragmatic paresis (HDP), the lowest SpO₂ in the PACU, duration of oxygen supplementation in the PACU, and passive range of motion of the affected shoulder at 48 h after surgery were recorded. **Results:** A total of 117 patients were included in the final analysis. Compared with group A, groups B and C required lower intraoperative doses of remifentanil and propofol and had lower 24-h postoperative sufentanil consumption, fewer effective PCIA presses, fewer requirements for rescue analgesia, and greater passive shoulder flexion and abduction at 48 h after surgery (all $P < 0.01$). No statistically significant difference in the main analgesic outcomes was observed between groups B and C. HDP occurred only in group B, affecting 27 patients (67.5%). The lowest SpO₂ in the PACU was lower in group B than in group C ($P < 0.05$), and the duration of oxygen supplementation in the PACU was longer in group B than in group C ($P < 0.01$). The incidence of postoperative nausea and vomiting was lower in groups B and C than in group A. **Conclusion:** Both ISB and CESPB combined with remifentanil-based general anesthesia can reduce the perioperative analgesic burden in arthroscopic rotator cuff repair. CESPB provides analgesia comparable to ISB, with less effect on diaphragmatic function and more stable oxygenation recovery in the PACU.

Keywords

Remifentanyl, Arthroscopic Rotator Cuff Repair, Interscalene Brachial Plexus Block, Cervical Erector Spinae Plane Block, Postoperative Analgesia

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

关节镜下肩袖修补术是治疗小至中型肩袖撕裂的常用术式,具有创伤小、术野清晰及术后恢复较快等优点。但肩袖组织损伤、肩峰下操作及术后早期被动活动均可引起明显疼痛,镇痛不足可影响睡眠、康复训练及肩关节功能恢复[1]-[3]。瑞芬太尼起效快、作用时间短、可控性强,是肩关节镜手术全身麻醉中常用的阿片类镇痛药物[4],但较大剂量应用时,患者术后阿片类药物需求可能增加,疼痛敏感性也可能受到影响[5]。区域神经阻滞可作为全身麻醉的重要补充,减少围术期阿片类药物需求,提高镇痛质量[1][6]。

肌间沟臂丛神经阻滞(interscalene brachial plexus block, ISB)是肩部手术常用的区域阻滞方式,镇痛效果确切[6]。但其阻滞部位邻近膈神经,局麻药扩散后可引起同侧半膈肌麻痹(hemidiaphragmatic paresis, HDP),并影响术后早期呼吸功能恢复[7]-[10]。颈段竖脊肌平面阻滞(cervical erector spinae plane block, CESPB)是近年来用于肩部手术镇痛的筋膜间隙阻滞技术,可能在提供镇痛作用的同时减少对膈神经的影响[11]-[14];同时,上干阻滞等膈神经保护策略也为肩部手术区域麻醉提供了新的思路[15]。目前,在瑞芬太尼全身麻醉背景下,同时比较单纯全身麻醉、ISB联合全身麻醉及CESPB联合全身麻醉,并综合评价阿片类药物用量、膈肌功能、麻醉恢复室(post-anesthesia care unit, PACU)氧合恢复及术后早期肩关节活动度的研究仍较少。本研究拟比较上述三种麻醉镇痛方案用于关节镜下肩袖修补术的效果,以期为临床麻醉方案选择提供参考。

2. 方法

2.1. 研究设计

本研究为单中心、前瞻性、随机对照试验,在青岛市中医医院(青岛大学附属青岛海慈医院)开展,研究报告参照随机对照试验报告统一标准(Consolidated Standards of Reporting Trials, CONSORT) 2010 声明[16]-[18]。

2.2. 研究对象

本研究纳入 2021 年 1 月 25 日至 2022 年 12 月 31 日期间拟接受择期关节镜下小至中型肩袖撕裂修补术的患者。纳入标准为:① 年龄 18~70 岁;② ASA 分级 I~II 级;③ 体质质量指数(body mass index, BMI) 18~32 kg/m²;④ 拟接受择期关节镜下小至中型肩袖撕裂修补术。排除标准包括:① 穿刺部位感染;② 凝血功能异常;③ 已知局部麻醉药过敏;④ 严重心肺疾病;⑤ 肝肾功能不全;⑥ 既往存在慢性疼痛病史、长期使用或滥用镇痛药物者;⑦ 存在语言沟通障碍、认知功能障碍,或因其他原因无法完成围术期评估及术后随访者。

2.3. 随机分组与盲法

受试者按照 1:1:1 比例随机分配至 A 组(瑞芬太尼全身麻醉组)、B 组(ISB 联合瑞芬太尼全身麻醉组)和 C 组(CESPB 联合瑞芬太尼全身麻醉组)。随机序列由不参与患者招募、神经阻滞实施及结局评估的独立研究人员采用计算机随机数法生成。分组结果采用不透明、连续编号、密封信封保存,以实施分配隐藏[19]。由于干预措施本身特点且未设置假阻滞操作,实施阻滞的麻醉医师及受试者未实施盲法;术后结局评估者、膈肌超声评估者及统计分析人员均对分组信息保持盲法。

2.4. 麻醉方法

2.4.1. 神经阻滞

所有受试者均遵循术前常规禁食指导,且未接受任何术前用药。抵达手术室后常规监测心电图、无创血压和脉搏血氧饱和度,并建立外周静脉通路。B 组和 C 组均于全身麻醉诱导前在超声引导下实施神经阻滞,局麻药均为 0.375%罗哌卡因 20 mL,由同一名经验丰富的麻醉医师完成。B 组采用超声引导下 ISB。高频线阵探头置于患侧颈外侧,自锁骨上区向头侧扫查,识别前斜角肌与中斜角肌之间的臂丛神经根。进针采用平面内技术,针尖置于第 5、6 颈神经根邻近区域,回抽无血后缓慢注入局麻药,并观察药液在臂丛周围扩散。C 组采用超声引导下 CESPB。探头于下颈段识别第 6 颈椎横突后结节及其浅层肌群,进针采用平面内技术,使针尖到达第 6 颈椎横突后结节浅面、竖脊肌深面,回抽无血后注入局麻药,并观察药液沿筋膜平面扩散。注药后 20 min 采用针刺法评估感觉阻滞范围,若感觉阻滞范围未覆盖肩部手术相关区域,则判定为阻滞失败。

2.4.2. 瑞芬太尼全身麻醉

三组均接受以瑞芬太尼为主要术中镇痛药物的全凭静脉麻醉。诱导采用咪达唑仑 0.02 mg/kg、舒芬太尼 0.3~0.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、丙泊酚 1.5~2.0 mg/kg 及罗库溴铵 0.6 mg/kg。待肌松充分后行气管插管并机械通气,根据目标呼气末二氧化碳分压 35~45 mmHg 调整通气参数。麻醉维持期持续静脉泵注丙泊酚 4~12 mg/(kg·h)和瑞芬太尼 0.1~0.25 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$,并根据需要追加罗库溴铵 0.3 mg/kg。术中调节丙泊酚和瑞芬太尼剂量,使脑电双频指数维持在 40~60 之间,心率和有创动脉血压维持在基线水平 $\pm 20\%$ 范围内。术毕前 10 min 静脉缓慢给予曲马多 100 mg 作为基础镇痛。所有手术均由同一手术团队完成,手术时间定义为手术开始至缝合结束的时间。

2.5. 术后镇痛

所有患者拔管后连接患者自控静脉镇痛(patient-controlled intravenous analgesia, PCIA)装置,并转入 PACU 继续监测。PCIA 配方为舒芬太尼 100 μg 、托烷司琼 10 mg,以 0.9%氯化钠溶液稀释至 100 mL;背景输注速率 2 mL/h,单次按压剂量 2 mL,锁定时间 15 min。采用数字评分量表(numeric rating scale, NRS)评估疼痛强度,0 分表示无痛,10 分表示最剧烈疼痛。静息 NRS 评分 ≥ 4 分时可启动 PCIA 推注;若患者主动要求额外镇痛,或 PCIA 使用后静息 NRS 评分仍 ≥ 4 分并持续超过 30 min,则静脉缓慢注射曲马多 100 mg 作为补救性镇痛,曲马多每日总量不超过 400 mg。

2.6. 观察指标

主要结局为术后 24 h 舒芬太尼累计用量。次要结局包括术中瑞芬太尼及丙泊酚用量、PCIA 有效按压次数、需要补救性曲马多的患者比例、术后恶心呕吐、超声定义的同侧 HDP、PACU 最低脉搏血氧饱和度(pulse oxygen saturation, SpO₂)、PACU 吸氧时间及术后 48 h 患侧肩关节被动活动度。

超声定义的同侧 HDP 为阻滞 30 min 同侧膈肌移动度较基线下降 $> 75\%$ ，或吸气时出现膈肌反常运动。阻滞前及阻滞 30 min，由接受过膈肌超声培训的麻醉科医师采用肋缘下入路 M 型超声测量膈肌移动度；测量过程中嘱受试者完成短促用力鼻吸气动作，以观察同侧膈肌运动幅度及方向。PACU 最低 SpO_2 定义为患者自入 PACU 至离开 PACU 期间脉搏血氧饱和度的最低值；PACU 吸氧时间定义为患者自入 PACU 开始补充氧疗至成功停止吸氧并在空气吸入状态下维持 $SpO_2 \geq 92\%$ 至少 5 min 的时间。上述 PACU 氧合指标参考既往恢复室氧疗及氧饱和度观察研究设置[20]-[22]。术后 48 h 患侧肩关节被动活动度由盲法评估者测量，患者取仰卧位，在保护修补结构并避免主动用力的前提下，由评估者缓慢辅助完成疼痛可耐受范围内的被动前屈和被动外展，记录最大角度。

2.7. 样本量估算

样本量估算基于主要结局指标术后 24 h 舒芬太尼累计用量。预实验结果显示，A 组、B 组和 C 组该指标的均值分别约为 60.1 ± 5.1 、 55.7 ± 6.0 和 55.1 ± 4.9 。采用 PASS 15 软件，设双侧 $\alpha = 0.05$ ，检验效能为 90%，按三组均值比较进行样本量估算，结果显示每组至少需纳入 32 例。考虑约 20% 的失访或剔除，计划总样本量为 116 例。为便于随机分配并保证足够样本量，最终计划入组 120 例。

2.8. 统计学分析

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量资料采用 Shapiro-Wilk 检验评估正态性，符合正态分布且方差齐者以 $\bar{x} \pm s$ 表示，三组间比较采用单因素方差分析；不符合正态分布者以 $M(P25, P75)$ 表示，三组间比较采用 Kruskal-Wallis H 检验。计数资料以例(%)表示，组间比较采用 Pearson χ^2 检验；当理论频数过小或不满足 χ^2 检验条件时，采用 Fisher 确切概率法。总体比较差异有统计学意义时，进一步进行两两比较，并采用 Bonferroni 法校正。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 受试者基线特征

Table 1. Comparison of baseline characteristics among the three groups
表 1. 3 组受试者基线资料比较

指标	A 组(n = 38)	B 组(n = 40)	C 组(n = 39)	P 值
性别(男/女)	20/18	21/19	19/20	0.926
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	54.20 ± 7.10	55.20 ± 6.32	55.10 ± 5.80	0.754
身高(cm, $\bar{x} \pm s$)	165.34 ± 6.24	163.05 ± 6.96	164.46 ± 6.64	0.309
体重(kg, $\bar{x} \pm s$)	66.08 ± 8.91	67.53 ± 9.36	66.85 ± 7.53	0.761
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	24.22 ± 3.35	25.47 ± 3.71	24.83 ± 3.29	0.285
ASA 分级(I/II)	7/31	9/31	9/30	0.863
手术时间(min, $\bar{x} \pm s$)	89.57 ± 18.89	94.75 ± 17.29	92.45 ± 20.60	0.484

注：BMI，体质量指数。

共 120 例受试者完成随机分组，每组 40 例。随机后，A 组 2 例因术后反复呕吐无法完成术后评估被剔除；C 组 1 例于阻滞 20 min 复测时因感觉阻滞范围不足，被判定为阻滞失败并剔除。最终 117 例患者完成研究并纳入分析，其中 A 组 38 例、B 组 40 例、C 组 39 例。三组患者性别、年龄、BMI、ASA 分

级及手术时间比较差异均无统计学意义($P > 0.05$), 见表 1。

3.2. 术后 24 h 镇痛相关指标

整体比较显示, 三组术后 24 h 舒芬太尼累计用量、PCIA 有效按压次数及补救性镇痛患者比例差异均有统计学意义(均 $P < 0.01$)。进一步两两比较显示, B 组和 C 组上述指标均低于 A 组(均 $P < 0.01$), 而 B 组与 C 组之间差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$), 见表 2。

Table 2. Comparison of analgesia-related outcomes within 24 h postoperatively among the three groups

表 2. 3 组术后 24 h 镇痛相关指标比较

指标	A 组(n = 38)	B 组(n = 40)	C 组(n = 39)	P 值
PCIA 有效按压次数[次, M (P25,P75)]	10 (8, 12)	4 (3, 5) ^b	5 (4, 6) ^b	<0.01
术后 24 h 舒芬太尼用量[μg , M (P25,P75)]	68 (64, 72)	56 (54, 58) ^b	58 (56, 60) ^b	<0.01
需补救性镇痛患者[例(%)]	15 (39.5)	3 (7.5) ^b	4 (10.3) ^b	<0.01

注: 与 A 组比较, ^b $P < 0.01$; 未标注者组间两两比较差异无统计学意义。PCIA, 患者自控静脉镇痛。

3.3. 术中维持期麻醉药物用量比较

整体比较显示, 三组术中维持期丙泊酚和瑞芬太尼用量差异均有统计学意义(均 $P < 0.01$)。进一步两两比较显示, B 组和 C 组丙泊酚及瑞芬太尼用量均少于 A 组(均 $P < 0.01$), B 组与 C 组比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$), 见表 3。

Table 3. Comparison of intraoperative maintenance doses of propofol and remifentanyl among the three groups

表 3. 3 组术中维持期丙泊酚和瑞芬太尼用量比较

指标	A 组(n = 38)	B 组(n = 40)	C 组(n = 39)	P 值
丙泊酚用量($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\bar{x} \pm s$)	9.81 ± 1.02	8.65 ± 0.83^b	8.31 ± 0.91^b	<0.01
瑞芬太尼用量($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\bar{x} \pm s$)	15.87 ± 2.95	12.79 ± 2.56^b	11.90 ± 2.53^b	<0.01

注: 与 A 组比较, ^b $P < 0.01$; 未标注者组间两两比较差异无统计学意义。

3.4. 术后不良反应、膈肌功能及 PACU 氧合指标比较

Table 4. Comparison of postoperative adverse reactions, diaphragmatic function and PACU oxygenation among the three groups

表 4. 3 组术后不良反应、膈肌功能及 PACU 氧合指标比较

指标	A 组(n = 38)	B 组(n = 40)	C 组(n = 39)	P 值
恶心[例(%)]	21 (55.3)	8 (20.0) ^b	10 (25.6) ^a	<0.01
呕吐[例(%)]	17 (44.7)	6 (15.0) ^a	4 (10.3) ^b	<0.01
同侧 HDP [例(%)]	0 (0.0)	27 (67.5) ^{bd}	0 (0.0)	<0.01
PACU 最低 SpO ₂ (% , $\bar{x} \pm s$)	93.92 ± 2.00	92.85 ± 2.02	94.51 ± 1.77^c	0.018
PACU 吸氧时间[min , M (P25,P75)]	30.5 (25.2,38.0)	35.5 (30.0,45.0) ^a	28.0 (22.0,35.0) ^d	<0.01

注: 与 A 组比较, ^a $P < 0.05$, ^b $P < 0.01$; 与 B 组比较, ^c $P < 0.05$, ^d $P < 0.01$; 未标注者组间两两比较差异无统计学意义。HDP, 半膈肌麻痹; PACU, 麻醉恢复室; SpO₂, 脉搏血氧饱和度。

整体比较显示,三组术后恶心、呕吐、超声定义同侧 HDP、PACU 最低 SpO₂ 及 PACU 吸氧时间差异均有统计学意义($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。进一步两两比较显示, B 组和 C 组恶心、呕吐发生率均低于 A 组; B 组恶心发生率低于 A 组($P < 0.01$), C 组恶心发生率低于 A 组($P < 0.05$); B 组呕吐发生率低于 A 组($P < 0.05$), C 组呕吐发生率低于 A 组($P < 0.01$); B 组与 C 组恶心、呕吐发生率比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。超声定义同侧 HDP 仅见于 B 组, B 组发生率高于 A 组和 C 组(均 $P < 0.01$)。B 组 PACU 最低 SpO₂ 低于 C 组($P = 0.016$), A 组与 B 组、C 组比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$); B 组 PACU 吸氧时间长于 A 组($P = 0.030$)和 C 组($P < 0.01$), A 组与 C 组比较差异无统计学意义($P > 0.05$), 见表 4。

3.5. 术后 48 h 患侧肩关节被动活动度比较

整体比较显示,三组术后 48 h 患侧肩关节被动前屈和被动外展角度差异均有统计学意义(均 $P < 0.01$)。进一步两两比较显示, B 组和 C 组被动前屈、被动外展角度均高于 A 组(均 $P < 0.01$); C 组被动前屈角度高于 B 组($P = 0.046$), 两组被动外展角度比较差异无统计学意义($P > 0.05$), 见表 5。

Table 5. Comparison of passive range of motion of the affected shoulder at 48 h postoperatively among the three groups
表 5. 3 组术后 48 h 患侧肩关节被动活动度比较

指标	A 组(n = 38)	B 组(n = 40)	C 组(n = 39)	P 值
被动前屈[°, $\bar{x} \pm s$]	65.76 ± 10.02	96.83 ± 9.98 ^b	102.64 ± 10.85 ^{bc}	<0.01
被动外展[°, $\bar{x} \pm s$]	38.58 ± 6.73	66.92 ± 7.23 ^b	65.95 ± 8.09 ^b	<0.01

注: 与 A 组比较, ^b $P < 0.01$; 与 B 组比较, ^c $P < 0.05$; 未标注者组间两两比较差异无统计学意义。

4. 讨论

本研究以瑞芬太尼全身麻醉为共同背景, 比较单纯全身麻醉、ISB 联合全身麻醉和 CESPB 联合全身麻醉用于关节镜下肩袖修补术的围术期效果。结果显示, 与单纯瑞芬太尼全身麻醉相比, ISB 和 CESPB 均可减少术中瑞芬太尼及丙泊酚用量, 降低术后 24 h 舒芬太尼用量、PCIA 有效按压次数及补救性镇痛需求, 并改善术后 48 h 患侧肩关节被动活动度; 两种区域阻滞在术后早期镇痛结局方面差异无统计学意义。与 ISB 相比, CESPB 未增加术后镇痛负担, 且超声定义同侧 HDP 发生率更低, PACU 最低 SpO₂ 较高、吸氧时间较短, 提示其在本研究给药方案下可兼顾镇痛效果和膈肌功能保护。

关节镜下肩袖修补术后疼痛主要与肩袖组织修复、肩峰下操作、关节囊及滑膜刺激以及术后早期被动活动有关, 镇痛不足可影响睡眠、康复训练依从性及肩关节功能恢复[1]-[3]。瑞芬太尼起效快、消除快、可控性强, 适合用于全凭静脉麻醉维持[4], 但围术期较大剂量应用时可能增加术后阿片类药物需求和痛觉敏化风险[5]。本研究中, A 组围术期镇痛药物需求及恶心、呕吐发生率均高于 B、C 组, 提示在瑞芬太尼全身麻醉基础上联合区域神经阻滞, 可减少肩部手术相关伤害性刺激传入, 降低围术期阿片类药物需求及相关不良反应发生风险, 符合肩部手术多模式镇痛策略[1] [6]。

ISB 是肩部手术经典区域阻滞方式, 镇痛效果确切[6]; 但其阻滞部位与膈神经走行相近, 局麻药向前斜角肌表面、椎前筋膜或邻近神经根区域扩散后容易累及膈神经, 导致同侧 HDP 和肺功能下降[7]-[10]。CESPB 则将局麻药注入下颈段竖脊肌深面筋膜平面, 其镇痛作用可能与药液沿颈段后方筋膜间隙扩散, 并影响颈神经后支、部分前支或邻近神经根有关[11] [12]。既往研究显示, 竖脊肌平面阻滞(erector spinae plane block, ESPB)可降低肩关节镜术后疼痛和阿片类药物需求[13] [14]。本研究中, B 组与 C 组术后 24 h 舒芬太尼用量、PCIA 有效按压次数和补救性镇痛比例比较差异均无统计学意义, 而同侧 HDP 仅见于 B

组,发生率为 67.5%,与既往 ISB 相关研究报道基本一致[7]-[10] [23]。近年来,上干阻滞、肩胛上神经阻滞联合腋神经阻滞及 CESPБ 等膈神经保护区域阻滞策略受到关注,其核心目标在于维持肩部镇痛效果的同时减少膈神经受累[15] [24] [25]。本研究中,CESPB 可在获得与 ISB 相近早期镇痛效果的同时减少同侧 HDP 发生,可能更适用于需兼顾镇痛效果与膈肌功能保护的患者。

PACU 氧合恢复受膈肌功能、全身麻醉残余效应、阿片类药物用量、疼痛相关浅快呼吸、BMI、手术时间及基础肺功能等多因素影响[20]-[22]。本研究中,B 组 PACU 最低 SpO₂ 低于 C 组,PACU 吸氧时间长于 A 组和 C 组,提示 ISB 相关 HDP 可能延缓恢复室早期氧合恢复;但各组最低 SpO₂ 总体仍处于相对安全范围,未出现严重氧合障碍。A 组虽未发生 HDP,但围术期阿片类药物需求较多、术后镇痛负担较重,也可能影响深呼吸和有效通气。C 组在减少阿片类药物需求的同时较少影响膈肌功能,因此 PACU 氧合恢复相对平稳。

术后早期被动活动度可在一定程度上反映镇痛效果、康复耐受性和肩关节功能恢复趋势。既往研究提示,肩袖修补术后早期疼痛与肩关节僵硬、康复受限相关,合理康复训练有助于功能恢复,但其开展需以充分镇痛和保护修补结构为前提[2] [3]。本研究中,B 组和 C 组术后 48 h 被动前屈、外展角度均高于 A 组,提示区域阻滞通过改善镇痛质量,可提高患者术后早期被动活动耐受性。C 组被动前屈角度高于 B 组,而两组被动外展角度差异无统计学意义;考虑到术后早期活动度还受疼痛程度、康复配合度、修补张力及测量方式等因素影响,CESPБ 对肩关节功能恢复的持续作用仍需进一步随访验证。

本研究仍存在一定局限性:① 本研究为单中心试验,样本量相对有限,且纳入患者多为 ASA I~II 级,同时排除了严重心肺疾病患者,结果外推至高呼吸风险人群时仍需谨慎。未来研究尤其是在纳入老年、肥胖、慢性阻塞性肺疾病或其他高呼吸风险患者时,应在阻滞前后常规进行肺功能测试(pulmonary function tests, PFTs),如用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、第一秒用力呼气容积(forced expiratory volume in one second, FEV1)等,以更全面评估不同阻滞方式对通气功能的影响。② 受干预措施特点限制,研究未设置假阻滞操作,实施阻滞的麻醉医师及受试者未能实现盲法,可能存在一定实施偏倚。后续研究可采用更严格的盲法设计,例如对所有组别实施标准化的假阻滞流程,如仅使用超声探头定位而不穿刺,或在不影响安全性和伦理性的前提下进行少量生理盐水下注射,并由不参与后续麻醉管理和结局评估的独立人员完成阻滞或假阻滞操作,以尽可能实现受试者、麻醉管理医师及结局评估者盲法,从而最大限度减少偏倚。③ 本研究主要观察术后 24~48 h 内早期结局,尚未评价长期疼痛、肩关节功能评分、患者满意度及慢性术后疼痛发生情况;④ 呼吸相关评价主要基于膈肌超声和 PACU 氧合指标,未同步测定 FVC、FEV1 等肺功能指标,尚不能全面反映 HDP 对术后通气功能的影响。此外,后续研究还应系统监测并报告具有临床意义的呼吸系统并发症,包括术后影像学证实的肺不张、低氧血症事件、肺炎发生率及其他需要干预的呼吸不良事件,而不应仅依赖膈肌运动度、PACU 最低 SpO₂ 或吸氧时间等替代终点。

5. 结论

综上所述,在关节镜下肩袖修补术中,与单纯瑞芬太尼全身麻醉相比,ISB 和 CESPБ 联合瑞芬太尼全身麻醉均可减少围术期阿片类药物需求,降低补救性镇痛需求,并提高术后早期被动活动耐受性。与 ISB 相比,CESPБ 可在获得相近镇痛效果的同时减少同侧 HDP 发生,PACU 氧合恢复表现较平稳,可为需兼顾镇痛效果与膈肌功能保护的患者提供参考。

致 谢

感谢所有受试者及参与围术期评估、随访工作的医护人员对本研究的支持。

声明

本研究涉及的所有试验均已通过青岛海慈医院伦理委员会审核批准(批准号: 2020HC09LZ001), 并在
中国临床试验注册中心注册(注册号: ChiCTR2100042641)。研究过程遵循《赫尔辛基宣言》相关原则,
所有受试对象均已签署知情同意书。

参考文献

- [1] Toma, O., Persoons, B., Pogatzki-Zahn, E., Van de Velde, M. and Joshi, G.P. (2019) PROSPECT Guideline for Rotator Cuff Repair Surgery: Systematic Review and Procedure-Specific Postoperative Pain Management Recommendations. *Anaesthesia*, **74**, 1320-1331. <https://doi.org/10.1111/anae.14796>
- [2] Guity, M.R., Sobhani Eraghi, A. and Hosseini-Baharanchi, F.S. (2021) Early Postoperative Pain as a Risk Factor of Shoulder Stiffness after Arthroscopic Rotator Cuff Repair. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, **22**, Article No. 25. <https://doi.org/10.1186/s10195-021-00585-9>
- [3] Gallagher, B.P., Bishop, M.E., Tjoumakaris, F.P. and Freedman, K.B. (2015) Early versus Delayed Rehabilitation Following Arthroscopic Rotator Cuff Repair: A Systematic Review. *The Physician and Sportsmedicine*, **43**, 178-187. <https://doi.org/10.1080/00913847.2015.1025683>
- [4] Egan, T.D. (1995) Remifentanil Pharmacokinetics and Pharmacodynamics: A Preliminary Appraisal. *Clinical Pharmacokinetics*, **29**, 80-94. <https://doi.org/10.2165/00003088-199529020-00003>
- [5] Kim, S.H., Stoicea, N., Soghomonyan, S. and Bergese, S.D. (2014) Intraoperative Use of Remifentanil and Opioid Induced Hyperalgesia/Acute Opioid Tolerance: Systematic Review. *Frontiers in Pharmacology*, **5**, Article 108. <https://doi.org/10.3389/fphar.2014.00108>
- [6] Fredrickson, M.J., Krishnan, S. and Chen, C.Y. (2010) Postoperative Analgesia for Shoulder Surgery: A Critical Appraisal and Review of Current Techniques. *Anaesthesia*, **65**, 608-624. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2009.06231.x>
- [7] Urmev, W.F. and McDonald, M. (1992) Hemidiaphragmatic Paresis during Interscalene Brachial Plexus Block: Effects on Pulmonary Function and Chest Wall Mechanics. *Anesthesia & Analgesia*, **74**, 352-357. <https://doi.org/10.1213/00000539-199203000-00006>
- [8] Renes, S.H., Rettig, H.C., Gielen, M.J., Wilder-Smith, O.H. and van Geffen, G.J. (2009) Ultrasound-Guided Low-Dose Interscalene Brachial Plexus Block Reduces the Incidence of Hemidiaphragmatic Paresis. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, **34**, 498-502. <https://doi.org/10.1097/aap.0b013e3181b49256>
- [9] Riazi, S., Carmichael, N., Awad, I., Holtby, R.M. and McCartney, C.J.L. (2008) Effect of Local Anaesthetic Volume (20 vs 5 ml) on the Efficacy and Respiratory Consequences of Ultrasound-Guided Interscalene Brachial Plexus Block. *British Journal of Anaesthesia*, **101**, 549-556. <https://doi.org/10.1093/bja/aen229>
- [10] Albrecht, E., Bathory, I., Fournier, N., Jacot-Guillarmod, A., Farron, A. and Brull, R. (2017) Reduced Hemidiaphragmatic Paresis with Extrafascial Compared with Conventional Intrafascial Tip Placement for Continuous Interscalene Brachial Plexus Block: A Randomized, Controlled, Double-Blind Trial. *British Journal of Anaesthesia*, **118**, 586-592. <https://doi.org/10.1093/bja/aex050>
- [11] Elsharkawy, H., Ince, I., Hamadnalla, H., Drake, R.L. and Tsui, B.C.H. (2020) Cervical Erector Spinae Plane Block: A Cadaver Study. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, **45**, 552-556. <https://doi.org/10.1136/rapm-2019-101154>
- [12] Ma, D., Wang, R., Wen, H., Li, H. and Jiang, J. (2021) Cervical Erector Spinae Plane Block as a Perioperative Analgesia Method for Shoulder Arthroscopy: A Case Series. *Journal of Anesthesia*, **35**, 446-450. <https://doi.org/10.1007/s00540-021-02907-x>
- [13] Kapukaya, F., Ekinci, M., Ciftci, B., Atalay, Y.O., Gölboyu, B.E., Kuyucu, E., et al. (2022) Erector Spinae Plane Block vs Interscalene Brachial Plexus Block for Postoperative Analgesia Management in Patients Who Underwent Shoulder Arthroscopy. *BMC Anesthesiology*, **22**, Article No. 142. <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01687-5>
- [14] Zhu, M., Zhou, R., Wang, L. and Ying, Q. (2024) The Analgesic Effect of Ultrasound-Guided Cervical Erector Spinae Block in Arthroscopic Shoulder Surgery: A Randomized Controlled Clinical Trial. *BMC Anesthesiology*, **24**, Article No. 196. <https://doi.org/10.1186/s12871-024-02586-7>
- [15] Amaral, S., Arsky Lombardi, R., Medeiros, H., Nogueira, A. and Gadsden, J. (2023) Superior Trunk Block Is an Effective Phrenic-Sparing Alternative to Interscalene Block for Shoulder Arthroscopy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*, **15**, e48217. <https://doi.org/10.7759/cureus.48217>
- [16] Schulz, K.F., Altman, D.G. and Moher, D. (2010) CONSORT 2010 Statement: Updated Guidelines for Reporting Parallel Group Randomised Trials. *PLOS Medicine*, **7**, e1000251. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000251>
- [17] World Medical Association (2013) World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical

- Research Involving Human Subjects. *JAMA*, **310**, 2191-2194.
- [18] DeAngelis, C.D., Drazen, J.M., Frizelle, F.A., Haug, C., Hoey, J., Horton, R., *et al.* (2004) Clinical Trial Registration: A Statement from the International Committee of Medical Journal Editors. *JAMA*, **292**, 1363-1364. <https://doi.org/10.1001/jama.292.11.1363>
- [19] Schulz, K.F. and Grimes, D.A. (2002) Allocation Concealment in Randomised Trials: Defending against Deciphering. *The Lancet*, **359**, 614-618. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(02\)07750-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(02)07750-4)
- [20] Bang, Y.J., Park, I.H. and Jeong, H. (2023) Frequency and Risk Factors for Failed Weaning from Supplemental Oxygen Therapy after General Anesthesia at a Postanesthesia Care Unit: A Retrospective Cohort Study. *BMC Anesthesiology*, **23**, Article No. 231. <https://doi.org/10.1186/s12871-023-02192-z>
- [21] Gift, A.G., Stanik, J., Karpenick, J., Whitmore, K. and Bolgiano, C.S. (1995) Oxygen Saturation in Postoperative Patients at Low Risk for Hypoxemia: Is Oxygen Therapy Needed? *Anesthesia & Analgesia*, **80**, 368-372. <https://doi.org/10.1097/00000539-199502000-00028>
- [22] Ramachandran, S.K., Thompson, A., Pandit, J.J., Devine, S. and Shanks, A.M. (2017) Retrospective Observational Evaluation of Postoperative Oxygen Saturation Levels and Associated Postoperative Respiratory Complications and Hospital Resource Utilization. *PLOS ONE*, **12**, e0175408. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175408>
- [23] Kim, D.H., Lin, Y., Beathe, J.C., Liu, J., Oxendine, J.A., Haskins, S.C., *et al.* (2019) Superior Trunk Block: A Randomized Controlled Trial. *Anesthesiology*, **131**, 521-533. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000002841>
- [24] Hsu, W.K., Liu, S.C., Chuang, H.C., Wang, C., Kuan, F., Hsu, K., *et al.* (2024) Evaluation of Pain Relief and Opioid Consumption with the Addition of an Erector Spinae Plane Catheter Block after an Interscalene Nerve Block in Arthroscopic Rotator Cuff Repair. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, **12**, 1-8.
- [25] Liu, Z., Li, Y.B., Wang, J.H., Wu, G. and Shi, P. (2022) Efficacy and Adverse Effects of Peripheral Nerve Blocks and Local Infiltration Anesthesia after Arthroscopic Shoulder Surgery: A Bayesian Network Meta-Analysis. *Frontiers in Medicine*, **9**, Article 1032253. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1032253>