

· 论著 · 一次研究 ·

腓窝坐骨神经阻滞与全凭静脉麻醉在糖尿病足手术中的疗效与创面愈合的影响因素分析



杨 岳, 彭俊波, 卢鑫磊

杭州市第一人民医院城北院区麻醉科 (杭州 310000)

【摘要】目的 比较腓窝坐骨神经阻滞 (PSNB) 与全凭静脉麻醉 (TIVA) 在糖尿病足 (DF) 手术中的疗效, 并探讨创面愈合的影响因素。**方法** 回顾性分析 2023 年 7 月至 2025 年 2 月收治的 DF 手术患者资料, 按麻醉方式分为 PSNB 组和 TIVA 组。比较两组术中血流动力学、术后镇痛效果 [疼痛数字评定量表 (NRS) 评分及自控静脉镇痛泵 (PCIA) 按压频次] 及围手术期并发症。采用多因素 Logistic 回归模型筛选创面愈合的独立影响因素。**结果** 共纳入 205 例 DF 手术患者, PSNB 组 129 例, TIVA 组 76 例。与 TIVA 组相比, PSNB 组术中血流动力学更稳健, 低血压发生率、血管活性药物使用率显著降低, 且手术时间更短 (均 $P < 0.05$)。此外, PSNB 术后 NRS 评分、PCIA 按压次数及吸入性肺炎、嗜睡等并发症发生率均显著优于 TIVA 组 (均 $P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归显示手术时间 ≥ 90 min [OR=3.17, 95%CI (1.78, 5.65)]、年龄 ≥ 70 岁 [OR=2.07, 95%CI (1.12, 3.82)]、糖尿病肾病 [OR=2.44, 95%CI (1.36, 4.37)] 及 Wagner 分级 ≥ 3 级 [OR=2.81, 95%CI (1.24, 6.39)] 是创面完全愈合的独立危险因素, 而采用 PSNB [OR=0.36, 95%CI (0.20, 0.65)] 是创面愈合的独立保护因素。**结论** 与 TIVA 相比, PSNB 在保障 DF 患者术中循环稳定与安全性方面具有显著优势。该麻醉方式不仅能优化围手术期管理, 更是促进创面完全愈合的独立保护策略, 临床价值优于 TIVA, 本研究为单中心回顾性分析, 结论尚需多中心前瞻性随机对照试验予以验证。

【关键词】 腓窝坐骨神经阻滞; 静脉麻醉; 创面愈合; 血流动力学; 危险因素

【中图分类号】 R587.2; R614.2 **【文献标志码】** A

Efficacy of popliteal sciatic nerve block versus total intravenous anesthesia in diabetic foot surgery and analysis of influencing factors for wound healing

YANG Yue, PENG Junbo, LU Xinlei

Department of Anesthesiology, Chengbei Campus, Hangzhou First People's Hospital, Hangzhou 310000, China

Corresponding author: YANG Yue, Email: 13313344346@163.com

【Abstract】Objective To compare the efficacy of popliteal sciatic nerve block (PSNB) and total intravenous anesthesia (TIVA) during diabetic foot (DF) surgery, and to explore the influencing factors of wound healing. **Methods** Clinical data of patients undergoing DF surgery admitted between July 2023 and February 2025 were retrospectively analyzed. Patients were divided into the PSNB group and the TIVA group according to anesthesia method. Intraoperative

DOI: 10.12173/j.issn.1005-0698.202605044

基金项目: 浙江省医药卫生科技计划项目 (2023RC054)

通信作者: 杨岳, 住院医师, Email: 13313344346@163.com

<https://ywlbxb.whuzhmedj.com/>

hemodynamics, postoperative analgesia efficacy [numeric rating scale (NRS) score and patient-controlled intravenous analgesia [PCIA] pressing frequency], and perioperative complications were compared between the two groups. A multivariate Logistic regression model was applied to screen independent influencing factors for wound healing. **Results** A total of 205 patients undergoing DF surgery were enrolled, including 129 in the PSNB group and 76 in the TIVA group. Compared with the TIVA group, the PSNB group exhibited more stable intraoperative hemodynamics, markedly lower incidences of hypotension and vasoactive agent administration, as well as shorter operative duration (all $P<0.05$). Moreover, the PSNB group achieved significantly lower postoperative NRS scores, fewer PCIA compressions, and lower incidences of complications such as aspiration pneumonia and drowsiness (all $P<0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that operative time ≥ 90 min[OR=3.17, 95%CI(1.78, 5.65)], age ≥ 70 years[OR=2.07, 95%CI(1.12, 3.82)], diabetic nephropathy [OR=2.44, 95%CI(1.36, 4.37)], and Wagner grade ≥ 3 [OR=2.81, 95%CI(1.24, 6.39)]were independent risk factors for complete wound healing, while PSNB[OR=0.36, 95%CI(0.20, 0.65)]was an independent protective factor. **Conclusion** Compared with TIVA, PSNB has significant advantages in maintaining intraoperative circulatory stability and safety for DF patients. This anesthesia method can not only optimize perioperative management but also is an independent protective factor promoting complete wound healing, with clinical value superior to TIVA. This study is a single-center retrospective analysis, and the conclusions need to be verified by multicenter prospective randomized controlled trials.

【Keywords】 Diabetic foot; Popliteal sciatic nerve block; Intravenous anesthesia; Wound healing; Hemodynamics; Risk factors

糖尿病足 (diabetic foot, DF) 是非创伤性下肢截肢的首要原因, 累及约 15%~25% 的糖尿病患者^[1]。DF 的高发病率不仅导致了显著的致残风险和死亡风险, 也造成了沉重的社会医疗资源负担^[2]。随着多学科协作模式的深入推进, 外科干预已成为 DF 综合管理的基石。其主要手段包括感染灶彻底清创、改善组织灌注的血管重建术、足部畸形矫正及组织缺损修复等^[3]。然而, DF 患者常合并心血管疾病、肾功能不全、自主神经病变及微循环障碍, 多系统受累的复杂病理状态显著增加了围手术期麻醉管理的挑战。

传统全凭静脉麻醉 (total intravenous anesthesia, TIVA) 虽应用广泛, 但在 DF 患者中存在明显的局限性。研究证实, TIVA 药物会抑制心肌收缩力并削弱血管张力, 导致术中低血压发生率高达 20%~40%^[4]。这种剧烈的血流动力学波动可能加剧远端受损组织的灌注不足, 在合并外周动脉病变的患者中, 其对术后创面愈合的负面影响尤为突出^[5]。此外, TIVA 引发的强应激反应、免疫抑制及术后认知功能障碍风险, 亦是不容忽视的临床隐患。

腓窝坐骨神经阻滞 (popliteal sciatic nerve block, PSNB) 作为一种精准的区域麻醉技术, 在 DF 手术中展现出独特的优势。该技术通过在

腓窝水平阻断坐骨神经分支, 可在患者清醒状态下提供完善的患肢麻醉效应^[6]。与 TIVA 相比, 其潜在获益包括维持术中血流动力学稳定, 避免全麻药物对心血管系统的抑制, 减少全身用药量及药物相互作用, 提供长效术后镇痛以减少阿片类药物需求以及通过降低局部交感神经张力来改善微循环血流^[7]。

尽管区域麻醉在理论上具有优势, 但目前针对 DF 患者群体对比 PSNB 与 TIVA 对血流动力学及创面愈合长期影响的高质量研究仍显匮乏。现有文献多集中于术后疼痛评分等通用指标, 未能深入探讨麻醉方式与 DF 特有病理生理状态间的相互作用, 尤其是对创面愈合这一核心预后终点的长期影响尚缺乏系统评估。鉴于此, 本研究旨在对比评估 PSNB 与 TIVA 对 DF 手术患者术中血流动力学稳定性、术后镇痛效果、围手术期安全性及创面愈合的影响, 并探讨影响创面愈合的独立危险因素, 以期为该高风险群体的临床麻醉决策提供循证医学证据。

1 资料和方法

1.1 研究设计

本研究为单中心回顾性队列研究, 收集 2023 年 7 月至 2025 年 2 月在杭州市第一人民医院城北

院区创面修复病区接受手术的DF患者临床资料。根据麻醉方式将患者分为PSNB组和TIVA组。本研究方案已获杭州市第一人民医院伦理委员会审查(批号:2025ZN196-1),并豁免知情同意。

1.2 纳入与排除标准

纳入标准:①有明确的2型糖尿病病史,符合《中国2型糖尿病防治指南(2020版)》相关诊断标准^[8];②存在足部溃疡、感染或深部组织破坏,伴有不同程度的神经病变和(或)外周动脉疾病;③足部病变持续时间 ≥ 2 周,且Wagner分级为1-5级;④经多学科团队评估后需要手术干预,包括但不限于清创术、坏死组织切除、引流、截肢或皮瓣修复等手术治疗;⑤年龄 ≥ 18 岁;⑥美国麻醉医师协会(ASA)分级I-III级;⑦患者或家属签署手术及麻醉知情同意书。排除标准:①对局部麻醉药物过敏史;②神经阻滞穿刺部位有感染或皮肤病变;③严重凝血功能障碍;④严重心肺功能不全不能耐受手术者;⑤精神疾病或认知功能障碍不能配合评估;⑥电子病历关键数据缺失 $>20\%$;⑦腘窝区域解剖异常或既往手术史影响神经阻滞实施;⑧既往下肢神经病变可能影响神经阻滞效果者;⑨术中需要转换麻醉方式者。

1.3 麻醉方案

所有患者术前均完成常规检查,包括血常规、凝血功能、肝肾功能、心电图及胸片等评估。术前8 h禁食、2 h禁饮,入手术室后开放外周静脉通路,连接标准监护设备。PSNB组采用超声引导下PSNB技术。患者取侧卧位,患肢在上,膝关节屈曲 30° 。使用高频线性探头(6~13 MHz)定位腘窝坐骨神经,严格消毒铺巾后,采用平面内技术,22G神经阻滞针在超声引导下接近坐骨神经。确认针尖位置后注射0.5%罗哌卡因注射液(规格:0.1 g $\cdot$ 10 mL⁻¹,批号:NBVN,瑞典阿斯利康制药有限公司)20 mL,观察局麻药均匀分布于神经周围。阻滞完成后15~20 min评估效果,根据患者情况可辅以咪达唑仑注射液(规格:5 mg $\cdot$ 1 mL⁻¹,批号:TMD25G05,江苏恩华药业股份有限公司)1~2 mg和(或)枸橼酸芬太尼注射液(规格:0.1 mg $\cdot$ 2 mL⁻¹,批号:AB40403321,宜昌人福药业有限责任公司)5~10 μ g维持适当镇静水平。

TIVA组采用标准全身麻醉方案。诱导使用咪

达唑仑注射液0.03~0.05 mg $\cdot$ kg⁻¹、枸橼酸芬太尼注射液0.2~0.3 μ g $\cdot$ kg⁻¹、丙泊酚乳状注射液(规格0.5 g $\cdot$ 50 mL⁻¹,批号:12602042,西安力邦医疗产业集团有限公司)1.5~2.0 mg $\cdot$ kg⁻¹及苯磺顺阿曲库铵注射液(规格:10 mg $\cdot$ 5 mL⁻¹,批号:25102611,杭州澳亚生物技术股份有限公司)0.1~0.2 mg $\cdot$ kg⁻¹,根据手术需要选择喉罩或气管插管。麻醉维持以丙泊酚乳状注射液4~8 mg $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ h⁻¹和瑞芬太尼(规格:1 mg,批号:AD5060311,宜昌人福药业有限责任公司)0.1~0.2 μ g $\cdot$ kg⁻¹ $\cdot$ min⁻¹持续泵注,必要时追加苯磺顺阿曲库铵注射液。

术后镇痛方面,两组患者均采用自控静脉镇痛泵(patient-controlled intravenous analgesia, PCIA)进行镇痛,具体参数设置如下:PCIA配方为舒芬太尼注射液(规格:50 μ g $\cdot$ 1 mL⁻¹,批号:AB51102521,宜昌人福药业有限责任公司)2 μ g $\cdot$ kg⁻¹+盐酸托烷司琼注射液(规格:5 mg $\cdot$ 5 mL⁻¹,批号:2311281,杭州民生药业集团有限公司)5 mg,以0.9%氯化钠注射液稀释至100 mL;背景剂量2 mL $\cdot$ h⁻¹,单次按压剂量0.5 mL,锁定时间15 min,最大剂量10 mL $\cdot$ h⁻¹。PSNB组:依靠神经阻滞效应提供基础镇痛,PCIA作为补充镇痛手段,于术后阻滞效果消退前(约12~18 h)连接PCIA泵。TIVA组:术毕静脉给予氟比洛芬酯注射液(规格:50 mg $\cdot$ 5 mL⁻¹,批号:3N14613,北京泰德制药股份有限公司)40 mg作为负荷剂量,并连接上述PCIA镇痛泵。

1.4 资料收集

本研究数据来源于电子病历系统及门诊随访记录,提取的变量覆盖以下维度:①人口学特征:包括年龄、性别、BMI、糖尿病病程以及糖化血红蛋白水平;②DF特征:Wagner分级(1~5级)、压疮愈合量表(Pressure Ulcer Scale for Healing, PUSH)评分、踝肱指数(ankle-brachial index, ABI);③基础疾病与合并症:糖尿病肾病、周围神经病变、高血压、冠心病等基础疾病;④手术相关因素:包括手术类型(清创术/截趾术/截肢术)、手术时间、麻醉方式等。观察指标包含以下内容:

1.4.1 术中血流动力学监测

所有患者术中持续监测血流动力学指标。记录手术开始时(T_0)、手术开始后30 min(T_1)、手术开始后60 min(T_2)、手术结束时(T_3)四个

时间点的收缩压、舒张压、平均动脉压和心率。术中低血压定义为收缩压 <90 mmHg 或较基础值下降 $>20\%$ ，高血压定义为收缩压 >180 mmHg 或舒张压 >110 mmHg。记录术中血管活性药物（如去甲肾上腺素、麻黄碱等）使用情况及手术持续时间。

1.4.2 术后疼痛评估及镇痛药物使用

采用疼痛数字评定量表（numerical rating scale, NRS）评估患者术后疼痛程度^[9]，分别于术后 24 h、48 h 进行评分。NRS 评分 0~10 分，0 分为无痛，10 分为剧烈疼痛。记录患者 PCIA 的使用情况，包括术后 24 h 和 48 h 的累积用药剂量、按压次数及有效按压次数。当 NRS 评分 ≥ 4 分时给予补救镇痛措施，记录补救镇痛药物的使用频次。

1.4.3 创面愈合情况评估

于术前和术后 16 周采用 PUSH 评估创面愈合情况^[10]。PUSH 评分系统包括三个维度：创面面积（0~10 分）、渗出物量（0~3 分）和组织类型（0~4 分），术后 16 周 PUSH 评分 0 分定义为创面完全愈合，即创面完全上皮化，无渗出，无坏死组织，并将创面愈合情况分为完全愈合组和未完全愈合组。

ABI 采用多普勒血流检测仪测量，患者静息平卧 15 min 后，测量双侧肱动脉收缩压和踝部胫后动脉/足背动脉收缩压，取同侧踝部收缩压最高值与双侧肱动脉收缩压最高值的比值。ABI <0.9 提示外周动脉疾病，ABI >1.3 提示血管钙化。

1.4.4 麻醉安全性评估

收集患者在围手术期出现的不良反应情况，包括吸入性肺炎、严重低血压、心律失常、消化系统症状（如恶心、呕吐、腹胀）、神经系统症状（如头晕、嗜睡、认知功能障碍）。统计各类不良反应的发生例数，计算不良反应发生率=（出现不良反应例数/总例数） $\times 100\%$ 。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 25.0 软件进行统计学分析。计量资料采用 Kolmogorov-Smirnov 检验进行正态性检验，符合正态分布的资料以均数 $\pm$ 标准差（ $\bar{x}\pm s$ ）表示，组间比较采用独立样本 t 检验，采用配对样本 t 检验对同组治疗前后进行比较。计数资料以例数和百分比 [n (%)] 表示，组间比较采用 χ^2 检验。以创面完全愈合为因变量，将单因素分析

中 $P<0.05$ 的变量及手术类型（无论单因素分析结果如何）纳入多因素 Logistic 回归模型，采用逐步向前法构建模型，以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

共纳入 205 例 DF 手术患者，PSNB 组 129 例，TIVA 组 76 例。两组患者在年龄、性别、BMI、教育水平、糖尿病病程、糖化血红蛋白水平、基线 Wagner 分级、基线 PUSH 评分、基线踝肱指数等方面差异无统计学意义（ $P>0.05$ ），见表 1。

2.2 术中血流动力学及镇痛效果比较

手术开始时（ T_0 ）两组患者收缩压、舒张压、平均动脉压水平无显著差异（ $P>0.05$ ）。PSNB 组术中血流动力学稳定性显著优于 TIVA 组（ $P<0.05$ ），术中低血压发生率和血管活性药物使用患者比例均显著低于 TIVA 组（均 $P<0.05$ ），手术持续时间也明显缩短（ $P<0.05$ ）。此外，PSNB 组术后 24 h 及 48 h 的 NRS 评分显著低于 TIVA 组（均 $P<0.05$ ）。在镇痛药物使用方面，PSNB 组术后 24 h 及 48 h 内的 PCIA 按压次数明显少于 TIVA 组（均 $P<0.05$ ），见表 2。

2.3 安全性比较

PSNB 组 DF 患者的吸入性肺炎、消化道症状以及嗜睡的发生率显著低于 TIVA 组（均 $P<0.05$ ），其余不良事件发生上无统计学差异（均 $P>0.05$ ），见表 3。

2.4 影响 DF 患者创面完全愈合的单因素和多因素 Logistic 分析

完全愈合组 118 例、不完全愈合组 87 例。完全愈合组和不完全愈合组在年龄、基线 Wagner 分级、糖尿病肾病、麻醉方式、手术时间和手术类型比较上存在显著差异（ $P<0.05$ ），而性别、BMI、教育水平等方面差异无统计学意义（ $P>0.05$ ），见表 4。

多因素 Logistic 回归分析显示，手术时间 ≥ 90 min [OR=3.17, 95%CI (1.78, 5.65)]、年龄 ≥ 70 岁 [OR=2.07, 95%CI (1.12, 3.82)]、糖尿病肾病 [OR=2.44, 95%CI (1.36, 4.37)] 和基线 Wagner 分级 ≥ 3 级 [OR=2.81, 95%CI (1.24, 6.39)] 是创面完全愈合的危险因素，而 PSNB [OR=0.36, 95%CI (0.20, 0.65)] 是创面完全愈

合独立保护因素。此外,手术类型亦是创面完全愈合的独立影响因素。以清创术为参照,截趾术 [OR=1.99, 95%CI (1.10, 3.58)]、截肢术 [OR

=2.24, 95%CI (1.09, 4.61)]和皮片修复术 [OR=3.16, 95%CI (1.29, 7.75)]均为创面未完全愈合的独立危险因素(表4)。

表1 患者基线资料 [n (%)]

Table 1. Baseline data of patients [n (%)]

指标	PSNB组 (n=129)	TIVA组 (n=76)	t/χ^2	P
年龄 (岁)			0.15	0.700
<70	78 (60.47)	48 (63.16)		
≥70	51 (39.53)	28 (36.84)		
性别			0.20	0.658
男	82 (63.57)	46 (60.53)		
女	47 (36.43)	30 (39.47)		
BMI (kg·m ⁻²)			0.35	0.839
<18.5	15 (11.63)	7 (9.21)		
18.5~27.9	98 (75.97)	60 (78.95)		
≥28.0	16 (12.40)	9 (11.84)		
教育水平			0.14	0.710
初中及以下	85 (65.89)	52 (68.42)		
高中及以上	44 (34.11)	24 (31.58)		
糖尿病病程 (年)			0.18	0.914
<5	32 (24.81)	17 (22.37)		
5~10	58 (44.96)	36 (47.37)		
≥10	39 (30.23)	23 (30.26)		
糖化血红蛋白水平 (%) *	8.2±1.4	8.0±1.3	1.03	0.324
基线 Wagner 分级			1.12	0.890
1级	25 (19.38)	16 (21.05)		
2级	42 (32.56)	23 (30.26)		
3级	35 (27.13)	19 (25.00)		
4级	18 (13.95)	12 (15.79)		
5级	9 (6.98)	6 (7.89)		
基线 PUSH 评分 (分) *	6.8±2.1	6.6±2.0	0.68	0.478
基线踝肱指数*	0.72±0.15	0.74±0.16	-0.89	0.385
高血压	92 (71.32)	52 (68.42)	0.19	0.665
糖尿病肾病	58 (44.96)	32 (42.11)	0.16	0.689
周围神经病变	76 (58.91)	47 (61.84)	0.17	0.676
冠心病	43 (33.33)	23 (30.26)	0.20	0.658
手术类型			2.18	0.534
清创术	45 (34.88)	30 (39.47)		
截趾术	52 (40.31)	28 (36.84)		
截肢术	22 (17.05)	12 (15.79)		
皮瓣修复术	10 (7.75)	6 (7.89)		

注: *符合正态分布的资料以均数±标准差 ($\bar{x}\pm s$) 表示。

表2 PSNB组与TIVA组患者术中血流动力学和镇痛效果比较 ($\bar{x}\pm s$)

Table 2. Comparison of intraoperative hemodynamics and analgesic efficacy between PSNB and TIVA groups ($\bar{x}\pm s$)

特征	PSNB组 (n=129)	TIVA组 (n=76)	t/χ^2	P
收缩压 (mmHg)				
T ₀	128.4±15.2	126.8±16.1	0.71	0.478
T ₁	124.6±12.8	115.3±14.5	4.82	<0.001
T ₂	122.8±11.9	112.7±15.2	5.24	<0.001
T ₃	125.2±13.1	114.9±16.3	4.98	<0.001

续表2

特征	PSNB组 (n=129)	TIVA组 (n=76)	t/χ^2	P
舒张压 (mmHg)				
T ₀	78.5±9.8	77.9±10.2	0.42	0.677
T ₁	76.2±8.6	71.4±9.8	3.65	<0.001
T ₂	75.8±8.2	70.1±10.1	4.34	<0.001
T ₃	77.1±8.9	71.8±10.5	3.84	<0.001
平均动脉压 (mmHg)				
T ₀	95.1±10.4	94.2±11.1	0.58	0.564
T ₁	92.3±8.9	86.0±10.7	4.51	<0.001
T ₂	91.5±8.6	84.3±11.2	5.12	<0.001
T ₃	93.1±9.2	86.2±11.8	4.63	<0.001
术中低血压*	12 (9.30)	23 (30.26)	14.52	<0.001
血管活性药物使用*	25 (19.38)	42 (55.26)	28.65	<0.001
手术持续时间 (min)	78.6±22.4	92.3±26.8	-3.94	<0.001
NRS评分 (分)				
术后24 h	2.48±0.76	4.31±1.33	-12.49	<0.001
术后48 h	1.92±0.75	3.51±0.94	-13.34	<0.001
PCIA按压次数 (次)				
术后24 h	2.40±1.79	7.64±3.66	-13.754	<0.001
术后48 h	4.43±2.60	13.88±5.51	-16.622	<0.001

表3 PSNB组与TIVA组患者麻醉安全性比较 [n (%)]

Table 3. Comparison of anesthesia safety between PSNB and TIVA groups of patients [n (%)]

不良反应	PSNB组 (n=129)	TIVA组 (n=76)	t/χ^2	P
吸入性肺炎	3 (2.33)	6 (7.89)	4.13	0.042
心律失常	0 (0.00)	1 (1.31)	-	1.000
消化系统症状	18 (13.95)	27 (35.53)	13.49	<0.001
头晕	7 (5.43)	12 (15.79)	6.54	0.011
嗜睡	5 (3.88)	9 (11.84)	5.16	0.023
认知功能障碍	0 (0.00)	0 (0.00)	-	1.000

注：*计数资料以例数和百分比 [n (%)] 表示。

表4 影响DF患者创面愈合的单因素和多因素Logistic分析 [n (%)]

Table 4. Univariate and multivariate Logistic regression analysis of factors influencing wound healing in patients with DF [n (%)]

特征	单因素分析				多因素分析	
	完全愈合组 (n=118)	不完全愈合组 (n=87)	t/χ^2	P	OR (95%CI)	P
年龄 (岁)			6.02	0.014		
<70	81 (68.64)	45 (51.72)			Ref.	
≥70	37 (31.36)	42 (48.28)			2.07 (1.12, 3.82)	0.02
性别			0.01	0.927		
男	74 (62.71)	54 (62.07)				
女	44 (37.29)	33 (37.93)				
BMI (kg/m ²)			0.14	0.932		
<18.5	13 (11.02)	9 (10.34)				
18.5~27.9	91 (77.12)	67 (77.01)				
≥28.0	14 (11.86)	11 (12.64)				
教育水平			0.00	0.964		
初中及以下	79 (66.95)	58 (66.67)				
高中及以上	39 (33.05)	29 (33.33)				

续表4

特征	单因素分析				多因素分析	
	完全愈合组 (n=118)	不完全愈合组 (n=87)	t/χ^2	P	OR (95%CI)	P
糖尿病病程 (年)			6.13	0.088		
<5	35 (29.66)	14 (16.09)				
5~10	54 (45.76)	40 (45.98)				
≥10	29 (24.58)	33 (37.93)				
糖化血红蛋白水平 (%) *	7.90±1.40	8.30±1.30	2.08	0.069		
基线 Wagner 分级			7.23	0.007		
<2 级	31 (26.27)	10 (11.49)			Ref.	
≥3 级	87 (73.73)	77 (88.51)			2.81 (1.24, 6.39)	0.013
基线 PUSH 评分 (分) *	6.7±2.1	6.9±2.0	-0.68	0.495		
基线踝肱指数*	0.73±0.15	0.72±0.16	0.45	0.652		
高血压	82 (69.49)	62 (71.26)	0.08	0.781		
糖尿病肾病	42 (35.59)	48 (55.17)	7.88	0.005	2.44 (1.36, 4.37)	0.003
周围神经病变	71 (60.17)	52 (59.77)	0.00	0.954		
冠心病	39 (33.05)	27 (31.03)	0.10	0.754		
麻醉方式			18.74	<0.001		
TIVA	29 (24.58)	47 (54.02)			Ref.	
PSNB	89 (75.42)	40 (45.98)			0.36 (0.20, 0.65)	<0.001
手术时间 (min)			12.74	<0.001		
<90	85 (72.03)	42 (48.28)			Ref.	
≥90	33 (27.97)	45 (51.72)			3.17 (1.78, 5.65)	<0.001
手术类型			9.30	0.026		
清创术	53 (44.92)	22 (25.29)			Ref.	
截趾术	41 (34.75)	39 (44.83)			1.99 (1.10, 3.58)	0.022
截肢术	18 (15.25)	16 (18.39)			2.24 (1.09, 4.61)	0.028
皮片修复术	6 (5.08)	10 (11.49)			3.16 (1.29, 7.75)	0.012

注：*符合正态分布的资料以均数±标准差 ($\bar{x}\pm s$) 表示。

3 讨论

本研究通过对比 PSNB 与 TIVA 在 DF 手术中的应用效果，证实了区域神经阻滞在维持血流动力学平稳、优化术后镇痛、提升安全性及促进创面愈合方面的显著优势。多因素 Logistic 回归模型进一步确立了 PSNB 作为 DF 创面愈合独立保护因子的关键临床价值。DF 患者多高龄且合并心血管损伤、肾功能不全及自主神经病变，对麻醉药物引起的循环波动代偿能力极差。本研究显示，PSNB 组血流动力学稳定性显著优于 TIVA 组，提示其对全身病理生理状态的干扰更小。机制上，神经阻滞仅阻断局部伤害性刺激传导，避免了全麻药物对心肌收缩力及血管张力的全身性抑制。Guay 等^[11]的 Meta 分析亦证实，神经阻滞联合或替代全麻可使低血压发生率降低 25%~45%。循环的稳定性不仅降低了围手术期心脑血管意外风险，更为远端组织的灌注安全提供了保障。此外，神经阻滞组手术时间显著缩短，可能源于术中循环波动的处理时间减少，且清醒状态下患者

的体位配合度更高，从而提升了手术效率。

术后疼痛可导致伤口愈合延迟、深静脉血栓、肺炎等并发症，甚至一部分术后患者发展为慢性疼痛^[3]。因此，有效的疼痛控制对 DF 术后患者至关重要。有研究显示，在选择性足踝手术中，外周神经阻滞相比脊麻具有更短的阻滞操作时间和更快的起效时间，但术后镇痛需求显著更高^[12]，与本研究结果存在一定差异。然而，该研究的对照组为脊麻（椎管内麻醉），而非本研究的 TIVA。脊麻由于药物直接作用于神经轴，可提供更为完善的术中及术后早期镇痛，因此术后额外镇痛需求较低。而本研究比较的是外周神经阻滞与 TIVA，结果显示 PSNB 组在术后 NRS 评分和 PCIA 按压次数上均优于 TIVA 组，与既往研究大致相符^[13-14]。因此，外周神经阻滞在术后镇痛方面优于 TIVA，但可能不及脊麻，这一差异源于不同对照组的选择，而非研究方法学问题。此外，本研究结果显示，PSNB 组在吸入性肺炎、消化道症状以及嗜睡的发生率上显著低于 TIVA 组，反映了神经阻滞在减少麻醉相关并发症方面的明

显优势。

DF 导致的非创伤性截肢是糖尿病最严重的并发症之一。尽管正常创面愈合通常在 2~4 周内完成,但由于复杂的代谢紊乱,DF 创面极易出现愈合停滞^[15]。多因素 Logistic 回归分析证实,手术时间 ≥ 90 min、年龄 ≥ 70 岁、糖尿病肾病及 Wagner 分级 ≥ 3 级是创面愈合的独立危险因素,而 PSNB 则是促进愈合的独立保护因素,与既往研究结论大致相符^[14-17]。手术时间延长显著增加了组织创伤、缺血及细菌定植风险,而高龄则反映了机体修复能力下降及血管病变加重的生理现状,与 Singh 等研究结果一致^[18]。糖尿病肾病通过蛋白丢失影响胶原合成,并经甲状旁腺功能亢进抑制成纤维细胞增殖,严重干扰愈合路径^[19]。基线 Wagner 分级直接决定了预后空间,级别越高,愈合失败风险呈数倍增长,提示临床应对 DF 进行早期分级评价与针对性干预。值得重视的是,本研究首次系统报告了手术类型对 DF 创面愈合的独立影响。结果显示,以清创术为参照,截趾术、截肢术和皮片修复术均为创面未完全愈合的独立危险因素。这一结果符合临床逻辑:清创术仅涉及感染灶及坏死组织的清理,创伤最小;而皮片修复术涉及组织移植和复杂的微循环重建,创伤最大、手术时间最长,对创面愈合的挑战也最大。该发现强调了在评估不同麻醉方式对 DF 创面愈合影响时,必须将手术类型作为关键混杂因素进行统计学调整,否则可能导致模型偏倚。

本研究发现 PSNB 表现出强效的保护作用。PSNB 促进创面愈合的机制可能涉及以下多个方面:第一,神经阻滞维持术中循环稳定,保障了创面床的组织微灌注^[4-5]。神经阻滞通过阻断交感神经传导,降低局部交感神经张力,导致血管扩张,增加组织血流量,从而为创面愈合提供充足的氧气和营养供应。第二,神经阻滞有效抑制疼痛应激对血糖的影响,并避免了全麻药物对免疫功能的抑制^[20]。疼痛应激会激活下丘脑-垂体-肾上腺轴,导致高血糖和免疫功能紊乱,而神经阻滞通过阻断伤害性刺激传导,从源头上减轻应激反应。第三,神经阻滞显著减少阿片类药物的使用,从而降低了其相关的外周及全身副作用。阿片类药物可抑制固有免疫反应、影响微循环血流,并可能延迟伤口愈合。第四,神经阻滞可能通过神经-免疫调控通路促进组织修复。近年研

究表明,区域麻醉可调控局部炎症反应,减少前炎性因子释放,为创面愈合创造有利的组织微环境^[13]。

本研究也存在一定的局限性。第一,本研究属于回顾性队列研究,且两组的样本量分布呈现显著的非均衡性。这种分组的不平衡可能源于术前麻醉医师的偏好、患者自身基础状况或手术复杂程度导致的“适应症偏倚”。虽然本研究已通过多因素 Logistic 回归分析对已知的关键混杂因素进行了统计学调整,但仍无法完全排除未被观测到的变量所带来的残余混杂,未来仍需前瞻性随机对照试验进一步验证;第二,本研究样本量相对有限且来源于单一中心,可能限制了研究结果的普遍适用性;第三,在变量筛选过程中,PUSH 评分和 ABI 等在临床理论上与创面愈合密切相关的指标,因在单因素分析中未显示统计学意义而未强制纳入最终的多因素回归模型。这种基于统计显著性而非单纯基于临床意义的变量筛选策略,可能导致某些潜在重要混杂因子的遗漏;第四,本研究未能前瞻性记录感觉阻滞起效时间、运动阻滞起效时间、感觉阻滞维持时间及运动阻滞维持时间等精细化神经阻滞效果指标。未来需开展前瞻性研究,采用标准化针刺测试及改良 Bromage 评分动态评估神经阻滞效果。

综上所述,PSNB 不应仅被视为一种麻醉技术,更应被看作是 DF 围手术期综合管理及改善预后的重要策略。相较于 TIVA,该阻滞方案术中循环更稳定、围术期镇痛效果更佳、围手术期风险更低,还可促进术后创面愈合。此外,本研究同时明确了创面愈合不良的多项高危因素。研究结论可为 DF 手术麻醉方案选择提供参考,助力临床筛查高危患者并实施个体化干预,缩短创面愈合时间,降低截肢风险,优化整体诊疗效果。

利益冲突声明:作者声明本研究不存在任何经济或非经济利益冲突。

参考文献

- 1 Li B, Eisenberg N, Beaton D, et al. Predicting mortality risk following major lower extremity amputation using machine learning[J]. J Vasc Surg, 2025, 82(2): 617-631.e8. DOI: [10.1016/j.jvs.2025.03.198](https://doi.org/10.1016/j.jvs.2025.03.198).

- 2 Manisha, Niharika, Gaur P, et al. Understanding Diabetic Wounds: a review of mechanisms, pathophysiology, and multimodal management strategies[J]. *Curr Rev Clin Exp Pharmacol*, 2025, 20(3): 207–228. DOI: [10.2174/0127724328326480240927065600](https://doi.org/10.2174/0127724328326480240927065600).
- 3 Schoug J, Katzman P, Uddman E, et al. Follow-up magnetic resonance imaging in monitoring charcot foot and its association with total contact cast treatment duration and long-term outcomes: a retrospective cohort study[J]. *J Foot Ankle Res*, 2025, 18(2): e70058. DOI: [10.1002/jfa2.70058](https://doi.org/10.1002/jfa2.70058).
- 4 de Mucha PV, Thomas S. Incidence of post-induction hypotension following emergency rapid sequence induction with ketamine: a systematic review and meta-analysis[J]. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2025, 3(1): 71. DOI: [10.1186/s13049-025-01374-7](https://doi.org/10.1186/s13049-025-01374-7).
- 5 Dawi J, Tumanyan K, Tomas K, et al. Diabetic foot ulcers: pathophysiology, immune dysregulation, and emerging therapeutic strategies[J]. *Biomedicines*, 2025, 13(5): 1076. DOI: [10.3390/biomedicines13051076](https://doi.org/10.3390/biomedicines13051076).
- 6 Han H, Zhao J, Kong X, et al. Meta-analysis of clinical effects of intraneural vs extraneural injection in popliteal sciatic nerve block for foot surgery[J]. *Curr Probl Surg*, 2025, 68: 101784. DOI: [10.1016/j.cpsurg.2025.101784](https://doi.org/10.1016/j.cpsurg.2025.101784).
- 7 Zhang J, Zhao Z. Ultrasound-guided popliteal sciatic nerve block versus traditional analgesia for early perioperative pain relief in severe chronic lower extremity arterial occlusive disease: A retrospective study[J]. *Vascular*, 2026, 34(2): 465–471. DOI: [10.1177/17085381251339937](https://doi.org/10.1177/17085381251339937).
- 8 中华糖尿病学会. 中国2型糖尿病防治指南(2020年版)[J]. 中国实用内科杂志, 2021, 41(8): 668–695. [Chinese Diabetes Society. Chinese Guidelines for the Prevention and Treatment of Type 2 Diabetes (2020 Edition)[J]. *Chinese Journal of General Practice*, 2021, 41(8): 668–695.] DOI: [10.19538/j.nk2021080106](https://doi.org/10.19538/j.nk2021080106).
- 9 Smith SL, Georgopoulos V, Ifesemen OS, et al. Validity and contributions to pain from the central aspects of pain questionnaire in rheumatoid arthritis[J]. *Pain Rep*, 2025, 10(4): e1295. DOI: [10.1097/PR9.0000000000001295](https://doi.org/10.1097/PR9.0000000000001295).
- 10 Shao J, Zhang H, Zhang X, et al. Pig's Toenail egg yolk ointment promotes pressure ulcer healing via the PI3K-Akt pathway: a randomized controlled trial[J]. *Int J Low Extrem Wounds*, 2025, 9: 15347346251348798. DOI: [10.1177/15347346251348798](https://doi.org/10.1177/15347346251348798).
- 11 Guay J, Kopp S. Peripheral nerve blocks for hip fractures in adults[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2020, 11(11): CD001159. DOI: [10.1002/14651858.CD001159.pub3](https://doi.org/10.1002/14651858.CD001159.pub3).
- 12 Deng YX, Wang XC, Xia ZY, et al. Efficacy and safety of negative pressure wound therapy for the treatment of diabetic foot ulcers: A meta-analysis[J]. *World J Diabetes*, 2025, 16(6): 103520. DOI: [10.4239/wjd.v16.i6.103520](https://doi.org/10.4239/wjd.v16.i6.103520).
- 13 Zhu G, Xu J, Dai H, et al. Effect of peripheral nerve block versus general anesthesia on the hemodynamics and prognosis of diabetic patients undergoing diabetic foot Surgery[J]. *Diabetol Metab Syndr*, 2023, 15(1): 213. DOI: [10.1186/s13098-023-01185-9](https://doi.org/10.1186/s13098-023-01185-9).
- 14 Price R, Smith D, Franklin G, et al. Oral and topical treatment of painful diabetic polyneuropathy: practice guideline update summary: report of the AAN guideline subcommittee[J]. *Neurology*, 2022, 98(1): 31–43. DOI: [10.1212/WNL.00000000000013038](https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000013038).
- 15 Zou L, Wei Q, Pan S, et al. Comparison of the effects of combined femoral and sciatic nerves block versus general anesthesia on hemodynamic stability and postoperative complication in patients with diabetic foot: a prospective, double-blind and randomized controlled trial[J]. *Diabetes Metab Syndr Obes*, 2024, 17: 2243–2257. DOI: [10.2147/DMSO.S465814](https://doi.org/10.2147/DMSO.S465814).
- 16 Game FL, Hinchliffe RJ, Apelqvist J, et al. A systematic review of interventions to enhance the healing of chronic ulcers of the foot in diabetes[J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2012, 28 Suppl 1: 119–141. DOI: [10.1002/dmrr.2246](https://doi.org/10.1002/dmrr.2246).
- 17 Oyibo SO, Jude EB, Tarawneh I, et al. A comparison of two diabetic foot ulcer classification systems: the Wagner and the University of Texas wound classification systems[J]. *Diabetes Care*, 2001, 24(1): 84–88. DOI: [10.2337/diacare.24.1.84](https://doi.org/10.2337/diacare.24.1.84).
- 18 Singh A, Rai S, Pratap A, et al. Assessment of the impact of pH of wound fluid on the associated microbial distribution in the cases of infected diabetic foot ulcer[J]. *J Family Med Prim Care*, 2025, 14(5): 1925–1932. DOI: [10.4103/jfmpe.jfmpe_1286_24](https://doi.org/10.4103/jfmpe.jfmpe_1286_24).
- 19 Bejugam D, Bu S, Nguyen AN, et al. New frontiers in type I diabetes treatment: the impact of mesenchymal stromal cells on long-term complications[J]. *Front Clin Diabetes Healthc*, 2025, 6: 1586061. DOI: [10.3389/fcdhc.2025.1586061](https://doi.org/10.3389/fcdhc.2025.1586061).
- 20 周慧超, 孙珂, 许聿新, 等. 基于 Logistic 回归模型及 ROC 曲线的糖尿病足溃疡复发的危险因素分析[J]. 西部医学, 2024, 36(5): 744–748. [Zhou HC, Sun K, Xu JX, et al. Risk factor analysis of diabetic foot ulcer recurrence based on Logistic regression model and ROC curve[J]. *Western Medicine*, 2024, 36(5): 744–748.] DOI: [10.3969/j.issn.1672-3511.2024.05.022](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-3511.2024.05.022).

收稿日期: 2026 年 05 月 12 日 修回日期: 2026 年 06 月 05 日

本文编辑: 桂裕亮 李绪辉