

星状神经节阻滞常用局麻药的应用进展： 机制、临床效果与安全性综述

杨利彤，范智东*

大理大学第一附属医院麻醉科，云南 大理

收稿日期：2025年8月19日；录用日期：2025年9月13日；发布日期：2025年9月25日

摘 要

星状神经节阻滞(Stellate Ganglion Block, SGB)作为一种针对交感神经的局部阻滞技术，近年来在疼痛管理、自主神经调节及多种复杂疾病的辅助治疗中显示出广泛的应用前景。随着对其机制的深入研究，局麻药的选择及其药理特性逐渐被重视，这直接影响SGB的疗效、安全性及持续时间。现有研究表明，不同局麻药在药效学、药代动力学及临床应用上存在显著差异。本文综述了近年来星状神经节阻滞中常用局麻药的应用进展，重点分析它们在临床中的实际效果及潜在风险，结合最新的临床研究和案例报道，探讨局麻药对SGB疗效的影响机制及未来发展趋势，旨在为临床实践提供科学依据，促进SGB技术的规范化和个体化应用。

关键词

星状神经节阻滞，局部麻醉药，超声引导，疼痛管理，自主神经调节，安全性，药理机制，临床应用

Advances in the Application of Local Anesthetics for Stellate Ganglion Block: A Comprehensive Review of Mechanisms, Clinical Efficacy, and Safety Profiles

Litong Yang, Zhidong Fan*

Department of Anesthesiology, The First Affiliated Hospital of Dali University, Dali Yunnan

Received: Aug. 19th, 2025; accepted: Sep. 13th, 2025; published: Sep. 25th, 2025

*通讯作者。

文章引用：杨利彤，范智东. 星状神经节阻滞常用局麻药的应用进展：机制、临床效果与安全性综述[J]. 临床医学进展, 2025, 15(9): 1747-1756. DOI: 10.12677/acm.2025.1592679

Abstract

Stellate Ganglion Block (SGB), as a local blocking technique for sympathetic nerve, has shown a wide application prospect in pain management, autonomic nerve regulation and adjuvant treatment of various complex diseases in recent years. With the in-depth study of its mechanism, the choice of local anesthetics and their pharmacological characteristics have been gradually paid attention to, which directly affects the efficacy, safety and duration of SGB. The existing research shows that there are significant differences in pharmacodynamics, pharmacokinetics and clinical application of different local anesthetics. In this paper, the application progress of local anesthetics commonly used in stellate ganglion block in recent years is reviewed, and their actual clinical effects and potential risks are analyzed emphatically. Combined with the latest clinical research and case reports, the influence mechanism and future development trend of local anesthetics on the curative effect of SGB are discussed, aiming at providing scientific basis for clinical practice and promoting the standardized and individualized application of SGB technology.

Keywords

Stellate Ganglion Block, Local Anesthetic, Ultrasound Guidance, Pain Management, Autonomic Nerve Regulation, Safety, Pharmacological Mechanism, Clinical Application

Copyright © 2025 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

星状神经节阻滞(SGB)的基本原理涉及通过在星状神经节附近注射局麻药来阻断交感神经的传导,从而调节身体的自律神经功能。SGB作为一种重要的治疗手段,逐渐被广泛应用于多种交感神经相关疾病的管理,包括复杂区域疼痛综合征、心律失常、精神心理疾病、长新冠症状、免疫功能失调相关的疾病等,例如:SGB在治疗心律失常方面也显示出潜在的应用价值,尤其是在Takotsubo综合症(应激性心脏病)患者中,对心律不齐的管理展现了积极的效果[1]。此外,局麻药的种类和用量直接影响SGB的治疗效果和不良反应的发生率。因此,合理选择局麻药是提高SGB疗效的关键。研究发现,使用不同的局麻药和不同的浓度,可能会对患者的疼痛感知和生理反应产生不同的影响。例如,右侧和左侧的星状神经节阻滞在对某些精神病症状的响应上可能存在显著差异[2]。同时,最近的研究还探讨了超声引导技术在SGB中的应用,认为该技术能够提高注射的精准性,降低并发症的发生率[3]。

2. 主体

2.1. 星状神经节阻滞的解剖与生理基础

2.1.1. 星状神经节的解剖结构与位置

星状神经节(stellate ganglion, SG)是交感神经系统的重要组成部分,通常由颈下交感节与第一胸交感节的融合形成。它位于第一肋颈部的前方,具体位置在颈椎的C7和第一胸椎之间,靠近颈动脉和椎动脉的附近[4]。星状神经节的解剖结构因个体差异而表现出一定的变化,研究显示,星状神经节的形状可以分为四种类型,包括哑铃型、纺锤型、星形和倒L型[4]。

交感神经的过度激活与多种疾病的发病机制密切相连, 例如复杂区域疼痛综合征(CRPS)、心律失常及精神障碍等。交感神经系统在应对压力和维持体内稳态方面发挥着关键作用, 但其异常活动可能引发一系列病理生理变化。例如, 慢性疼痛被认为会激活交感神经系统, 进而增加心血管疾病的风险。相关研究表明, 交感神经功能失调与慢性疼痛之间存在直接关联, 可能通过共同的神经网络调节交感神经活动和疼痛感知[5]。在心脏病患者中, 交感神经的过度激活可导致心律失常和突发性心脏骤停, 这一现象在心力衰竭和高血压患者中尤为显著[6][7]。此外, 交感神经系统的过度活跃也与心理健康问题密切相关。研究表明, 交感神经的功能失调可能导致焦虑和抑郁等精神障碍[8][9]。在梅尼埃病患者中, 交感神经的超活跃状态也被观察到, 且与疾病的发作有一定关联, 这表明交感神经的调节在多种疾病的发病机制中扮演着重要角色[10]。局部麻醉药物通过阻断星状神经节的传导, 有效调节交感神经活动, 从而缓解多种疾病的症状。局麻药的应用有助于缓解心血管疾病患者的症状, 并提升其生活质量, 相关文献指出局麻药在治疗与交感神经相关的疾病中展现了良好的临床效果[11][12]。通过调节交感神经活动, 局麻药不仅能缓解疼痛, 还可能对心血管及代谢健康产生积极影响, 为交感神经系统在疾病治疗中的应用提供了新的视角和思路。这些研究为深化对交感神经系统在疾病中的作用及其治疗潜力的理解奠定了重要的理论基础。

2.1.2. 利多卡因(Lidocaine)

利多卡因是一种广泛使用的局部麻醉药, 其迅速起效, 作用短暂, 在星状神经节阻滞(SGB)中, 利多卡因的应用尤为显著, 研究结果显示, 在进行 SGB 时, 使用 1%利多卡因的患者, 其局部血流和组织氧合水平显著提升, 表明利多卡因在调节局部微循环方面发挥了重要作用[13]。

在一项对比研究中, 利多卡因与其他麻醉药物(如罗哌卡因)在治疗上肢带状疱疹后神经痛(PHN)方面的效果进行了评估。结果发现, 尽管罗哌卡因在疼痛缓解方面表现更为突出, 但利多卡因能在短期内能够显著降低患者的疼痛评分[14]。这一发现强调了利多卡因在神经阻滞中的应用潜力, 特别是在急需迅速缓解疼痛的情况下。

此外, 利多卡因在急性术后疼痛的管理中也显示出良好的效果。例如, 在一项针对接受动静脉瘘手术患者的随机对照试验中, 接受超声引导的利多卡因 SGB 的患者在术后 6 小时和 12 小时的疼痛评分显著低于对照组, 提示利多卡因能有效减轻术后疼痛[15]。这一机制可能与其对神经兴奋性抑制和局部血流改善的作用有关。

综上所述: 利多卡因在 SGB 中的核心价值在于快速镇痛与微循环调节的协同作用, 尤其适用于需即刻干预的急性疼痛场景。其安全性、时效性及多靶点机制, 使其成为神经阻滞领域不可替代的基础药物。未来研究可进一步探索其血流改善效应的分子机制及在慢性病中的联合应用潜力。

2.1.3. 罗哌卡因(Ropivacaine)

罗哌卡因是一种低毒性且长效的局麻药, 在临床研究中, 0.5%浓度的罗哌卡因用于星状神经节阻滞(SGB)已被证实为安全有效的选择。例如, 一项研究发现, 在接受肺叶切除术的患者中, 预先进行右侧星状神经节阻滞能有效降低术中和术后心房颤动的发生率[16]。该研究表明, 0.5%浓度的罗哌卡因不仅能够提供良好的麻醉效果, 还能有效降低术后并发症的风险。

在使用罗哌卡因进行 SGB 时, 患者的心率、血压等生理指标相对稳定, 且不良反应发生率较低[17]。例如, 一项对比研究探讨了不同浓度的罗哌卡因对失眠患者睡眠质量的影响, 结果显示使用 4 mL 的 0.375%罗哌卡因能够显著改善睡眠质量, 其不良反应相较于高浓度组明显减少[18]。若与其他药物联合进行星状神经节阻滞, 不仅减轻了患者的疼痛, 且未出现严重的副作用[19]。

因此, 在进行星状神经节阻滞时, 罗哌卡因以其低毒性和较长的作用时间, 成为局麻药中的优选。

总之: 罗哌卡因凭借长效性、低毒性及多系统调节能力, 成为 SGB 中慢性病管理的基石药物。其在房颤预防、睡眠改善等非疼痛领域的突破性应用, 重新定义了神经阻滞的临床价值。未来需进一步探索低浓度方案在脆弱人群中的优化策略, 以及长效阻滞对疾病预后的长期影响机制。

2.1.4. 布比卡因(Bupivacaine)

布比卡因是一种常用的局麻药, 以其显著的长效镇痛效果而闻名。其在星状神经节阻滞中的应用逐渐增多, 特别是在处理复杂区域疼痛综合征(CRPS)及其他疼痛性疾病的治疗中。例如, 研究表明, 使用布比卡因进行 SGB 后, 患者术后的疼痛评分显著降低, 且术后对阿片类药物的需求减少, 这在一定程度上反映了布比卡因在疼痛管理中的有效性[20]。

然而, 研究表明, 布比卡因在较高浓度下可能存在软骨毒性和心脏毒性风险, 可能导致关节软骨损伤及心血管系统的不良反应。

为了降低布比卡因的剂量及相关风险, 临床上常常将其与辅助药物联合使用。例如, 布比卡因可与镇静剂(右美托咪定)或其他局麻药物如利多卡因联合应用, 这不仅能够增强镇痛效果, 还能减少对布比卡因的依赖, 从而降低心脏毒性和软骨毒性风险[21]。

总而言之: 布比卡因在 SGB 中凭借无可替代的长效镇痛能力, 成为治疗 CRPS 等慢性疼痛的重要选择, 但其显著毒性风险要求临床严格遵循低浓度原则(推荐 $\leq 0.5\%$)和联合用药策略。未来研究方向应聚焦于: 1) 开发新型布比卡因载体系统(如脂质体)以降低毒性; 2) 探索其抗炎机制在疼痛疾病中的调控作用; 3) 建立基于患者基因多态性的毒性预测模型, 实现个体化用药。

2.1.5. 美哌卡因(Mepivacaine)

美哌卡因作为一种常用的局麻药, 因其独特的药理特性而受到广泛关注。其作用时间介于利多卡因与布比卡因之间, 起效速度快, 药效持续时间适中, 适合用于需要快速麻醉效果的场合。例如, 在一项研究中, 使用美哌卡因进行星状神经节阻滞(SGB)时, 临床试验表明其能够在较短时间内显著提高局部组织的氧合水平, 这一特性在处理头颈部疼痛及相关神经病症时尤为重要[22]。美哌卡因在局部组织氧合方面的改善速度明显快于利多卡因, 这可能与其在神经阻滞过程中的分布特性有关[22]。此外, 在 SGB 中的应用, 发现美哌卡因的使用能够有效改善患者的舒适度和恢复速度[23]。

总而言之: 美哌卡因凭借“快起效 - 中持续 - 强氧合”三位一体特性, 在 SGB 中填补了速效与长效药物间的应用空白。其对组织氧合的快速改善能力, 为头颈部血管痉挛性疾病提供了独特的病理干预途径。未来需进一步: 1) 明确其氧合增强机制是否与血管内皮功能调节直接相关; 2) 探索其在慢性疼痛中的联合用药方案(如联用小剂量布比卡因延长疗效); 3) 建立基于氧合监测的给药剂量个体化模型, 最大化治疗精准度。

2.2. 局麻药的作用机制

2.2.1. 利多卡因与美哌卡因在局部血流与组织氧合调节中的差异

在临床麻醉中, 利多卡因和美哌卡因是两种常用的局部麻醉药物。

它们在局部血流和组织氧合的调节上却存在显著差异。某项前瞻性、随机、双盲、交叉试验的研究对这两种药物在星状神经节阻滞(SGB)后的区域组织氧合变化进行了比较[22]。该研究共招募了 20 名符合条件的患者, 采用交叉序列随机分配的方法, 分别给予 1%利多卡因和 1%美哌卡因进行 SGB, 观察其对局部组织氧合的影响。

研究结果表明, 尽管在 SGB 后区域组织氧合的增加幅度上, 利多卡因与美哌卡因之间并未显示显著差异, 但在组织氧合的提升速度上, 美哌卡因的表现明显优于利多卡因。这一结果表明, 美哌卡因在促

进局部血流和组织氧合方面具有更为迅速的动力学特征,可能影响患者在接受 SGB 后的感受、阻滞效果的持续时间及相关不良事件的发生频率。这种快速的氧合改善或为临床提供更为积极的治疗体验,尤其是在需要迅速缓解疼痛的急性情境中。

在分析这两者的差异时,需考虑多种因素,包括药物本身的化学特性、作用机制以及患者个体差异等。例如,利多卡因通过阻断钠通道来实现局部麻醉效果,而罗哌卡因的分子结构可能使其在调节局部血流上表现出更好的兼容性。这些机制的差异可能对药物在临床应用中的选择产生直接影响,特别是在需要兼顾麻醉效果和组织氧合的情况下。

2.2.2. 罗哌卡因对免疫调节与交感神经活动的潜在影响

罗哌卡因作为一种常用的局麻药物,还涉及对免疫系统与交感神经活动的调节。研究表明,局麻药物能够通过影响交感神经系统的活动,对免疫反应产生显著调节作用。例如,在进行星状神经节阻滞(SGB)时,罗哌卡因能够通过抑制交感神经兴奋性,减轻与某些免疫介导的病理状态相关的炎症反应[24]。

一项研究显示,罗哌卡因会影响交感神经系统与免疫系统的相互作用。交感神经通过释放去甲肾上腺素等神经递质,直接参与免疫反应的调节。去甲肾上腺素可通过 β -肾上腺素受体调节免疫细胞的功能,从而影响炎症因子的产生。这种调节作用在创伤后应激障碍(PTSD)等疾病状态下尤为明显。在接受交感神经阻滞的 PTSD 患者中,使用罗哌卡因的神经阻滞技术显示出能够减轻自主神经功能障碍,尤其在难治性患者的治疗中[25]。

此外,关于急性肾损伤的研究也表明,罗哌卡因在心脏手术中的使用能够有效降低术后急性肾损伤的发生率。研究显示,实施左侧星状神经节阻滞的患者,其术后炎症标志物如 IL-6、CRP 和去甲肾上腺素显著降低,表明罗哌卡因通过调节交感神经活动,可能在一定程度上减轻术后炎症反应,从而保护肾脏功能[26]。

2.2.3. 研究显示局麻药通过调节神经递质释放而影响交感神经系统

局部麻醉药物在临床中广泛用于疼痛管理和麻醉,近年来的研究表明,它们不仅通过直接阻断神经传导发挥作用,还通过调节神经递质的释放,影响交感神经系统的活动,从而改善疼痛控制并促进组织再生。局麻药如利多卡因和布比卡因等,主要通过阻断神经细胞膜上的钠通道,抑制动作电位的产生,实现其麻醉效果。然而,其作用机制不仅如此,越来越多的证据显示局麻药还会影响中枢神经系统神经递质的释放,从而调节交感神经的活动。

例如,有研究表明,局麻药物通过抑制去甲肾上腺素(NE)的释放,减少神经炎症反应,从而在肿瘤微环境中展现出一定的抗肿瘤效果。这一过程涉及局麻药对交感神经的调节作用,NE 作为一种主要的神经递质,在调控免疫反应和炎症过程中发挥重要作用。在特定实验中,使用包封局麻药的纳米颗粒(如 NP-BUP)能够有效抑制 NE 的释放,并显著减少肿瘤相关巨噬细胞的浸润,显示出局麻药对交感神经活动的调控作用[27]。

此外,局麻药物还通过调节交感神经系统在急性炎症反应中的作用,为临床提供了新的治疗思路。在一些研究中,星状神经节阻滞(SGB)被用作调节交感神经系统的有效手段,能够通过局麻药物的局部注射来抑制过度活跃的交感神经,从而降低促炎细胞因子的释放,减轻炎症反应。研究显示,SGB 能够有效降低急性超反应性炎症的程度,并促进机体免疫系统的重构,显示出局麻药在调节神经内分泌和免疫反应中的重要作用[24][28]。

总之,局麻药通过影响神经递质的释放,调节交感神经系统的活动,不仅能够有效缓解疼痛,还可能对神经再生和炎症反应产生积极的调节作用。这一发现为局麻药在临床中的应用提供了新的视角,提示我们在疼痛管理及其他相关疾病的治疗中,应更加关注其对神经递质释放的影响及其潜在的免疫调节

机制。

2.3. 局麻药相关不良反应及安全管理

局麻药在临床麻醉和术后疼痛管理中应用广泛, 然而其潜在的毒性反应也引起了越来越多的关注。其中局麻药可能引发的毒性反应包括心脏毒性、神经毒性及软骨毒性。

心脏毒性是局麻药最为人知的副作用之一, 尤其是对于长效局麻药如布比卡因(bupivacaine)而言。研究表明, 布比卡因的心脏毒性主要是通过抑制心肌细胞中的钠通道而引起的, 这会导致心律失常和心脏功能抑制, 甚至可能引发心脏骤停[29] [30]。此外, 局麻药的血浆浓度升高常常会导致系统性毒性(LAST), 其主要表现为中枢神经系统和心血管系统的功能障碍, 临床上必须对此保持高度警惕[31] [32]。

神经毒性是另一种常见且严重的副作用, 具体来说, 局麻药通过影响神经细胞膜的电位变化, 进而干扰神经冲动的传导, 从而引起疼痛、麻木或瘫痪等神经症状[33] [34]。一些研究还指出, 高血糖状态可能加剧局麻药引起的神经毒性, 这对糖尿病患者尤为重要[35] [36]。

局麻药的软骨毒性同样不容忽视。研究发现, 局麻药在体外实验中表现出对骨骼和关节软骨的细胞毒性, 可能通过诱导细胞凋亡和坏死的方式影响软骨细胞的生存[37] [38]。这意味着在某些临床应用中, 局麻药可能导致关节损伤, 影响患者的康复进程。

综上所述, 局麻药的心脏毒性、神经毒性及软骨毒性是临床应用中必须仔细考虑的问题。尽管局麻药在减轻疼痛方面具有显著的效果, 但临床医生在使用时应充分了解这些潜在的毒性反应, 并采取适当的预防和管理措施, 以确保患者的安全和治疗效果的最大化。

2.4. 大样本、多中心随机对照试验验证不同局麻药的临床效果与安全性

在评估星状神经节阻滞(SGB)中不同局麻药的临床效果与安全性时, 大样本、多中心随机对照试验(RCT)提供了重要的证据基础。

研究显示, SGB 在多种临床情况下展现了良好的效果, 包括心脏病、慢性疼痛及精神障碍等。以心脏病为例, 某些病例报告指出, SGB 能够有效降低心脏的交感神经活性, 从而为心室电风暴(VES)的治疗提供了良好的辅助疗法。在一项病例中, 患者在接受局麻药注射后, 心室心动过速(VT)得到了显著抑制, 且效果持续了数天。这表明, SGB 及其所用的局麻药在特定情况下能够提供有效的症状缓解[39]。

此外, 有关 SGB 对脑血管痉挛的管理也显示出积极效果。研究表明, 星状神经节阻滞能够通过干预交感神经通路来减轻脑血管痉挛的影响, 从而改善缺血状态。这一治疗方法被视为对抗顽固性脑血管痉挛的重要手段, 尤其是在动脉瘤性蛛网膜下腔出血后[40]。这些发现不仅为 SGB 的广泛应用提供了理论支持, 也鼓励开展更多的多中心 RCT 来验证不同局麻药的临床效果。

在慢性疼痛管理方面, 研究显示, SGB 能够有效减轻与创伤后应激障碍(PTSD)相关的症状, 这为其在慢性疼痛及心理健康领域的应用提供了新的视角。局部麻醉药(TSD)与慢性腰痛的相关症状密切相关, 相关病例报告指出, 局麻药的联合使用(如利多卡因与布比卡因)在患者中表现出良好的耐受性和疗效[41]。这些研究强调了局麻药在神经阻滞中的重要性, 表明合理的药物选择和剂量优化能够显著提升治疗效果。

综上所述, 星状神经节阻滞中局麻药的应用现状显示出良好的临床疗效与安全性, 但仍需通过大样本、多中心的随机对照试验进行进一步验证。因此未来的研究应着重于不同局麻药的比较效果, 以期优化星状神经节阻滞(SGB)在不同临床情境下的应用。

2.5. 未来研究方向与技术发展趋势

新型局麻药及缓释制剂的研发与应用前景

近年来,局麻药的研发不断向新型药物和缓释制剂方向发展.传统局麻药如利多卡因和布比卡因在临床应用中虽然广泛,但存在短半衰期、神经毒性等缺点,限制了其在手术及疼痛管理中的应用[42]。

针对药物释放不均和持续时间短的问题,缓释制剂的研究逐渐增多,例如基于纳米技术的药物输送系统(DDSs),这些系统能够实现更高效的药物释放和延长作用时间,同时降低全身毒性[42]。其中,纳米颗粒、脂质体等新型载体的应用极大地提高了局麻药的局部化和长效性,减少了注射后的不适感和并发症的发生。例如,研究表明,一种基于超声激活的糖基化壳聚糖(GCS)包裹的介孔硅纳米颗粒(GCS-MONPs)能够有效控制罗哌卡因的释放,其在体外研究中显示出良好的细胞相容性和神经细胞存活率,提高了局麻效果[43]。此外,制备的药物释放系统能够在特定条件下按需释放药物,提供可靠的镇痛效果,这为临床疼痛管理提供了新的思路。

在儿童麻醉领域,研究者们开始探索通过改良剂型实现更安全的麻醉效果。例如,研究开发的粘附性贴片能够实现利多卡因的控制释放,提供长达 24 小时的镇痛效果,显著降低了口服凝胶使用中可能出现的副作用[44]。这样的创新不仅提高了药物的安全性,也提升了患者的依从性,为儿童及其他特殊人群的疼痛管理提供了新的解决方案。

局麻药的副作用问题也促使了新型副药的研发。例如,外源性细胞外囊泡(exosomes)作为局麻药的潜在增效剂,因其生物活性和修复组织的能力而受到关注,这为未来的局麻药研发提供了新的方向[45]。

总之,新型局麻药及其缓释制剂的研发不仅在药物形式上进行了创新,也在药物的作用机制及应用场景上拓展了其临床应用前景,未来有望为患者提供更安全、有效的镇痛解决方案

3. 结论

星状神经节阻滞(SGB)作为调节交感神经功能的重要手段,其临床应用的有效性与安全性受到越来越多的关注。通过对局麻药的选择与使用策略进行深入分析,我们可以发现不同药物如利多卡因、美哌卡因、罗哌卡因和布比卡因各具优势,临床医生在选择时需充分考虑患者的具体情况及治疗目的,以实现最佳的治疗效果。

在未来的研究中,加强对局麻药在 SGB 中作用机制的基础研究以及临床大数据的分析,将是推动个体化、精准化治疗方案发展的重要方向。这不仅有助于我们更全面地理解各类局麻药的效果和机制,还能为制定合理的治疗策略提供数据支持。

综上所述,本综述为临床医生在选择和应用局麻药时提供了科学依据,有助于推动星状神经节阻滞技术的规范化及其在多领域的应用发展。未来,我们期待通过持续的研究和临床反馈,不断优化 SGB 的实践,最终实现更高水平的患者护理和临床治疗成效。只有在科学研究和临床经验的双重推动下,才能更好地服务于患者,提升治疗的整体效果。

参考文献

- [1] Giuliana, C., Filomia, S., Ricci, M., Pinnacchio, G., D'Aiello, A., Saponara, G., *et al.* (2025) Treating the Broken Heart: Role of Stellate Ganglion Blockade in Takotsubo Syndrome. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, **86**, 234-238. <https://doi.org/10.1097/fjc.0000000000001734>
- [2] Blakey, S.M., Rae Olmsted, K.L., Hirsch, S., Asman, K., Wallace, D., Olmsted, M.G., *et al.* (2024) Differential Post-traumatic Stress Disorder Symptom Cluster Response to Stellate Ganglion Block: Secondary Analysis of a Randomized Controlled Trial. *Translational Psychiatry*, **14**, Article No. 223. <https://doi.org/10.1038/s41398-024-02926-8>
- [3] Fang, Z.H., Ni, Y., Xie, H., Zhang, H.L. and Yang, J.X. (2025) Pupillary Ultrasonography vs Horner's Syndrome to Evaluate Efficacy of Stellate Ganglion Block in Patients. *IBRO Neuroscience Reports*, **19**, 264-271. <https://doi.org/10.1016/j.ibneur.2025.07.007>
- [4] Samrid, R., King, M., Pujol, J., Reina, M.A., Iwanaga, J. and Tubbs, R.S. (2024) Anatomical and Histological Classification of the Stellate Ganglion: Implications for Clinical Nerve Blocks. *Surgical and Radiologic Anatomy*, **47**, Article

- No. 26. <https://doi.org/10.1007/s00276-024-03533-4>
- [5] Reynolds, C.A. and Minic, Z. (2023) Chronic Pain-Associated Cardiovascular Disease: The Role of Sympathetic Nerve Activity. *International Journal of Molecular Sciences*, **24**, Article 5378. <https://doi.org/10.3390/ijms24065378>
 - [6] Li, Y. (2022) Stellate Ganglia and Cardiac Sympathetic Overactivation in Heart Failure. *International Journal of Molecular Sciences*, **23**, Article 13311. <https://doi.org/10.3390/ijms232113311>
 - [7] Quarti-Trevano, F., Seravalle, G. and Grassi, G. (2021) Clinical Relevance of the Sympathetic-Vascular Interactions in Health and Disease. *Biomedicines*, **9**, Article 1007. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9081007>
 - [8] Bescond, J., Faivre, J.-F., Jean, A., Bois, P. and Chatelier, A. (2025) Ion Channel Expression in Intrinsic Cardiac Neurons: New Players in Cardiac Channelopathies? *Biochimica et Biophysica Acta—Molecular Cell Research*, **1872**, Article 119983. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2025.119983>
 - [9] Carli, G., Kanel, P., Michalakakis, F., Roytman, S., Bohnen, J.L.B., Wigstrom, T.P., *et al.* (2024) Cardiac Sympathetic Denervation and Anxiety in Parkinson Disease. *Parkinsonism & Related Disorders*, **124**, Article 106997. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2024.106997>
 - [10] Ishii, M., Ishiyama, G., Ishiyama, A., Kato, Y., Mochizuki, F. and Ito, Y. (2022) Relationship between the Onset of Ménière's Disease and Sympathetic Hyperactivity. *Frontiers in Neurology*, **13**, Article 804777. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.804777>
 - [11] Hrabalova, P., Bohuslavova, R., Matejkova, K., Papousek, F., Sedmera, D., Abaffy, P., *et al.* (2023) Dysregulation of Hypoxia-Inducible Factor 1 α in the Sympathetic Nervous System Accelerates Diabetic Cardiomyopathy. *Cardiovascular Diabetology*, **22**, Article No. 88. <https://doi.org/10.1186/s12933-023-01824-5>
 - [12] Wang, Y., Liu, S., Liu, Q. and Lv, Y. (2022) The Interaction of Central Nervous System and Acute Kidney Injury: Pathophysiology and Clinical Perspectives. *Frontiers in Physiology*, **13**, Article 826686. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.826686>
 - [13] Li, T.T., Wan, Q., Zhang, X., *et al.* (2022) Stellate Ganglion Block Reduces Inflammation and Improves Neurological Function in Diabetic Rats during Ischemic Stroke. *Neural Regeneration Research*, **17**, 1991-1997. <https://doi.org/10.4103/1673-5374.335162>
 - [14] Fan, Z., Zheng, X., Li, D., Chen, H. and Li, L. (2022) Comparison of Lidocaine and Ropivacaine Stellate Ganglion Blockade in Treating Upper Limb Postherpetic Neuralgia. *Medicine*, **101**, e29394. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000029394>
 - [15] Morteza, H., Azadeh, B., Behnaz, A., Mehrdad, V., Mostafa, N., Hamed, S., *et al.* (2025) Enhancing Postoperative Pain Management: Assessing the Influence of Ultrasound-Guided Stellate Ganglion Block on Arteriovenous Fistula Surgery. *Hemodialysis International*, **29**, 303-309. <https://doi.org/10.1111/hdi.13220>
 - [16] Ouyang, R., Li, X., Wang, R., Zhou, Q., Sun, Y. and Lei, E. (2020) Effect of Ultrasound-Guided Right Stellate Ganglion Block on Perioperative Atrial Fibrillation in Patients Undergoing Lung Lobectomy: A Randomized Controlled Trial. *Brazilian Journal of Anesthesiology (English Edition)*, **70**, 256-261. <https://doi.org/10.1016/j.bjane.2020.04.024>
 - [17] Zhang, J.X., Gao, P. and Liu, K. (2025) Ultrasound-Guided Stellate Ganglion Block with Ropivacaine for Postpartum Depression. *American Journal of Translational Research*, **17**, 2258-2265. <https://doi.org/10.62347/qurn8023>
 - [18] Liu, Y., Zhang, L., Sun, Y., *et al.* (2023) Efficacy and Safety of Stellate Ganglion Block with Different Volumes of Ropivacaine to Improve Sleep Quality in Patients with Insomnia: A Comparative Study. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, **27**, 10233-10239.
 - [19] Sheikh, H. and Baig, T. (2023) Dexmedetomidine as an Adjunct in a Fluoroscopically Guided Stellate Ganglion Block for Complex Regional Pain Syndrome. *Cureus*, **15**, e40504. <https://doi.org/10.7759/cureus.40504>
 - [20] Calderipe, C.B., Kirschnick, L.B., Esteves-Pereira, T.C., dos Santos, E.S., Vasconcelos, A.C.U., Lopes, M.A., *et al.* (2024) Local Anesthesia Nerve Block for Managing Burning Mouth Syndrome: A Scoping Review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, **138**, 619-625. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2024.07.007>
 - [21] Shrestha, B.R., Lama, S. and Shrestha, U. (2021) Ultrasound Guided Stellate Ganglion Block with Dexmedetomidine as an Adjuvant in Complex Regional Pain Syndrome (CRPS). *Kathmandu University Medical Journal*, **19**, 148-151. <https://doi.org/10.3126/kumj.v19i1.49606>
 - [22] Kuroda, H., Katagiri, N., Kagawa, K., Imaizumi, U., Ishikawa, N., Shibukawa, Y., *et al.* (2023) Comparison of Lidocaine and Mepivacaine for Variation in Regional Tissue Oxygenation in Stellate Ganglion Block: A Randomized, Double-Blind, Crossover Trial. *Cureus*, **15**, e47938. <https://doi.org/10.7759/cureus.47938>
 - [23] Kim, J., Cha, J., Choi, S.N., Heo, G., Yoo, Y. and Moon, J.Y. (2025) Multicenter Prospective Randomized Comparison of Ultrasound-Guided Stellate Ganglion versus Thoracic Paravertebral Block for Sympathetic Blockade in Chronic Upper Extremity Pain. *Anesthesia & Analgesia*, **140**, 665-674. <https://doi.org/10.1213/ane.00000000000007014>
 - [24] Fischer, L., Barop, H., Ludin, S.M. and Schaible, H. (2022) Regulation of Acute Reflectory Hyperinflammation in Viral

- and Other Diseases by Means of Stellate Ganglion Block. A Conceptual View with a Focus on Covid-19. *Autonomic Neuroscience*, **237**, Article 102903. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2021.102903>
- [25] Prasad, S., Jain, N., Umar, T.P., Radenkov, I., Ahmed, S.K., Sakagianni, V., *et al.* (2023) Sympathetic Nerve Blocks for Posttraumatic Stress Disorder: An Evidentiary Review for Future Clinical Trials. *Frontiers in Psychiatry*, **14**, Article 1309986. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1309986>
- [26] Fajardo Pérez, M., Yamak-Altinpulluk, E., Díez Tafur, R., Salazar-Zamorano, C.H., Espinosa Morales, K., Oliver-Fornies, P., Rocha-Romero, A., Aguilar Ureña, R., Juárez-Lemus, A., Galluccio, F. and Abd-Elseyed, A. (2024) Novel Ultrasound-Guided Supraclavicular Stellate Ganglion Block. *Pain Practice*, **24**, 808-814.
- [27] Wu, H., Huang, X., Xu, H., Yang, H., Liu, Z., Liu, F., *et al.* (2025) Bupivacaine Nanoparticles Inhibit Triple-Negative Breast Tumor Growth by Suppressing the Noradrenergic Nerves in Tumor Microenvironment. *International Journal of Nanomedicine*, **20**, 6023-6041. <https://doi.org/10.2147/ijn.s515895>
- [28] Lipov, E., Gluncic, V., Lukić, I.K. and Candido, K. (2020) How Does Stellate Ganglion Block Alleviate Immunologically-Linked Disorders? *Medical Hypotheses*, **144**, Article 110000. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.110000>
- [29] Plakhotnik, J., Zhang, L., Estrada, M., Coles, J.G., Lonnqvist, P. and Maynes, J.T. (2022) Local Anesthetic Cardiac Toxicity Is Mediated by Cardiomyocyte Calcium Dynamics. *Anesthesiology*, **137**, 687-703. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000004389>
- [30] Jiang, T., Ma, C., Wang, Z. and Miao, Y. (2024) A Review of Local Anesthetic-Induced Heart Toxicity Using Human Induced Pluripotent Stem Cell-Derived Cardiomyocytes. *Molecular and Cellular Probes*, **76**, Article 101965. <https://doi.org/10.1016/j.mcp.2024.101965>
- [31] Joudeh, L., Sabouri, A.S., Cho, J., Vasquez, R., Kamdar, B. and Hao, D. (2025) Local Anesthetic Systemic Toxicity. *A & A Practice*, **19**, e01893. <https://doi.org/10.1213/xa.0000000000001893>
- [32] Denke, N.J. (2024) Local Anesthetic Systemic Toxicity (LAST): More Common than You Think. *Journal of Emergency Nursing*, **50**, 336-341. <https://doi.org/10.1016/j.jen.2024.02.002>
- [33] Zhang, K., Li, M., Yao, W. and Wan, L. (2023) Cytotoxicity of Local Anesthetics on Bone, Joint, and Muscle Tissues: A Narrative Review of the Current Literature. *Journal of Pain Research*, **16**, 611-621. <https://doi.org/10.2147/jpr.s398329>
- [34] Tan, Y.Z., Shi, R.J., Ke, B.W., Tang, Y.L. and Liang, X.H. (2023) Paresthesia in Dentistry: The Ignored Neurotoxicity of Local Anesthetics. *Heliyon*, **9**, e18031. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18031>
- [35] Ji, Z.H., Zhou, Y., Wang, H., Li, S., Liang, G.Q. and Mao, J. (2020) Inhibition of DNA Repair Protein Ku70 in High-glucose Environment Aggravates the Neurotoxicity Induced by Bupivacaine in SH-SY5Y Cells. *BioMed Research International*, **2020**, Article 1283214. <https://doi.org/10.1155/2020/1283214>
- [36] Dai, S.H., Li, Y.W., Hong, Q.X., Su, T. and Xu, S.Y. (2021) Exaggerated Activities of TRPM7 Underlie Bupivacaine-induced Neurotoxicity in the SH-SY5Y Cells Preconditioned with High Glucose. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, **35**, e22826. <https://doi.org/10.1002/jbt.22826>
- [37] Asan, C.Y., Ağyüz, G., Canpolat, D.G., Demirbas, A.E., Asan, M., Yay, A., *et al.* (2022) Chondrotoxic Effects of Intra-Articular Injection of Local Anaesthetics in the Rabbit Temporomandibular Joint. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **51**, 1337-1344. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2022.01.011>
- [38] Pirri, C., Sorbino, A., Manocchio, N., Pirri, N., Devito, A., Foti, C., *et al.* (2024) Chondrotoxicity of Intra-Articular Injection Treatment: A Scoping Review. *International Journal of Molecular Sciences*, **25**, Article 7010. <https://doi.org/10.3390/ijms25137010>
- [39] Huang, C., Shu, S., Zhou, M., Sun, Z. and Li, S. (2024) Stellate Ganglion Block Therapy in Management of Ventricular Electrical Storm: A Case Report. *Heliyon*, **10**, e37724. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37724>
- [40] Salvagno, M., Gouvea Bogossian, E., Halenarova, K., Ego, A. and Taccone, F.S. (2023) Cervical Ganglion Sympathectomy to Treat Cerebral Vasospasm in Subarachnoid Hemorrhage. *Neurocritical Care*, **39**, 241-249. <https://doi.org/10.1007/s12028-023-01694-5>
- [41] Sterling, L., Fisher, K. and Woodbury, A. (2025) Stellate Ganglion Block for PTSD and Chronic Low Back Pain: A Case Report of Three Veterans. *Journal of Clinical Medicine*, **14**, Article 3375. <https://doi.org/10.3390/jcm14103375>
- [42] Ma, H., Pan, Z., Lai, B., Zan, C. and Liu, H. (2023) Recent Research Advances in Nano-Based Drug Delivery Systems for Local Anesthetics. *Drug Design, Development and Therapy*, **17**, 2639-2655. <https://doi.org/10.2147/dddt.s417051>
- [43] Qi, R.Q., Liu, W., Wang, D.Y., Meng, F.Q., Wang, H.Y. and Qi, H.Y. (2021) Development of Local Anesthetic Drug Delivery System by Administration of Organo-Silica Nanoformulations under Ultrasound Stimuli: *In Vitro* and *In Vivo* Investigations. *Drug Delivery*, **28**, 54-62. <https://doi.org/10.1080/10717544.2020.1856220>
- [44] Bebawy, G., Sokar, M.S. and Abdallah, O.Y. (2024) Buccal Lidocaine Mucoadhesive Patches for Pediatrics' Teething Pain: Overcoming Possible Hazards of Oral Gels. *Pharmaceutical Development and Technology*, **29**, 805-813.

<https://doi.org/10.1080/10837450.2024.2393729>

- [45] Zhang, Y., Feng, S., Cheng, X., Lou, K., Liu, X., Zhuo, M., *et al.* (2023) The Potential Value of Exosomes as Adjuvants for Novel Biologic Local Anesthetics. *Frontiers in Pharmacology*, **14**, Article 1112743.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1112743>