

右美托咪定鼻喷雾剂在围术期的临床应用进展

林威*, 黄舒鹏, 华福州#

赣南医科大学第一附属医院麻醉科, 江西 赣州

收稿日期: 2026年2月11日; 录用日期: 2026年3月4日; 发布日期: 2026年3月17日

摘要

右美托咪定鼻喷雾剂(Dexmedetomidine Nasal Spray, DNS)通过鼻-脑直达递送, 为围术期无创镇静提供了新选择。DNS经鼻给药后生物利用度高(59%~89%), 镇静起效快。临床研究显示, 在儿童术前镇静和抗焦虑中使用DNS疗效显著, 呼吸道并发症少于苯二氮䓬类药物, 适用于腺扁桃体切除等高风险气道手术。成人术前DNS可用于抗焦虑以及辅助区域麻醉镇静, 有助于减少术后阿片用量。安全性上, DNS呼吸抑制较轻, 但需警惕心动过缓、低血压等不良反应, 尤其对心动过缓或房室传导阻滞患者需加强监测。研究局限: 高质量证据主要来自儿科, 成人与老年患者研究不足; 给药方案和制剂标准化有待统一; 特殊人群的药代动力学尚需进一步研究。未来需开展大规模多中心研究, 实现DNS围术期管理的精准化与规范化。

关键词

右美托咪定, 鼻喷雾剂, 术前焦虑, 苏醒期躁动, 小儿麻醉

Clinical Application Progress of Dexmedetomidine Nasal Spray in Perioperative Period

Wei Lin*, Shupeng Huang, Fuzhou Hua#

Department of Anesthesiology, The First Affiliated Hospital of Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

Received: February 11, 2026; accepted: March 4, 2026; published: March 17, 2026

Abstract

Dexmedetomidine Nasal Spray (DNS) offers a novel option for non-invasive sedation during the

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 林威, 黄舒鹏, 华福州. 右美托咪定鼻喷雾剂在围术期的临床应用进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(3): 2673-2680. DOI: 10.12677/acm.2026.1631067

perioperative period through the “nose-to-brain” direct delivery mechanism. After nasal administration, DNS exhibits high bioavailability (59%~89%) and rapid onset of sedation. Clinical studies have demonstrated that DNS is highly effective for preoperative sedation and anxiety reduction in children, with fewer respiratory complications compared to benzodiazepines, and it is particularly suitable for high-risk airway surgeries such as tonsillectomy. In adults, DNS can be used for preoperative anxiety reduction and as an adjunct for regional anesthesia sedation, helping to reduce postoperative opioid consumption. In terms of safety, DNS has mild respiratory depression; however, caution is needed for bradycardia, hypotension, and other adverse effects, especially in patients with bradycardia or atrioventricular block, for whom monitoring should be intensified. **Study Limitations:** High-quality evidence primarily comes from pediatric populations, and research involving adults and elderly patients is still insufficient. Standardization of administration protocols and formulations is needed, and the pharmacokinetics in special populations require further investigation. Future studies should focus on large-scale, multicenter trials to enable the precision and standardization of DNS perioperative management.

Keywords

Dexmedetomidine, Nasal Spray, Preoperative Anxiety, Emergence Agitation, Pediatric Anesthesia

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

围术期医学的核心目标在于保障患者安全、减轻生理及心理应激反应，并促进快速康复。在临床工作中，术前焦虑、手术相关的应激反应、术后急性疼痛及苏醒期躁动(尤其在儿科患者中)是常见且具有挑战性的围手术期挑战。为了改善这些问题并提高围术期质量，右美托咪定因其可唤醒镇静特性、显著的镇静、抗焦虑及镇痛辅助作用成为理想的围术期用药选择[1]。然而，传统的静脉或肌肉注射途径具有侵入性，对于存在静脉通路不良或需要减轻侵入性刺激的情境(如患儿术前分离)存在局限性[2] [3]。

鼻腔给药作为一种非侵入性替代途径，利用鼻腔黏膜丰富的毛细血管网络和嗅神经通路，可以实现快速、有效的系统吸收并且部分绕过首过效应，使药物在围术期获得可靠的镇静及抗应激效果[2] [4]-[6]。近年来，随着对该途径药物动力学和临床效果的研究不断深入，“可直接使用、剂量固定且具有良好的储存稳定性”的右美托咪定鼻喷雾剂(Dexmedetomidine Nasal Spray, DNS)在围术期应用中的研究越来越广泛，相关临床证据逐步积累，显示其在改善术前镇静、缓解焦虑、减少术后躁动及优化恢复方面具有潜在优势。

2. DNS 的药理学基础与药代药效特点

2.1. 作用机制

右美托咪定主要通过中枢蓝斑核 α_2 受体产生镇静与抗焦虑效应，同时抑制交感输出、降低应激反应；在脊髓与外周亦可产生一定的镇痛与抗痛觉敏化作用[1] [7] [8]。与苯二氮革类药物相比，右美托咪定的呼吸抑制较轻，但可能引起心动过缓与血压波动[6] [9] [10]。

2.2. 鼻腔给药的吸收与生物利用度

研究表明，右美托咪定经鼻给药后可通过嗅觉通路、三叉神经通路及全身血液循环通路进入中枢神

经系统，从而发挥镇静与抗焦虑作用。其主要机制为：药物经鼻腔嗅区黏膜吸收后，沿嗅神经轴突通过筛板直接进入嗅球及脑脊液，绕过血脑屏障，构成“鼻-脑”直接递送的核心路径；同时，经鼻腔呼吸区吸收的药物可沿三叉神经眼支和上颌支进入脑干并进一步分布至中枢，参与镇静与镇痛调控；此外，部分药物经鼻黏膜进入体循环后通过血脑屏障进入脑组织，在一定剂量条件下亦对中枢效应产生贡献[3][11]-[14]。上述“三路协同”机制使右美托咪定得以实现快速、非侵入性的大脑靶向递送。与传统静脉或滴鼻给药相比，DNS 具有更稳定的药代动力学和药效学特征，其经鼻黏膜吸收迅速，达峰时间约为 0.5~1 h，绝对生物利用度可达 59%~89%，明显高于滴鼻给药。已有药代动力学研究显示，不同经鼻给药方式对右美托咪定的吸收速度及生物利用度存在显著差异。一项前瞻性交叉研究比较了经鼻注射液雾化装置(MAD)与滴鼻两种常用给药方式的药物代谢动力学(Pharmacokinetic, PK)参数，结果表明 MAD 与滴鼻方式的生物利用度相近，均约为 40%左右，且两者的达峰时间中位数均在约 25~75 分钟区间(MAD 约 47.5 分钟，滴鼻约 60 分钟)，提示传统雾化与滴鼻给药的吸收速度相似。相比之下，专用 DNS 的 PK 参数特征更为优越。其绝对生物利用度可达约 59%，并在 0.5~1 小时内达到血药浓度峰值，剂量在 75 μg 及以上时多数受试者可在约 30 分钟内达到理想的镇静效果(Ramsay 评分 ≥ 3)，且镇静过程平稳、持续时间适中，较静脉给药更具可控性。这说明喷雾剂制剂与输送方式可显著提高药物吸收效率和临床可控性[11][14]-[17]。

2.3. 儿童与围术期状态下的药代特点

儿童的鼻腔解剖、生理与体重/脂肪分布差异使其药代更不确定。针对儿童的药代研究提示：鼻用右美托咪定可达到用于镇静的血药浓度，但需要关注剂量、起效时间窗与血流动力学影响[18]。此外，在全麻状态、仰卧位等围术期条件下，鼻腔给药的吸收速度可能较清醒直立位更慢，提示围术期使用时应重新评估给药时点与期望效应窗口[19]。

2.4. “鼻喷雾剂”制剂与新装置

长期以来，临床上多采用右美托咪定注射液经滴鼻或雾化方式实现鼻腔给药，但该方法在实际应用中仍存在一定局限性，包括配制过程相对繁琐、剂量计量误差较大以及患者依从性和接受度有限等问题。近年来，研究者开发并报道了可直接使用、剂量固定且具有良好储存稳定性的新型右美托咪定鼻喷雾剂，并通过随机、双盲、对照临床试验验证了其在儿童术前镇静中的有效性与安全性，为右美托咪定鼻用制剂的标准化和规范化应用提供了循证医学依据[17]。与此同时，围绕鼻腔递送效率的进一步优化，新型递送装置技术亦受到关注。例如，基于两相流雾化原理的鼻腔给药装置已进入健康志愿者研究阶段，相关结果提示该技术可能通过改善鼻腔沉积模式而改变药物的吸收动力学和系统暴露特征，为提升右美托咪定鼻腔给药效果提供了新的研究方向[20]。

3. DNS 在围术期的主要临床应用

3.1. 小儿术前镇静与抗焦虑

3.1.1. 儿科术前用药的核心结局

儿科术前用药的临床评价通常重点关注以下结局指标：(1) 患儿与父母分离时的焦虑水平；(2) 麻醉诱导阶段的配合度，包括面罩耐受性及静脉穿刺配合情况；(3) 围术期呼吸道不良事件；(4) 苏醒期躁动/谵妄；(5) 术后恢复时间及相关不良反应。现有系统评价与 Meta 分析总体认为，鼻腔给药右美托咪定作为儿童术前用药具有良好的有效性和可行性，在减轻术前焦虑、改善麻醉诱导配合度以及降低不良苏醒行为发生率等方面显示出一定优势。然而，不同研究之间在给药剂量、给药时点及研究设计方面存在一

定异质性，相关结果仍需在具体临床情境中加以综合解读[21]。

3.1.2. 与咪达唑仑的比较

一项发表于 JAMA Network Open 的随机、双盲临床试验纳入接受扁桃体/腺样体手术的儿童，比较鼻用 DEX、鼻用咪达唑仑与生理盐水。结果显示：与对照相比，鼻用 DEX 组的围术期呼吸道不良事件发生率更低，而鼻用咪达唑仑组反而更高；同时研究也报告了镇静成功率与相关恢复结局。该研究为“在特定手术与人群中，鼻用 DEX 可能兼顾镇静与呼吸安全性”提供了高质量证据[10]。

3.1.3. DNS 用于儿童术前镇静：可用性与依从性提升

DNS 的随机、双盲、安慰剂对照研究显示，该制剂具有即用型、剂量固定及理化性质稳定等特点，旨在克服传统右美托咪定注射液滴鼻或现场配制方式在操作便利性和剂量准确性方面的不足。研究结果总体支持 DNS 在儿童术前镇静中的有效性和良好可接受性，为其规范化临床应用提供了循证依据[17]。此外，近期比较“即用型鼻喷雾”与传统滴鼻给药方式的研究亦提示，喷雾给药在儿童接受度及操作便利性方面可能具有一定优势，但其在关键临床结局上的差异仍有待更多中心、随机对照研究进一步验证[22]。

3.1.4. 常用剂量与给药时机

现有儿科研究中，右美托咪定鼻腔给药的常用剂量多集中于 1~2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (在影像学镇静等非手术场景中亦有采用更高剂量的报道)。其给药至起效时间通常在 30~60 min 范围内波动，受制剂浓度、喷雾或雾化给药方式、患儿体位以及鼻腔黏膜状况等多种因素影响。药代动力学研究提示，临床应用中应避免给药后过早进入关键刺激或操作阶段，而应根据右美托咪定的峰浓度时间窗合理安排麻醉诱导或相关操作，以获得更稳定和理想的镇静效果[11] [18]。

3.2. 成人围术期：术前镇静、焦虑控制与血流动力学调节

在成人患者中，鼻腔给药右美托咪定主要应用于日间手术术前抗焦虑、区域麻醉(如椎管内麻醉)下的辅助镇静，以及减轻术中交感兴奋反应(如高血压和心动过速)。近期研究提示，在特定手术类型中(例如全膝关节置换术的椎管内麻醉)，术前经鼻给予右美托咪定在血流动力学耐受性方面总体良好，并可能降低术中高血压事件的发生率。然而需要注意的是，成人患者若合并窦性心动过缓、传导阻滞、容量不足，或正在使用 β 受体阻滞剂，发生明显心动过缓或低血压的风险相对较高，临床应用时应结合患者个体情况合理选择剂量，并加强围术期监测[19]。

3.3. 苏醒期躁动与术后谵妄预防

3.3.1. 儿科苏醒期躁动

多项研究表明，经鼻给予右美托咪定能够显著降低儿童术后七氟烷相关苏醒期躁动的发生率，并改善术后恢复室行为评分与整体恢复体验，这与其镇静、抗焦虑及一定镇痛作用一致。荟萃分析显示鼻腔右美托咪定较对照显著减少苏醒期躁动事件及 PAED 评分，该效应在不同手术情境中得到重复观察，但受剂量与评价量表差异影响[5] [23] [24]。

3.3.2. 老年患者睡眠与术后谵妄

围术期睡眠紊乱与老年患者术后谵妄(postoperative delirium, POD)密切相关。已有研究探索了鼻腔给药右美托咪定改善老年患者围术期睡眠质量及神经认知功能的可能性，结果提示鼻用右美托咪定可能成为多模式 POD 预防策略的一部分。然而，目前相关研究多以睡眠或镇静指标为主要终点，尚缺乏以 POD 发生率为主要结局的高质量随机对照试验，因此其在老年患者神经认知保护中的具体作用仍需进一步验证。

证[25]。

3.4. 镇痛：作为多模式镇痛的组成部分

围术期右美托咪定作为多模式镇痛的一部分已被证明对减少术后阿片需求及改善疼痛控制具有积极作用。一项最新的系统综述和荟萃分析表明，围术期给予右美托咪定可显著降低术后 24 h 阿片类药物用量[26]。此外，作为非阿片辅助镇痛药物的综述也支持其在围术期疼痛管理中的应用[27]。尽管现有证据表明鼻用右美托咪定具有一定镇痛潜力，但仍缺乏以术后疼痛评分和阿片用量为主要终点，并结合药代/药效学分析的高质量研究，因此其具体镇痛效应及临床应用策略仍需进一步验证。

4. 安全性、不良反应与风险控制

4.1. 血流动力学

右美托咪定具有交感神经抑制作用，其主要血流动力学不良反应包括心动过缓和低血压，尤其在高风险或存在心律传导异常等风险因素时更需关注[28]。儿童研究中也观察到 DEX 可显著降低心率并影响心脏传导指标，提示在围术期应密切监测心率与血压[29]。此外，荟萃分析显示经鼻给药的 DEX 在儿科程序镇静中虽总体耐受良好，但仍存在心动过缓与低血压的发生，强调围术期监测的重要性[30]。

4.2. 呼吸安全性：优势明确但需谨慎对待

总体而言，右美托咪定相比苯二氮䓬类药物更少引起呼吸抑制。一项 JAMA 随机对照试验在特定儿科手术人群中发现，鼻腔给药右美托咪定与较低的围术期呼吸道不良事件发生率相关，为其呼吸安全性提供了有力的循证支持[10]。在阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)等高风险患者中，尽管有证据表明右美托咪定镇静时上气道阻塞发生率低于某些其他镇静剂(如丙泊酚)，但镇静本身可能使气道机械与反射改变，需关注呼吸安全性[31]。儿童 OSA 患者在 DEX 诱导睡眠下的上气道反应与自然睡眠相似，进一步提示在高风险人群中仍需严格监测通气状态[32]。而围术期 DEX 的综合分析虽然表明其可降低部分呼吸道不良事件的发生率，但并不能完全排除在 OSA、上气道感染、肥胖或与深度镇静药物叠加时出现通气不足或上气道梗阻的可能性，因此在临床应用中仍需执行与其他镇静药同等级别的呼吸监测与复苏准备[33]。

4.3. 鼻腔局部反应与给药可行性

DNS 在临床应用中通常能够有效改善滴鼻刺激、药液流向咽部带来的口腔苦味以及剂量分布不均等问题，从而提高了患者的耐受性和操作便利性。然而，鼻腔局部因素，如鼻腔黏膜炎症、黏液分泌物或出血倾向，可能会影响药物的吸收与耐受性。使用过程中，个别患者可能出现轻度鼻腔刺激感，如灼热、刺痛或鼻腔干燥，通常这些不适反应会在短时间内自行缓解，建议患者给药后避免剧烈活动，并适量饮水以缓解不适。此外，DNS 可能引发口腔苦味，尤其是在儿童中，这可能影响药物的配合度。为提高配合度，建议家长在给药后鼓励儿童喝水或进食。对有明显不适反应的患者(如严重的鼻粘膜刺激或苦味)，可考虑使用润喉糖或盐水喷雾等缓解剂。如果出现严重过敏反应或持续不适，应暂停使用并进行临床干预。此外，药代动力学研究表明，在围术期仰卧位或全麻状态下，鼻腔给药的吸收过程可能较清醒、直立状态时缓慢。因此，不应将清醒直立位的药代数据直接外推到全麻状态下的临床情境。合理考虑给药的条件对于预期的起效时间和药效维持至关重要[19][33]。

5. 临床实施建议

基于现有证据与临床实践，我们提出以下应用建议：

(1) 明确目的与作用时间窗

若目标是改善术前分离焦虑或麻醉诱导配合度,应预留足够的药物起效时间,一般为 30~60 min,具体依赖于制剂类型和给药方式[11] [21]。

(2) 优先选择证据充分的人群与临床场景

目前证据最集中于儿童术前镇静,用于减少诱导抵抗及改善恢复质量。在特定手术类型(如腺扁桃体切除)中,也存在随机对照试验支持其可降低围术期呼吸道不良事件的发生[10] [21]。

(3) 剂量个体化与严密监测

对于高风险患者(如心动过缓倾向、房室传导阻滞、容量不足或合并阻塞性睡眠呼吸暂停[OSA]),应慎用或适当降低剂量,并加强心电、血压及呼吸监测[18] [19]。

(4) 关注制剂与给药方式的标准化趋势

DNS 及新型雾化装置的出现,有望降低配制误差、提升给药可重复性。但仍需更多中心、头对头比较研究(DNS vs 滴鼻/雾化 vs 其他镇静药)以明确其真实临床优势及成本效益[16] [17] [20]。

6. 总结与展望

右美托咪定鼻喷雾剂凭借“鼻-脑”直接递送与体循环协同吸收的机制,在围术期管理中展现出独特价值。循证证据显示 DNS 可有效用于儿童术前镇静、抗焦虑及减少七氟烷相关苏醒期躁动,呼吸抑制轻微,在高风险气道手术中优于苯二氮草类药物;在成人日间手术及区域麻醉辅助镇静、多模式镇痛中亦显示应用前景。然而,现有研究仍存在局限:证据主要集中于儿科,成人高质量随机对照研究不足;剂量、给药时机和评价标准异质性较大;特殊人群(肥胖、OSA、心血管疾病)药代动力学与安全性数据有限;长期神经认知及术后谵妄结局研究缺乏。

未来研究应聚焦个体化给药模型与新型递送技术优化、开展成人及老年患者的大规模多中心头对头比较试验,探索非手术室麻醉与慢性疼痛等拓展应用,并建立制剂标准化及成本效益评价体系,推动 DNS 从经验性使用向精准化、规范化的围术期药物管理转型,实现安全性、舒适度与医疗经济性的综合优化。

参考文献

- [1] Lee, S. (2019) Dexmedetomidine: Present and Future Directions. *Korean Journal of Anesthesiology*, **72**, 323-330. <https://doi.org/10.4097/kja.19259>
- [2] Lu, C., Zhang, L., Zhang, Y., Ying, Y., Li, L., Xu, L., et al. (2016) Intranasal Dexmedetomidine as a Sedative Premedication for Patients Undergoing Suspension Laryngoscopy: A Randomized Double-Blind Study. *PLOS ONE*, **11**, e0154192. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154192>
- [3] Chung, S., Peters, J.M., Detyniecki, K., Tatum, W., Rabinowicz, A.L. and Carrazana, E. (2023) The Nose Has It: Opportunities and Challenges for Intranasal Drug Administration for Neurologic Conditions Including Seizure Clusters. *Epilepsy & Behavior Reports*, **21**, Article 100581. <https://doi.org/10.1016/j.ebr.2022.100581>
- [4] Wang, D., Dou, W., Hu, J., Huang, L., Liu, H., Ji, F., et al. (2025) Pre-Operative Dexmedetomidine Nasal Spray and Emergence Agitation in Adults Undergoing Ear, Nose and Throat Surgery: A Randomised Controlled Trial. *Anaesthesia*, **80**, 1519-1527. <https://doi.org/10.1111/anae.16726>
- [5] Cai, Y.H., Wang, C.Y., Fang, Y.B., Ma, H.Y., Gao, Y.Q., Wang, Z., et al. (2024) Preoperative Anxiolytic and Sedative Effects of Intranasal Remimazolam and Dexmedetomidine: A Randomized Controlled Clinical Study in Children Undergoing General Surgeries. *Drug Design, Development and Therapy*, **18**, 1613-1625. <https://doi.org/10.2147/dddt.s461122>
- [6] Talon, M.D., Woodson, L.C., Sherwood, E.R., Aarsland, A., McRae, L. and Benham, T. (2009) Intranasal Dexmedetomidine Premedication Is Comparable with Midazolam in Burn Children Undergoing Reconstructive Surgery. *Journal of Burn Care & Research*, **30**, 599-605. <https://doi.org/10.1097/bcr.0b013e3181abff90>
- [7] Jiang, L., Zhao, J., Xia, M., Song, Y., Cao, H., Wang, Y., et al. (2025) Dexmedetomidine Elicits a Prolonged Anxiolytic Effect by Inhibiting Adrenergic Neurons in the Locus Coeruleus in Mice. *Translational Psychiatry*, **15**, 487. <https://doi.org/10.1038/s41398-025-03682-z>

- [8] Zhang, K., Ren, Y., Xue, Y., Duan, D., Zhou, T., Ding, Y., *et al.* (2024) Alpha 2-Adrenoceptor Participates in Anti-Hyperalgesia by Regulating Metabolic Demand. *Frontiers in Pharmacology*, **15**, Article 1359319. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1359319>
- [9] Bhana, N., Goa, K.L. and McClellan, K.J. (2000) Dexmedetomidine. *Drugs*, **59**, 263-268. <https://doi.org/10.2165/00003495-200059020-00012>
- [10] Shen, F., Zhang, Q., Xu, Y., Wang, X., Xia, J., Chen, C., *et al.* (2022) Effect of Intranasal Dexmedetomidine or Midazolam for Premedication on the Occurrence of Respiratory Adverse Events in Children Undergoing Tonsillectomy and Adenoidectomy: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Network Open*, **5**, e2225473. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.25473>
- [11] Li, A., Yuen, V.M., Goulay-Dufaÿ, S., Sheng, Y., Standing, J.F., Kwok, P.C.L., *et al.* (2018) Pharmacokinetic and Pharmacodynamic Study of Intranasal and Intravenous Dexmedetomidine. *British Journal of Anaesthesia*, **120**, 960-968. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2017.11.100>
- [12] Crowe, T.P. and Hsu, W.H. (2022) Evaluation of Recent Intranasal Drug Delivery Systems to the Central Nervous System. *Pharmaceutics*, **14**, Article 629. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14030629>
- [13] Jeong, S.H., Jang, J.H. and Lee, Y.B. (2023) Drug Delivery to the Brain via the Nasal Route of Administration: Exploration of Key Targets and Major Consideration Factors. *Journal of Pharmaceutical Investigation*, **53**, 119-152. <https://doi.org/10.1007/s40005-022-00589-5>
- [14] Huang, Y., Xu, S., Djebli, N., Jiang, H. and Yang, G. (2025) Population Pharmacokinetic Modeling of Dexmedetomidine Nasal Spray in Chinese Adults. *Frontiers in Pharmacology*, **16**, Article 1662364. <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1662364>
- [15] Kuang, Y., Wang, S., Wang, M., Yang, G., Guo, C., Yang, S., *et al.* (2022) Safety, Pharmacokinetics/Pharmacodynamics, and Absolute Bioavailability of Dexmedetomidine Hydrochloride Nasal Spray in Healthy Subjects: A Randomized, Parallel, Escalating Dose Study. *Frontiers in Pharmacology*, **13**, Article 871492. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.871492>
- [16] Li, Y., Qi, L., Wang, Z., Wang, W., Zhang, L., Yang, L., *et al.* (2024) Pharmacokinetics, Pharmacodynamics and Bioavailability of Dexmedetomidine Nasal Spray in Healthy Chinese Adults: A Phase I Clinical Trial. *Frontiers in Pharmacology*, **15**, Article 1488462. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1488462>
- [17] Gao, J., Wang, F., Wang, X., Zou, X., Liu, H., Song, X., *et al.* (2024) Safety and Efficacy of a Novel Dexmedetomidine Nasal Spray for Pre-Anesthetic Sedation in Children: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *BMC Anesthesiology*, **24**, Article No. 315. <https://doi.org/10.1186/s12871-024-02708-1>
- [18] Miller, J.W., Balyan, R., Dong, M., Mahmoud, M., Lam, J.E., Pratap, J.N., *et al.* (2018) Does Intranasal Dexmedetomidine Provide Adequate Plasma Concentrations for Sedation in Children: A Pharmacokinetic Study. *British Journal of Anaesthesia*, **120**, 1056-1065. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2018.01.035>
- [19] Tiainen, S., Anderson, B.J., Rinne, E., Tornio, A., Engström, M.T., Saari, T.I., *et al.* (2024) Absorption Pharmacokinetics and Feasibility of Intranasal Dexmedetomidine in Patients under General Anaesthesia. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **68**, 1182-1191. <https://doi.org/10.1111/aas.14473>
- [20] Lian, Y., Luo, H., Yang, Z., He, J., Chen, H. and Sun, Y. (2025) Safety, Pharmacokinetics, and Pharmacodynamics of Dexmedetomidine Two-Phase Flow Atomization in Healthy Subjects: A Randomized, Parallel Study. *BMC Anesthesiology*, **25**, Article No. 475. <https://doi.org/10.1186/s12871-025-03358-7>
- [21] Jun, J.H., Kim, K.N., Kim, J.Y. and Song, S.M. (2017) The Effects of Intranasal Dexmedetomidine Premedication in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Canadian Journal of Anesthesia*, **64**, 947-961. <https://doi.org/10.1007/s12630-017-0917-x>
- [22] Jin, Q.Q., Cai, W.C., Zhou, Y.F., Zhang, Y.T., Chen, G., Xu, M.T., *et al.* (2025) Comparison of a Ready-to-Use Intranasal Dexmedetomidine Spray with Traditional Intranasal Dexmedetomidine Drops for Sedation in Preschool Children: A Prospective, Randomized, Controlled Study. *Frontiers in Pharmacology*, **16**, Article 1528612. <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1528612>
- [23] He, H., Cui, Q., Chen, H., Huang, X., Wang, S., Yu, T., *et al.* (2023) The Effect of Intranasal Dexmedetomidine on Emergence Delirium Prevention in Pediatric Ambulatory Dental Rehabilitation under General Anesthesia: A Randomized Clinical Trial. *Drug Design, Development and Therapy*, **17**, 3563-3570. <https://doi.org/10.2147/dddt.s427291>
- [24] Al Mutair, A., Alabbasi, Y., Alshammari, B., Alrasheeday, A.M., Alharbi, H.F. and Aleid, A.M. (2025) A Meta-Analysis of the Impact of Intranasal Dexmedetomidine on Emergence Delirium and Agitation in Children and Adolescents Undergoing Tonsillectomy and/or Adenoidectomy. *Journal of Clinical Medicine*, **14**, Article 1586. <https://doi.org/10.3390/jcm14051586>
- [25] He, J., Zhang, X., Li, C., Fu, B., Huang, Y. and Li, H. (2024) Dexmedetomidine Nasal Administration Improves Perioperative Sleep Quality and Neurocognitive Deficits in Elderly Patients Undergoing General Anesthesia. *BMC Anesthesiology*, **24**, Article No. 42. <https://doi.org/10.1186/s12871-024-02417-9>

-
- [26] Sun, Y., Yao, Y., Li, Y. and Deng, W. (2026) Dexmedetomidine for Opioid-Sparing Postoperative Analgesia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BMC Anesthesiology*, **26**, Article No. 103. <https://doi.org/10.1186/s12871-025-03606-w>
- [27] Tang, C. and Xia, Z. (2017) Dexmedetomidine in Perioperative Acute Pain Management: A Non-Opioid Adjuvant Analgesic. *Journal of Pain Research*, **10**, 1899-1904. <https://doi.org/10.2147/jpr.s139387>
- [28] Tobias, J.D. (2007) Dexmedetomidine: Applications in Pediatric Critical Care and Pediatric Anesthesiology. *Pediatric Critical Care Medicine*, **8**, 115-131. <https://doi.org/10.1097/01.pcc.0000257100.31779.41>
- [29] Hammer, G.B., Drover, D.R., Cao, H., Jackson, E., Williams, G.D., Ramamoorthy, C., *et al.* (2008) The Effects of Dexmedetomidine on Cardiac Electrophysiology in Children. *Anesthesia & Analgesia*, **106**, 79-83. <https://doi.org/10.1213/01.anc.0000297421.92857.4e>
- [30] Rocha, K.O., Santos, E.R.F.D.A., Pombeiro, M.M., Fidelis, M.N.D.S.L., Kakehasi, F.M. and Teixeira, D.C. (2026) Intranasal Dexmedetomidine for Procedural Sedation in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Brazilian Journal of Anesthesiology (English Edition)*, **76**, Article 844717. <https://doi.org/10.1016/j.bjane.2025.844717>
- [31] Shin, H.J., Kim, E.Y., Hwang, J.W., Do, S.H. and Na, H.S. (2018) Comparison of Upper Airway Patency in Patients with Mild Obstructive Sleep Apnea during Dexmedetomidine or Propofol Sedation: A Prospective, Randomized, Controlled Trial. *BMC Anesthesiology*, **18**, Article No. 120. <https://doi.org/10.1186/s12871-018-0586-5>
- [32] Mahmoud, M., Ishman, S.L., McConnell, K., Fleck, R., Shott, S., Mylavarapu, G., *et al.* (2017) Upper Airway Reflexes Are Preserved during Dexmedetomidine Sedation in Children with down Syndrome and Obstructive Sleep Apnea. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, **13**, 721-727. <https://doi.org/10.5664/jcsm.6592>
- [33] Zhang, J., Yin, J., Li, Y., Zhang, Y., Bai, Y. and Yang, H. (2023) Effect of Dexmedetomidine on Preventing Perioperative Respiratory Adverse Events in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Experimental and Therapeutic Medicine*, **25**, Article No. 286. <https://doi.org/10.3892/etm.2023.11985>