

右美托咪定在骨科手术麻醉与镇痛中的应用进展



叶映芬¹, 李昆伦², 陈伟元¹, 赖尚导³

1. 梅州市人民医院麻醉二科 (广东梅州 514000)
2. 梅州市人民医院创伤骨外科 (广东梅州 514000)
3. 梅州市医学科学院疼痛科 (广东梅州 514000)

【摘要】右美托咪定 (Dex) 具有良好的剂量相关的镇静、镇痛、抗焦虑作用。临床研究证实, Dex 可增加围手术期或重症患者的机械通气耐受力, 减少呼吸抑制, 维持血流动力学稳定, 减少麻醉剂用量, 降低谵妄发生等。由于心动过缓和低血压等不良反应, Dex 在临床的实际应用中应控制给药速度和剂量。目前, Dex 已广泛应用于全身麻醉、区域麻醉、小儿麻醉、日间手术及无痛检查等辅助用药。本文就 Dex 在骨科手术麻醉与镇痛中的应用进展进行综述, 以期对 Dex 在骨科手术中如何有效减少麻醉药用量、维持血流动力学稳定、降低术后疼痛方面发挥参考作用。

【关键词】右美托咪定; 作用机制; 骨科手术; 麻醉; 镇痛; 应用进展

【中图分类号】R614 **【文献标识码】**A

Application progress of dexmedetomidine in anesthesia and analgesia during orthopedic surgery

YE Yingfen¹, LI Kunlun², CHEN Weiyuan¹, LAI Shangdao³

1. Second Department of Anesthesiology, Meizhou People's Hospital, Meizhou 514000, Guangdong Province, China

2. Department of Trauma Orthopedics, Meizhou People's Hospital, Meizhou 514000, Guangdong Province, China

3. Department of Pain, Meizhou Academy of Medical Sciences, Meizhou 514000, Guangdong Province, China

Corresponding authors: YE Yingfen, Email: 13670813161@139.com; LAI Shangdao, Email: 13723660778@163.com

【Abstract】Dexmedetomidine (Dex) has good dose-dependent sedative, analgesic, and anti-anxiety effects. Clinical studies have shown that Dex can increase the mechanical ventilation tolerance of perioperative or critically ill patients, reduce respiratory depression, maintain hemodynamic stability, decrease anesthetic dosage, and reduce delirium occurrence. Due to adverse reactions such as bradycardia and hypotension, Dex should be administered at a controlled rate and dose in clinical practice. At present, Dex has been widely used as an adjuvant

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202406108

基金项目: 梅州市医药卫生科研课题项目 (2023-B-25)

通信作者: 叶映芬, 主治医师, Email: 13670813161@139.com

赖尚导, 博士, 主任医师, 硕士研究生导师, Email: 13723660778@163.com

<https://yxqy.whuzhmedj.com>

drug in general anesthesia, regional anesthesia, pediatric anesthesia, day surgery, and painless examinations. This article reviews the application progress of Dex in anesthesia and analgesia for orthopedic surgery. hoping to play a reference role for Dex in how to effectively reduce the dosage of anaesthetics, maintain haemodynamic stability, and reduce postoperative pain in orthopaedic surgery.

【Keywords】 Dexmedetomidine; Mechanism; Orthopedic surgery; Anesthesia; Analgesia; Application progress

右美托咪定（dexmedetomidine，Dex）是一种α2 肾上腺素受体激动剂。肾上腺素受体在人体中分布广泛，如肌肉、心脏、血管壁、中枢神经系统等组织^[1]。Dex 在心外科术后无创通气不耐受患者^[2]、神经外科 ICU^[3]、儿科单肺通气^[4]等多种疾病中有较好的应用效果。α2 肾上腺素受体在人体脑内主要集中在脑桥及延髓，α2 肾上腺素受体通过脑桥及延髓参与交感神经的传递，从而对突触前 α2 肾上腺素受体产生刺激。Dex 是美托咪定的右旋异构体，相比美托咪定，Dex 由于受体选择特异性，对交感抑制产生的不良反应更小。使用 Dex 后，患者可处于与自然睡眠相似的镇静状态，不会明显抑制呼吸功能，且可一定程度上保护患者的神经功能^[5]。本文主要对 Dex 的作用机制、在骨科手术麻醉与镇痛中的应用进行综述。

1 Dex较其他麻醉镇痛药物的优缺点

Dex 通过静脉注射给药，代谢迅速，Dex 的快速分部相的分布半衰期仅有 6 min，在婴幼儿体内 Dex 清除更快，静脉给药后被机体快速吸收，且在给药 1 h 后达到吸收高峰，可有效降低相关不良反应的发生，Dex 主要在肝内与葡萄糖醛酸结合并通过细胞色素 P450 酶系氧化还原代谢，肝功能不全患者慎用或不用，但肾功能严重受损

的患者不受影响^[6]。临床常用的全麻镇静剂有咪达唑仑、Dex、丙泊酚、环丙酚和瑞马唑仑等；镇痛剂有咪达唑仑、右美托咪定、丙泊酚、异丙酚和瑞马唑仑等。崔芝红等^[7]结果显示，髋关节骨折手术中可采用瑞马唑仑辅助镇静。与咪达唑仑相比，瑞马唑仑对血流动力学影响更小，镇静效果理想，恢复较快，不良反应较少。然而，咪达唑仑注射液易出现低血压、谵妄、幻觉、心悸、皮疹等不良反应，部分患者还会出现视物模糊、头痛、头晕、手脚无力、麻刺感，严重者可引起呼吸抑制。丙泊酚对呼吸中枢产生影响，导致呼吸抑制甚至呼吸衰竭。因此，寻求一种不良反应少的麻醉、镇痛药物至关重要。Dex 与其他麻醉镇痛药物对比见表 1。

2 Dex麻醉、镇痛保护认知功能的作用机制新进展

2.1 Dex麻醉、镇痛作用机制

中枢神经系统的许多学者发现了α2 肾上腺素受体，然而，α2 肾上腺素受体最丰富的区域位于脑干的蓝斑核中，蓝斑既是大脑内对睡眠与苏醒进行调节的关键部位，也是延髓－脊髓去甲肾上腺素（epinephrine，NE）能通路的起始点^[11-12]。最新研究发现，Dex 可通过以下途径发挥麻醉镇痛

表1 Dex与其他麻醉镇痛药物对比的优缺点

Table 1. Advantages and disadvantages of Dex compared to other anesthetics and analgesics

药物名称	优点	缺点
Dex	镇痛效果优，术后疼痛评分低，对血压、心功能有较好的保护作用，自主呼吸抑制较轻	镇静起效时间、苏醒时间较长；高浓度注射时，可表现出明显的直接收缩血管效应
丙泊酚	起效迅速，可控性强 ^[8]	注射痛、呼吸抑制不足，诱发率高
咪达唑仑	镇静效果好，呼吸和循环影响小 ^[9]	可控性差，具有呼吸抑制及遗留效应，患者发生术后定向障碍，出现多语躁动
异丙酚	麻醉速度快、苏醒快、抑制中枢神经系统、咽喉反射，抑制循环系统 ^[10]	直接扩张动脉，还会抑制心脏，易出现低血压，引起轻度呼吸抑制
瑞马唑仑	起效快、恢复迅速、不易蓄积	苏醒延迟、低血压、呼吸抑制

与神经保护作用：①通过抑制 $\alpha 2$ 肾上腺素受体，促进突触前膜上的 $\alpha 2$ 受体激动，最终阻断疼痛信号传导，发挥镇痛作用^[13]。②通过建立大鼠心脏缺血再灌注模型，结果发现，Dex 可对高迁移率族蛋白 B1-Toll 样受体 4-核因子 κ B 信号通路相关炎症反应进行抑制，最终发挥心血管保护作用^[14]。③同时 Dex 通过负反馈调节机制，促进人体的肾上腺素的释放，大量的肾上腺素会刺激产生 $\alpha 2$ 肾上腺素受体，导致神经细胞膜超级化，减少大脑神经元放电作用，抑制电压门控钙离子通道，进而产生神经保护的效应^[15]。在右美托咪定起作用的过程中，蓝斑（locus coeruleus, LC）是重要的节点，去甲肾上腺素的主要分泌点。LC 往基底前

脑，丘脑提供了兴奋性输入，为下丘脑的视前区（preoptic area, POA）提供了抑制性的输入^[16]。POA 反过来对中脑，脑桥，下丘脑又有抑制性投射。右美托咪定和 LC 的 $\alpha 2$ -肾上腺素受体结合，引起 LC 超极化，减少去甲肾上腺素释放，导致对 POA 的抑制性输入减少，POA 对身下的唤醒中枢反而增强了抑制^[17]。

2.2 Dex作用动物研究

以上研究证明了 Dex 在骨科手术麻醉与镇痛可发挥较好的作用，Dex 对麻醉、镇痛过程的调控涉及不同的作用机制，如维持血流动力学稳定、降低术后疼痛，改善术后认知功能障碍，延长阻滞效果和持续时间等（表 2）。

表2 Dex麻醉与镇痛作用机制

Table 2. Anesthesia and Analgesia Mechanisms of Dex

研究类型/对象	药物作用	作用机制	给药途径及给药剂量
人群/老年髋部骨折患者 ^[18]	维持血流动力学稳定，降低术后疼痛	对磷脂酰肌醇3激酶-蛋白激酶B信号通路具有一定的调节作用	0.6 μ g/kg泵入，以0.5 μ g/（kg·h）持续输注至手术结束
动物/老年SD大鼠 ^[19]	改善肝切除术后认知功能障碍	可激活并上调趋化因子CX3C基元配体1-可趋化因子CX3C基元受体1信号通路	术前30 min以40 μ g/kg 腹腔注射给药
动物/成年雄性SD大鼠 ^[20]	延长坐骨神经感觉和运动阻滞效果和持续时间	抑制环磷酸腺苷/蛋白激酶A/磷酸化环磷酸腺苷反应元件结合蛋白信号通路	6 μ g/kg Dex静脉注射
动物/成年SD大鼠 ^[21]	改善脓毒症大鼠心功能障碍，维持血流动力学稳定	上调血清脂联素表达水平，抑制肿瘤坏死因子 α 和白细胞介素-1 β 炎症因子表达	术后经股静脉套管给予7 μ g/kg Dex，20 min后以5 μ g/（kg·h）持续泵注

2.3 Dex临床研究

Dex 广泛应用于神经外科手术、心脑血管手术、胸外科手术、妇产科手术、小儿麻醉、骨科手术等中。本文重点描述 Dex 在骨科手术中的应用。

2.3.1 神经外科手术

徐凯等^[22]研究显示神经外科手术前静脉注射 Dex 可有效减少苏醒期躁动的发生，保持拔管过程平稳，且对术后呼吸恢复、苏醒过程无影响。

2.3.2 心脑血管手术

石波等^[23]通过分析 Dex 在心血管疾病手术围术期对患者细胞免疫功能的影响，结果显示：心血管手术麻醉过程中，适量使用 Dex 可减轻患者疼痛，抑制炎症反应，同时还可改善患者围术期免疫功能。

2.3.3 胸外科手术

蔡国森^[24]研究胸外科手术术后镇痛情况，结果发现 Dex 联合复合芬太尼镇痛效果显著由于单独使用芬太尼，且不良反应发生率降低。

2.3.4 妇产科手术

陆文博等^[25]研究表明 Dex 用于宫颈癌腹腔镜术麻醉，0.5 μ g/kg 为最佳剂量，对术中血流动力学、应激反应影响均较小，且对免疫功能不产生显著影响，不良反应发生率低。

2.3.5 小儿麻醉

胡先平等^[26]探讨不同剂量 Dex 滴鼻用于小儿全身麻醉对苏醒期躁动的影响，结果证实术前 0.5 h Dex 滴鼻可降低苏醒期躁动发生，且镇静效果更理想，用药安全，不增加不良反应。

3 Dex在骨科手术麻醉与镇痛中的应用

随着我国人口逐渐老龄化，老年骨科手术逐年增多，最常见的老年髋关节骨折需行髋关节置换。骨科手术因运动受限、损伤较大，对麻醉药物镇静、镇痛治疗要求高于其他手术。骨科手术的麻醉方法包括气管插管全身麻醉、区域阻滞麻醉和局部麻醉。外周和外周手术，或手术范围相

对较小, 可通过局部麻醉解决。四肢骨手术应选择对身体影响最小且能满足手术要求的区域组织麻醉。患者情况比较严重, 如腰部、盆腔或者颈椎等部位的手术, 需要采取气管插管全身麻醉。

为了减少术中可能出现的疼痛及手术应激反应, 提高手术安全性及促进术后恢复, 合理使用麻醉药物尤为关键^[27-28]。

3.1 Dex在骨科手术麻醉与镇痛的临床试验结果

鲁月等^[29]将 Dex 作为佐剂用于髌骨骨折术后镇痛, 结果发现, Dex 辅助罗哌卡因的单次收肌管阻滞镇痛效果与持续故神经阻滞相当, 且无感染、脱管风险, 可为髌骨骨折提供良好的术后镇痛。谢力等^[30]将 Dex 辅助罗哌卡因用于髋部骨折手术关节囊周围神经阻滞, 结果显示, Dex 可有效延长神经阻滞作用时间, 提高髋部骨折术后镇痛满意效果。以上结果表明, Dex 辅助罗哌卡因在不同类型骨科手术中均可发挥较好的术后镇痛效果。

麻醉时机体处于应激状态, 心脏储备功能不足患者容易出现心律失常、心肌缺氧、脑血管急症等, 血流动力学不稳定。万亮等^[31]研究结果显示, Dex 可显著提高镇静、镇痛效果, 减轻插管、拔管反应, 维持血流动力学稳定, 值得临床推广使用。支燕^[32]、Byun 等^[33]研究结果显示, Dex 联合超声引导神经阻滞对老年下肢骨科手术患者效果更好, 可维持患者应用止血带后血流动力学稳定, 减轻患者疼痛。杨德君^[34]研究结果显示, Dex 能较好地维持全麻患者血流动力学稳定, 减少麻醉药物和术后镇痛药物用量, 改善术后镇痛效果。占霖森等^[35]研究结果显示, Dex 超前镇痛应用于上肢骨折手术, 可有效减轻术后疼痛, 维持血流动力学稳定, 还可减少术后静脉自控镇痛用药剂量, 且安全性高。张成江等^[36]研究发现, Dex 联合超声引导下臂丛神经组织麻醉在老年肱骨骨折手术患者中可有效镇静并维持, 且不会过多影响血流动力学, 安全性较高。董小强等^[37]通过低剂量舒芬太尼联合 Dex 静脉自控镇痛应用于骨折术后镇痛, 结果发现其可有效减少舒芬太尼用量, 快速降低疼痛, 改善术后认知能力, 且镇痛镇静效果较明显, 同时用药不良反应少。陈涛等^[38]研究显示, Dex 可降低脊柱侧弯矫形术患者术中血流动力学波动和术后疼痛, 但会延长苏醒时间, 对患者术后并发症及神经电位变化无影响。以上

研究证明, Dex 对于不同类型骨科手术均可发挥较好地镇痛效果, 且可较好地维持机体血流动力学稳定。但针对不同骨科手术 Dex 使用的最佳剂量及副作用是否有所差异尚未明确, 后续研究应围绕此开展。

3.2 Dex用于骨科手术动物实验与基础研究

动物实验是用来评估新药物有效性和安全性的重要工具, 因此, 许多研究将 Dex 用于动物研究, 测试 Dex 是否会带来何种不良反应。姜美玲等^[39]观察 Dex 对七氟烷所致大鼠认知功能障碍及对核苷酸结合结构域富含亮氨酸重复序列和含热蛋白结构域受体 3 (nucleotide-binding domain leucine-rich repeat and pyrin domain-containing receptor 3, NLRP3) /- 含半胱氨酸的天冬氨酸蛋白水解酶 (Caspase) -1/ 消皮素 D (gasdermin D, GSDMD) 信号通路的影响。其结果发现, Dex 可抑制 NLRP3/-Caspase-1/GSDMD 信号通路, 改善七氟烷麻醉所致的认知功能障碍, 为 Dex 治疗骨科术后认知功能障碍的潜在用提供了新机制。黎杏梅等^[40]分析过氧化物酶体增殖物激活受体 (peroxisome proliferator activated receptor, PPAR γ) 磷酸化在 Dex 对大鼠体外循环脑保护中的作用, 结果发现, 与体外循环组大鼠比, Dex 组海马组织中 B 淋巴细胞瘤 -2 基因 (B-cell lymphoma-2, Bcl-2) 蛋白相对表达升高, p-PPAR γ /PPAR γ 蛋白相对表达量降低, 提示 Dex 对大鼠体外循环脑保护的作用机制可能与抑制 PPAR γ 磷酸化有关。动物实验表明, Dex 用于骨科疾病大鼠, 可有效改善认知功能障碍, 对大鼠体外循环起到保护作用, 证明 Dex 安全性较高, 可用于人体骨科手术全身麻醉。然而, 不同骨科疾病 Dex 的具体作用机制尚不明确, 有待进一步研究论证。

3.3 Dex用于特殊患者的安全性

王军等^[41]研究显示, 将 Dex 复合不同麻醉深度用于老年全髋关节置换术患者中, 结果发现, Dex 复合麻醉可有效减轻老年患者术后意识障碍, 改善血清神经元特异性烯醇化酶及中枢神经特异蛋白 S100 β 浓度, 减少谵妄发生风险。康俊伟等^[42]研究显示, 肝移植术中持续静脉泵注 Dex 有助于降低原位肝移植术后 7 d 内急性肾损伤的发生率。

3.4 Dex应用中的挑战与解决方案

上述研究均表明, Dex 作为辅助用药, 采用不同方式、不同剂量 / 浓度使用均可对骨科手术患者

镇痛效果进行改善,但其具体作用机制尚不清楚。然而,当前研究有限,许多学者认为,其主要是与 Dex 通过外周方式与超极化激活的阳离子电流阻断从而发挥止痛效果有关。目前, Dex 的作用机制还需要更多的临床和基础研究来阐明,仍在不断探索中。后续应对 Dex 在不同患者群体中的剂量调整问题、与其他药物的相互作用等进行深入分析,如分析不同剂量 Dex 用于骨科手术患者对围麻醉期相关指标的影响,探讨 Dex 联合其他麻醉药物共同用于骨科手术麻醉及其作用机制等。

4 结语

Dex 在临床上应用广泛,对临床手术全身麻醉、镇静、抗焦虑效果显著,特别是骨科手术,有利于改善患者预后。但临床使用时一定要严格遵循使用指南,监测其产生的不良反应及临床效果,同时监测患者血压、呼吸、脉搏、血氧饱和度、体温、心电图、中心静脉压、动脉压、血尿常规、电解质等相关指标,为患者手术提供更好的麻醉环境、疾病预后以及更好的生活质量。

参考文献

- 1 刘海涛,田利川,赵贺,等.右美托咪定复合布托啡诺对超重、肥胖经产妇分娩镇痛效果的影响[J].西部医学,2023,35(5):715-718.[Liu HT, Tian LC, Zhao H, et al. Effect of dexmedetomidine combined with butorphanol on analgesic effect of delivery in overweight and obese women[J]. Medical Journal of West China, 2023, 35(5): 715-718.] DOI: 10.3969/j.issn.1672-3511.2023.05.015.
- 2 谭金锋,段乐,李珂巍,等. BIS 监测下早期应用右美托咪定对急性心源性肺水肿接受无创通气患者的影响[J].临床心血管病杂志,2022,38(10):806-810.[Tan JF, Duan L, Li KW, et al. The effect of early application of dexmedetomidine under BIS monitoring on patients with acute cardiogenic pulmonary edema receiving non-invasive ventilation[J]. Journal of Clinical Cardiology, 2022, 38(10): 806-810.] DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2022.10.010.
- 3 林秋香,李雨晴,王小莉,等.右美托咪定治疗 ICU 呼吸机相关性肺炎的疗效[J].中华医院感染学杂志,2022,32(15):2274-2278.[Lin QX, Li YQ, Wang XL, et al. The efficacy of dexmedetomidine in the treatment of ICU ventilator-associated pneumonia[J]. Chinese Journal of
- 4 肖婷,张水兵,裴冬杰,等.右美托咪定对单肺通气患儿炎症反应和氧化应激的影响[J].儿科药学杂志,2023,29(1):30-34.[Xiao T, Zhang SB, Pei DJ, et al. Effects of dexmedetomidine on inflammatory response and oxidative stress in children with single lung ventilation[J]. Journal of Pediatric Pharmacy, 2023, 29(1): 30-34.] <https://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTOTAL-EKYYX202301010.htm>.
- 5 杨正宇,毛庆祥.右美托咪定对脑出血小鼠肥大细胞激活及神经功能损伤的影响[J].重庆医学,2024,53(2):171-175.[Yang ZY, Mao QX. The effect of dexmedetomidine on mast cell activation and neurological function damage in mice with cerebral hemorrhage[J]. Chongqing Medicine, 2024, 53(2): 171-175.] DOI: 10.3969/j.issn.1671-8348.2024.02.003.
- 6 林志琼,杨丽萍,刘珊珊,等.右美托咪定联合舒芬太尼自控静脉镇痛对行老年直肠癌根治术的患者术后镇痛效果、炎症反应和早期恢复的影响[J].临床与病理杂志,2022,42(1):117-123.[Lin ZQ, Yang LP, Liu SS, et al. The effect of dexmedetomidine combined with sufentanil self controlled intravenous analgesia on postoperative analgesia, inflammatory response, and early recovery in elderly patients undergoing radical resection of rectal cancer[J]. Chongqing Medicine, 2022, 42(1): 117-123.] DOI: 10.3978/j.issn.2095-6959.2022.01.017.
- 7 崔芝红,朱贤林.瑞马唑仑与咪达唑仑对髋关节骨折围术期患者血流动力学及镇静的影响[J].实用临床医药杂志,2023,27(21):64-68.[Cui ZH, Zhu XL. The effects of remifentanyl and midazolam on hemodynamics and sedation in perioperative patients with hip fractures[J]. Journal of Clinical Medicine in Practice, 2023, 27(21): 64-68.] DOI: 10.7619/jcmp.20231521.
- 8 黄菲,陈婷婷,贺红侠,等.右美托咪定,甲苯磺酸瑞马唑仑与丙泊酚对脑出血手术患者麻醉效果及血清神经损伤标志物和神经功能的影响[J].川北医学院学报,2023,38(10):1342-1345.[Huang F, Chen TT, He HX, et al. Effects of dexmedetomidine, Remazolam toluene sulfonate and propofol on anesthesia, serum markers of nerve injury and nerve function in patients with cerebral hemorrhage surgery[J]. Journal of North Sichuan Medical College, 2023, 38(10): 1342-1345.] DOI: 10.3969/j.issn.1005-3697.2023.10.010.

- 9 高强, 孙峻峰, 张永斌. 重型颅脑损伤围术期应用丙泊酚, 右美托咪定及咪达唑仑的效果及对颅内压的影响[J]. 医学临床研究, 2023, 40(3): 472–475. [Gao Q, Sun JF, Zhang YB. Effects of propofol, dexmedetomidine and midazolam on intracranial pressure during perioperative treatment of severe craniocerebral injury[J]. Journal of Clinical Research, 2023, 40(3): 472–475.] DOI: [10.3969/j.issn.1671-7171.2023.03.043](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-7171.2023.03.043).
- 10 王迪, 杨剑, 何祥. 右美托咪定通过调控 AKAP150 减轻异丙酚诱导的发育期大鼠学习记忆障碍[J]. 实用医学杂志, 2024, 40(12): 1619–1624. [Wang D, Yang J, HE X. Dexmedetomidine alleviates propofol induced learning and memory impairment in developing rats by regulating AKAP150[J]. The Journal of Practical Medicine, 2024, 40(12): 1619–1624.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-5725.2024.12.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-5725.2024.12.002).
- 11 李龙, 王丹, 樊荣, 等. 光遗传激活蓝斑去甲肾上腺素能神经元对异氟醚麻醉小鼠的促醒作用[J]. 山东医药, 2023, 63(11): 28–30, 36. [Li L, Wang D, Fan R, et al. Photogenetic activation of noradrenergic neurons in locus coeruleus for promoting wakefulness in mice anesthetized with isoflurane[J]. Shandong Medicine, 2023, 63(11): 28–30, 36.] DOI: [10.3969/j.issn.1002-266X.2023.11.007](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-266X.2023.11.007).
- 12 曹锐, 王育斌, 邱卫华, 等. 右美托咪定在臂丛神经阻滞中的应用效果[J]. 数理医药学杂志, 2018, 31(5): 733–735. [Cao R, WANG YB, Qiu WH, et al. Effect of dexmedetomidine on brachial plexus block[J]. Journal of Mathematical Medicine and Pharmacology, 2018, 31(5): 733–735.] DOI: [CNKI:SUN:SLYY.0.2018-05-046](https://doi.org/CNKI:SUN:SLYY.0.2018-05-046).
- 13 王辉, 王玲, 李浩. 右美托咪定用于老年髋部骨折患者麻醉的临床研究[J]. 中国临床药理学杂志, 2023, 39(8): 1082–1085. [Wang H, Wang L, Li H. Clinical study on the use of dexmedetomidine for anesthesia in elderly patients with hip fractures[J]. The Chinese Journal of Clinical Pharmacology, 2023, 39(8): 1082–1085.] DOI: [10.13699/j.cnki.1001-6821.2023.08.004](https://doi.org/10.13699/j.cnki.1001-6821.2023.08.004).
- 14 王琴, 王辉. 右美托咪定的器官保护作用及其机制[J]. 医学综述, 2019, 25(9): 1822–1826. [Wang Q, Wang H. Organ protective effect and mechanism of dexmedetomidine[J]. Medical Review, 2019, 25(9): 1822–1826.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-2084.2019.09.02](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-2084.2019.09.02).
- 15 唐莹, 李新梅, 王雪, 等. 右美托咪定神经保护作用的自噬机制研究[J]. 现代生物医学进展, 2020, 20(21): 4019–4024, 4067. [Tang Y, Li XM, Wang X, et al. Study on the autophagic mechanism of neuroprotective effect of dexmedetomidine[J]. Progress in Modern Biomedicine, 2020, 20(21): 4019–4024, 4067.] DOI: [10.13241/j.cnki.pmb.2020.21.004](https://doi.org/10.13241/j.cnki.pmb.2020.21.004).
- 16 Bagheri B, Salarian S, Taherkhanchi B, et al. JCMA Dexmedetomidine Mechanism of Action: an Update[J]. Shahid Beheshti University of Medical Sciences, 2016, 1(2): 91–94. DOI: [10.13140/RG.2.1.1948.8403](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1948.8403).
- 17 Funai Y, Pickering AE, Uta D, et al. Systemic dexmedetomidine augments inhibitory synaptic transmission in the superficial dorsal horn through activation of descending noradrenergic control: An in vivo patch-clamp analysis of analgesic mechanisms[J]. Pain, 2014, 155(3): 617–628. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24355412/>.
- 18 张倍倍, 张爽, 陈钱正, 等. 右美托咪定复合罗哌卡因髂筋膜间隙阻滞用于老年髋关节置换术的镇痛效果及对 PI3K–Akt 信号通路的影响[J]. 临床和实验医学杂志, 2023, 22(17): 1901–1904. [Zhang BB, Zhang S, Chen QZ, et al. The analgesic effect of dexmedetomidine combined with ropivacaine for iliac fascial space block in elderly hip replacement surgery and its impact on the PI3K Akt signaling pathway[J]. Journal of Clinical and Experimental Medicine, 2023, 22(17): 1901–1904.] DOI: [10.3969/j.issn.1671-4695.2023.17.030](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-4695.2023.17.030).
- 19 赵丽丽, 杜睿, 杨晓林, 等. 右美托咪定通过调节 CX3CL1–CX3CR1 信号通路对老年大鼠肝部分切除术后认知功能障碍的改善作用研究[J]. 现代药物与临床, 2021, 36(1): 21–27. [Zhao LL, Du R, Yang XL, et al. Study on the improvement effect of dexmedetomidine on cognitive dysfunction after partial hepatectomy in elderly rats by regulating the CX3CL1–CX3CR1 signaling pathway[J]. Drugs & Clinic, 2021, 36(1): 21–27.] DOI: [10.7501/j.issn.1674-5515.2021.01.004](https://doi.org/10.7501/j.issn.1674-5515.2021.01.004).
- 20 郑龙蛟, 王志萍. 右美托咪定联合布比卡因通过 cAMP/PKA–CREB–BDNF 信号通路对大鼠坐骨神经阻滞效果的影响[J]. 中南医学科学杂志, 2022, 50(4): 504–507. [Zheng LJ, Wang ZP. The effect of dexmedetomidine combined with bupivacaine on sciatic nerve block in rats through the cAMP/PKA–CREB–BDNF signaling pathway[J]. Medical Science Journal of Central South China, 2022, 50(4): 504–507.] DOI: [10.15972/j.cnki.43-1509/r.2022.04.009](https://doi.org/10.15972/j.cnki.43-1509/r.2022.04.009).
- 21 夏继辉, 徐世荣, 夏文胜, 等. 右旋美托咪定对脓毒

- 血症大鼠心功能障碍的影响[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2015, 7(6): 843–845. [Xia JH, Xu SR, Xia WS, et al. Effects of dexmedetomidine on cardiac dysfunction in sepsis rats[J]. Chinese Journal of Evidence-Based Cardiovascular Medicine, 2015, 7(6): 843–845.] DOI: [10.3969/j.issn.1674-4055.2015.06.37](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-4055.2015.06.37).
- 22 徐凯, 郑文泽, 胡毅平. 右美托咪定预防神经外科手术全麻苏醒期躁动的临床观察[J]. 重庆医学, 2014, 43(1): 120–121. [Xu K, Zheng WZ, Hu YP. Clinical observation of dexmedetomidine in preventing agitation during the recovery period of general anesthesia in neurosurgery [J] Chongqing Medical, 2014, 43 (1): 120–121.] DOI: [10.3969/j.issn.1671-8348.2014.01.045](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-8348.2014.01.045).
- 23 石波, 张薇薇. 右美托咪定对心血管疾病手术患者围术期细胞免疫功能的影响[J]. 空军医学杂志, 2018, 34(3): 174–178. [Shi B, Zhang WW. The effect of dexmedetomidine on perioperative cellular immune function in patients undergoing cardiovascular disease surgery[J]. Air Force Medical Journal, 2018, 34(3): 174–178.] DOI: [10.3969/j.issn.2095-3402.2018.03.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-3402.2018.03.008).
- 24 蔡国森. 右美托咪定复合芬太尼用于胸外科手术后镇痛的临床研究[J]. 临床医学研究与实践, 2017, 2(4): 66–67. [Cai GS. Clinical study on the use of dexmedetomidine combined with fentanyl for postoperative analgesia in thoracic surgery[J]. Clinical Medical Research and Practice, 2017, 2(4): 66–67.] DOI: [10.19347/j.cnki.2096-1413.201704035](https://doi.org/10.19347/j.cnki.2096-1413.201704035).
- 25 陆文博, 王晋, 郑甜. 盐酸右美托咪定用于宫颈癌患者腹腔镜手术麻醉的剂量方案分析[J]. 中国妇幼保健, 2021, 36(12): 2724–2727. [Lu WB, Wang J, Zheng T. Dose regimen analysis of dexmedetomidine hydrochloride for laparoscopic anesthesia in cervical cancer patients[J]. China Maternal and Child Health Care, 2021, 36 (12): 2724–2727.] DOI: [10.19829/j.zgfybj.issn.1001-4411.2021.12.014](https://doi.org/10.19829/j.zgfybj.issn.1001-4411.2021.12.014).
- 26 胡先平, 宫庆娟, 郭冠东. 右美托咪定滴鼻应用于小儿全身麻醉对苏醒期躁动的影响[J]. 现代中西医结合杂志, 2019, 28(11): 1225–1227. [Hu XP, Gong QJ, Guo GD. The effect of dexmedetomidine nasal drops on agitation during the recovery period in children under general anesthesia[J]. Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, 2019, 28(11): 1225–1227.] DOI: [10.3969/j.issn.1008-8849.2019.11.023](https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-8849.2019.11.023).
- 27 王晓林, 张文超, 王佳, 等. 腰硬联合麻醉对老年骨科手术患者术中安全性和预后质量分析及呼吸系统感染的临床特点观察[J]. 徐州医科大学学报, 2020, 40(4): 278–280. [Wang XL, Zhang WC, Wang J, et al. Analysis of intraoperative safety and prognostic quality of spinal epidural anesthesia in elderly orthopedic surgery patients, as well as clinical characteristics of respiratory system infections[J]. Acta Academiae Medicinae Xuzhou, 2020, 40(4): 278–280.] DOI: [10.3969/j.issn.2096-3882.2020.04.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.2096-3882.2020.04.010).
- 28 Wu JP. Pediatric anesthesia concerns and management for orthopedic procedures[J]. Pediatr Clin North Am, 2020, 67(1): 71–84. DOI: [10.1016/j.pcl.2019.09.006](https://doi.org/10.1016/j.pcl.2019.09.006).
- 29 鲁月, 邱昌明, 杨云丽, 等. 超声引导下右美托咪定作为佐剂的罗哌卡因单次收肌管阻滞用于成人髌骨骨折手术后镇痛的效果[J]. 昆明医科大学学报, 2022, 43(6): 68–73. [Lu Y, Qiu CM, Yang YL, et al. The effect of ultrasound-guided dexmedetomidine as adjuvant and ropivacaine single dose myotube block for postoperative analgesia in adult patellar fracture surgery[J]. Journal of Kunming Medical University, 2022, 43(6): 68–73.] DOI: [10.12259/j.issn.2095-610X.S20220613](https://doi.org/10.12259/j.issn.2095-610X.S20220613).
- 30 谢力, 胡玉萍, 陈朴, 等. 右美托咪定作为罗哌卡因佐剂用于髋部骨折手术关节囊周围神经阻滞的效果[J]. 中国临床研究, 2022, 35(1): 57–60. [Xie L, Hu YP, Chen P, et al. The effect of dexmedetomidine as an adjuvant of ropivacaine for peripheral nerve block around the joint capsule in hip fracture surgery[J]. Chinese Journal of Clinical Research, 2022, 35(1): 57–60.] DOI: [10.13429/j.cnki.cjcr.2022.01.011](https://doi.org/10.13429/j.cnki.cjcr.2022.01.011).
- 31 万亮, 王小锐, 郭文艳, 等. 右美托咪定对骨科手术全麻患者麻醉深度及血流动力学的影响[J]. 实用药物与临床, 2019, 22(12): 1269–1272. [Wan L, Wang XR, Guo WY, et al. The effect of dexmedetomidine on anesthesia depth and hemodynamics in orthopedic surgery patients under general anesthesia[J]. Practical Pharmacy and Clinical Remedies, 2019, 22(12): 1269–1272.] DOI: [10.14053/j.cnki.ppcr.201912010](https://doi.org/10.14053/j.cnki.ppcr.201912010).
- 32 支燕, 殷政. 右美托咪定在超声引导神经阻滞对老年下肢骨科手术患者应用止血带后血流动力学的影响[J]. 湖南中医药大学学报, 2018, 38(A01): 154–155. [Zhi Y, Yin Z. The effect of dexmedetomidine on hemodynamics in elderly patients undergoing lower limb orthopedic surgery after the application of tourniquets in ultrasound-guided nerve block[J]. Journal of Hunan

- University of Traditional Chinese Medicine, 2018, 38 (A01): 154–155.] <https://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTOTAL-ZYYS201904012.htm>.
- 33 Byun SH, Lee J, Kim JH. Ultrasound-guided bilateral combined inguinal femoral and subgluteal sciatic nerve blocks for simultaneous bilateral below-knee amputations due to bilateral diabetic foot gangrene unresponsive to peripheral arterial angioplasty and bypass surgery in a coag[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2016, 95(29): e4324. DOI: [10.1097/MD.00000000000004324](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000004324).
- 34 杨德君. 右美托咪定对骨科全麻手术患者的镇痛效果、血流动力学和术后恢复的影响[J]. *医学临床研究*, 2018, 35(8): 1487–1489. [Yang DJ. Effects of dexmedetomidine on analgesic efficacy, hemodynamics, and postoperative recovery in orthopedic patients undergoing general anesthesia surgery[J]. *Journal of Clinical Research*, 2018, 35(8): 1487–1489.] DOI: [10.3969/j.issn.1671-7171.2018.08.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-7171.2018.08.010).
- 35 占霖森, 兰允平, 夏昌兴, 等. 右美托咪定超前镇痛应用于上肢骨折手术患者的术后镇痛效果观察[J]. *中华全科医学*, 2018, 16(7): 1091–1093. [Zhan LS, Lan YP, Xia CX, et al. Observation of postoperative analgesic effect of dexmedetomidine preemptive analgesia in patients undergoing upper limb fracture surgery[J]. *Chinese Journal of General Practice*, 2018, 16(7): 1091–1093.] DOI: [10.16766/j.cnki.issn.1674-4152.000300](https://doi.org/10.16766/j.cnki.issn.1674-4152.000300).
- 36 张成江, 霍建臻, 刘宏飞, 等. 右美托咪定联合超声引导下臂丛神经阻滞麻醉对老年肱骨骨折手术患者镇静评分与血流动力学指标的影响[J]. *山西医药杂志*, 2023, 52(24): 1894–1898. [Zhang CJ, Huo JZ, Liu HF, et al. The effect of dexmedetomidine combined with ultrasound-guided brachial plexus block anesthesia on sedation scores and hemodynamic indicators in elderly patients undergoing humeral fracture surgery[J]. *Shanxi Medical Journal*, 2023, 52(24): 1894–1898.] DOI: [10.3969/j.issn.0253-9926.2023.24.013](https://doi.org/10.3969/j.issn.0253-9926.2023.24.013).
- 37 董小强, 王彬, 王琦. 低剂量舒芬太尼联合右美托咪定 PCIA 在骨折术后镇痛中的应用观察[J]. *贵州医药*, 2023, 47(8): 1254–1255. [Dong XQ, Wang B, Wang Q. Observation of the application of low-dose sufentanil combined with dexmedetomidine PCIA in postoperative analgesia of fractures[J]. *Guizhou Pharmaceutical*, 2023, 47(8): 1254–1255.] DOI: [10.3969/j.issn.1000-744X.2023.08.047](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-744X.2023.08.047).
- 38 陈涛, 张文静, 陈勇, 等. 盐酸右美托咪定对脊柱侧弯矫形术患者体感诱发电位, 运动诱发电位以及术后疼痛的影响[J]. *临床和实验医学杂志*, 2024, 23(1): 98–101. [Chen T, Zhang WJ, Chen Y, et al. Effect of dexmedetomidine hydrochloride on somatosensory evoked potential, motor evoked potential and postoperative pain in scoliosis patients[J]. *Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2024, 23(1): 98–101.] DOI: [10.3969/j.issn.1671-4695.2024.01.026](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-4695.2024.01.026).
- 39 姜美玲, 伦明辉, 黄泽清. 右美托咪定介导 NLRP3/caspase-1/GSDMD 信号通路改善七氟烷致老年大鼠认知功能障碍[J]. *解剖科学进展*, 2023, 29(5): 517–520. [Jiang ML, Lun MH, Huang ZQ. Dexmedetomidine mediates NLRP3/caspase-1/GSDMD signaling pathway to improve cognitive impairment in elderly rats induced by sevoflurane[J]. *Progress of Anatomical Sciences*, 2023, 29(5): 517–520.] DOI: [10.16695/j.cnki.1006-2947.2023.05.019](https://doi.org/10.16695/j.cnki.1006-2947.2023.05.019).
- 40 黎杏梅, 陈燕桦, 钟妤, 等. 右美托咪定经海马 CA1 区 PPAR γ 磷酸化在大鼠体外循环脑保护中的作用[J]. *中国现代医学杂志*, 2024, 34(3): 42–48. [Li XM, Chen YH, Zhong Y, et al. The role of dexmedetomidine in neuroprotection during extracorporeal circulation in rats through PPAR γ phosphorylation in the hippocampal CA1 region[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2024, 34(3): 42–48.] DOI: [10.3969/j.issn.1005-8982.2024.03.007](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-8982.2024.03.007).
- 41 王军, 杨焱, 周丽丽. 右美托咪定复合不同麻醉深度在老年全髋关节置换术患者中的麻醉效果及对术后谵妄的影响[J]. *临床和实验医学杂志*, 2023, 22(13): 1448–1451. [Wang J, Yang Y, Zhou LL. Effect of dexmedetomidine combined with different depth of anesthesia on postoperative delirium in elderly patients with total hip arthroplasty[J]. *Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2023, 22(13): 1448–1451.] DOI: [10.3969/j.issn.1671-4695.2023.13.029](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-4695.2023.13.029).
- 42 康俊伟, 张慧, 陈怡宁, 等. 右美托咪定对原位肝移植受者术中及术后早期并发症的影响[J]. *中华外科杂志*, 2024, 62(2): 155–161. [Kang JW, Zhang H, Chen YN, et al. Effects of dexmedetomidine on intraoperative and early postoperative complications in orthotopic liver transplantation recipients[J]. *Chinese Journal of Surgery*, 2024, 62(2): 155–161.] DOI: [10.3760/cma.j.cn112139-20230801-00031](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112139-20230801-00031).

收稿日期: 2024 年 06 月 20 日 修回日期: 2024 年 12 月 13 日
本文编辑: 李 阳 钟巧妮