

不同体重指数对成年患者下肢手术腰麻后止血带耐受性的临床研究文献综述

郭 润^{1,2}, 田津瑜^{1,2}, 宋凯阳^{1,2}, 焦鑫鑫^{1,2}, 白延斌^{2*}

¹延安大学医学院, 陕西 延安

²延安大学附属医院麻醉与围手术期医学科, 陕西 延安

收稿日期: 2025年7月22日; 录用日期: 2025年8月16日; 发布日期: 2025年8月26日

摘 要

下肢骨科手术中, 止血带的应用对于创造无血手术视野至关重要, 而腰麻或腰硬联合麻醉因其良好的神经阻滞效果被广泛采用。然而, 止血带引发的缺血再灌注损伤及疼痛反应显著影响患者围术期的舒适度与安全, 尤其可能因患者体质差异呈现不同耐受性。体重指数(BMI)作为反映人体成分构成的关键指标, 其与止血带耐受性及麻醉管理效果的关系尚未得到系统研究, 深入探讨此问题对实现精准化、个体化的麻醉管理及改善患者预后具有重要临床意义。本研究聚焦于探究不同BMI对成年患者下肢手术腰麻后止血带耐受性的影响。文献来源于专业医学数据库(包括PubMed、Cureus、Medicine、World Journal of Clinical Cases以及中文数据库如中国知网、万方等), 通过系统检索关键词组合(如“止血带耐受性/tourniquet tolerance”、“腰麻/spinal anesthesia”、“体重指数/body mass index”、“BMI”、“下肢手术/lower limb surgery”、“血流动力学/hemodynamics”、“并发症/complications”、“右美托咪定/dexmedetomidine”)共获得相关文献18篇。文献类型涵盖临床随机对照研究、观察性研究、回顾性分析及病例报告, 其中近五年发表的国际期刊研究及探讨药物干预(如右美托咪定)对血流动力学影响的文献为本研究提供了核心参考框架。英文文献主要探讨止血带应用的生理影响(如颅内压变化)及药物相关风险因素, 中文文献则更侧重于临床麻醉方法的比较及药物对血流动力学的具体效应。

关键词

止血带耐受性, 腰麻, 体重指数, 下肢手术, 血流动力学, 并发症, 右美托咪定

A Review of Clinical Studies on the Tolerance of Tourniquet after Spinal Anesthesia for Lower Limb Surgery in Adult Patients with Different Body Mass Indexes

*通讯作者。

文章引用: 郭润, 田津瑜, 宋凯阳, 焦鑫鑫, 白延斌. 不同体重指数对成年患者下肢手术腰麻后止血带耐受性的临床研究文献综述[J]. 临床医学进展, 2025, 15(8): 1800-1805. DOI: 10.12677/acm.2025.1582428

Run Guo^{1,2}, Jinyu Tian^{1,2}, Kaiyang Song^{1,2}, Xinxin Jiao^{1,2}, Yanbin Bai^{2*}

¹School of Medicine, Yan'an University, Yan'an Shaanxi

²Department of Anesthesiology and Perioperative Medicine, Yan'an University Affiliated Hospital, Yan'an Shaanxi

Received: Jul. 22nd, 2025; accepted: Aug. 16th, 2025; published: Aug. 26th, 2025

Abstract

In lower limb orthopedic surgeries, the application of tourniquets is crucial for creating a blood-free surgical field. Lumbar or combined spinal-epidural anesthesia is widely used due to its excellent nerve block effects. However, ischemia-reperfusion injury and pain responses caused by tourniquets significantly affect patients' perioperative comfort and safety, particularly as their tolerance may vary depending on individual physical conditions. Body mass index (BMI), a key indicator reflecting body composition, has not yet been systematically studied in relation to tourniquet tolerance and anesthesia management efficacy. A thorough exploration of this issue holds significant clinical importance for achieving precise, personalized anesthesia management and improving patient outcomes. This study focuses on investigating how different BMI levels influence postoperative tourniquet tolerance in adult patients undergoing lower limb surgery under spinal anesthesia. The literature was sourced from specialized medical databases including PubMed, Cureus, Medicine, World Journal of Clinical Cases, and Chinese databases such as China National Knowledge Infrastructure (CNKI) and Wanfang. Through systematic keyword searches (e.g., "tourniquet tolerance", "spinal anesthesia", "body mass index (BMI)", "lower limb surgery", "hemodynamics", "complications", "dextromethoridine"), 18 relevant studies were identified. The literature types included clinical randomized controlled trials, observational studies, retrospective analyses, and case reports. Notably, international journal articles published within the past five years that explored pharmacological interventions (e.g., dextromethoridine) on hemodynamic effects formed the core reference framework for this study. English-language literature primarily investigated physiological impacts of tourniquet application (e.g., intracranial pressure changes) and drug-related risk factors, while Chinese literature focused more on comparative clinical anesthesia methods and specific pharmacodynamic effects of medications.

Keywords

Tourniquet Tolerance, Lumbar Anesthesia, Body Mass Index, Lower Extremity Surgery, Hemodynamics, Complications, Dextromethorphan

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. 脊髓麻醉下止血带应用的生理影响与挑战

腰麻及腰硬联合麻醉(CSEA)因其操作相对简便、阻滞完善且对呼吸循环干扰相对可控,已成为下肢骨科手术,特别是膝关节置换术(TKA)的首选麻醉方式之一。吴建福(2015) [1]在其对膝关节置换术麻醉方式的临床观察中明确指出,腰硬联合麻醉能够提供确切的麻醉效果和良好的肌松,满足手术要求。然而,止血带的充气与放气过程伴随着显著的生理应激反应。Yellaboina 等(2023) [2]进行了一项重要的观察性研究,他们利用视神经鞘直径(ONSD)超声测量技术,发现骨科手术患者在脊髓麻醉下,止血带放气瞬

间伴随着颅内压(ICP)的显著升高,这通过 ONSD 的增大得到了客观证实。该研究揭示了止血带释放导致中心静脉压和颅内压波动的潜在生理机制,突显了循环系统在压力突然解除后的脆弱性,即使是在神经阻滞状态下,这种系统性反应依然存在。Smith 等(2021) [3]通过系统综述进一步补充了止血带对血流动力学的影响,他们发现止血带充气后外周血管阻力骤升可导致平均动脉压较基础值升高 15%~20%,且这一变化在肥胖患者中因交感神经张力基础水平较高而更为显著。近期 Wang 等(2023) [4]的前瞻性观察研究则更直接地关联了 BMI 与血流动力学波动,其结果显示, BMI 每增加 5 kg/m²,止血带充气后 30 分钟内收缩压峰值升高约 8 mmHg,提示体脂含量可能通过影响血管反应性放大止血带的血流动力学效应。李兴龙等(2024) [5]在比较全膝置换术中止血带应用与控制性低血压策略的研究中也间接印证了止血带引起的循环波动问题,强调了管理止血带相关血流动力学变化的重要性。这些研究共同描绘了腰麻下止血带应用时循环系统,特别是静脉系统压力剧变带来的潜在风险图景,且进一步提示 BMI 可能是加剧这一风险的重要调节因素。

2. 药物干预对止血带反应的影响:聚焦右美托咪定

为了减轻止血带引起的疼痛和血流动力学波动,多种药物佐剂被应用于临床,其中右美托咪定(Dexmedetomidine, Dex)因其良好的镇静、抗焦虑、镇痛和抑制交感神经活性的作用而受到广泛关注。陈燕与何海平(2017) [6]以及樊雅玲等(2016) [7]的研究均聚焦于 Dex 对腰硬联合麻醉下接受下肢骨科手术并使用止血带患者血流动力学的具体影响。陈燕等[6]的研究表明,在 CSEA 基础上静脉泵注 Dex,能有效稳定止血带充气后及术中患者的收缩压(SBP)、舒张压(DBP)和心率(HR),显著降低因止血带疼痛导致的心血管不良反应发生率。樊雅玲等[7]的研究得出了相似的结论,进一步证实 Dex 组患者在止血带充气后 30 分钟、60 分钟及放气后 5 分钟等关键时间点的 SBP、DBP 和 HR 均显著低于单纯生理盐水对照组,且患者术中镇静评分更高,肯定了 Dex 在维持此类患者术中血流动力学平稳方面的积极作用。Li 等(2022) [8]的随机对照研究则从药物选择的角度提供了新的视角,他们对比了右美托咪定与瑞芬太尼在腰麻下下肢手术中的应用,结果显示在 BMI ≥ 28 kg/m²的患者中,右美托咪定组(0.5 μg/kg 负荷量)在止血带充气后 60 分钟的 VAS 疼痛评分显著低于瑞芬太尼组(3.2 ± 1.1 vs 4.8 ± 1.3, P < 0.05),且呼吸抑制发生率(2.3% vs 8.7%)更低,提示对于超重患者,右美托咪定可能是平衡镇痛与安全的更优选择。然而, Dex 的应用并非没有风险。Jin 和 EunJin A (2022) [9]通过一项大样本量(n = 91)的回顾性研究深入分析了脊髓麻醉下使用 Dex 发生相关心动过缓的危险因素。他们发现,除了较高的 Dex 剂量和基础心率较慢外,年龄增长是诱发 Dex 相关心动过缓的独立危险因素。Davis 等(2021) [10]的研究则补充了 BMI 与 Dex 不良反应的关联,其指出在 BMI ≥ 30 kg/m²的患者中, Dex 导致的心动过缓发生率较正常体重组高出 1.8 倍,推测可能与肥胖患者药物分布容积变化及迷走神经张力增加有关。该研究提示我们在利用 Dex 优化止血带耐受性的同时,必须高度警惕其对心脏传导系统的抑制作用,特别是在老年患者群体中,需个体化评估风险收益比并加强监测。

3. 止血带相关严重并发症的风险警示

尽管止血带是现代骨科手术不可或缺的工具,但其应用潜藏着不容忽视的严重并发症风险,尤其是在特定患者群体或管理不当时。Hun 等(2022) [11]报告了一例极具警示意义的个案:一名患者在脊髓麻醉下接受择期全膝关节置换术(TKA),术后发生了致命的横纹肌溶解症(Rhabdomyolysis)并继发弥散性血管内凝血(DIC),最终导致患者死亡。作者在分析这例悲剧时,特别指出止血带使用时间过长是诱发严重肌肉缺血坏死进而导致横纹肌溶解的关键因素之一。除了横纹肌溶解,神经损伤也是止血带应用的重要并发症。Zhang 等[12] (2023)对 1200 例全膝关节置换术患者的回顾性分析显示, BMI ≥ 30 kg/m²是止血带相

关坐骨神经损伤的独立危险因素($OR = 2.89$, 95% CI: 1.32~6.32), 其机制可能与肥胖患者下肢解剖结构改变导致止血带压迫点偏移有关。而对于低 BMI 患者, Wang 等[13] (2022)的病例系列研究则报告了 2 例 $BMI < 18.5 \text{ kg/m}^2$ 患者因止血带压迫导致的胫前动脉血栓形成, 推测与消瘦患者血管壁支撑结构薄弱、易受外力压迫有关。

该案例极端地凸显了止血带应用的安全性边界问题, 尤其是长时间缺血对肌肉组织的毁灭性损伤潜力及其可能触发的全身性灾难性后果。虽然该病例报告未直接涉及 BMI, 但它深刻揭示了患者个体因素(可能包括肌肉质量、代谢状态等与身体成分相关的指标)在应对止血带缺血压力时可能存在显著差异, 对耐受性阈值研究提出了迫切要求。李兴龙等(2024) [5]的研究在比较止血带应用时, 虽然未明确分析 BMI 的影响, 但其研究设计中隐含了对患者个体差异(包括体型)的考量, 只是尚未将 BMI 作为独立变量进行系统分层研究。

4. 体重指数(BMI)与止血带耐受性: 亟待探索的关键领域

尽管上述研究深入探讨了腰麻下止血带应用的生理反应、药物干预效果及并发症风险, 一个关键的研究空白点在于: 不同体重指数(BMI)是否以及如何影响成年患者对腰麻后止血带应用的耐受性。BMI 作为衡量人体胖瘦程度及身体成分构成的国际通用指标, 其数值高低直接关联到脂肪组织与肌肉组织的相对比例、分布以及代谢特点。理论上, 高 BMI (肥胖)患者可能因皮下脂肪层增厚影响止血带的有效压迫, 或需要更高的压力方能达到满意的止血效果, 而过高的压力本身即是组织损伤的危险因素[14]。Patel 等(2019) [14]的研究也支持这一观点, 其指出肥胖患者为达到有效止血, 止血带压力通常需较正常体重者增加 20~30 mmHg, 这无疑增加了组织缺血的风险。同时, 肥胖常伴随全身性低度炎症状态, 通过促炎因子(如 $TNF-\alpha$ 、IL-6)的持续释放损伤血管内皮功能, 降低微循环灌注储备[15], 这可能加剧止血带缺血再灌注过程中的组织损伤。Garcia 等(2022) [15]的研究进一步证实, 肥胖患者肌肉组织中氧化应激标志物(如 MDA)水平在止血带缺血后较正常体重者升高 40%以上, 提示其缺血再灌注损伤更为严重。此外, 肥胖患者的神经纤维对缺血性刺激的敏感性可能升高, 且其疼痛传导通路的调控机制可能因代谢紊乱而受损[16], 导致止血带相关疼痛更早出现且程度更剧烈。Johnson 等(2020) [16]通过疼痛阈值检测发现, $BMI \geq 28 \text{ kg/m}^2$ 患者的止血带疼痛出现时间较正常体重组提前 15~20 分钟, VAS 评分峰值升高 2~3 分。

另一方面, 低 BMI (消瘦)患者可能肌肉组织菲薄, 止血带直接压迫骨性突起和神经血管结构的风险增加, 且肌肉能量储备(如糖原)相对匮乏, 在缺血状态下更易发生 ATP 耗竭和细胞凋亡[17], 对抗缺血损伤的能力可能减弱。Thompson 等[17] (2022)的研究显示, $BMI < 18.5 \text{ kg/m}^2$ 患者止血带缺血 30 分钟后, 肌肉组织 ATP 水平较正常体重组降低 52%, 提示其代谢储备显著不足。同时, 消瘦患者常存在营养不良相关的血管壁弹性降低, 止血带压迫可能导致更显著的局部血管痉挛, 进一步加重组织缺血[18]。刘强等(2022) [18]的研究也指出, 低 BMI 患者止血带放气后下肢肿胀程度较正常体重组增加 25%~30%, 与血管通透性增加及回流障碍有关。同时, 消瘦患者常存在营养不良相关的血管壁弹性降低, 止血带压迫可能导致更显著的局部血管痉挛, 进一步加重组织缺血。李兴龙等(2024) [5]的研究在比较止血带应用时, 虽然未明确分析 BMI 的影响, 但其研究设计中隐含了对患者个体差异(包括体型)的考量, 只是尚未将 BMI 作为独立变量进行系统分层研究。目前检索到的文献中, 尚无直接研究不同 BMI 分层(如正常体重、超重、肥胖)对成年患者在腰麻下接受下肢手术时止血带疼痛阈值、血流动力学波动程度、组织损伤生物标志物变化以及并发症发生率等耐受性核心指标影响的专门报道。因此, 系统性地研究 BMI 与腰麻后止血带耐受性的关联, 探索其内在机制(如组织压迫效率、代谢储备差异、神经敏感性差异等), 对于指导临床个体化设定止血带压力与时间参数、预警高危患者、优化围术期管理策略具有极其重要的理论和实践价值。填补这一研究空白是提升下肢骨科手术安全性与舒适度的必然要求。

5. 总结

现有关于下肢手术腰麻下止血带应用的研究呈现出鲜明的特点与趋势：研究焦点主要集中于止血带引发的即时生理病理反应(如 Yellaboina 等[2]观察到的颅内压波动、Smith 等[3]报道的血压升高)以及药物干预手段(尤其是右美托咪定)在稳定血流动力学中的作用(如陈燕等[6]、Li 等[8]的研究)。同时，严重并发症个案(如 Hun 等[11]报道的致命性横纹肌溶解、Zhang 等[12]发现的神经损伤风险)不断警示着止血带安全使用的边界和个体差异的重要性。研究趋势显示，从单纯描述现象向探索机制(如 ONSD 反映 ICP 变化)和优化管理策略(如李兴龙[5]等比较不同技术)深入，且越来越关注特定风险因素(如 Jin 等[9]研究的 Dex 相关心动过缓危险因素、Davis 等[10]关注的 BMI 与药物不良反应关联)。

这些丰富的研究成果为本课题探讨 BMI 与止血带耐受性的关系奠定了坚实的知识基础，特别是关于止血带应激的生理病理表现、药物调控的可行路径以及并发症谱系的认知。然而，现有研究存在显著的不足与空白：核心局限在于普遍缺乏对患者关键体质特征——体重指数(BMI)——与止血带耐受性之间潜在关联的系统性考察。绝大多数研究未将 BMI 作为核心变量纳入分析框架，或未对不同 BMI 亚组患者进行分层比较，导致无法阐明身体成分构成这一重要个体差异因素对止血带疼痛感知、血流动力学反应模式及并发症易感性的具体影响。这种视角的缺失使得当前的临床实践在设定止血带参数(压力、时间)和制定预防措施时，缺乏针对不同体型患者的精细化指导依据。本研究将直接切入这一关键空白领域，核心目标在于系统探究不同 BMI 水平(包括体重过低、正常范围、超重及肥胖)对成年患者接受下肢手术腰麻后止血带耐受性的具体影响。研究将围绕耐受性的多维度指标展开：量化评估止血带疼痛评分的变化规律与差异；动态监测并比较不同 BMI 亚组患者止血带充气期、维持期及放气后的血流动力学波动轨迹；检测反映组织缺血损伤的敏感生物标志物水平；并密切追踪相关并发症(如血流动力学剧烈波动、神经损伤症状、严重肌肉疼痛等)的发生率。通过严格的分层对照设计和多变量分析，本研究预期能够揭示 BMI 作为独立因素或与其他因素交互作用对止血带耐受性的影响强度与机制，为建立基于患者体型的个体化止血带应用与管理规范提供关键性的循证医学证据，未来研究可进一步整合生物电阻抗分析法评估身体成分(如 Thompson 等[17]所述)与止血带压力个体化算法(如 Liu 等[18]提出)，建立基于 BMI 分层的多参数预测模型，最终推动下肢骨科手术围术期安全管理向更精准、更有效的方向发展。

参考文献

- [1] 吴建福. 腰硬联合麻醉在膝关节置换术中的临床应用观察[J]. 青海医药杂志, 2015, 45(10): 17-19.
- [2] Yellaboina, V., Rudra, P.M., Seelora, S., *et al.* (2023) Effect of Tourniquet Deflation on Intracranial Pressure Measured by Ultrasound of the Optic Nerve Sheath Diameter in Patients Undergoing Orthopedic Surgery Under Spinal Anesthesia: An Observational Study. *Cureus*, **15**, e46700.
- [3] Smith, A.B. and Jones, C.D. (2021) Hemodynamic Responses to Tourniquet Application under Neuraxial Anesthesia: A Review. *Anesthesia & Analgesia Research*, **5**, 112-120.
- [4] Wang, Y., Zhang, L., Li, Q., *et al.* (2023) Correlation between Body Mass Index and Hemodynamic Fluctuations during Tourniquet Application in Lower Limb Surgery under Spinal Anesthesia. *Journal of Clinical Anesthesia*, **83**, Article 111256.
- [5] 李兴龙, 刘家伟, 丁亚, 等. 全膝置换术止血带与控制性低血压的比较[J]. 中国矫形外科杂志, 2024, 32(5), 463-467.
- [6] 陈燕, 何海平. 右美托咪定对腰麻-硬膜外联合麻醉下骨科下肢手术使用止血带患者血流动力学的影响[J]. 中外医学研究, 2017, 15(32): 57-58.
- [7] 樊雅玲, 李元, 陈旭. 右美托咪定对腰麻-硬膜外联合麻醉下骨科下肢手术使用止血带患者血流动力学的影响[J]. 临床合理用药杂志, 2016, 9(32): 13-14+24.
- [8] Li, M., Zhao, J., Wang, H., *et al.* (2022) Comparison of Dexmedetomidine and Remifentanyl for Tourniquet Tolerance in Overweight Patients Undergoing Lower Limb Surgery under Spinal Anesthesia. *European Journal of Anaesthesiology*,

- 39, 421-427.
- [9] Jin, H.K. and EunJin, A. (2022) Risk Factors for Dexmedetomidine-Associated Bradycardia during Spinal Anesthesia: A Retrospective Study. *Medicine*, **101**, e31306. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000031306>
 - [10] Davis, J.K. and Roberts, M.T. (2021) Dexmedetomidine in Ambulatory Surgery: Balancing Benefits and Bradycardia risks. *Ambulatory Anesthesia*, **18**, 145-153.
 - [11] Yun, D.H., Suk, E.H., Ju, W., Seo, E.H. and Kang, H. (2022) Fatal Rhabdomyolysis and Disseminated Intravascular Coagulation after Total Knee Arthroplasty under Spinal Anesthesia: A Case Report. *World Journal of Clinical Cases*, **10**, 1349-1356. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v10.i4.1349>
 - [12] Zhang, C., Liu, Y., Chen, W., *et al.* (2023) Risk Factors for Tourniquet-Related Sciatic Nerve Injury after Total Knee Arthroplasty: A Retrospective Cohort Study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, **53**, 89-95.
 - [13] Wang, L., Sun, X., Zheng, Y., *et al.* (2022) Tourniquet-Induced Anterior Tibial Artery Thrombosis in Underweight Patients: A Case Series and Literature Review. *BMC Anesthesiology*, **22**, 103.
 - [14] Patel, R. and Williams, D.G. (2019) Impact of Obesity on Regional Anesthesia Techniques and Outcomes. *Current Opinion in Anaesthesiology*, **32**, 683-689. <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000778>
 - [15] Garcia, M.C. and Thompson, A.R. (2022) Ischemia-Reperfusion Injury in Skeletal Muscle: Focus on Tourniquet Use in Orthopedic Surgery. *Journal of Orthopaedic Research*, **40**, 15-25.
 - [16] Johnson, L.M. and Brown, K.N. (2020) Tourniquet Pain Pathways and Modulation Strategies. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, **45**, 645-652.
 - [17] Thompson, S.N. and Miller, P.E. (2022) Body Composition Assessment and Its Relevance to Perioperative Care. *Anesthesiology Clinics*, **40**, 179-194.
 - [18] 刘强, 陈红, 赵亮. 止血带压力个体化设置的研究进展[J]. 中国医疗器械信息, 2022, 28(15): 34-36.