

腹腔镜阑尾切除术的研究现状与进展

刘立民, 万柏江, 刘 卓

国家电网公司北京电力医院普外科, 北京

收稿日期: 2025年9月21日; 录用日期: 2025年10月14日; 发布日期: 2025年10月22日

摘 要

腹腔镜阑尾切除术(Laparoscopic appendectomy, LA)作为一种微创手术方式, 较传统开腹阑尾切除术(Open appendectomy, OA)具有创伤小、术后恢复快等优势。随着设备与技术的不断进步, LA已成为急性阑尾炎的主流治疗手段。然而, 其在特殊病情(如阑尾周围脓肿、妊娠期阑尾炎等)、术式选择(如SILA、NOTES)、术后疼痛管理及成本效益等方面仍存在诸多争议与优化空间。本文旨在系统综述LA的研究现状与最新进展, 重点剖析目前存在争议的临床问题, 评估不同术式的真实效益, 探讨快速康复外科(ERAS)理念及区域神经阻滞等疼痛管理新策略在LA中的应用, 并提出未来研究方向与临床实践建议, 以期为LA的规范化、个体化应用提供理论依据。

关键词

腹腔镜阑尾切除术, 单孔阑尾切除术, 阑尾周围脓肿, 现状, 研究进展

Research Status and Progress of Laparoscopic Appendectomy

Limin Liu, Baijiang Wan, Zhuo Liu

Department of General Surgery, Beijing Electric Power Hospital, State Grid Corporation of China, Beijing

Received: September 21, 2025; accepted: October 14, 2025; published: October 22, 2025

Abstract

Laparoscopic appendectomy (LA), as a minimally invasive surgical approach, offers advantages such as reduced trauma and faster postoperative recovery compared to traditional open appendectomy (OA). With the continuous advancement of equipment and techniques, LA has become the mainstream treatment for acute appendicitis. However, there remain numerous controversies and areas for optimization in special conditions (such as periappendiceal abscess, pregnancy-related appendicitis), surgical technique selection (such as single-incision LA, Natural Orifice Transluminal

Endoscopic Surgery—NOTES), postoperative pain management, and cost-effectiveness. This article aims to systematically review the current research status and latest progress of LA, with a focus on analyzing currently controversial clinical issues, evaluating the true benefits of different surgical techniques, exploring the application of Enhanced Recovery after Surgery (ERAS) concepts and new pain management strategies such as regional nerve blockade in LA, and proposing future research directions and clinical practice recommendations. The goal is to provide a theoretical basis for the standardized and individualized application of LA.

Keywords

Laparoscopic Appendectomy, Single-Incision Appendectomy, Periappendiceal Abscess, Current Status, Research Progress

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

急性阑尾炎是最常见的腹部外科急症，阑尾切除术亦是全球开展最多的外科手术之一。随着微创外科技术的飞速发展，LA 已成为多数医疗中心治疗阑尾炎的首选术式[1] [2]。然而，尽管 LA 技术日益成熟，其在临床应用中仍面临诸多挑战与争议，如单孔腹腔镜手术的实际效益、阑尾周围脓肿的处理时机、特殊人群(儿童、老年、孕妇)的手术策略选择，以及术后疼痛管理及 ERAS 路径整合等。本文不仅旨在综述 LA 的技术发展与临床应用现状，更力求深入分析当前存在的争议焦点，基于最新证据进行批判性评估，明确 LA 在不同临床情境下的优势与局限，并进一步探讨其与快速康复外科理念结合的应用潜力，为临床实践提供循证参考与前瞻性视角。

2. 腹腔镜阑尾切除术的历史与发展可以分为几个阶段

早期探索(1980 年代): 1983 年，德国外科医生 Semm [3]完成了世界上首例腹腔镜阑尾切除术。这一时期，腹腔镜技术仍在发展，LA 的普及和应用相对有限。技术发展(1990 年代): 随着腹腔镜技术的成熟和普及，LA 开始在更多医院和诊所得应用[4]。这一时期，LA 的手术技巧和设备得到了显著改进，手术适应症也逐渐扩大。普及与标准化(2000 年代): 2000 年代初期，LA 已成为许多医院的标准阑尾切除术方式[5] [6]。手术技术和设备进一步优化，包括单孔腹腔镜技术的发展，使得 LA 更加微创和美观。当前状态(2020 年代): LA 已成为治疗急性阑尾炎的首选方法，其创伤小、恢复快、术后并发症发生率低等优点得到了广泛认可。手术技术和设备持续进步，如 3D 腹腔镜和机器人[7]。辅助腹腔镜阑尾切除术的出现，进一步提高了手术的安全性和效率。随着技术的进一步发展，LA 将继续优化，手术时间可能进一步缩短，术后恢复时间进一步减少。个性化手术和远程腹腔镜手术的可能性也在增加，这将为患者提供更多选择和便利。总体而言，腹腔镜阑尾切除术从早期的探索和试验阶段，发展到如今已成为一种标准化的手术方法，其历史反映了微创外科技术的快速进步和手术理念的转变。随着技术的发展，LA 将继续在治疗阑尾炎中发挥重要作用。

3. 腹腔镜阑尾切除术的适应症

主要包括以下情况[5] [8]-[10]: (1) 急性单纯性阑尾炎及慢性阑尾炎: 这是 LA 最常见和最适宜的适

应证,适用于大多数急性阑尾炎及慢性阑尾炎患者。(2) 儿童阑尾炎:由于儿童的解剖特点,LA可以减少对腹壁的损伤,促进术后恢复。(3) 糖尿病阑尾炎患者:糖尿病患者可能对传统手术的恢复更为敏感,LA可以减少术后并发症的风险。(4) 肥胖阑尾炎患者:肥胖患者由于腹部脂肪层较厚,LA可以提供更好的视野和操作空间,减少对腹腔的干扰。(5) 急性化脓性阑尾炎:尽管这类阑尾炎可能需要更复杂的手术处理,LA仍然是一个可行的选择,特别是在患者条件允许的情况下。(6) 不能明确诊断为阑尾炎,但具有开腹探查指征的腹膜炎患者:在无法确定阑尾炎的情况下,LA可以作为一种诊断性手术,同时进行治疗。(7) 阑尾周围脓肿:LA可以减少对周围组织的损伤,有助于减少术后并发症。(8) 复发性阑尾炎:对于反复发作的阑尾炎,LA可以作为一种长期解决方案。(9) 阑尾憩室:憩室可能导致炎症,LA可以同时切除憩室和阑尾。(10) 阑尾异位:对于阑尾位置异常的患者,LA可以提供更好的视野,有助于更精确的手术操作。随着腹腔镜技术的日趋成熟,手术适应证不断地拓宽,不仅原来认为的手术禁忌证现在已经不复存在,如阑尾已经坏疽或穿孔,或者阑尾与周围组织严重粘连的患者LA是安全、可行的,术中阑尾根部结扎牢靠,术后发生粪瘘等并发症的风险并不增加[11]。有过腹部手术史也曾被作为的相对禁忌证,现在也在被突破[12]。需要注意的是,尽管LA在许多情况下都是首选治疗方法,但并不是所有阑尾炎患者都适合LA。在手术的过程中,应该把降低患者损伤放在第一位,在阑尾炎手术过程中如果出现患者气腹建立困难、阑尾残端处理困难、阑尾肿瘤或者阑尾与周边组织粘连难以游离以及存在解剖变异等情况时[13],及时中转手术是一种选择而不是失败的结果。此外,LA的实施也受到手术者经验、手术设备和技术水平的影响。因此,在决定是否进行LA时,需要综合考虑患者的具体情况、手术者的经验和医院的技术条件。

4. 腹腔镜阑尾切除术的麻醉方法

目前腹腔镜阑尾切除术主要采用静脉复合麻醉和连续硬膜外麻醉两种方式。静脉复合麻醉是LA的首选麻醉方式[14],具有麻醉效果好、人工气腹建立理想等优点[15]。它通过静脉注射麻醉药物,使患者进入无意识状态,以进行手术。缺点是费用较高,术后容易引发心肺并发症。连续硬膜外麻醉优点是对患者上腹部疼痛及恶心呕吐等症状的缓解效果较好。缺点是约有80%的患者在术中会出现阑尾牵拉反射严重的情况,且术后易引发上腹部疼痛及恶心呕吐等症状。为了改善连续硬膜外麻醉的不足,临床通常采用腰硬联合麻醉方式[16]。一般来说,麻醉平面达到T6~T8便可以取得较为理想的麻醉效果。总的来说,选择合适的麻醉方式需要根据患者的具体情况和手术医师的经验来决定。

5. 腹腔镜阑尾切除术的手术术式选择

腹腔镜阑尾切除术基于是否需要建立气腹可以分为气腹型和免气腹型两种手术术式。气腹型通过向腹腔内注入二氧化碳气体,建立气腹以增加手术操作空间,适合处理阑尾周围粘连严重、阑尾位置不明确等情况[17]。而免气腹型则通过腹壁牵引装置对腹壁进行牵引,避免气腹对心肺功能的影响,可以降低CO₂结合率,维持术中血流动力学稳定,减少并发症发生[18],适用于合并严重心肺疾病的患者及老年患者。在选择手术方式时,需综合考虑患者的病情、手术医师的经验、手术设备的可获得性以及患者的个人意愿。

基于穿刺孔的数量,腹腔镜阑尾切除术可以分为单孔法、两孔法和三孔法。早期,由于手术器械的限制和手术操作技术的不成熟,腹腔镜阑尾切除术通常采用多孔法,即四个或更多的戳孔。随着手术医师的操作技能提高和手术器械的改进,手术戳孔的数量逐渐减少,由多孔法向三孔法、两孔法甚至单孔法及自然腔道转变。

三孔法腹腔镜阑尾切除术是目前临床应用最广泛的主流腹腔镜手术方式[19]。这种方法通过三个穿

刺孔进行手术, 其中一个为脐部观察孔, 另外两个为操作孔。手术操作中, 首先在脐部建立观察孔, 通过该孔放入腹腔镜, 然后通过另外两个操作孔放入手术器械。三孔法操作简便, 视野开阔, 可以较好地完成腹腔探查和相对复杂的手术。三孔法腹腔镜阑尾切除术的优点在于其住院时间、术后美容、术后疼痛、术后感染率以及术后长时间满意度方面相比 OA 优势更明显[20]。不同戳孔入路 LA 国内外尚无统一标准, 常用的有以下 3 种: 脐孔、麦氏点、耻骨联合上方戳孔, 脐孔、反麦氏点、耻骨联合上方戳孔, 脐孔、耻骨联合上方左右戳孔[21]。然而戳孔的选择也应建立在手术顺利基础上, 而非为了美观盲目选择, 从而忽视手术时间延长以及由此而带来的麻醉风险及额外费用。

两孔法腹腔镜阑尾切除术是在三孔法的基础上逐渐过渡到的一种手术方式。这种方法通过两个穿刺孔进行手术, 一个用于观察, 另一个用于操作。两孔法腹腔镜阑尾切除术的优点在于手术创伤更小, 术后康复快、无需特殊手术器械与耗材、切口隐蔽美观等优点。相比三孔阑尾切除, 手术操作相对复杂, 需要术者具备一定的手术经验, 因此, 早期开展该手术, 建议选择 BMI 低, 阑尾炎症不重, 腹腔粘连较轻的患者[22]。然而对于阑尾脓肿、腹腔粘连重尤其回盲部炎症重、回盲部粘连固定不动、阑尾无法暴露的病例, 该术式亦不适用[23]。

单孔腹腔镜阑尾切除术(single incision laparoscopy appendectomy, SILA)是目前临床应用的一种新方法, 这种方法通过一个穿刺孔进行手术, 即脐部。单孔法腹腔镜阑尾切除术的优点在于手术创伤更小, 术后恢复更快, 术后感染率较低, 疤痕更小, 特别适合那些对切口疤痕外观有强烈需求的患者[24]。韩福洲等[25]总结了急诊行腹腔镜阑尾切除术的 1104 例复杂性阑尾炎病人, 其中行 SILA 788 例, 认为在熟练掌握传统 LA 操作的基础上, 开展 SILA 是安全可行的, 其除有瘢痕隐蔽美观功能外, 并不延长手术时间、增加术后并发症风险, 挑战了“SILA 必然更难”的传统观念。然而, 多项 Meta 分析[26] [27]指出了 SILA 的固有缺陷: “器械打架”、三角缺失、操作视野受限等问题可能导致术者操作不便, 尤其在处理肥胖、穿孔或后位阑尾等复杂情况时, 手术时间可能延长, 学习曲线陡峭。关于术后疼痛, 现有证据并不一致, 如 Cai 等的分析显示 SILA 与常规 LA 无显著差异, 表明术后疼痛可能更多与气腹压力、个体差异及疼痛管理策略相关, 而非取决于戳孔数量[28]。

当前关于 SILA 的许多研究存在高度选择性偏倚(多选择简单病例)和发表偏倚(阳性结果更易发表), 且缺乏长期的生活质量及患者报告结局评估。其“真实效益”需重新审视: 美容效益是明确的, 但应权衡其与潜在增加的手术风险和成本。其并非技术上的“进阶”, 而是一种“替代”。它更适合由已熟练掌握传统多孔 LA 技术的医生, 在经过严格培训后, 选择性地应用于 BMI 较低、诊断明确、无严重腹腔粘连的预期简单病例。未来研究不应再局限于比较手术时间、切口感染率等传统指标, 而应更多采用 RCT 设计, 并纳入基于患者视角的核心结局指标集, 如美容满意度、躯体形象评分、长期腹壁感觉异常发生率以及详细的成本效益分析, 以真正明确 SILA 的附加价值。

总的来说, 随着腹腔镜技术的不断进步, 手术戳孔的数量逐渐减少, 手术创伤进一步减小, 术后恢复更快, 为患者提供了更多的选择, 今后仍需通过多中心、高质量、大样本、双盲随机对照实验进行进一步验证。

经自然腔道腹腔镜阑尾切除术(natural orifice transluminal endoscopic surgery, NOTES)是一种新兴的微创手术技术, 它通过人体自然腔道(如胃、阴道、结肠或膀胱)进入腹腔进行手术, 避免了传统腹腔镜手术需要腹壁切口的缺点[29]。这种手术方式的主要优势包括腹壁无切口、手术创伤小、术后恢复快、术后疼痛轻以及减少术后并发症的发生。在阑尾切除方面, NOTES 技术可以采用经胃、经阴道或经结肠等不同途径进入腹腔。经阴道阑尾切除术(transvaginal appendectomy, TVA)为传统腹腔镜阑尾切除术(LA)提供了一种潜在的侵入性小的选择, 对术后性功能无影响, 近期疗效满意, 无痕美容效果确切, 是已婚经产妇且美容要求较高阑尾炎患者的可选术式[30]-[32]。然而, NOTES 技术在阑尾切除中的应用仍面临一些挑

战, 包括穿刺孔的闭合技术、潜在的感染和并发症风险、手术器械的改进以及手术的安全性和有效性评估等[33] [34]。此外, NOTES 手术需要更高的技术要求, 因此需要有经验的医生进行操作。尽管如此, 随着技术的不断发展和完善, NOTES 技术在阑尾切除中的应用前景广阔。它有望成为一种安全、有效的手术方式, 为更多患者提供微创治疗的选择。

6. 腹腔镜阑尾切除术的并发症与优势

腹腔镜阑尾切除术(laparoscopic appendectomy, LA)与传统的开腹阑尾切除术(open appendectomy, OA)相比, 具有明显的优势和较少的并发症。LA 通过腹腔镜提供清晰的三维视野, 使手术操作更加精准, 同时其微创特性减少了手术创伤, 患者术后疼痛较轻, 恢复时间缩短。对于肥胖女性患者优势更明显[35]。LA 因切口较小, 多不必缝合, 减少了缝线反应及缝线疤痕。LA 切口位于脐部, 与脐皱襞相融合, 不细看很难发现, 具有美容优势。LA 操作孔通常可置于髂前上棘连线以下, 其疤痕可通过衣饰遮蔽; 患者对术后的腹部疤痕满意[36]。LA 可以同时对整个腹盆腔进行检查, 有助于发现并处理其他潜在的腹部问题[37]。尽管 LA 的切口感染率较低, 但仍需注意预防; 一项纳入了十二项回顾性病例对照研究的荟萃分析显示, 与开腹阑尾切除术(OA)相比, LA 降低了手术部位感染(SSI)率, 比值比(OR) 0.23, 95%置信区间(CI): 0.14~0.37, 并且腹内脓肿(IAA)并发症发生率无差异 OR: 1.02, 95% CI 0.56~1.86 [38]。LA 减少了肠粘连的风险, 但在某些情况下仍可能发生肠梗阻; LA 的残端处理技术已经成熟, 在阑尾基底坏死、阑尾穿孔或严重炎症影响盲肠基底的情况下 LA 也可以安全进行[39]。

总体而言, LA 以其微创、术后恢复快、并发症发生率低等优势, 在临床中被广泛应用, 但仍需根据患者具体情况选择合适的手术方式, 并注意预防并发症的发生。

7. 在阑尾周围脓肿的应用

尽管腹腔镜治疗阑尾周围脓肿的优势明显, 但仍存在一些争议, 其中最主要的争议点在于手术时机的选择。主张早期手术(确诊后积极进行腹腔镜引流及阑尾切除)的研究认为, 其能有效避免保守治疗失败或复发带来的二次风险[40]。多项回顾性研究[41] [42]表明, 由经验丰富的腔镜外科医生操作, 早期 LA 可实现脓液的彻底引流、清除感染源(阑尾), 并直接处理可能存在的粪石, 从而显著缩短总住院时间、减少抗生素使用时长, 并让患者避免经历长达数周的不适期和等待期后再次手术的生理与心理负担。随着技术进步, 对于粘连严重、解剖不清的病例, 腹腔镜提供的放大视野有助于精细分离, 减少肠管损伤风险[43]。

持保守态度的观点则强调, 脓肿形成初期炎症水肿严重, 组织脆弱, 此时手术可能导致感染扩散、副损伤风险增高, 且中转为开腹手术的概率相对较高[44] [45]。传统策略主张先行 CT 或超声引导下经皮穿刺引流(percutaneous drainage, PCD), 配合抗生素治疗, 待脓肿消退、炎症控制后(通常间隔 6~8 周)再行延期阑尾切除术(interval appendectomy, IA)。然而, 该策略的弊端在于: 患者需承受两次医疗干预(引流 + 手术)、总体医疗成本可能增加, 且有相当一部分患者(约 10%~30%)在保守期间因病情反复而需急诊手术, 另有部分患者脓肿消退后粘连严重, 增加了延期手术的难度[46]。

目前的高质量证据[47] [48]并未明确给出绝对优选的单一策略。决策应基于“个体化”原则, 综合考虑脓肿大小、患者全身状况、外科团队的技术水平及医院的多学科协作能力。对于脓肿较大(如直径 > 5 cm)、包裹完整、全身中毒症状较重的患者, 采取“PCD + 抗生素”的初始治疗是安全有效的, 可为后续择期 LA 创造更佳条件。对于脓肿较小、患者一般情况稳定、且所在中心具备处理复杂腹腔镜手术能力的, 积极尝试早期腹腔镜手术可使患者获益更多, 一次性解决问题。未来研究方向应聚焦于建立预测早期 LA 成功与否的临床评分系统, 并开展更多前瞻性随机对照试验, 比较“早期 LA”与“PCD + IA”两

种策略在长期生活质量、总费用效益和并发症方面的差异。

8. 在儿童阑尾炎的应用

腹腔镜阑尾切除术在儿童阑尾炎的应用已经得到了广泛的认可和推广。这种手术方法相较于传统的开放手术,具有创伤小、恢复快、并发症少等优点,尤其适合在儿童群体中实施[49][50]。首先,儿童的身体结构和生理特点决定了他们更容易从微创手术中获益。儿童的腹壁相对较薄,腹腔镜设备更容易穿透腹壁进行操作,从而减少了手术创伤。此外,儿童的恢复能力较强,术后恢复时间通常较短,能够更快地回到正常的学习和生活状态。其次,腹腔镜阑尾切除术在手术过程中具有更高的精确性和安全性。通过高清摄像设备的辅助,医生可以清晰地看到腹腔内的组织结构,准确判断阑尾的位置和炎症程度,从而避免了误伤其他组织的风险。同时,腹腔镜手术还可以减少术后粘连的发生,进一步降低了并发症的风险。然而,需要注意的是,腹腔镜阑尾切除术在儿童阑尾炎的应用中仍存在一定的挑战和限制。例如,与成人相比,儿童在腹腔镜阑尾切除术后手术部位感染(surgical site infection, SSI)率更高[51],对于某些病情严重、炎症范围广泛的患儿,可能需要进行更复杂的手术操作或转为开放手术[52]。在一项针对儿童和青少年的研究中,Johnson 等人发现腹膜炎、脓肿、肥胖和 13 岁或以上的患者的转化率更高[53]。然而,有研究发现,随着年龄的增长,转化率逐渐降低,特别是在年轻患者中,腹腔镜转为开放手术经常导致并发症,而且年龄最低的患者组(1~5 岁)从腹腔镜手术中获益最少[54]。

总之,腹腔镜阑尾切除术在儿童阑尾炎的应用是一种安全、有效的手术方法,腹腔镜阑尾切除术并不一定是所有患者的最佳选择。随着医疗技术的不断进步和设备的不断完善,相信这种手术方法将在未来得到更广泛的应用和推广。

9. 在老年阑尾炎的应用

在老年阑尾炎患者的治疗中,腹腔镜阑尾切除术相较于传统的开腹手术,具有明显的优势[55]。老年患者由于生理器官衰退、免疫力低、抵抗力弱,以及常合并其他基础疾病,手术耐受性较差,老年患者采用传统的开腹手术治疗,创伤较大。在这种情况下,腹腔镜阑尾切除术的微创手术特点,能够有效降低手术创伤和术后疼痛,减少并发症的发生,加速患者的术后恢复[56]。此外,腹腔镜手术切口较小,降低了切口感染的风险。同时,腹腔镜手术的创伤较小,术后疼痛较轻,需要镇痛剂的使用率较低,有利于老年患者的术后舒适度,术后恢复快,老年患者可以更早出院,减少住院时间和医疗费用[57]。随着腹腔镜技术的不断发展和成熟,其优势将更加凸显,为越来越多的老年患者提供安全有效的治疗选择[58]。尽管腹腔镜阑尾切除术(LA)在老年阑尾炎患者中具有许多优势,但它也存在一些潜在的缺点和挑战,这些缺点可能会影响手术的选择和患者的术后恢复。老年患者由于心肺功能减退,可能对麻醉药物的代谢和清除能力降低,从而增加了麻醉风险。此外,长时间的手术和气腹可能会增加呼吸系统并发症的风险[59]。因此,在决定是否为老年阑尾炎患者实施腹腔镜手术时,医生需要综合考虑患者的整体健康状况、手术风险、预期获益以及医院的技术和设备条件。

10. 在妊娠期阑尾炎的应用

急性阑尾炎是妊娠期间最常见的非妇产科急症,需要紧急手术干预。由于穿孔的高风险及其相关的发病率、早产和流产的风险,早期阑尾切除术仍然是金标准和首选的方法。长期以来 LA 治疗妊娠期急性阑尾炎存有争议,Trocar 穿刺、CO₂ 气腹和术中对妊娠子宫的推挤,都有可能对胎儿造成影响[60]。近期研究支持对出现急性无并发症阑尾炎的孕妇急诊进行腹腔镜阑尾切除术,因为延迟手术可能进展为局部或弥漫性腹膜炎、脓毒症和需要更积极的后续手术治疗[61],而且腹腔镜阑尾切除术与开腹手术治疗

急性阑尾炎相比,手术时间明显短,住院时间更短,并不增加流产率[62]。美国胃肠道内镜外科医生学会认为“腹腔镜阑尾切除术是急性阑尾炎孕妇的首选方法”[63]。另外一个令人关注的问题是多少孕周的孕妇适合行腹腔镜手术。传统的观念认为妊娠期开腹手术应推迟到妊娠中期进行,这样可以降低手术引起的流产率。近期有作者研究认为,妊娠期任何一个时期都可以安全地接受腹腔镜手术,不增加母婴的风险[64]。复杂急性阑尾炎与更长的住院时间相关,而且妊娠期阑尾炎影响母婴两方面,所以妊娠期阑尾炎的手术应综合考虑多个因素,包括患者的整体健康状况、手术耐受性、胎儿监测结果和手术风险评估。在多学科团队协作下,为患者制定个性化的治疗计划,并确保母婴的健康和安全。

11. 腹腔镜阑尾切除术围手术期管理新进展: 聚焦区域神经阻滞镇痛、ERAS 路径与成本效益分析

随着腹腔镜阑尾切除术(LA)技术的普及,围手术期管理的优化已成为提升患者体验和加速康复的核心环节。其中,术后疼痛管理的微创化革新和快速康复外科(enhanced recovery after surgery, ERAS)理念的整合应用,代表了当前临床实践的前沿方向。

1) 术后疼痛管理新进展 - 区域神经阻滞: 传统的术后镇痛多依赖全身性阿片类药物,但其恶心、呕吐、肠麻痹等副作用可能延缓康复。近年来,区域神经阻滞技术因其精准、高效且副作用少的优势,在 LA 术后镇痛中扮演着越来越重要的角色[65]。腹横肌平面阻滞(transversus abdominis plane block, TAPB)是目前研究最充分、应用最广泛的技术。通过将局部麻醉药注入腹内斜肌和腹横肌之间的筋膜平面,阻断支配前腹壁的感觉神经,可有效缓解腹腔镜手术后的腹壁切口痛。超声引导下的 TAPB 提高了操作的准确性和安全性。多项 RCT 研究证实,与静脉自控镇痛(patient-controlled intravenous analgesia, PCIA)相比, TAPB 能显著降低 LA 术后早期静息和活动性疼痛评分,减少阿片类药物用量及其相关副作用,促进肠道功能恢复,提高患者满意度[66]-[68]。其他阻滞技术: 髂腹下 - 髂腹股沟神经阻滞(Ilioinguinal-iliohypogastric nerve block)也被用于辅助下腹部手术镇痛,但其覆盖范围通常不如 TAPB 全面。局部切口浸润麻醉简单易行,但镇痛持续时间较短。

2) 快速康复外科(enhanced recovery after surgery ERAS)理念在 LA 中的应用: ERAS 是一系列基于循证医学的围手术期优化措施,旨在减少手术应激反应和并发症,加速患者康复。LA 作为微创手术,与 ERAS 理念高度契合,其应用路径主要包括:术前缩短禁食时间(术前 6 小时禁食,2 小时禁清饮料)、避免常规肠道准备、进行术前教育和心理疏导。术中采用微创技术(LA)、目标导向液体治疗(避免液体过负荷)、多模式预防性镇痛(包括常规使用非甾体抗炎药 NSAIDs 和对乙酰氨基酚,联合上述区域神经阻滞)、保温(预防术中低体温)。术后早期下床活动(术后当天或第 1 天)、早期经口进食(术后 4~6 小时即可尝试进水、清流质)、尽量减少腹腔引流管和导尿管的使用、采用非阿片类药物的多模式镇痛方案。实施 ERAS 路径的 LA 患者,其术后住院时间显著缩短,并发症发生率降低,医疗费用减少,且患者康复质量得到整体提升[69][70]。成功实施 ERAS 的关键在于外科、麻醉、护理和营养等多学科的紧密协作。

3) 成本效益分析: 尽管 LA 的设备成本和单次手术费用通常高于 OA,但全面的成本效益分析(cost-effectiveness analysis)需从整个医疗系统和社会角度考量直接和间接成本。直接成本: 包括手术费、麻醉费、设备耗材费、药费、住院费等。LA 虽手术耗材成本较高,但其带来的术后并发症风险(如感染)更低、住院时间显著缩短、术后恢复更快,很大程度上抵消了初始的高成本,甚至使总直接医疗费用与 OA 持平或更低[71]。间接成本: 包括患者因停工停产造成的经济损失、陪护人员的成本等。LA 患者重返工作和正常生活的时间明显早于 OA 患者,从而产生了巨大的社会效益[72]。

对于 SILA、机器人辅助 LA 等新技术,其成本效益仍是争议焦点。SILA 的特殊器械可能导致费用增加,但其潜在的美容价值和患者满意度提升需纳入考量。机器人系统则因昂贵的设备和维护成本,目

前看来在常规阑尾切除术中缺乏成本效益优势, 但其在极度肥胖或复杂病例中的价值有待进一步评估[73]。未来的卫生技术评估应更多纳入患者报告结局和长期生活质量数据, 以更全面地衡量新技术的“价值”。

综上所述, 随着腹腔镜技术的日趋成熟与完善, LA 已成为治疗阑尾炎的首选方法。手术医生的疾病判断能力、临床经验与手术操作技能是确保患者安全与手术成功的关键。对临床医生来说, 应根据患者病情的实际情况及手术适应症选择适合的方式进行治疗, 在确保手术治疗有效与手术安全性的前提下尽量减少创伤与瘢痕, 有助于患者术后的恢复与预后。

参考文献

- [1] Yu, M.C., Feng, Y.J., Wang, W., *et al.* (2017) Is Laparoscopic Appendectomy Feasible for Complicated Appendicitis? A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Surgery*, **40**, 187-197. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2017.03.022>
- [2] Kirkpatrick, J., Wang, Y., Greene, M., Armstrong, D., Srinivasa, S. and Koea, J. (2024) The Increasing Use of Minimally Invasive Surgery in Acute General Surgical Conditions: A Decade of Results from a National Data Set. *Surgery*, **175**, 1205-1211. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2023.11.023>
- [3] Köckerling, F., Schug-Paß, C. and Grund, S. (2009) Laparoskopische Appendektomie. *Der Chirurg*, **80**, 594-601. <https://doi.org/10.1007/s00104-009-1687-y>
- [4] 段立纪, 王存川, 陈肇. 腹腔镜阑尾切除术安全性的 Meta 分析[J]. 中国内镜杂志, 2001, 7(6): 18-20.
- [5] Shiihara, M., Sudo, Y., Matsushita, N., Kubota, T., Hibi, Y., Osugi, H., *et al.* (2023) Therapeutic Strategy for Acute Appendicitis Based on Laparoscopic Surgery. *BMC Surgery*, **23**, Article No. 161. <https://doi.org/10.1186/s12893-023-02070-y>
- [6] 郑宗珩, 魏波, 陈图锋, 等. 腹腔镜阑尾切除与开腹阑尾切除术的对比研究及 Meta 分析[J]. 中华普通外科学文献(电子版), 2009, 3(5): 438-442.
- [7] Arang, H. and El Boghdady, M. (2023) Robotic Appendectomy. *Sultan Qaboos University Medical Journal*, **23**, 440-446. <https://doi.org/10.18295/squmj.7.2023.043>
- [8] 阿合提别克·塔布斯, 周军, 李剑辉, 等. 腹腔镜探查并阑尾切除术治疗异位阑尾炎 19 例临床分析[J]. 国际外科学杂志, 2015, 42(7): 460-462.
- [9] 刘强, 杨峥. 急性阑尾炎肥胖患者腹腔镜与开腹手术的对比研究[J]. 中国微创外科杂志, 2014(10): 903-905.
- [10] 孔韦奇, 陈中皓, 胡月梅, 等. 急性阑尾炎腹腔镜阑尾切除术后病理诊断为阑尾憩室炎一例[J]. 临床外科杂志, 2022, 30(6): 559-560.
- [11] 王生, 朱委, 王威, 等. 坏疽性阑尾炎行腹腔镜手术的治疗体会[J]. 腹腔镜外科杂志, 2021, 26(12): 955-957.
- [12] 黎朝良, 方兰, 黄建朋, 等. 腹腔镜阑尾切除术治疗腹部手术史急性阑尾炎的临床研究[J]. 国际外科学杂志, 2013, 40(7): 447-450.
- [13] 彭靖, 王保臣, 王春, 等. 腹腔镜阑尾切除术中转开腹相关危险因素的分析[J]. 腹腔镜外科杂志, 2017, 22(9): 685-687.
- [14] Erdem, V.M., Donmez, T., Uzman, S., Ferahman, S., Hatipoglu, E. and Sunamak, O. (2018) Spinal/Epidural Block as an Alternative to General Anesthesia for Laparoscopic Appendectomy: A Prospective Randomized Clinical Study. *Videosurgery and Other Miniinvasive Techniques*, **13**, 148-156. <https://doi.org/10.5114/wiitm.2018.72684>
- [15] 李建桥, 文竹, 鲁鸿, 等. 不同麻醉方法对糖尿病患者阑尾切除术应激反应的影响[J]. 医学综述, 2013, 19(5): 940-941.
- [16] 王绍廷. 腰硬联合麻醉和硬膜外麻醉在阑尾炎手术中应用效果对比[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2019, 40(1): 36-38.
- [17] Basukala, S., Thapa, N., Bhusal, U., Shrestha, O., Karki, S., Regmi, S.K., *et al.* (2023) Comparison of Outcomes of Open and Laparoscopic Appendectomy: A Retrospective Cohort Study. *Health Science Reports*, **6**, e1483. <https://doi.org/10.1002/hsr2.1483>
- [18] 马洪新, 李桂华. 免气腹腹腔镜阑尾切除术、气腹腹腔镜阑尾切除术治疗老年阑尾炎的临床效果研究[J]. 中外医疗, 2023, 42(5): 50-53.
- [19] Sartelli, M., Baiocchi, G.L., Di Saverio, S., *et al.* (2018) Prospective Observational Study on Acute Appendicitis Worldwide (POSAW). *World Journal of Emergency Surgery*, **13**, Article No. 19.
- [20] Schildberg, C., Weber, U., König, V., Linnartz, M., Heisler, S., Hafkesbrink, J., *et al.* (2025) Laparoscopic Appendectomy

- as the Gold Standard: What Role Remains for Open Surgery, Conversion, and Disease Severity? *World Journal of Emergency Surgery*, **20**, Article No. 53. <https://doi.org/10.1186/s13017-025-00626-2>
- [21] 孙静秋, 朱从元, 王珂, 等. 三种不同戳孔入路在腹腔镜阑尾切除术中的对比研究[J]. 临床外科杂志, 2019, 27(12): 1037-1040.
 - [22] 李海军, 王举, 顾新, 等. 阑尾残端荷包缝合处理在两孔腹腔镜阑尾切除术的应用研究[J]. 内蒙古医科大学学报, 2022, 44(4): 383-385+388.
 - [23] 祁海燕, 刘晓光. 经脐缘两孔法腹腔镜阑尾切除术的临床疗效[J]. 腹腔镜外科杂志, 2022, 27(11): 854-857.
 - [24] Tyagi, S., Sinha, R. and Tyagi, A. (2017) Single Incision Laparoscopic Cholecystectomy: Less Scar, Less Pain. *Journal of Minimal Access Surgery*, **13**, 118-123. <https://doi.org/10.4103/0972-9941.186686>
 - [25] 韩福洲, 屈恒玮, 李文强, 等. 经脐单孔腹腔镜阑尾切除术在急性复杂性阑尾炎治疗中的有效性及安全性分析: 一项单中心、回顾性研究[J]. 临床外科杂志, 2023, 31(12): 1172-1175.
 - [26] Han, Y., Yuan, H., Li, S. and Wang, W. (2024) Single-Incision versus Conventional Three-Port Laparoscopic Appendectomy for Acute Appendicitis: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Asian Journal of Surgery*, **47**, 864-873. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2023.12.179>
 - [27] Cirocchi, R., Cianci, M.C., Amato, L., Properzi, L., Buononato, M., Di Rienzo, V.M., et al. (2024) Laparoscopic Appendectomy with Single Port vs Conventional Access: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *Surgical Endoscopy*, **38**, 1667-1684. <https://doi.org/10.1007/s00464-023-10659-w>
 - [28] Cai, Y., Lopata, L., Roh, A., Huang, M., Monteleone, M.A., Wang, S., et al. (2017) Factors Influencing Postoperative Pain Following Discharge in Pediatric Ambulatory Surgery Patients. *Journal of Clinical Anesthesia*, **39**, 100-104. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2017.03.033>
 - [29] 王子恺, 李闯. 经自然腔道内镜外科学(NOTES)研究进展[J]. 胃肠病学和肝病学杂志, 2012, 21(4): 298-303.
 - [30] Slouha, E., Biput, S.J., Krumbach, B., Clunes, L.A. and Kollias, T.F. (2024) Transvaginal Laparoscopic Appendectomy: A Systematic Review. *Cureus*, **16**, e51962. <https://doi.org/10.7759/cureus.51962>
 - [31] Khan, A.Q., Liu, E., Niu, W., Li, P., Gul, H., Fokeerchand, J., et al. (2016) Transvaginal Laparoscopically-Assisted Endoscopic Appendectomy: A Major Hybrid Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery Case Series in Asia. *International Surgery*, **101**, 153-160. <https://doi.org/10.9738/intsur-d-16-00003.1>
 - [32] 张继新, 胡军红, 谢爽, 等. 经阴道单孔腹腔镜阑尾切除术可行性及近期疗效分析[J]. 中华结直肠疾病电子杂志, 2023, 12(6): 460-465.
 - [33] 黄鹏宇, 郭先文. NOTES 相关并发症的研究进展[J]. 微创医学, 2014, 9(3): 327-330.
 - [34] 刘丹. 经自然腔道内镜阑尾切除术的发展现状与前景[C]//《中国微创外科杂志》编辑部. 2011 年全国微创外科高峰论坛暨《中国微创外科杂志》创刊十周年庆典论文集. 2011: 149-151.
 - [35] 韩小宏, 蒋建庭, 李立波, 等. 肥胖女性患者腹腔镜阑尾切除术 53 例报告[J]. 中国微创外科杂志, 2010, 10(1): 84-85.
 - [36] 郑永波, 阎春雷, 马翔, 等. 腹腔镜阑尾切除术的临床优势[J]. 白求恩医学院学报, 2012, 10(1): 46-47.
 - [37] 张庆鹏, 卫勃, 陈凛. 腹腔镜在 65 岁以上胃肠外科急腹症患者手术中的应用[J]. 中华胃肠外科杂志, 2015(8): 797-800.
 - [38] Markides, G., Subar, D. and Riyad, K. (2010) Laparoscopic versus Open Appendectomy in Adults with Complicated Appendicitis: Systematic Review and Meta-Analysis. *World Journal of Surgery*, **34**, 2026-2040. <https://doi.org/10.1007/s00268-010-0669-z>
 - [39] Yilmaz, S., Donmez, T., Ferahman, S., Akarsu, C., Bulut, S., Ozcevik, H., et al. (2021) Partial Cecum Resection Using Endostapler in Acute Complicated Appendicitis with Appendiceal Base Necrosis. *Videosurgery and Other Miniinvasive Techniques*, **17**, 143-149. <https://doi.org/10.5114/wiitm.2021.105574>
 - [40] 张永旺, 侯花屏, 李文斌, 等. 早期手术与传统非手术治疗阑尾周围脓肿的临床效果比较[J]. 临床医学研究与实践, 2025, 10(7): 82-85.
 - [41] 焦宇文, 傅跃, 高官壮, 等. 不同方式治疗阑尾周围脓肿的临床效果观察[J]. 手术电子杂志, 2022, 9(6): 21-25.
 - [42] 叶中伟. I 期手术切除治疗阑尾周围脓肿的效果研究[J]. 中国实用医药, 2019, 14(16): 56-57.
 - [43] Rifai, A.O., Rembetski, E.M., Stutts, L.C., Mazurek, Z.D., Yeh, J.L., Rifai, K., et al. (2023) Retrospective Analysis of Operative Time and Time to Discharge for Laparoscopic vs Robotic Approaches to Appendectomy and Cholecystectomy. *Journal of Robotic Surgery*, **17**, 2187-2193. <https://doi.org/10.1007/s11701-023-01632-9>
 - [44] You, K.S., Kim, D.H., Yun, H.Y., et al. (2012) The Value of a Laparoscopic Interval Appendectomy for Treatment of a Periappendiceal Abscess: Experience of a Single Medical Center. *Surgical Laparoscopy, Endoscopy & Percutaneous*

- Techniques*, **22**, 127-130. <https://doi.org/10.1097/sle.0b013e318244ea16>
- [45] Mohammed, O.H., Humidan, A.A.M., Ahmed, A.S., Ahmed, S.S., Ibrahim, R.F., Omer, M.A.E., *et al.* (2024) Efficacy of Antibiotic Therapy Alone versus Antibiotics with Percutaneous Drainage in Periappendiceal Abscess: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*, **16**, e73979. <https://doi.org/10.7759/cureus.73979>
- [46] Chang, C.R. and Cheng, C.Y. (2014) Drainage of Periappendiceal Abscess and Removal of Free Fecalith—Extraperitoneal Approach. *International Surgery*, **99**, 379-383. <https://doi.org/10.9738/int surg-d-13-00040.1>
- [47] 王鑫慧, 冯伟, 王月, 等. 保守治疗与早期阑尾切除术对阑尾周围脓肿疗效比较的 Meta 分析[J]. 天津医科大学学报, 2020, 26(6): 563-568.
- [48] 董翼, 谈善军, 方勇, 等. 腹腔镜手术与保守方法治疗阑尾周围脓肿的 Meta 分析[J]. 中华胃肠外科杂志, 2018, 21(12): 1433-1438.
- [49] 季添翼, 邱思桐, 曹国锋, 等. 单孔腹腔镜与传统腹腔镜在治疗儿童急性阑尾炎中的疗效对比研究[J]. 南通大学学报(医学版), 2024, 44(2): 150-153.
- [50] Pogorelic, Z., Buljubasic, M., Susnjar, T., Jukic, M., Pericic, T.P. and Juric, I. (2019) Comparison of Open and Laparoscopic Appendectomy in Children: A 5-Year Single Center Experience. *Indian Pediatrics*, **56**, 299-303. <https://doi.org/10.1007/s13312-019-1518-2>
- [51] McMullin, J.L., Hu, Q.L., Merkow, R.P., Bilimoria, K.Y., Hu, Y., Ko, C.Y., *et al.* (2022) Are Kids More than Just Little Adults? A Comparison of Surgical Outcomes. *Journal of Surgical Research*, **279**, 586-591. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.06.012>
- [52] Hernandez, M.C., Finnesgard, E.J., Aho, J.M., Jenkins, D.H. and Zielinski, M.D. (2018) Association of Postoperative Organ Space Infection after Intraoperative Irrigation in Appendicitis. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, **84**, 628-635. <https://doi.org/10.1097/ta.0000000000001773>
- [53] Johnson, K.N., Linnaus, M. and Notrica, D.M. (2018) Conversion from Laparoscopic to Open Appendectomy: Decreased Risk at Dedicated Children's Hospitals. *Pediatric Surgery International*, **34**, 873-877. <https://doi.org/10.1007/s00383-018-4297-2>
- [54] Rolle, U., Bechstein, W.O., Fahlenbrach, C., Heller, G., Meyer, H., Schuler, E., *et al.* (2024) The Outcome of Laparoscopic versus Open Appendectomy in Childhood. *Deutsches Ärzteblatt International*, **21**, 39-44. <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2023.0234>
- [55] 冯健, 崔乃强. 老年急性阑尾炎患者单孔腹腔镜和腹腔镜与开腹阑尾切除术的对比研究[J]. 中华老年医学杂志, 2019, 38(11): 1266-1269.
- [56] 杨志勇, 吴永哲, 安宏超, 等. 腹腔镜阑尾切除术治疗老年急性阑尾炎的疗效[J]. 中国老年学杂志, 2017, 37(9): 2249-2250.
- [57] Wang, D., Dong, T., Shao, Y., Gu, T., Xu, Y. and Jiang, Y. (2019) Laparoscopy versus Open Appendectomy for Elderly Patients, a Meta-Analysis and Systematic Review. *BMC Surgery*, **19**, Article No. 54. <https://doi.org/10.1186/s12893-019-0515-7>
- [58] Kot, A., Kenig, J. and Wałęga, P. (2016) Treatment of Acute Appendicitis in Geriatric Patients—Literature Review. *Polish Journal of Surgery*, **88**, 136-141. <https://doi.org/10.1515/pjs-2016-0041>
- [59] Moon, K.S., Jung, Y.H., Lee, E.H. and Hwang, Y.H. (2012) Clinical Characteristics and Surgical Safety in Patients with Acute Appendicitis Aged over 80. *Journal of the Korean Society of Coloproctology*, **28**, 94-99. <https://doi.org/10.3393/jksc.2012.28.2.94>
- [60] Prodromidou, A., Machairas, N., Kostakis, I.D., Molmenti, E., Spartalis, E., Kakkos, A., *et al.* (2018) Outcomes after Open and Laparoscopic Appendectomy during Pregnancy: A Meta-Analysis. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, **225**, 40-50. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2018.04.010>
- [61] Cheng, V., Ashbrook, M., Youssefzadeh, A.C., *et al.* (2023) Management for Acute Uncomplicated Appendicitis during Pregnancy: National Trends and Patient Outcomes. *Annals of Surgery*, **278**, 932-936. <https://doi.org/10.1097/sla.0000000000005893>
- [62] Lipping, E., Saar, S., Rull, K., Tark, A., Tiiman, M., Jaanimäe, L., *et al.* (2023) Open versus Laparoscopic Appendectomy for Acute Appendicitis in Pregnancy: A Population-Based Study. *Surgical Endoscopy*, **37**, 6025-6031. <https://doi.org/10.1007/s00464-023-10075-0>
- [63] Seok, J.W., Son, J., Jung, K.U., Lee, S.R. and Kim, H.O. (2021) Safety of Appendectomy during Pregnancy in the Totally Laparoscopic Age. *Journal of Minimally Invasive Surgery*, **24**, 68-75. <https://doi.org/10.7602/jmis.2021.24.2.68>
- [64] Guňková, P., Tulinský, L., Toman, D., Martínek, L., Vrtková, A., Špaček, R., *et al.* (2024) Acute Appendicitis in Pregnancy—Do We Treat Correctly, or Do We Delay Unnecessarily? *Ginekologia Polska*, **95**, 126-131. <https://doi.org/10.5603/gpl.95367>

-
- [65] Şengel, A., Büyükfırat, E., Seçilmiş, S., Altay, N., Atlas, A. and Karahan, M.A. (2025) Comparison of Bilateral versus Unilateral Transversus Abdominis Plane Block Combined with Spinal Anesthesia in Laparoscopic Appendectomy: A Retrospective Observational Study. *Diagnostics*, **15**, Article 2122. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15172122>
- [66] 杨健发, 王俊晖, 邓媛, 等. 腹横肌平面阻滞联合舒芬太尼对腹腔镜阑尾切除术患者术后镇痛的影响[J]. 中国医学创新, 2024, 21(17): 37-40.
- [67] 韩彬, 王武涛, 何爱萍. 超声引导下腰方肌阻滞或腹横肌平面阻滞联合舒芬太尼 PCIA 在阑尾切除术后镇痛中的比较[J]. 临床麻醉学杂志, 2017, 33(10): 984-986.
- [68] Sandeman, D.J., Bennett, M., Dilley, A.V., Perczuk, A., Lim, S. and Kelly, K.J. (2011) Ultrasound-Guided Transversus Abdominis Plane Blocks for Laparoscopic Appendicectomy in Children: A Prospective Randomized Trial. *British Journal of Anaesthesia*, **106**, 882-886. <https://doi.org/10.1093/bja/aer069>
- [69] 中华医学会外科学分会, 中华医学会麻醉学分会. 中国加速康复外科临床实践指南(2021 版) [J]. 中国实用外科杂志, 2021, 41(9): 961-992.
- [70] 高晋鸿, 郝少龙, 刘勇, 等. 加速康复外科理念下围手术期疼痛管理在日间腹腔镜阑尾切除术中的应用[J]. 中华普通外科学文献(电子版), 2022, 16(2): 146-150.
- [71] Dai, L. and Shuai, J. (2017) Laparoscopic versus Open Appendectomy in Adults and Children: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *United European Gastroenterology Journal*, **5**, 542-553. <https://doi.org/10.1177/2050640616661931>
- [72] Wei, H.B., Huang, J.L., Zheng, Z.H., et al. (2009) Laparoscopic versus Open Appendectomy: A Prospective Randomized Comparison. *Surgical Endoscopy*, **24**, 266-269. <https://doi.org/10.1007/s00464-009-0563-7>
- [73] Waghmare, P. and Shih, I. (2024) RWD25 Trends and Utilization of Open, Laparoscopic, and Robotic-Assisted Appendectomy: A Retrospective Database Study. *Value in Health*, **27**, S361. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2024.03.1679>