

经济单部位腹腔镜手术在小儿外科的临床应用与进展

李巡风, 郭振华*

重庆医科大学附属儿童医院普外新生儿外科, 重庆

收稿日期: 2026年2月5日; 录用日期: 2026年2月27日; 发布日期: 2026年3月9日

摘要

微创理念的深入推动小儿外科的诊疗模式向“无瘢痕手术”发展。随着腹腔镜技术在小儿外科中的发展, 美观、创伤小、恢复快等成为外科医生的目标。经济单部位腹腔镜手术(Transumbilical Single Incision Laparoscopic Surgery, TUSILS)凭借利用脐部自然皱褶隐藏切口的优势, 实现了微创与美容的双重获益。目前, 该技术广泛应用至小儿普外、肝胆、泌尿及肿瘤等亚专科, 由简单切除向复杂重建手术发展。TUSILS 同时也存在固有的“操作三角”丧失、器械相互干扰(筷子效应)以及陡峭的学习曲线等不足。自制手套装置凭借制作简便、成本低、适配性强的优势, 解决了小婴儿手术中器械移位漏气的问题; 达芬奇机器人单孔腹腔镜技术依托可弯曲机械臂、三维高清视野等优势, 解决了“筷子效应”与精准操作难题, 但其因微型器械缺乏、成本高昂、培训体系不完善, 在小儿外科的应用仍处于探索阶段。本综述探讨TUSILS 在小儿外科的临床应用现状、技术争议以便更好地运用于临床具有重要意义。

关键词

单部位腹腔镜手术, 小儿外科, 机器人腹腔镜单孔手术, 筷子效应, 学习曲线

Clinical Applications and Advances of Transumbilical Single Incision Laparoscopic Surgery in Pediatric Surgery

Xunfeng Li, Zhenhua Guo*

Department of General & Neonatal Surgery, Children's Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: February 5, 2026; accepted: February 27, 2026; published: March 9, 2026

*通讯作者。

文章引用: 李巡风, 郭振华. 经济单部位腹腔镜手术在小儿外科的临床应用与进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(3): 1407-1414. DOI: 10.12677/acm.2026.163920

Abstract

The advancement of minimally invasive principles has propelled paediatric surgical practice towards scarless surgery. With the development of laparoscopic techniques in paediatric surgery, aesthetic outcomes, minimal trauma, and rapid recovery have become key objectives for surgeons. Transumbilical Single-Incision Laparoscopic Surgery (TUSILS) leverages the natural umbilical crease to conceal the incision, delivering dual benefits of minimally invasive technique and cosmetic outcome. This approach is now widely applied across paediatric general surgery, hepatobiliary, urological, and oncological subspecialties, evolving from simple resections to complex reconstructive procedures. However, TUSILS inherently presents challenges including loss of the operative triangle, instrument interference (the chopstick effect), and a steep learning curve. The self-made glove device, characterised by its simplicity of construction, low cost, and strong adaptability, resolves the issue of instrument displacement and air leakage during infant surgery. Da Vinci robotic single incision laparoscopic technology, leveraging advantages such as flexible robotic arms and three-dimensional high-definition visualisation, addresses the challenges of the “chopstick effect” and precise manipulation. However, due to a lack of micro-instruments, high costs, and an incomplete training system, its application in paediatric surgery remains in an exploratory phase. This review examines the current clinical application and technical controversies surrounding TUSILS in paediatric surgery, highlighting its significance for optimising clinical implementation.

Keywords

Single-Incision Laparoscopic Surgery, Paediatric Surgery, Robot Assisted Laparoscopic Single Incision Surgery, Chopstick Effect, Learning Curve

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

微创外科的飞速发展彻底改变了小儿外科的治疗模式。自 20 世纪 90 年代腹腔镜技术引入小儿外科以来,传统多孔腹腔镜(Conventional Laparoscopic Surgery, CLS)已成为大多数腹部手术的首选。然而,CLS 仍会在腹壁留下永久性瘢痕。随着“无瘢痕手术”理念的深入人心,CLS 正逐步向更少切口、更隐蔽入路的方向演变。其中,经脐单部位腹腔镜手术(Transumbilical Single Incision Laparoscopic Surgery, TUSILS)利用脐部这一胚胎时期的自然瘢痕作为手术入路,术后切口隐藏于脐孔皱褶内,达到了近乎完美的美容效果。由于儿童腹壁薄、组织柔韧性好,且家长对术后美容有极高期待,TUSILS 在小儿外科的应用前景尤为广阔。本文旨在综述 TUSILS 在小儿外科的最新临床应用进展,并探讨相关的技术争议与未来方向。

2. 单孔腹腔镜的发展

传统腹腔镜手术虽然在微创领域取得了巨大成功,但腹壁多孔设计仍无法满足患者对极致“无瘢痕”效果的追求。在此背景下,经自然腔道内镜外科(natural orifice transluminal endoscopic surgery, NOTES)理念应运而生,试图通过胃、结肠或阴道等自然孔道进入腹腔,以实现体表无痕[1]。然而,纯 NOTES 技术面临空腔脏器穿孔、腹腔感染及缝合困难等高风险挑战,临床推广受阻。为寻求安全与美容的平衡,经脐单部位腹腔镜手术(TUSILS)作为一种“类 NOTES”技术(E-NOTES)脱颖而出。该技术利用脐部这一

人体先天的“自然瘢痕”作为唯一入路, 既规避了 NOTES 的内脏损伤风险, 又完美隐藏了手术切口。

回顾其发展历程, 虽然早在 1969 年 Wheelless 等就报道了经脐单孔输卵管结扎术, 但现代意义上的单孔腹腔镜手术直至 1992 年 Pelosi 及 1997 年 Navarra 先后完成首例单孔阑尾切除术和胆囊切除术后才逐渐引起重视。起初, 由于缺乏三角操作空间, 器械间的“筷子效应”使得操作极度困难, 且昂贵的商业化单孔通道限制了其普及。近年来, 随着可弯曲器械的研发及“自制手套单孔装置”在发展中国家特别是中国的广泛应用, TUSILS 的技术门槛与经济成本大幅降低。目前, 小儿外科领域的 TUSILS 已突破早期的技术瓶颈, 呈现出“由简入繁”的发展趋势: 从基础的阑尾切除、疝囊高位结扎, 逐步拓展至胆总管囊肿切除、肾盂成形术等复杂重建手术, 成为小儿微创外科的重要发展方向[2]-[5]。

随着科技的发展, 机器人腹腔镜技术凭借三维高清视野、可灵活转动的机械臂、滤除手部震颤等优势, 在成人微创外科领域已实现成熟应用, 而达芬奇 SP, Xi 等专用单孔机器人手术系统的研发, 将这一技术延伸至小儿单孔腹腔镜外科领域[5][6]。

3. 单孔腹腔镜在小儿外科中的应用

3.1. 小儿普外科

在普外科中的应用: 与传统多孔术式相比, 单孔腹腔镜通过整合手术入路实现了微创理念的革新, 利用脐部皱褶隐藏切口, 从而获得了更为卓越的术后美容效果。然而, 鉴于其操作三角缺失导致的技术难度增加、潜在的手术时间延长以及对特殊器械依赖带来的成本问题, 目前学术界对于在复杂性阑尾炎中是否常规首选单孔术式, 尚未达成完全统一的共识。TUSILS 在小儿普外科中应用广泛, 包括阑尾切除术、疝囊高位结扎术、先天性巨结肠根治术、Meckel 憩室及邻近肠管切除 + 肠吻合术、肠套叠等其他肠道系统手术。

急性阑尾炎是小儿外科发病率最高的急腹症之一, 具有发病急、病情进展快的特点。目前腹腔镜阑尾切除术是治疗小儿阑尾炎的首选治疗方式, 常见的腹腔镜阑尾切除术包括经脐单部位腹腔镜(TUSILS)与传统多孔腹腔镜(CLS)两大类。相较于穿孔腹腔镜手术, 单孔手术在缩短患儿住院时间方面具有显著优势, 且其手术时间及术后并发症(如切口感染、肠梗阻等)发生率与传统术式相当, 证实了 TUSILS 的安全性与可行性[3]。近期一项截止至 2024 年 5 月的大样本量(5084 例) Meta 分析研究报道, 该研究对比了经脐单孔辅助腹腔镜阑尾切除术(Transumbilical Single Incision Laparoscopic Appendectomy, TULAA)与传统三孔腹腔镜的疗效。结果显示, TULAA 不仅未延长手术时间, 反而在缩短手术时间($P < 0.0001$)和减少住院天数($P = 0.002$)方面显著优于传统三孔手术。更值得注意的是, 在针对复杂性阑尾炎的亚组分析中, TULAA 组的腹腔内感染率显著低于传统手术组($P = 0.01$), 尽管其术中增加额外穿刺孔的概率相对较高。两者在切口感染、术后肠梗阻及再入院率方面则无统计学差异, 这表明 TULAA 即便是用于治疗复杂性阑尾炎也是安全且高效的[7]。

在腹股沟疝的治疗中, TUSILS 技术的应用已拓展至新生儿群体。研究表明, 即便对于胎龄在 2 个月以下、平均体重仅 3.8 kg 的低龄患儿, TUSILS 不仅未延长手术与麻醉时间, 且术后无复发、睾丸萎缩或死亡病例发生, 其围术期安全性与较大月龄患儿相当, 具有确切的临床应用价值[8]。在涉及肠管切除的美克尔憩室手术中, 单孔腹腔镜同样展现出加速康复的优势。有报道证实, 与传统术式相比, 单孔组患儿术后胃肠功能恢复更快(首次排气、排便时间显著缩短), 且随访 6 个月期间未见切口疝或肠粘连等远期并发症, 证实了其在减轻手术创伤与促进功能恢复方面的双重效益[9]。

在先天性巨结肠根治术的对比研究中, 单孔腹腔镜技术同样展现了良好的应用前景。而在技术要求更高的先天性巨结肠根治术中, 一项随机对照试验($n = 80$)表明, 利用常规器械实施经脐单孔手术, 其手

术时间、术中出血量、肠管切除长度及术后恢复指标(如肠功能恢复、住院时间)均与标准三孔法无异。两组在随访 3~4 年的近中期并发症发生率方面亦无显著差别, 但单孔组凭借脐部无可视瘢痕的优势, 获得了显著更高的切口满意度评分[10]。在远期疗效方面, SISL 技术的安全性得到了进一步验证。一项平均随访时间较长的研究显示, 应用悬吊技术辅助常规器械完成的 40 例 SILS 手术中, 患儿术后平均住院仅 4.5 天, 且无围术期并发症。长期随访数据表明, 绝大多数患儿(86.8%)排便频率正常(隔天 1 次至每天 2 次), 证实该术式在保障解剖复位的同时, 能有效维护患儿的长期排便功能[11]。

3.2. 小儿肝胆外科

近年来, TUSILS 的研究焦点已从单纯切除转向高难度的空腔脏器重建, 这代表了小儿微创外科的最高水平。胆总管囊肿切除 + 肝管空肠吻合术是 TUSILS 领域难度最大的手术之一。由于需要在狭小空间内完成精准的胆肠 Roux-en-Y 吻合, 早期被视为禁区。早期有报道, 单孔 Roux-en-Y 肝管空肠吻合术在平均手术时间(约 210 min)、术中出血量、术后恢复饮食时间及住院时间(约 7.6 天)等关键围术期指标上, 均与传统腹腔镜无统计学差异($P > 0.05$)。尽管单孔组有极少数病例(2/17)因技术困难需中转, 但总体上实现了与传统术式相当的术后转归及更优的美容效果[12]。一项纳入 150 例患儿(TUSILS 与 CLS 各 75 例)的配对对比研究显示, 两组在术后住院时间、恢复全量饮食时间及总体并发症率方面均无显著差异。随访期间, 除早期一例胆漏经引流治愈外, 未见吻合口狭窄、胆管炎等严重并发症, 证实经验丰富的术者实施胆总管囊肿切除 + 肝管空肠吻合术是安全可行的[13]。这提示手术经验的积累可能有助于克服学习曲线带来的影响, 对于有经验的医生, 应选择性地为胆总管囊肿穿孔患儿行单孔腹腔镜胆总管囊肿切除、肝总管空肠吻合术。

3.3. 小儿泌尿外科

2009 年, Passoni 等[14]率先报道了应用经脐单孔腹腔镜技术实施无功能肾及输尿管的切除和曲张的精索静脉切除术的经验, 这一突破性进展标志着单孔技术正式进入小儿泌尿外科临床实践。针对肾盂输尿管连接梗阻(ureteropelvic junction obstruction, UPJO)患儿, 单切口三角脐部手术作为一种改良的单部位腹腔镜技术, 已被证实安全有效。回顾性分析显示, 该技术在保证与传统腹腔镜同等优良的临床结局(成功率 100% vs 94%)及并发症控制水平的前提下, 实现了更短的手术耗时, 具有良好的临床推广价值[15]。针对腹腔空间狭小的婴儿 UPJO 患者, 有学者提出了一种经脐单切口腹腔镜与开放手术相结合的“混合肾盂成形术”。该技术结合了微创通道与开放缝合的优势, 在 7 例婴儿患者中取得了满意的疗效。平均手术时间仅为 131.9 分钟, 随访显示患儿梗阻症状显著改善且腹部无明显可见瘢痕, 证明了该策略在低龄患儿中的适用性[16]。

3.4. 小儿肿瘤外科

经脐单部位腹腔镜技术在小儿肿瘤外科中起步较晚, 目前应用范围有限, 多见于良性肿瘤的切除。一项涵盖 105 例儿童卵巢成熟囊性畸胎瘤的系统综述[17]对比了多种微创手术方式, 包括免气腹经脐单孔腹腔镜、单切口腹腔镜及传统多孔腹腔镜等。研究发现, 无论采用何种微创入路, 保留卵巢的囊肿切除术均能取得满意的疗效。在平均 31.9 个月的随访中, 所有术式均显示出低并发症率且无复发, 证实了单孔技术与传统多孔腹腔镜一样, 都是治疗小儿卵巢畸胎瘤的安全可行方案。

达芬奇机器人手术系统在成人肿瘤治疗中已相当成熟, 并具有良好的手术预后, 但其在小儿肿瘤领域的应用仍处于起步阶段。Xu 等[6]报道了机器人辅助单部位腹腔镜治疗小儿卵巢良性肿瘤的可行性, 回顾性分析该技术在保证肿瘤完整切除的同时, 实现了术后快速康复(术后 2 h 进食)和良好的伤口恢复, 且

无切口疝等远期并发症, 证实了其在儿科应用的安全性和有效性。

4. 挑战与争议

尽管经脐单部位腹腔镜技术在小儿微创外科领域展现出显著的美容优势和微创潜力, 但其在推广普及过程中仍面临技术瓶颈、解剖限制及临床获益评估等多方面的挑战。

4.1. “操作三角”的丧失与器械干扰

这是单孔手术最核心的技术难题。传统的腹腔镜需要镜头孔与术者左右手的操作孔尽可能分布成倒置的等边三角形, 即“三角分布原则”。而 SILS 经单一切口置入所有的器械操作违反了 this 重要的原则, 产生了即为所谓的“筷子效应”, 极大增加了缝合与解剖的难度[18]。与传统多孔腹腔镜建立的“操作三角”不同, TUSILS 要求所有器械经由单一脐部切口平行进入。这种同轴操作模式导致了著名的“筷子效应”, 即器械在体内外发生相互碰撞和干扰, 极大地限制了操作的灵活性和精准度[19]。直线视野缺乏深度感, 且镜头易受器械遮挡或污染, 增加了缝合、打结等精细操作的难度。Habicher 等[20]强调了 SILS 肾盂成形术中套管针置入的独特性, 尤其是在遵循套管针布置的三角原则方面, 这种方法显著提高了 SILS 手术过程的效率, 并有效减少了器械碰撞的可能性。虽然可弯曲器械、不同长度器械及交叉操作技术在一定程度上缓解了这一问题, 但显著增加了术者的疲劳度和技术门槛。与成人腹腔镜外科比较, 小儿腹腔镜手术对医生的要求更加苛刻, 受到的限制也更多, 传统腹腔镜技术向机器人腹腔镜技术的推进使得小儿腹腔镜技术获益更多, 但机器人单孔腹腔镜手术(robotic Single-incision Laparoscopic Surgery, R-SILS)在儿科领域的应用仍处于初步探索阶段。机器人辅助系统(如达芬奇)的应用虽能克服以上的缺点, 但高昂的成本限制了其临床应用[16]。

4.2. 小儿特殊解剖特点的局限

相比成人, 儿童患者的解剖生理特点让 TUSILS 面临更多挑战。婴幼儿腹腔容积小的特点带来狭小的操作空间。儿童尤其是婴幼儿的腹腔容积有限, 经脐单孔置入多通道装置后, 腹腔内有效操作空间被进一步压缩, 器械在狭小空间内的相互干扰严重, 影响了手术的流畅性。对于婴儿和较小的儿童, 由于腹壁很薄, 这些装置的内外卡环之间的距离太远, 导致装置无法紧贴腹壁, 造成 Trocar 固定不稳定, 容易在操作过程中移位或漏气, 因此在小婴儿中更推荐使用自制的“手套端口”来解决密封和固定问题[21][22]。达芬奇机器人单孔腹腔镜技术虽能提升操作灵活性, 但专用微型器械的缺失使其在新生儿及超低体重儿中难以应用, 目前临床使用的机器人器械最小规格为 5 mm, 对于体重 < 2 kg 的婴儿, 仍存在器械与腹腔空间不匹配的问题, 这成为其在低龄小儿中应用的主要解剖限制[5][16]。

4.3. 陡峭的学习曲线

TUSILS 要求术者具备极高超的腹腔镜技巧(如单手操作、反向操作)。对于初学者而言, 学习曲线长且陡峭, 容易在早期出现并发症。D Díaz 等[23]报道了, 在初始阶段, 儿童单部位手术的手术时间显著长于传统腹腔镜手术, 并且伴随较高并发症发生的风险。随着病例积累, 手术时间才逐渐下降。早期研究[21]指出, 经脐单孔腹腔镜手术在初始应用阶段存在一定的技术调整需求, 其中 13% 的病例需要在术中增加辅助 Trocar, 但所有手术均未中转开腹。Kim 等[24]分析证实, 单孔腹腔镜手术存在陡峭的学习曲线。术者通常需要完成 30~40 例手术后, 其操作效率和安全性才能达到稳定水平。一项 300 例大样本回顾性研究[25]证实, 在早期学习曲线陡峭, 但通过经验积累度过初始学习阶段, 手术时间越短, 并发症发生并没有增加, 获得较高的切口美容满意度。

4.4. 美容获益与手术效率的平衡

关于 TUSILS 的临床获益仍存争议。TUSILS 的微创优势可减少术后慢性腹痛、切口疝等远期并发症,提升患儿的躯体功能评分,同时缩短术后住院时间,减少对患儿学习、生活的影响[9]。结合加速康复外科(ERAS)理念,优化 TUSILS 的围术期管理方案,如术前免肠道准备、术后早期进食、多模式镇痛等,进一步提升患儿的术后恢复质[11]。但 St Peter 等[26]的一项前瞻性随机对照试验中发现,经脐单孔手术虽然减少了切口数量,但延长了手术时间并增加了费用;更重要的是,其术后美容满意度评分并未显著优于传统三孔腹腔镜手术。Ostlie 等[27]也指出,随着微型腹腔镜器械的普及,TUSILS 带来的美容优势可能被其技术复杂性、延长的麻醉时间及潜在并发症风险所抵消。一项前瞻性随机对照研究比较了儿童单孔与三孔腹腔镜阑尾切除术,两组在住院时间和总体并发症发生率上无显著差异,证实了 SILS 的安全性;另一方面 SILS 手术时间更长,术后早期疼痛更显著,血清 IL-6 和 CRP 水平升高更明显,提示了更大的局部组织创伤[28]。因此,未来应更严格地把握适应证,不应为了追求极致美观而牺牲手术的安全性和效率。同时,未来小儿 TUSILS 及机器人单孔腹腔镜手术的疗效评价,需从传统围术期指标转向长期综合指标,纳入生活质量与心理状态评估,并开展大样本长期随访研究,为无瘢痕手术的临床价值提供更充分的循证依据。

4.5. 技术瓶颈的克服

针对 TUSILS 临床应用中的各类技术瓶颈,临床已形成器械改良、自制装置研发、新型辅助技术应用等针对性解决策略,有效降低技术门槛、提升手术安全性。针对小儿腹壁薄、腹腔空间小的特点,自制乳胶手套单孔端口相比商业化单孔装置,具有制作简单、成本极低、适配性强的优势,可灵活调整操作通道数量,完美解决商业化装置在小婴儿中易移位、漏气的问题。该装置的制作与固定已形成标准化流程[22] [29] [30],有效解决小婴儿 TUSILS 手术中装置适配问题。① 制作:取一次性无菌医用乳胶手套,将其腕部以不可吸收线双重结扎固定于 10~12 mm 腹腔镜穿刺套管外端;按需在手套 2~4 个手指部位戳孔,置入 5 mm 或 3 mm Trocar, Trocar 与手套指部间隙以丝线严密缝合,保证气腹密封性,且可根据手术需求灵活增开操作通道,适配性远优于商业化装置。② 固定:针对腹壁厚度 <0.5 cm 的小婴儿,采用脐周皮内缝合固定法,将手套腕部与脐周腹膜、筋膜层逐层缝合,避免仅固定皮肤层导致的术中移位;同时将装置外端用无菌纱布轻轻牵拉并固定于腹壁外侧,减少器械操作对装置的牵拉力,有效降低漏气风险。Carrillo 等[30]的临床研究显示,自制手套端口单孔腹腔镜相较于传统的腹腔镜手可有效减少手术切口感染发生率且手术费用降低约 10%。其器械易获取、操作可重复性高的特点,有效解决了欠发达地区因设备成本过高难以开展腹腔镜手术的临床困境,为单孔腹腔镜技术的基层普及与全球化应用提供了经济可行的技术路径。

达芬奇机器人单孔腹腔镜技术通过可弯曲机械臂、三维高清视野等优势,解决复杂手术“筷子效应”和精准操作的操作难题。Joseph 等人[31]首次将达芬奇机器人与单孔腹腔镜结合并提出针对性“筷子效应”解决方案,利用达芬奇机器人可弯曲腕部关节的机械臂,通过腹壁交叉排列器械的方式,打破单孔手术的同轴操作限制,从布局上规避器械碰撞;同时结合机器人三维高清放大视野,提升手术视野的清晰度与空间感知度。

5. 结论与展望

经脐单部位腹腔镜手术在小儿外科领域具有广阔的应用前景,具有创伤更小、术后恢复更快、更加美观等优点,但其仍存在一定的局限性,例如器械在狭窄空间内相互干扰的“筷子效应”问题。机器人单孔腹腔镜手术借助先进的机器人系统与高清三维视觉技术,在一定程度上克服了上述困难,提升了手

术的精确性、安全性及有效性。机器人单孔腹腔镜手术在推广中也面临挑战, 高昂的设备成本与较高的技术操作难度限制了广泛应用。2019年 Kang 等[5]率先报道应用达芬奇 SP®系统完成首例小儿机器人辅助单孔腹腔镜肾盂成形术, 标志着机器人单孔腹腔镜技术正式进入小儿外科临床实践。相较于成人, 小儿腹腔空间狭小、解剖结构精细, 达芬奇机器人单孔腹腔镜系统配备的可弯曲机械臂可实现 0°~180°多维度灵活转动, 经单一脐部入路即可模拟传统多孔腹腔镜的“操作三角”, 从根本上解决了传统 TUSILS 的“筷子效应”问题; 其三维高清放大视野可将手术区域放大 10~15 倍, 能清晰显示小儿细微的血管、神经及组织间隙, 大幅提升了复杂重建手术的精准性; 同时, 机械臂的震颤滤除功能可保证缝合、打结等精细操作的稳定性, 降低了小儿外科手术中因操作误差导致的组织损伤风险。此外, 机器人手术系统的远程操作功能, 有望实现小儿微创外科的远程医疗, 为基层医院患儿提供优质的手术治疗。达芬奇机器人单孔腹腔镜技术在小儿外科的发展仍面临诸多挑战, 临床缺乏 3 mm 以下专用微型器械, 限制其在新生儿及超低体重儿中的应用; 设备购置、维护及耗材成本高昂, 基层医院难以开展; 术者需同时掌握机器人操作与单孔腹腔镜理念, 培训体系不完善, 学习曲线更陡峭[5][6][16]。总之, 随着机器人技术、人工智能、新型辅助器械的不断发展, 以及对患儿长期生活质量与心理影响的深入研究, 经济单部位腹腔镜技术将不断优化完善, 为广大患儿提供疗效更好、瘢痕更小、恢复更快的微创治疗方案, 推动小儿微创外科向“精准、微创、美容、人性化”的方向发展。

参考文献

- [1] 张伟, 单成祥, 江道振, 等. 无瘢痕手术: NOTES [J]. 国际外科学杂志, 2009, 36(3): 208-211.
- [2] 金祝, 刘远梅, 郑泽兵, 等. 经济单孔改良腹腔镜手术治疗小儿腹股沟斜疝[J]. 临床小儿外科杂志, 2014, 13(2): 150-152.
- [3] Zhao, L., Liao, Z., Feng, S., Wu, P. and Chen, G. (2015) Single-Incision versus Conventional Laparoscopic Appendectomy in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pediatric Surgery International*, **31**, 347-353. <https://doi.org/10.1007/s00383-015-3680-5>
- [4] 王博, 席红卫, 赵正, 等. 经济单部位法与传统四孔法腹腔镜手术治疗小儿胆总管囊肿的对比研究[J]. 临床小儿外科杂志, 2021, 20(7): 658-663.
- [5] Kang, S.K., Jang, W.S., Kim, S.W., Kim, S.H., Han, S.W. and Lee, Y.S. (2019) Robot-Assisted Laparoscopic Single-Port Pyeloplasty Using the Da Vinci SP® System: Initial Experience with a Pediatric Patient. *Journal of Pediatric Urology*, **15**, 576-577. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2019.08.003>
- [6] Xu, D., Gao, H., Yu, S., Huang, G., Lu, D., Yang, K., et al. (2022) Ensuring Safety and Feasibility for Resection of Pediatric Benign Ovarian Tumors by Single-Port Robot-Assisted Laparoscopic Surgery Using the Da Vinci Xi System. *Frontiers in Surgery*, **9**, Article 944662. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.944662>
- [7] Ahmed, A., Waseem, M.H., Abideen, Z.u., Sajid, B., Ramzan, N.U.H., Ahad, A., et al. (2025) Comparison of Transumbilical Laparoscopic-Assisted Appendectomy (TULAA) vs Conventional Three-Port Laparoscopic Appendectomy (CTLA) in the Pediatric Population: A Systematic Review and Meta-Analysis. *European Journal of Pediatrics*, **184**, Article No. 445. <https://doi.org/10.1007/s00431-025-06286-3>
- [8] Tsai, T., Lin, C., Cheang, I.N., Hsu, Y., Wei, C., Chin, T., et al. (2023) Comparing Outcomes of Single-Incision Laparoscopic Herniorrhaphy in Newborns and Infants. *Diagnostics*, **13**, Article 529. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13030529>
- [9] 梁煜, 耿宪杰, 常栋喆, 等. 经济单孔腹腔镜与传统三孔腹腔镜手术治疗美克尔憩室患儿的临床观察[J]. 中国医学工程, 2025, 33(3): 93-96.
- [10] 王欣星, 曾纪晓, 徐晓钢, 等. 经济单孔与标准三孔腹腔镜辅助先天性巨结肠根治术的临床对比研究[J]. 临床小儿外科杂志, 2024, 23(9): 819-824.
- [11] Nguyen, L.T., Nguyen, A.T., Nguyen, Q.T., Tran, Q.A., Bui, H.D. and Pham, H.D. (2021) Suspension Sutures Facilitate Single-Incision Laparoscopic-Assisted Rectal Pull-Through for Hirschsprung Disease. *BMC Surgery*, **21**, Article No. 274. <https://doi.org/10.1186/s12893-021-01260-w>
- [12] Tang, Y., Li, F. and He, G. (2015) Comparison of Single-Incision and Conventional Laparoscopic Cyst Excision and Roux-En-Y Hepaticojejunostomy for Children with Choledochal Cysts. *Indian Journal of Surgery*, **78**, 259-264.

- <https://doi.org/10.1007/s12262-015-1348-y>
- [13] Diao, M., Li, L., Li, Q., Ye, M. and Cheng, W. (2013) Single-Incision versus Conventional Laparoscopic Cyst Excision and Roux-y Hepaticojejunostomy for Children with Choledochal Cysts: A Case-Control Study. *World Journal of Surgery*, **37**, 1707-1713. <https://doi.org/10.1007/s00268-013-2012-y>
- [14] Passoni, N.M. and Peters, C.A. (2020) Managing Ureteropelvic Junction Obstruction in the Young Infant. *Frontiers in Pediatrics*, **8**, Article 242. <https://doi.org/10.3389/fped.2020.00242>
- [15] Lu, L., Zhang, B., Tang, L., Shen, J., Wang, X. and Geng, H. (2024) Comparison of the Safety and Efficacy of Laparoscopic Single-Incision Triangulated Umbilical Surgery Pyeloplasty with Traditional Three-Hole Surgery in a Pediatric Tertiary Center. *International Journal of Urology*, **32**, 73-78. <https://doi.org/10.1111/iju.15598>
- [16] Xu, Y.H. and Wang, F.R. (2024) Transumbilical Single-Incision Hybrid Pyeloplasty for Infant Ureteropelvic Junction Obstruction. *Journal of Pediatric Urology*, **20**, 759-761. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2024.03.021>
- [17] Raicevic, M. and Saxena, A. (2019) Review of Laparoscopic Management of Mature Cystic Teratoma of Ovaries in Children. *Journal of Indian Association of Pediatric Surgeons*, **24**, 92-96. https://doi.org/10.4103/jiaps.jiaps_246_17
- [18] 刘坤. 单孔腹腔镜结直肠手术专家共识(2019版)[J]. 中华结直肠疾病电子杂志, 2019, 8(4): 343-348.
- [19] Bi, Y., Lu, L. and Ruan, S. (2011) Using Conventional 3- and 5-mm Straight Instruments in Laparoendoscopic Single-Site Pyeloplasty in Children. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*, **21**, 969-972. <https://doi.org/10.1089/lap.2011.0103>
- [20] Habicher, M., Tokas, T., Herrmann, T.R. and Nagele, U. (2018) Laparoscopic Single-Incision Triangulated Umbilical Surgery (SITUS) Pyeloplasty: A Description of the First 32 Cases. *World Journal of Urology*, **36**, 1883-1888. <https://doi.org/10.1007/s00345-018-2308-5>
- [21] Hansen, E.N., Muensterer, O.J., Georgeson, K.E. and Harmon, C.M. (2010) Single-Incision Pediatric Endosurgery: Lessons Learned from Our First 224 Laparoendoscopic Single-Site Procedures in Children. *Pediatric Surgery International*, **27**, 643-648. <https://doi.org/10.1007/s00383-010-2735-x>
- [22] Ashour Mohamed, Y., Ahmed Negm, M., Ahmed Gamaan, I., Ahmed Elhady, S. and Mohamed Shahin, M. (2020) Preliminary Experience of Glove Single Port Laparoscopic Appendectomy in Children and Adolescents for Uncomplicated Appendicitis. *Acta Scientific Paediatrics*, **3**, 1-6. <https://doi.org/10.31080/aspe.2020.03.0226>
- [23] Díaz, D., Cañón, I.C., Fierro, F., Molina, I. and Beltrán, J.R. (2011) Experiencia inicial en cirugía laparoscópica por puerto único en un hospital pediátrico de Bogotá [Initial Experience in Single Site Laparoscopic Surgery in a Pediatric Hospital of Bogotá]. *Cirugía pediátrica: Órgano oficial de la Sociedad Española de Cirugía Pediátrica*, **24**, 228-231.
- [24] Kim, Y. and Lee, W. (2016) The Learning Curve of Single-Port Laparoscopic Appendectomy Performed by Emergent Operation. *World Journal of Emergency Surgery*, **11**, Article No. 39. <https://doi.org/10.1186/s13017-016-0096-z>
- [25] Zampieri, N., Vestri, E., Bianchi, F., Peretti, M., Patané, S., Cecchetto, M., et al. (2023) Single Port Surgery in Pediatric Age: Report of First 300 Cases. *Minerva Surgery*, **78**, 23-29. <https://doi.org/10.23736/s2724-5691.22.09315-7>
- [26] St. Peter, S.D., Adibe, O.O., Juang, D., Sharp, S.W., Garey, C.L., Laituri, C.A., et al. (2011) Single Incision versus Standard 3-Port Laparoscopic Appendectomy: A Prospective Randomized Trial. *Annals of Surgery*, **254**, 586-590. <https://doi.org/10.1097/sla.0b013e31823003b5>
- [27] Ostlie, D.J. (2011) Single-Site Umbilical Laparoscopic Appendectomy. *Seminars in Pediatric Surgery*, **20**, 196-200. <https://doi.org/10.1053/j.sempedsurg.2011.05.003>
- [28] Golebiewski, A., Anzelewicz, S., Wiejek, A., Lubacka, D. and Czauderna, P. (2019) A Prospective Randomized Controlled Trial of Single-Port and Three-Port Laparoscopic Appendectomy in Children. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*, **29**, 703-709. <https://doi.org/10.1089/lap.2018.0560>
- [29] Lee, S.E., Choi, Y.S., Kim, B.G., Cha, S., Park, J. and Chang, I.T. (2014) Single Port Laparoscopic Appendectomy in Children Using Glove Port and Conventional Rigid Instruments. *Annals of Surgical Treatment and Research*, **86**, 35-38. <https://doi.org/10.4174/astr.2014.86.1.35>
- [30] Carrillo Montenegro, A.F., Aristizabal Rojas, S., Pulido Segura, J.A., Pedraza, M., Padilla, L., Lozada-Martinez, I.D., et al. (2023) Single Incision Laparoscopic Appendectomy with Surgical-Glove Port Is Cost-Effective and Reliable in Complicated Acute Appendicitis: A Casecontrol Multicenter Study in Colombia. *Heliyon*, **9**, e12972. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12972>
- [31] Joseph, R.A., Salas, N.A., Johnson, C., Goh, A., Cuevas, S.P., Donovan, M.A., et al. (2010) Chopstick Surgery: A Novel Technique Enables Use of the Da Vinci Robot to Perform Single-Incision Laparoscopic Surgery. *Surgical Endoscopy*, **24**, 3224-3224. <https://doi.org/10.1007/s00464-010-1107-x>