

达芬奇机器人在甲状腺癌治疗中的应用进展

王志浩^{1*}, 李志远¹, 王伟^{2#}

¹济宁医学院临床医学院(附属医院), 山东 济宁

²济宁市第一人民医院乳甲外科, 山东 济宁

收稿日期: 2025年7月1日; 录用日期: 2025年7月24日; 发布日期: 2025年8月5日

摘要

甲状腺癌作为头颈部最常见的恶性肿瘤之一, 其发病率在全球范围内呈上升趋势。手术切除是目前治疗甲状腺癌的主要方法, 传统的甲状腺癌外科手术存在创伤大、恢复慢、颈部遗留明显瘢痕的局限性。机器人甲状腺切除术以其精确的操作和微创的优势, 为甲状腺癌患者提供新的治疗选择。然而, 机器人甲状腺切除术尚未普及, 且不同手术入路机器人手术系统在甲状腺切除术中的临床效果、适应症仍有待商榷。本文对达芬奇机器人甲状腺切除术在甲状腺癌治疗起源和探索、发展进程、适应症、禁忌证、术后并发症、手术优势和局限性进行总结, 就近年来达芬奇机器人甲状腺手术的研究进展进行综述。

关键词

甲状腺切除术, 甲状腺癌, 达芬奇机器人, 手术入路

Application Advances of da Vinci Robotic System in Thyroid Cancer Treatment

Zhihao Wang^{1*}, Zhiyuan Li¹, Wei Wang^{2#}

¹Clinical Medical College (Affiliated Hospital), Jining Medical University, Jining Shandong

²Department of Breast and Thyroid Surgery, Jining First People's Hospital, Jining Shandong

Received: Jul. 1st, 2025; accepted: Jul. 24th, 2025; published: Aug. 5th, 2025

Abstract

Thyroid cancer, as one of the most common malignancies in the head and neck region, has shown an increasing incidence worldwide. Surgical resection remains the primary treatment for thyroid cancer, yet conventional thyroidectomy is limited by significant trauma, slow recovery, and

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 王志浩, 李志远, 王伟. 达芬奇机器人在甲状腺癌治疗中的应用进展[J]. 临床个性化医学, 2025, 4(4): 108-116.
DOI: 10.12677/jcpm.2025.44423

prominent neck scarring. Robotic thyroidectomy, with its precise manipulation and minimally invasive advantages, offers a novel therapeutic option for thyroid cancer patients. However, robotic thyroidectomy has not yet been widely adopted, and the clinical efficacy and indications of different robotic surgical approaches for thyroidectomy remain debatable. This article summarizes the origins, evolution, indications, contraindications, postoperative complications, advantages, and limitations of da Vinci robotic thyroidectomy in thyroid cancer treatment. It also reviews recent research advances in da Vinci robotic thyroid surgery.

Keywords

Thyroidectomy, Thyroid Cancer, Da Vinci Robotic System, Surgical Approaches

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

甲状腺癌起源于甲状腺滤泡上皮,已成为全球发病率增长最快的实体肿瘤之一,尤其是乳头状癌。有数据显示,近20年来该疾病的全球年发病率平均增长约3.6%,在部分发达国家和地区甚至达到了6.2%[1]。中国的癌症数据统计显示,甲状腺癌发病率位居女性恶性肿瘤的第4位,并呈现逐年增长的趋势,而且逐步年轻化[2][3]。尽管甲状腺癌的全球发病率持续攀升,但其病死率近年来呈现稳步下降态势,与肿瘤的早发现、早治疗有一定关系[1][2][4]。

对于分化型甲状腺癌,手术、 ^{131}I 和激素抑制治疗是目前的主要治疗手段,靶向治疗现也成为甲状腺癌治疗的一种手段。但手术仍是甲状腺癌,尤其是分化型甲状腺癌最主要的治疗方式[5][6],并且是治愈的唯一一次机会。传统开放手术在颈前区留下的手术瘢痕,尤其是对于美观要求较高的年轻患者群体,可能造成显著的心理社会负担。因此,患者倾向于选择美容效果更好的腔镜微创手术[7]。腔镜甲状腺手术治疗效果确切、美容效果好,经过多年的发展与完善已经演化出多种手术入路方式,包括腋路、前胸路、乳晕路、口路、耳后路等。然而,腔镜甲状腺手术存在操作空间狭小、手术操作器械冲突干扰操作等局限性。为解决腔镜甲状腺手术局限性,达芬奇机器人甲状腺手术应运而生,达芬奇机器人手术系统具有手部滤震、三维放大术野、高自由度的器械、符合人体工程学等优点,同时在美容效果、提高手术精度、降低并发症发生率等方面展现出独特优势,由于操作逻辑相似,腔镜甲状腺手术入路均可应用于达芬奇机器人甲状腺手术中[5][8]。本文就近年来关于达芬奇机器人甲状腺手术的应用进展进行综述。

2. 达芬奇机器人甲状腺手术的临床应用进展

达芬奇机器人于1999年由Intuitive Surgical公司发明,并于2000年由美国食品药品监督管理局批准应用于临床[9]。达芬奇机器人系统由三大部分组成:医师控制台、床旁机械臂及三维影像系统。2006年推出第二代机器人,机械手臂活动范围较前代增大。2009年推出第三代da Vinci Si机器人,与前代相比增加了双控制台、模拟控制器、术中荧光显影技术等功能。第四代da Vinci Xi机器人于2014年推出,其更小型化的手臂设计可允许更大范围的运动,减少了器械碰撞,简化了操作难度。随着da Vinci Single-Port (SP)系统的推广,SP达芬奇机器人也逐步应用于甲状腺手术中[10]-[12],但目前国内尚未见相关报道。

2007年,Kang等[13]于世界范围内首次将达芬奇机器人应用于甲状腺手术。贺青卿等[14]于2014年

首次在国内开展机器人甲状腺手术。韩国机器人甲状腺年手术量位居世界前列且逐年攀升, 约占全球甲状腺年手术总量的 10% [15]。机器人甲状腺手术逐步走向规范化、熟练化, 得到广泛认可, 越来越多的医疗中心积极引入该技术。2019 年、2024 年中国医师协会外科医师分会甲状腺外科医师委员会(Chinese Thyroid Association, CTA)等分别颁布了《机器人甲状腺及甲状旁腺手术中神经电生理监测临床操作专家共识(2019 版)》《机器人手术系统辅助甲状腺和甲状旁腺手术临床实践指南(2024 版)》[16], 国内外相继报道了多个单中心的临床数据, 为进一步推广和规范该技术奠定了基础。

随着达芬奇手术机器人系统的迭代升级与广泛应用, 临床实践中已发展出多种成熟的甲状腺手术入路方式。目前主流入路包括经腋窝入路(Transaxillary Approach, TAA)、经双侧腋窝和乳晕入路(Bilateral Axillo-Breast Approach, BABA)、经耳后入路(Retroauricular Approach, RA)和经口腔前庭入路甲状腺切除术(Transoral Vestibular Robotic Thyroidectomy, TORTVA)。

2.1. 腋窝入路(TAA)

Kim 等[17]首次报道了经腋窝入路达芬奇机器人甲状腺手术。该入路在世界范围内广泛应用, 腋窝切口较为隐蔽具有显著的审美优势, 同时非充气方式建立手术空间有效规避了高碳酸血症及气体栓塞等潜在风险。目前腋窝入路主要适用于单侧叶切除及淋巴结清扫, 但对于甲状腺全切和颈部淋巴结清扫存在解剖学限制[13][18]。Choi 团队[19]回顾分析了 5000 例经 TAA 入路的达芬奇机器人甲状腺癌切除术, 该术式在围手术期并发症发生率及肿瘤根治性等方面与传统开放手术具有等效性, 且在美容效果、微创性和患者满意度方面展现出显著优势。与其它 RT 入路相比, 经 TAA 入路在手术时间上具有优势[20]。TAA 入路需特别避免臂丛神经的损伤, 该神经损伤后可出现同侧手臂麻木、肩关节疼痛等症状[21]。随着 da Vinci Single-Port (SP)手术系统的临床应用, 单孔达芬奇机器人手术系统在经腋窝入路甲状腺手术中的应用日趋成熟。Kim 等[12]进行的单中心临床研究证实, 单孔经腋窝达芬奇机器人甲状腺切除术(SP-TART)在单侧甲状腺癌治疗中展现出良好的安全性。与传统多孔 TAA 相比, SP-TART 通过缩小体表切口及减少游离皮瓣面积, 显著降低了神经损伤发生率[22]。

2.2. 双侧腋窝乳入路(BABA)

双侧腋窝-乳晕入路由腋窝双侧乳房入路(ABBA)改良而来, 是目前临床最广泛应用的入路。通过双侧腋窝联合乳晕切口提供了更优的手术视野, 同时对于甲状腺全切以及淋巴结清扫, BABA 入路提供了更方便的操作空间[23][24]。多项国际多中心研究证实, 与其它 RT 入路相比 BABA 入路无手术范围的限制, 适用于甲状腺全切除术及中央区、颈侧区淋巴结清扫。BABA 入路并发症发生率、手术安全性、肿瘤根治性等与开放性手术无统计学差异。达芬奇机器人系统的三维放大视野及腕式器械在胸骨后淋巴结清扫和喉返神经深部分离中展现出显著优势, 同时切口隐蔽, 提高了美容效果[25]-[27]。但 BABA 入路达芬奇机器人辅助甲状腺手术需要大范围游离皮瓣, 有悖微创手术理念[28]。Lee 等[29]创新性应用单孔达芬奇机器人系统开发了单孔乳晕入路, 命名为 SPRA, 该入路仅通过右乳晕切口对接手术达芬奇机器人, 游离皮瓣的面积减少了 50%以上。SPRA 在手术时间, 术后引流量等围手术期指标中表现均优于 BABA 入路, 同时保持相当的手术安全性和肿瘤学结果[30]。尽管该技术仍需大规模前瞻性研究验证, 但其已被列为机器人外科学会重点推荐的研究方向。

2.3. 经口腔前庭入路(TORT)

Lee 等[31]首次将 TORT 入路达芬奇机器人甲状腺手术应用于临床实践中。作为符合自然腔道手术理念的典范, TORT 凭借其无体表瘢痕及创伤小等特性, 成为甲状腺外科领域的重要技术突破[32]-[34]。该

入路适用于甲状腺全切与中央区淋巴结清扫[34][35], 国内外多个研究中心开展该术式, 并证实其手术安全性、肿瘤根治性与开放性手术及其它入路 RT 无显著差异[33][36][37]。与 TAA 入路、BABA 入路相比, TORT 入路术后疼痛评分更低、引流量更少、在淋巴结清扫展现出显著优势[7]。由于下颌骨解剖限制导致器械活动角度受限, 该术式对颈侧区淋巴结的清扫完整性存在技术局限[36][38], 故应严格把握手术适应症。下颌骨周围皮肤菲薄, 建立手术空间时易引起唇破裂、皮瓣穿孔等特殊并发症[32][39]。颈神经损伤是 TORT 入路特有的并发症, 该神经损伤后可出现下唇、下颏皮肤麻木及感觉障碍[32][39][40]。由于口腔切口环境的特殊性, 术前口腔和牙齿清洁、预防性使用抗生素可有效降低切口感染率[32], 由无菌手术变为有菌手术也是制约 TORT 入路进一步发展的主要因素。

2.4. 耳后发际线入路(RA)

Terris 等[41]最早将耳后入路达芬奇机器人甲状腺切除术实践于临床中。该入路独特的斜向视角使得颈部血管与带状肌群的立体解剖关系清晰可见, 在颈侧区淋巴结清扫中视野具有显著优势[41][42]。多项对照研究证实, RA 在手术精度及美容满意度方面均优于传统开放手术[43], 且手术安全性与开放手术无显著差异[44]。耳后入路较腋窝入路切口距离甲状腺更短, 游离皮瓣更少, 创伤更小, 且瘢痕被耳廓及头发掩盖, 美容效果更好[44]-[46]。由于操作空间的限制, 经耳后入路 RT 在全甲状腺切除时需双侧切口。耳大神经和下颌边缘神经损伤是 RA 的特有并发症[21], 表现为同侧耳垂、耳廓和乳突等部位的皮肤麻木。Kim 等[47]进行了 40 例经单孔 RA 入路达芬奇机器人甲状腺手术, 该前瞻性研究证实了单孔 RA 入路达芬奇机器人甲状腺切除术在技术上是可行和安全的。此外, 体表切口较应用第四代达芬奇机器人显著减小。

3. 达芬奇机器人甲状腺手术的适应症和禁忌证

随着医疗技术的革新与进步, 达芬奇机器人系统在临床诊疗中的应用日益广泛。达芬奇机器人甲状腺手术适应症不断拓宽的同时适用年龄范围也在逐渐扩大, 大多数年轻患者、也包括青少年也可以耐受该术式, 并取得了良好治疗效果[48]。近年来, 达芬奇机器人手术系统功能不断更新迭代、随着病例数的增加, 术者得以积累丰富经验, 手术技能也在提高。达芬奇机器人辅助甲状腺手术的临床适应证范围持续扩展, 但也应该明确把握手术的适应症和禁忌证。

基于最新循证医学证据, 中国甲状腺外科诸多学者制定《达芬奇机器人手术系统辅助甲状腺和甲状旁腺手术临床实践指南(2024 版)》, 对达芬奇机器人甲状腺手术适应证作出明确规范: ① 最大径 $\leq 5\text{ cm}$ 的甲状腺腺瘤和结节性甲状腺肿; ② 甲状腺肿大小于 II 度的甲状腺功能亢进患者; ③ 肿瘤最大径 $\leq 2\text{ cm}$ 的分化型甲状腺癌; ④ 未侵犯邻近器官, 无颈部淋巴结广泛转移; ⑤ 未侵犯重要器官的复发甲状腺癌。禁忌证为: ① 合并严重疾病无法耐受手术颈部放疗史; ② 实性肿瘤最大径 $> 5\text{ cm}$; ③ III 度肿大的甲状腺功能亢进; ④ 胸骨后甲状腺肿; ⑤ 伴甲状腺外侵犯或广泛颈部淋巴结转移的分化型甲状腺癌; ⑥ 妊娠期; ⑦ 术前穿刺明确不良病理类型的甲状腺癌(如未分化癌、低分化乳头状癌等)。随着技术的进步和临床经验的积累, 对于肥胖、胸廓畸形等达芬奇机器人甲状腺手术的绝对禁忌症, 也逐渐转变为相对禁忌症[16]。

术前评估是选择手术方式的关键, 应完善常规检查, 行甲状腺及颈部淋巴结超声检查初步评估肿瘤形态、大小、位置及与毗邻器官的关系, 尽可能对甲状腺结节行超声引导下细针穿刺细胞学检查和相关基因检测明确诊断[49], 必要时行颈部增强 CT、MRI 明确原发灶和可能淋巴结转移位置, 以及有无周围器官侵犯等, 排除手术禁忌证, 在严格把握手术适应症的同时也应选择合适的入路方式, 以便患者得到最优治疗效果。

4. 达芬奇机器人甲状腺手术的安全性

对于甲状腺癌的治疗, 确保手术的安全性以及彻底性是首要考量因素, 这关系到长期复发风险及预后的评估。多项临床研究证实, 达芬奇机器人甲状腺切除术在肿瘤根治效果方面与传统开放手术无显著差异。Tac [50]通过对比 62 例达芬奇机器人手术与 183 例开放手术患者, 发现两组在血清刺激性甲状腺球蛋白水平、 ^{131}I 摄取率及淋巴结清扫数目上均无统计学差异。Cho 等[51]在一项包含 2348 名接受甲状腺切除术患者的回顾性研究中表示, 无论是腔镜还是达芬奇机器人手术, 其安全性和可行性均与开放手术相当。此外, 长期随访结果表明达芬奇机器人手术组肿瘤复发率与开放性手术无异, 印证了达芬奇机器人甲状腺手术的安全性[52] [53]。

基于多中心临床研究的系统评估数据表明, 达芬奇机器人辅助与开放甲状腺手术在微创优势方面展现出显著差异, 研究采用标准化评估体系对两组手术效果进行了全面比较, 包括: 美观度评估: 温哥华瘢痕量表(VSS)、患者瘢痕评估量表(PSAS); 手术质量指标: 术中出血量、手术时间、淋巴结清扫数目; 术后恢复指标: 视觉模拟疼痛评分(VAS)、咽部不适指数、音障碍指数量表(VHI-10), 并发症发生情况和复发转移情况等指标。结果显示, 达芬奇机器人手术组和开放性手术组术后均未发生永久性或暂时性喉返、喉上神经损伤、切口出血、皮下瘀血瘀斑、颈部压迫感及声嘶等常见并发症, 且随访期间均未出现复发转移。此外, 在美观度、疼痛程度方面达芬奇机器人手术较开放性手术有显著优势。

5. 达芬奇机器人甲状腺手术的并发症以及局限性

5.1. 并发症

甲状腺手术的并发症以喉返神经损伤、喉上神经损伤、低钙血症、气管损伤、食管损伤多见, 尽管达芬奇机器人甲状腺手术的安全性已显著提升, 但严重的并发症仍偶有发生。达芬奇机器人甲状腺手术各入路下并发症的发生率也不尽相同。就喉上、喉返神经损伤而言, Chai 等开展的对照研究显示, 经 BABA 入路手术组中出现暂时性喉返神经损伤的患者显著多于经 TORT 入路手术组, 而 Kim 等人的研究也证实了这个观点[36] [54]。这一差异可能与不同入路对喉返神经的暴露程度和解剖视角有关。

各入路下的并发症种类也有较大区别, 有些甚至是该入路特有的并发症。现有临床研究显示, 经腋窝入路(TAA)的臂丛神经损伤率为 0.3% [55]; 经耳后入路(RA)的耳大神经损伤率可达 6.9%, 有部分患者出现耳垂区域短暂性感觉异常, 但所有症状均在 3 个月内完全缓解[43]; 经口腔达芬奇机器人甲状腺手术(TORT)中 Chen 等提出了口腔前庭三角区操作概念, 通过标准化操作流程可将颈神经损伤率降至 0.8%, 同时缩短平均手术时间[56]。预防性地使用类固醇激素, 也对减少并发症的发生有重要意义[57]。此外, 随访期间所有患者均未出现永久性神经损伤或其他严重并发症[32] [58]。

5.2. 局限性

达芬奇机器人甲状腺手术的局限性为成本较高和学习曲线较长。达芬奇手术机器人的价格约数百万美元, 且购入后维护、耗材和设备折旧也面临着高额费用, 高昂的成本使达芬奇手术机器人难以广泛应用[59]。不仅面临经济压力, 达芬奇机器人手术的学习曲线较开放性手术、腔镜手术更为陡峭, 不同医疗中心、不同入路的学习曲线也不尽相同[60] [61]。对于初学者而言, 可能会延长手术时长、增加并发症发生率, 而熟练掌握后才能够发挥机器人手术的优势, 提高手术效率及质量。

6. 小结

近年来, 甲状腺癌发病率呈上升趋势, 达芬奇机器人在甲状腺的手术中相较于开放手术在美容效果及手术安全性方面展现出显著优势, 为临床治疗提供了新的选择。不同手术入路的适应证存在差异, 其

临床效能亦有所不同。在临床实践中,我们不仅需充分认识达芬奇机器人手术的技术优势,更应重视术前精准评估,严格把握手术指征,并基于术者操作经验及患者个体化特征选择适宜的手术方式,以确保肿瘤根治性与手术安全性。达芬奇机器人甲状腺手术是当前学术研究及临床实践热点,虽由于技术限制等原因未能在各级医院普及,相信未来随着达芬奇机器人系统的迭代升级,该技术有望进一步普及,从而使更多患者获益。

基金项目

吴阶平医学基金会临床科研专项基金(320.6750.2023-18-114)。

参考文献

- [1] Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R.L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., *et al.* (2021) Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, **71**, 209-249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- [2] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局. 甲状腺癌诊疗指南(2022 年版) [J]. 中国实用外科杂志, 2022, 42(12): 1343-1357+1363.
- [3] 张新洲, 刘劲松, 许娴, 等. 2005-2016 年中国甲状腺癌发病和死亡趋势分析[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2022, 29(24): 1725-1733.
- [4] Nabhan, F., Dedhia, P.H. and Ringel, M.D. (2021) Thyroid Cancer, Recent Advances in Diagnosis and Therapy. *International Journal of Cancer*, **149**, 984-992. <https://doi.org/10.1002/ijc.33690>
- [5] 刘坤鹏, 邢宝平. 甲状腺恶性肿瘤外科手术治疗进展[J]. 中国临床研究, 2020, 33(5): 697-699.
- [6] ElKordy, M.A., ElBaradie, T.S., ElSebai, H.I., Amin, A.A.E. and KhairAlla, S.M. (2018) Osteosarcoma of the Jaw: Challenges in the Diagnosis and Treatment. *Journal of the Egyptian National Cancer Institute*, **30**, 7-11. <https://doi.org/10.1016/j.jnci.2018.02.001>
- [7] Chae, S., Min, S.Y. and Park, W.S. (2020) Comparison Study of Robotic Thyroidectomies through a Bilateral Axillo-Breast Approach and a Transoral Approach. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*, **30**, 175-182. <https://doi.org/10.1089/lap.2019.0585>
- [8] Kwon, H., Yi, J.W., Song, R., Chai, Y.J., Kim, S., Choi, J.Y., *et al.* (2016) Comparison of Bilateral Axillo-Breast Approach Robotic Thyroidectomy with Open Thyroidectomy for Graves' Disease. *World Journal of Surgery*, **40**, 498-504. <https://doi.org/10.1007/s00268-016-3403-7>
- [9] Liu, H., Li, L., Shi, B., Xu, C. and Luo, E. (2017) Robotic Surgical Systems in Maxillofacial Surgery: A Review. *International Journal of Oral Science*, **9**, 63-73. <https://doi.org/10.1038/ijos.2017.24>
- [10] Park, Y.M., Choi, E.C., Kim, S. and Koh, Y.W. (2021) Recent Progress of Robotic Head and Neck Surgery Using a Flexible Single Port Robotic System. *Journal of Robotic Surgery*, **16**, 353-360. <https://doi.org/10.1007/s11701-021-01221-8>
- [11] Park, Y.M., Kim, D.H., Kang, M.S., Lim, J.Y., Choi, E.C., Koh, Y.W., *et al.* (2019) The First Human Trial of Transoral Robotic Surgery Using a Single-Port Robotic System in the Treatment of Laryngo-Pharyngeal Cancer. *Annals of Surgical Oncology*, **26**, 4472-4480. <https://doi.org/10.1245/s10434-019-07802-0>
- [12] Kim, J.K., Choi, S.H., Choi, S.M., Choi, H.R., Lee, C.R., Kang, S., *et al.* (2021) Single-Port Transaxillary Robotic Thyroidectomy (START): 200-Cases with Two-Step Retraction Method. *Surgical Endoscopy*, **36**, 2688-2696. <https://doi.org/10.1007/s00464-021-08837-9>
- [13] Kang, S., Jeong, J.J., Yun, J., Sung, T.Y., Lee, S.C., Lee, Y.S., *et al.* (2009) Robot-Assisted Endoscopic Surgery for Thyroid Cancer: Experience with the First 100 Patients. *Surgical Endoscopy*, **23**, 2399-2406. <https://doi.org/10.1007/s00464-009-0366-x>
- [14] 贺青卿, 周鹏, 庄大勇, 等. 经腋窝与胸前径路 da Vinci Si 机器人甲状腺腺叶切除二例[J]. 国际外科学杂志, 2014, 41(2): 104-107+147.
- [15] An, L., Hwang, K.S., Park, S., Kim, Y.N., Baek, S., Park, S., *et al.* (2021) Trends of Robotic-Assisted Surgery for Thyroid, Colorectal, Stomach and Hepatopancreaticobiliary Cancer: 10 Year Korea Trend Investigation. *Asian Journal of Surgery*, **44**, 199-205. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2020.05.029>
- [16] He, Q., Tian, W., Wang, P., Wang, X., Bai, Y., Chen, G., *et al.* (2025) Correction: Chinese Expert Consensus on Transoral Vestibular Approach Robotic Thyroidectomy and Parathyroidectomy (Version 2024). *Journal of Robotic Surgery*, **19**, Article No. 71. <https://doi.org/10.1007/s11701-025-02236-1>

- [17] Tae, K. (2021) Robotic Thyroid Surgery. *Auris Nasus Larynx*, **48**, 331-338. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2020.06.007>
- [18] Kim, J.K., Lee, C.R., Kang, S., Jeong, J.J., Nam, K. and Chung, W.Y. (2021) Robotic Transaxillary Lateral Neck Dissection for Thyroid Cancer: Learning Experience from 500 Cases. *Surgical Endoscopy*, **36**, 2436-2444. <https://doi.org/10.1007/s00464-021-08526-7>
- [19] Kim, M.J., Nam, K., Lee, S.G., Choi, J.B., Kim, T.H., Lee, C.R., *et al.* (2017) Yonsei Experience of 5000 Gasless Transaxillary Robotic Thyroidectomies. *World Journal of Surgery*, **42**, 393-401. <https://doi.org/10.1007/s00268-017-4209-y>
- [20] Yu, D.Y., Chang, Y.W., Ku, D., Ko, S.Y., Lee, H.Y. and Son, G.S. (2023) Robotic Thyroidectomy Using Gas-Insufflation One-Step Single-Port Transaxillary (GOSTA) Approach. *Surgical Endoscopy*, **37**, 8861-8870. <https://doi.org/10.1007/s00464-023-10435-w>
- [21] 李昆临, 王程, 迟昊, 等. 机器人甲状腺手术中相关神经损伤的研究进展[J]. 腹腔镜外科杂志, 2023, 28(3): 222-225.
- [22] Chang, E.H.E., Kim, H.Y., Koh, Y.W. and Chung, W.Y. (2017) Overview of Robotic Thyroidectomy. *Gland Surgery*, **6**, 218-228. <https://doi.org/10.21037/gs.2017.03.18>
- [23] Shimazu, K., Shiba, E., Tamaki, Y., Takiguchi, S., Taniguchi, E., Ohashi, S., *et al.* (2003) Endoscopic Thyroid Surgery through the Axillo-Bilateral-Breast Approach. *Surgical Laparoscopy, Endoscopy & Percutaneous Techniques*, **13**, 196-201. <https://doi.org/10.1097/00129689-200306000-00011>
- [24] Choe, J., Kim, S.W., Chung, K., Park, K.S., Han, W., Noh, D., *et al.* (2007) Endoscopic Thyroidectomy Using a New Bilateral Axillo-Breast Approach. *World Journal of Surgery*, **31**, 601-606. <https://doi.org/10.1007/s00268-006-0481-y>
- [25] Lee, K.E., Kim, E., Koo, D.H., Choi, J.Y., Kim, K.H. and Youn, Y. (2013) Robotic Thyroidectomy by Bilateral Axillo-Breast Approach: Review of 1026 Cases and Surgical Completeness. *Surgical Endoscopy*, **27**, 2955-2962. <https://doi.org/10.1007/s00464-013-2863-1>
- [26] Liu, P., Zhang, Y., Qi, X., Liu, H., Du, J., Liu, J., *et al.* (2019) Unilateral Axilla-Bilateral Areola Approach for Thyroidectomy by Da Vinci Robot: 500 Cases Treated by the Same Surgeon. *Journal of Cancer*, **10**, 3851-3859. <https://doi.org/10.7150/jca.31463>
- [27] 李昆临, 白柯成, 杨明宇, 等. 第四代达芬奇机器人经双侧腋窝乳晕入路甲状腺手术疗效单中心 649 例分析[J]. 中国普通外科杂志, 2023, 32(11): 1687-1696.
- [28] Xu, X., Pan, C., Gao, X., Zhang, L. and Lin, S. (2024) Perioperative Outcomes of Bilateral Axillo-Breast Approach Robotic Thyroidectomy (BABART) versus Minimally Invasive Thyroidectomy (MIT): A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Robotic Surgery*, **18**, Article No. 136. <https://doi.org/10.1007/s11701-024-01891-0>
- [29] Choi, Y.S., Choi, J.H., Jeon, M.S., Yu, M.J., Lee, H.M., Shin, A.Y., *et al.* (2023) First Experience of Single-Port Robotic Areolar Approach Thyroidectomy. *Clinical and Experimental Otorhinolaryngology*, **16**, 275-281. <https://doi.org/10.21053/ceo.2023.00682>
- [30] Lee, S.M., Hwang, H., Shin, M.H. and Yi, J.W. (2024) One-Year Clinical Experience of Single-Port and Multi-Port Robotic Thyroid Surgery in a Single Institution. *Journal of Clinical Medicine*, **13**, Article No. 5486. <https://doi.org/10.3390/jcm13185486>
- [31] Lee, H.Y., You, J.Y., Woo, S.U., Son, G.S., Lee, J.B., Bae, J.W., *et al.* (2014) Transoral Periosteal Thyroidectomy: Cadaver to Human. *Surgical Endoscopy*, **29**, 898-904. <https://doi.org/10.1007/s00464-014-3749-6>
- [32] 贺青卿, 田文, 王平, 等. 经口腔前庭入路机器人甲状腺和甲状旁腺手术中国专家共识(2023 版) [J]. 中国实用外科杂志, 2023, 43(12): 1328-1334.
- [33] 余富杰, 赵健洁, 赵大威, 等. 机器人经口腔前庭入路与传统开放性甲状腺癌根治手术的对比研究[J]. 重庆医科大学学报, 2023, 48(6): 662-666.
- [34] Kang, Y.J., Cho, J., Stybayeva, G. and Hwang, S.H. (2022) Safety and Efficacy of Transoral Robotic Thyroidectomy for Thyroid Tumor: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cancers*, **14**, Article No. 4230. <https://doi.org/10.3390/cancers14174230>
- [35] Kim, H.K., Kim, H.K., Park, D. and Kim, H.Y. (2019) Robotic Transoral Thyroidectomy: Right Thyroidectomy and Ipsilateral Central Neck Dissection with Da Vinci Si Surgical System. *The Journal of Minimally Invasive Surgery*, **22**, 43-45. <https://doi.org/10.7602/jmis.2019.22.1.43>
- [36] Chai, Y.J., Kim, H.Y., Kim, H.K., Jun, S.H., Dionigi, G., Anuwong, A., *et al.* (2017) Comparative Analysis of 2 Robotic Thyroidectomy Procedures: Transoral versus Bilateral Axillo-Breast Approach. *Head & Neck*, **40**, 886-892. <https://doi.org/10.1002/hed.25034>
- [37] Oh, M.Y., Chai, Y.J., Yu, H.W., Kim, S., Choi, J.Y. and Lee, K.E. (2023) Transoral Endoscopic Thyroidectomy Vestibular Approach vs. Transoral Robotic Thyroidectomy: Systematic Review and Meta-Analysis. *Updates in Surgery*, **75**,

- 1773-1781. <https://doi.org/10.1007/s13304-023-01623-3>
- [38] Tae, K. and Kim, K. (2020) Transoral Robotic Selective Neck Dissection for Papillary Thyroid Carcinoma: Dissection of Levels III and IV. *Head & Neck*, **42**, 3084-3088. <https://doi.org/10.1002/hed.26379>
- [39] 徐静, 张姝, 姜燕, 等. 经口达芬奇机器人甲状腺乳头状癌手术 100 例临床分析[J]. 肿瘤预防与治疗, 2024. 37(1): 52-61.
- [40] Oh, M.Y., Park, D., Chai, Y.J., Kim, K. and Kim, H.Y. (2024) Transoral Robotic Thyroidectomy: Lessons Learned from Consecutive Series of 1,000 Patients. *Surgery*, **176**, 1627-1634. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2024.08.005>
- [41] Singer, M.C. and Terris, D.J. (2014) Robotic Facelift Thyroidectomy. *Otolaryngologic Clinics of North America*, **47**, 425-431. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2014.02.001>
- [42] Byeon, H.K., Holsinger, F.C., Tufano, R.P., Chung, H.J., Kim, W.S., Koh, Y.W., *et al.* (2014) Robotic Total Thyroidectomy with Modified Radical Neck Dissection via Unilateral Retroauricular Approach. *Annals of Surgical Oncology*, **21**, 3872-3875. <https://doi.org/10.1245/s10434-014-3896-y>
- [43] Byeon, H.K., Kim, D.H., Chang, J.W., Ban, M.J., Park, J.H., Kim, W.S., *et al.* (2015) Comprehensive Application of Robotic Retroauricular Thyroidectomy: The Evolution of Robotic Thyroidectomy. *The Laryngoscope*, **126**, 1952-1957. <https://doi.org/10.1002/lary.25763>
- [44] Lee, D.W., Ko, S.H., Song, C.M., Ji, Y.B., Kim, J.K. and Tae, K. (2019) Comparison of Postoperative Cosmesis in Transaxillary, Postauricular Facelift, and Conventional Transcervical Thyroidectomy. *Surgical Endoscopy*, **34**, 3388-3397. <https://doi.org/10.1007/s00464-019-07113-1>
- [45] Sung, E.S., Ji, Y.B., Song, C.M., Yun, B.R., Chung, W.S. and Tae, K. (2016) Robotic Thyroidectomy: Comparison of a Postauricular Facelift Approach with a Gas-Less Unilateral Axillary Approach. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, **154**, 997-1004. <https://doi.org/10.1177/0194599816636366>
- [46] Singer, M.C., Seybt, M.W. and Terris, D.J. (2011) Robotic Facelift Thyroidectomy: I. Preclinical Simulation and Morphometric Assessment. *The Laryngoscope*, **121**, 1631-1635. <https://doi.org/10.1002/lary.21831>
- [47] Kim, T., Seo, M., Park, S.H., Kim, J.I., Kim, S.J., Kim, J.H., *et al.* (2022) Feasibility of Robotic Thyroidectomy via Hairline Incision Using Da Vinci Single Port System: Initial Experience with 40 Consecutive Cases. *Head & Neck*, **44**, 2197-2205. <https://doi.org/10.1002/hed.27134>
- [48] 王猛, 贺青卿, 郑鲁明, 等. 经口腔前庭入路机器人手术系统在儿童甲状腺外科中的应用[J]. 肿瘤预防与治疗, 2023. 36(11): 977-981.
- [49] 田文, 孙辉. 超声引导下甲状腺结节和颈部淋巴结细针穿刺活检中国专家共识及操作指南(2025 版) [J]. 中国实用外科杂志, 2025, 45(1): 34-41.
- [50] Tae, K., Song, C.M., Ji, Y.B., Kim, K.R., Kim, J.Y. and Choi, Y.Y. (2013) Comparison of Surgical Completeness between Robotic Total Thyroidectomy versus Open Thyroidectomy. *The Laryngoscope*, **124**, 1042-1047. <https://doi.org/10.1002/lary.24511>
- [51] Cho, J., Na, Y. and Kim, H.K. (2023) Age and Post-Lobectomy Recurrence after Endoscopic or Robotic Thyroid Surgery: A Retrospective Cohort Study of 2348 Papillary Thyroid Carcinoma Patients. *Cancers*, **15**, Article No. 5506. <https://doi.org/10.3390/cancers15235506>
- [52] Tae, K., Song, C.M., Ji, Y.B., Sung, E.S., Jeong, J.H. and Kim, D.S. (2016) Oncologic Outcomes of Robotic Thyroidectomy: 5-Year Experience with Propensity Score Matching. *Surgical Endoscopy*, **30**, 4785-4792. <https://doi.org/10.1007/s00464-016-4808-y>
- [53] Lee, S.G., Lee, J., Kim, M.J., Choi, J.B., Kim, T.H., Ban, E.J., *et al.* (2015) Long-Term Oncologic Outcome of Robotic versus Open Total Thyroidectomy in PTC: A Case-Matched Retrospective Study. *Surgical Endoscopy*, **30**, 3474-3479. <https://doi.org/10.1007/s00464-015-4632-9>
- [54] Kim, H.K., Chai, Y.J., Dionigi, G., Berber, E., Tufano, R.P. and Kim, H.Y. (2018) Transoral Robotic Thyroidectomy for Papillary Thyroid Carcinoma: Perioperative Outcomes of 100 Consecutive Patients. *World Journal of Surgery*, **43**, 1038-1046. <https://doi.org/10.1007/s00268-018-04877-w>
- [55] Kim, W.W., Lee, J., Jung, J.H., Park, H.Y., Tufano, R.P. and Kim, H.Y. (2018) A Comparison Study of the Transoral and Bilateral Axillo-Breast Approaches in Robotic Thyroidectomy. *Journal of Surgical Oncology*, **118**, 381-387. <https://doi.org/10.1002/jso.25175>
- [56] Kang, S., Lee, S.C., Lee, S.H., Lee, K.Y., Jeong, J.J., Lee, Y.S., *et al.* (2009) Robotic Thyroid Surgery Using a Gasless, Transaxillary Approach and the Da Vinci S System: The Operative Outcomes of 338 Consecutive Patients. *Surgery*, **146**, 1048-1055. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2009.09.007>
- [57] Chen, Y., Kim, H., Anuwong, A., Huang, T. and Duh, Q. (2020) Transoral Robotic Thyroidectomy versus Transoral Endoscopic Thyroidectomy: A Propensity-Score-Matched Analysis of Surgical Outcomes. *Surgical Endoscopy*, **35**, 6179-6189. <https://doi.org/10.1007/s00464-020-08114-1>

-
- [58] Dhahri, A.A., Ahmad, R., Rao, A., Bhatti, D., Ahmad, S.H., Ghufraan, S., *et al.* (2021) Use of Prophylactic Steroids to Prevent Hypocalcemia and Voice Dysfunction in Patients Undergoing Thyroidectomy: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Otolaryngology—Head & Neck Surgery*, **147**, Article No. 866. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2021.2190>
- [59] 贺青卿, 朱见, 王丹, 等. 机器人甲状腺及甲状旁腺手术中神经电生理监测临床操作专家共识(2019 版)[J]. 中国实用外科杂志, 2019, 39(12): 1248-1253.
- [60] Park, J. and Kim, K. (2024) Current and Future of Robotic Surgery in Thyroid Cancer Treatment. *Cancers*, **16**, Article No. 2470. <https://doi.org/10.3390/cancers16132470>
- [61] Materazzi, G., Papini, P., Fregoli, L., Morganti, R., De Palma, A., Ambrosini, C.E., *et al.* (2023) The Learning Curve on Robot-Assisted Transaxillary Thyroidectomy Performed by a Single Endocrine Surgeon in a Third-Level Institution in Europe: A Cumulative Sum (CUSUM) Analysis. *Updates in Surgery*, **75**, 1653-1660. <https://doi.org/10.1007/s13304-023-01619-z>
- [62] 孙寒星. 机器人甲状腺切除手术学习曲线: 单个术者的研究[J]. 外科理论与实践, 2019, 24(4): 320-324.