

编者按 随着现代医学“生物-心理-社会”概念深入人心，患者对美容效果和术后生活质量的要求越来越高。传统的甲状腺外科手术因其颈部切口创面大，颈部手术瘢痕形成等问题，对患者造成一定的心理负担，严重影响患者的生活质量。机器人手术系统是现代远程信息技术、智能化工程技术与微创外科理念的完美融合，经过十余年的发展，机器人甲状腺手术已日臻成熟，常用的手术入路包括经腋窝入路、经双侧腋窝乳晕入路、经耳后入路和经口腔入路。该手术克服了传统甲状腺手术及腔镜甲状腺手术的缺陷和不足，并且具有更好的美容效果，是甲状腺外科发展的大势所趋。

陆军特色医学中心乳腺甲状腺外科是集医、教、研为一体的国家重点专科，在机器人辅助治疗甲状腺癌方面积累了丰富的经验。为顺应学术发展趋势，本刊联合陆军特色医学中心乳腺甲状腺外科策划了本期“机器人甲状腺手术专栏”，从经口腔前庭入路机器人辅助甲状腺手术的麻醉管理经验、手术护理体会、围手术期口腔管理等多个方面进行阐述，并邀请国内机器人甲状腺手术领域知名专家贺青卿教授为本栏目撰写述评，以此抛砖引玉，引起更多专家的学术共鸣和探讨，共同推进机器人手术系统在甲状腺手术领域中的应用与发展！

机器人甲状腺手术的发展历史、现状和未来展望

王丹, 朱见, 王军, 贺青卿

(中国人民解放军联勤保障部队第九六〇医院甲状腺乳腺外科 山东 济南 250031)

摘要 近年来国内外甲状腺外科发展迅速，随着内镜外科技术的不断创新，达芬奇机器人手术系统逐渐应用于甲状腺外科手术。机器人手术作为目前最先进的手术理念和技术，其整合了传统开放手术与腔镜手术的优势，不仅缩短了学习曲线，还能达到很好的美容效果，克服了腔镜手术的技术局限性。目前各种手术入路的开展和适应证的拓展表明机器人甲状腺手术技术已取得长足的进步，但其发展仍存在一定的挑战。本文对机器人辅助甲状腺手术的发展作一综述。

关键词 机器人手术；甲状腺切除术；经双侧腋窝和乳晕入路；经腋窝入路；经口腔前庭入路

中图分类号 R653 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2022) 04-0249-08

收稿日期: 2022-03-14 录用日期: 2022-04-10

Received Date: 2022-03-14 Accepted Date: 2022-04-10

基金项目: 国家科技部重点研发计划专项课题子课题 (2019YFC0119205)

Foundation Item: National Key Research and Development Program of China (2019YFC0119205)

通讯作者: 贺青卿, Email: heqingqing@yeah.net

Corresponding Author: HE Qingqing, Email: heqingqing@yeah.net

引用格式: 王丹, 朱见, 王军, 等. 机器人甲状腺手术的发展历史、现状和未来展望 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2022, 3 (4): 249-256.

Citation: WANG D, ZHU J, WANG J, et al. History, current status and prospects of robotic thyroid surgery [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2022, 3(4): 249-256.

History, current status and prospects of robotic thyroid surgery

WANG Dan, ZHU Jian, WANG Jun, HE Qingqing

(Department of Thyroid and Breast Surgery, the 960th Hospital of the PLA Joint Logistics Support Force, Jinan 250031, China)

Abstract In recent years, thyroid surgery has been developed rapidly at home and abroad. With the continuous innovation of endoscopic surgical techniques, Da Vinci robotic surgical system has been gradually applied to thyroid surgery. As the most advanced surgical technology, robotic surgery integrates the advantages of traditional open surgery and endoscopic surgery, which could shorten the learning curve, achieve good cosmetic effects and overcome the technical limitations of endoscopic surgery. At present, the exploring of various surgical approaches and expansion of indications indicate the robotic thyroid surgery technology has made great progress. However, challenges to the development of robotic thyroid surgery are still exist. This article provides a review on the development of robotic thyroid surgery.

Key words Robotic surgery; Thyroidectomy; Bilateral axillo-breast approach; Transaxillary approach; Transoral vestibular approach

甲状腺癌作为目前全球增长速度最快的内分泌恶性肿瘤^[1], 其具有生存期长、死亡率低及患者年轻化且生活质量要求高等特征。甲状腺切除术在保证肿瘤根治性和安全性的同时, 患者对个体化微创美容的呼声越来越高, 因而腔镜技术应运而生。虽然腔镜技术经过多年的淬炼已经非常成熟, 但存在二维视野、操作范围受限、手眼协调受损及学习曲线较长等局限性。机器人外科手术系统的诞生弥补了传统开放手术和腔镜手术的缺陷, 其具有 3D 高分辨率影像、endo-wrist 功能的机械手臂、直觉同步操控技术、智能化操作平台、学习曲线短及节省人力等优势, 颠覆了传统“术者-患者”直接接触的手术模式, 实现了手术与最新人工智能技术的对接, 延伸了外科医生能力, 将传统手工劳动的手术技术现代化, 创立“术者-机器人-患者”三位一体远程手术新模式, 是甲状腺外科发展史上一次前所未有的技术创新。

1 机器人甲状腺手术的发展历史

机器人技术的诞生是科学技术共同发展的综合性结果, 它是生产力发展需求的必然结果, 也是人类自身进步的必然结果。它最初被应用于车辆制造业和工业辐射领域, 代替人工进行简单、重复或繁重的劳动, 以及到危险环境中工作。随着机器人技术的不断创新和发展, 目前已有非常多的领域开始大量使用机器人, 包括军事、航天及医疗等领域。手术机器人的研发经历了漫长的过程, 1987 年, 斯坦福大学研究院联合工程师和外科医生一起研发了“远程手术系统 (SRI System)”, 试图通过机器人对战场上的士兵进行远程手术救治。1995 年, 微创手术、机器人技术和人机交互等方面的专家联手成立了美国 Intuitive 公司, 他们在原科技基础上不断改进、推陈出新, 但继续沿用“达芬奇”作为系统名称。1999 年, 达芬奇机器人成为欧盟第一个获得许可的机器人辅助手术系统。2000 年美国 FDA 批准达芬奇机器人可应用于临

床,其适用领域包括普通外科、妇科、小儿外科、泌尿外科、心胸外科及耳鼻喉头颈外科等。

2005年,美国 Lobe T E 等^[2]报道了第1例机器人辅助腔镜甲状腺外科手术,给甲状腺外科手术带来革命性的变化。2007年, Kang S W 等^[3]首次将达芬奇机器人手术系统引入甲状腺外科,发展至今已十余年,其手术技术不断被完善、优化和突破,促进了甲状腺外科手术里程碑式的发展。韩国是目前世界上机器人甲状腺年手术量最多的国家,约占甲状腺年手术总量的10%^[4],且近些年呈上升趋势。尽管机器人甲状腺手术目前已积累了丰富的临床经验和大量的临床数据,但机器人手术的使用总量未能超过腹腔镜手术量,机器人手术越来越适用于复杂术式,可完成精细至“毫米”级别的手术,在简单手术中机器人技术的应用已减少^[4-5]。在欧美国家,虽然机器人技术开展时间较早,但因地域差异、经济收入、文化理念不同及是否有甲状腺常规筛查计划等相关因素,机器人甲状腺手术发展缓慢,大规模的病例报道相对较少。2014年,中国学者贺青卿等^[6-7]首次开展机器人甲状腺手术,目前已完成2300余例甲状腺手术。机器人甲状腺手术在发展初期经历了困难和质疑后逐渐进入规范化、熟练化和被认可的阶段,越来越多的甲状腺外科医师对机器人甲状腺手术产生了兴趣。目前,我国已有20多个知名医疗中心开展机器人甲状腺手术,2016年和2019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)等颁布了《机器人手术系统辅助甲状腺和甲状旁腺手术专家共识》和《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)》^[8-9],国内也相继报道了多个单中心的临床数据^[10-12],为进一步规范和推广此项技术奠定了坚实的基础。

2 机器人甲状腺手术的现状

机器人甲状腺手术发展至今,已有较多的回顾性分析证明了其肿瘤根治性、手术的安全性和无法替代的美容效果^[13-18]。同时,手术适应证也在不断拓宽,手术范围不断扩展,从最初良性肿瘤切除到目前双侧腺叶切除加侧颈部淋巴结清扫术,有研究证明,对伴有侧区淋巴结转移的甲状腺癌行机器人甲状腺切除及根治性颈侧区清扫可达到与开放手术一样的效果^[5, 18-21]。HE Q 等^[19]报道了260例机器人甲状腺切除加侧颈部淋巴结区域性清扫术,平均颈侧淋巴结(17.9 ± 8.6)枚,平均手术时间(201.0 ± 63.0) min,无永久性甲状旁腺功能减退,无永久性喉返神经损伤,1例患者颈淋巴结复发,且无中转开放手术。Kim J K 等^[16]报道了500例机器人甲状腺全切除加侧颈部淋巴结区域性清扫术,其中有30例双侧颈侧区淋巴结清扫,平均清扫颈侧淋巴结(36.02 ± 17.46)枚,平均手术时间(293.71 ± 67.22) min, Horner's 综合征2例,迷走神经损伤1例,淋巴漏发生率为5.2%,术后有24例颈部淋巴结复发,永久性喉返神经损伤发生率为1%,永久性甲状旁腺减退发生率为4%,无中转开放病例。机器人甲状腺手术的适用患者人群也不断增加,毒性弥漫性甲状腺肿(Graves病)、肥胖人群、男性及青少年儿童等群体不再是禁忌,且有研究证实了其安全性、可行性及独特的优势^[22-27]。

同时,机器人甲状腺癌手术入路方式也在多样化,目前最常用的手术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, RAA)和经口腔前庭入路甲状腺切除术(Transoral robotic thyroidectomy vestibular approach, TORTVA)^[28],

也有部分医疗中心使用单侧腋窝和双侧乳晕入路 (Unilateral axilla-bilateral areola, UABA)。

2017年, TAA入路在韩国首次应用于机器人甲状腺手术,也是目前国际上应用最早、使用最多的手术入路方式。TAA入路作为无充气入路,可有效避免高碳酸血症、空气栓塞等风险,此径路不经过乳房,对于育龄期女性和儿童更容易被接受,但其限制是,所有器械均通过同侧腋窝进入术区,在切除对侧腺叶时比较困难,同时对颈部淋巴结清扫也有较大的限制,临床医生需积累足够的手术经验和技巧才能克服气管对术野的阻挡^[29]。目前此入路在韩国使用最为成熟,2018年Kim M J等^[30]回顾了韩国2007年10月—2016年5月TAA径路的5 000例行机器人甲状腺肿瘤切除术的患者临床资料,平均肿瘤直径(8.0 ± 6.0) mm,平均手术时间(134.5 ± 122.0) min,术后并发症发生率为24.1%,无严重并发症发生,仅26例患者发生局部区域复发,手术效果较好。

2007年, BABA入路由Choe J H等首次应用于机器人甲状腺手术中。中国学者贺青卿等于2014年首次开展。目前国内外已有较多的相关文献证明此径路在手术安全性、肿瘤根治性等方面和开放性手术无差别,已成为国内应用最广泛的入路。BABA径路通过注气的方式进行,优势非常明显,主要是无手术范围限制,可方便清扫双侧颈侧区,隧道途径无重要血管且游离范围小,器械臂操作角度大,能防止器械过于拥挤影响操作,瘢痕隐蔽,美容效果好^[29]。机器人甲状腺癌手术通过器械多个自由度活动可弥补腔镜胸骨及锁骨后淋巴结清扫术的不足。有研究证明,与腔镜甲状腺手术相比, BABA径路机器人甲状腺手术时间短,淋巴结清扫数目多,给有美容需求的患者提供了新的选择^[31],但对于发育期女性其接受度有限。

TORTVA是近几年根据患者“零瘢痕”的诉求拓展的新入路,2010年, Richmon J D等在两具人尸体上成功实施了经口达芬奇机器人甲状腺全切术,是两个机械臂通过口腔前庭两侧进入,内镜通过舌系带切口经口底到达术区,该术式操作镜头与上下牙齿容易发生碰撞,并且增加了患者说话及吞咽困难等相关并发症的发生率^[32]。后来该团队在原基础上对该手术径路进行改进,将机器人镜头径路改为经口腔前庭切口置入,并在两具人尸体上成功实施了经口腔前庭机器人甲状腺切除及中央区淋巴结清扫术。该术式发展至今,已通过不断的技术改进趋于成熟。2018年, Kim H K等^[33]报道对100例甲状腺乳头状癌患者实施TORTVA,进一步验证其手术的安全性和可行性,同年,中国学者张彬等^[34]首次成功展开经口腔前庭机器人甲状腺手术,徐琰团队也进行了这方面的探索^[32]。李小磊等^[35]回顾性分析了30例行经口腔前庭入路机器人甲状腺手术患者的临床资料,男性3例,女性27例,平均年龄(31.5 ± 11.0)岁,甲状腺良性肿瘤6例,恶性肿瘤24例,中央区淋巴结清扫数目(10.5 ± 4.4)枚,其中中央区淋巴结转移阳性12例,2例患者术后发生暂时性甲状旁腺功能减退,无永久性甲状旁腺功能减退和喉返神经损伤,血肿1例,感染1例,颏下皮肤穿孔1例,未发生颏神经损伤。患者术后平均住院时间(6.3 ± 1.2) d,7个月内随访未发生局部淋巴结复发或转移,所有患者均对术后美容效果满意,证实了经口腔前庭入路机器人甲状腺手术对严格筛选的早期甲状腺癌患者是安全、可行的,美容效果较好。经口腔前庭径路机器人甲状腺手术皮瓣创伤小,可以真正实现体表“无瘢痕”,但术野自上到下及操作臂太近等增加了手术难度,并且该入路有颏神经、牙齿和眼睛损伤的可能性^[36],最新一代可弯曲单孔达芬

奇 SP 手术系统可便捷地将镜头及所有操作器械通过单孔进入体内，完成甲状腺切除及淋巴结清扫^[37]，操作器械可多角度灵活弯曲，术中器械无需大幅度横向移动，也不用另外体表取孔，完全避免体表可视手术切口，非常适合于空间狭小的经口腔前庭径路，Park Y M 等^[38]已使用达芬奇 SP 系统成功完成 10 例经口机器人甲状腺手术，但 Tae K^[39]报道，在 TORTVA 手术中，达芬奇 SP 手术系统对比达芬奇 Si 和 Xi 手术系统并无明显优势，目前国际上外科医生正在探索更灵活和精细的其他类型的机器人进行此类手术^[40-41]。

2011 年，RAA 入路机器人甲状腺手术由 Terris DJ 等首次在美国实施。2016 年 Byeon H K 等^[42]报道了 87 例经耳后入路的机器人甲状腺手术，手术均顺利完成，未发生明显的术中并发症，无中转开放，患者均对术后美容效果满意。中国学者张彬等^[43]首次报道了经耳后入路机器人甲状腺手术，证实此径路是安全、可行的，是甲状腺手术颈外入路的多元化的选择之一，此径路适用于患侧甲状腺切除和同侧 II b 区淋巴结清扫困难者，更适用于西方肥胖患者，目前国内外对此径路的大样本临床病例报道均较少。

机器人手术系统发展至今，目前临床使用最广泛的是达芬奇 Si 和达芬奇 Xi 手术系统，其优势非常明显，从患者角度：①手术操作更精准，与腹腔镜（二维视觉）相比，可放大 10 倍以上的 3D 视觉，使手术精确度大大增加，更精细的解剖，可以为喉返神经和甲状旁腺提供更好的保护；②淋巴结清扫范围广，肿瘤根治更彻底；③术后痛感轻，住院时间较短，美容效果好；④术后恢复快，可以更早的投入工作^[44]。从术者角度：①增加高清视野角度，滤过人手颤动，机器人器械腕较腹腔镜更为灵活，可通过不同角度在靶器官周围操作，能够在有限的狭窄空间工作；

②其学习曲线较腹腔镜短；③使术者在轻松环境工作，减少疲劳更集中精力；④减少参加手术人员数量，提高效率，降低人力成本^[44-45]。

机器人甲状腺手术也有其局限性：①最主要是机器人甲状腺手术缺乏触觉反馈。有研究表明，术者丰富的操作经验可克服触觉和力觉反馈缺乏，同时机器人系统 3D 高清成像系统所形成的视觉反馈也可以弥补该不足^[20, 46-47]。②由于机器人系统的超声刀不具备 endo-wrist 功能，无法多角度进行凝切，目前主要是通过其它器械协助提拉和抬高 Trocar 进行弥补。③机器人手术费用较高，限制了其广泛使用和推广。但作为甲状腺外科目前最先进的外科手术系统，其前景不可限量。

3 机器人甲状腺手术的未来展望

甲状腺恶性肿瘤相较于其他恶性肿瘤，患者预后好、术后生活质量高及生存期长。患者的诉求从原始的肿瘤根治延伸到微创（生理和心理）和美容，因此，微创智能化外科是甲状腺外科发展的必然趋势，手术机器人系统的应用开启了微创外科的新纪元，是微创精准外科医疗发展的必然产物。相较于开放手术，机器人手术有其无法媲美的美容效果。相对于腹腔镜甲状腺手术，机器人手术有三维放大视野、器械多角度活动度及学习曲线短等无法超越的优势，我们应充分发掘机器人手术的优势，而不是放大其缺点。

机器人手术系统研发初衷是“远程操控”，但目前的技术发展逻辑是以机械取代人手，以人工智能辅助人脑，并对复杂形势作出合理判断，进而完成术中的精细化操作。虽然当代机器人手术系统已具备较高操作精细度，但智能化程度还较低，无法完全取代人手，单纯是人手动作的机械映射^[28]。因主（术者）从（机器人）

操作导致的触觉零反馈仍是目前的技术局限，但通过提高“解剖视觉把控力”，改变常规思维模式，培养术者“视觉思维”，并不断积累经验做到“人机融合”可以充分弥补触觉零反馈这一缺点，达到和开放手术一样的肿瘤根治性和安全性，实现完美的美容效果，这是机器人甲状腺外科术者培养的方向。另外，相信随着科学技术不断更新进步，机器人系统的智能程度将逐步提高，不但能量器械具有多角度活动度，机器人自身也会逐渐具备独立分析、判断的能力，更好地脱离人手单独完成手术操作，实现机器人“全自动化”，突破目前手术范围的局限，可完成复杂甲状腺手术，实现无界限患者群体和手术范围。

目前，达芬奇机器人手术系统仍占领绝大部分国内和国际市场，其购置费用和维护费用均较高，进而导致手术成本高，患者花费较大，这就直接导致国内医院机器人手术的普及率远低于欧洲、美国、日本和韩国等发达国家。为突破这一局限和获得自主权，国内北京肿瘤医院、天津医科大学附属肿瘤医院、北京科技大学、北京邮电大学等8家单位，医学研工联合，共同申报并获得国家科技部重点研发计划专项课题1项，正在开发高精度力反馈协作机器人、混合现实实时导航系统、智能腔内双孔柔性臂三套装备，研制具有完全自主知识产权、性能高于国外同类产品水平的甲状腺肿瘤微创手术机器人平台。相信随着国产手术机器人的研发，机器人手术费用会大幅下降，惠及更多甲状腺患者。另外，为减少机器人甲状腺手术在临床应用中的不当操作，使治疗更规范化，需要加强机器人手术相关技能的专门培训，进一步积极开展多中心、大样本、随机的前瞻性临床对照研究，并对机器人甲状腺手术患者进行长期随访，充分全面评估患者美容效果的满意度、

肿瘤的复发率以及患者长期生存情况，进一步明确和证实机器人甲状腺手术的安全性和有效性，不断制定和更新专家共识和临床手术操作指南。

机器人在甲状腺外科外科手术中的应用挑战了“感知-思考-反应”的传统模式，总结其发展过程离不开技术的创新和理念的革新，随着手术器械的研发、手术技巧的改进及临床研究的推动，希望未来机器人甲状腺外科手术不再是固定的手术径路，可根据患者的实际需求制定多元化手术径路，满足更多甲状腺肿瘤患者的需求，另外，希望通过机器人手术系统不断更新换代，机器人手术系统不再只是单纯的操作仪器，而是可以作为智能平台融合更多高精尖技术（如增强现实、近红外荧光技术以及虚拟现实软件等），使手术更加安全和有效。同时，通过不断完善机器人甲状腺手术仿真与模拟系统，可将此系统应用于颈部手术教学模拟，以培养更多优秀微创甲状腺外科医生，惠及更多甲状腺肿瘤患者。

参考文献

- [1] Siegel R L, Miller K D, Fuchs H E, et al. Cancer statistics, 2022[J]. *CA Cancer J Clin*, 2022, 72(1): 7-33.
- [2] Lobe T E, Wright S K, Irish M S. Novel uses of surgical robotics in head and neck surgery[J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2005, 15(6): 647-652.
- [3] Kang S W, Jeong J J, Yun J S, et al. Robot-assisted endoscopic surgery for thyroid cancer: experience with the first 100 patients[J]. *Surg Endosc*, 2009, 23(11): 2399-2406.
- [4] An L, Hwang K S, Park S H, et al. Trends of robotic-assisted surgery for thyroid, colorectal, stomach and hepatopancreaticobiliary cancer: 10 year Korea trend investigation[J]. *Asian J Surg*, 2021, 44(1): 199-205.
- [5] Tae K. Robotic thyroid surgery[J]. *Auris Nasus Larynx*. 2021, 48(3): 331-338.

- [6] 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.
- [7] 贺青卿. 规范达芬奇机器人外科手术系统在甲状腺手术中的应用 [J]. 中华外科杂志, 2017, 55(8): 1-4.
- [8] 中国医师协会外科医师分会甲状腺外科医师委员会, 中国研究型医院学会甲状腺疾病专业委员会. 机器人手术系统辅助甲状腺和甲状旁腺手术专家共识 [J]. 中国实用外科杂志, 2016, 36(11): 1165-1170.
- [9] 中国医师协会外科医师分会甲状腺外科医师委员会, 中国研究型医院学会甲状腺疾病专业委员会, 中国医疗保健国际交流促进会临床实用技术分会, 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.
- [10] 王猛, 郑鲁明, 贺青卿, 等. 达芬奇机器人甲状腺手术 650 例 [J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2019, 26(3): 117-121.
- [11] 李小磊, 贺青卿, 庄大勇, 等. 双侧腋窝乳晕入路机器人甲状腺手术单中心 1 000 例报告 [J]. 中华外科杂志, 2021, 59(11): 918-922.
- [12] 方艳, 岳恺, 王雨轩, 等. 腋乳入路达芬奇机器人甲状腺手术的临床应用研究 [J]. 中国肿瘤临床, 2021, 48(10): 533-539.
- [13] Tae K, Song C M, Ji Y B, et al. Comparison of surgical completeness between robotic total thyroidectomy versus open thyroidectomy[J]. Laryngoscope, 2014, 124(4): 1042-1047.
- [14] Tae K, Song C M, Ji Y B, et al. Oncologic outcomes of robotic thyroidectomy: 5-year experience with propensity score matching[J]. Surg Endosc, 2016, 30(11): 4785-4792.
- [15] 王丹, 贺青卿, 朱见, 等. 双侧腋窝乳晕入路达芬奇机器人甲状腺手术并发症特征分析 [J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2021, 56(4): 363-368.
- [16] Kim J K, Lee C R, Kang S W, et al. Robotic transaxillary lateral neck dissection for thyroid cancer: learning experience from 500 cases[J]. Surg Endosc, 2022, 36(4): 2436-2444.
- [17] You J Y, Hong K K, Kim H Y, et al. Bilateral axillo-breast approach (BABA) robotic thyroidectomy: review of a single surgeon's consecutive 317 cases[J]. Gland Surg, 2021, 10(6): 1-9.
- [18] SHAN L, LIU J. Meta-analysis comparison of bilateral axillo-breast approach robotic thyroidectomy and conventional thyroidectomy[J]. Surg Innov, 2019, 26(1): 112-123.
- [19] HE Q, ZHU J, ZHUANG D, et al. Robotic lateral cervical lymph node dissection via bilateral axillo-breast approach for papillary thyroid carcinoma: A single-center experience of 260 cases[J]. J Robot Surg, 2020, 14(2): 317-323.
- [20] 贺青卿, 李小磊, 庄大勇. 机器人甲状腺手术的发展现状和思考 [J]. 中华内分泌外科杂志, 2017, 11(5): 356-358.
- [21] 厉彦辰, 郑鲁明, 朱见, 等. 机器人手术与传统手术治疗甲状腺癌合并甲状腺功能亢进疗效对照研究 [J]. 国际外科学杂志, 2019, 46 (12): 834-839.
- [22] 王猛, 郑鲁明, 贺青卿, 等. 达芬奇机器人甲状腺手术 650 例 [J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2019, 26(3): 117-121.
- [23] 庄大勇, 贺青卿, 李小磊, 等. 达芬奇机器人在儿童及青少年甲状腺癌中的应用 [J]. 山东大学学报 (医学版), 2021, 59(1): 45-48.
- [24] 王猛, 郑鲁明, 周鹏, 等. 达芬奇机器人手术系统在男性甲状腺手术中的临床应用 [J]. 中华内分泌外科杂志, 2021, 15(1): 15-20.
- [25] 王猛, 郑鲁明, 贺青卿, 等. 达芬奇机器人双侧腋窝乳晕入路在肥胖患者甲状腺手术中的应用 [J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2018, 32(14): 1061-1065.
- [26] ZHANG Y, DU J, MA J, et al. Unilateral axilla-bilateral areola approach for thyroidectomy by da Vinci robot vs. open surgery in thyroid cancer: a retrospective observational study[J]. Gland Surg, 2021, 10(4): 1291-1299.
- [27] Garstka M, Kandil E, Saparova L, et al. Surgery for Graves' disease in the era of robotic-assisted surgery: a study of safety and feasibility in the Western population[J]. Langenbecks Arch Surg, 2018, 403(7): 891-896.
- [28] 孙寒星, 严信祺. 机器人甲状腺手术: 现时技术突破以及未来科技融合 [J]. 外科理论与实践, 2021, 26(6): 472-475.

- [29] 王丹, 贺青卿. 达芬奇机器人甲状腺手术的进展与展望 [J]. 中国普外基础与临床杂志, 2021, 28(10): 1261-1265.
- [30] Kim M J, Nam K H, Lee S G, et al. Yonsei experience of 5 000 gasless transaxillary robotic thyroidectomies[J]. *World J Surg*, 2018, 42(2): 393-401.
- [31] 王猛, 郑鲁明, 周鹏, 等. 腔镜与机器人甲状腺手术治疗甲状腺微小乳头状癌的对比研究 [J]. 肿瘤预防与治疗, 2021, 34(12): 1117-1122.
- [32] 徐静, 熊家申, 周璐, 等. 经口入路机器人甲状腺手术的研究进展 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2021, 2(5): 387-395.
- [33] Kim H K, Chai Y J, Dionigi G, et al. Transoral robotic thyroidectomy for papillary thyroid carcinoma: perioperative outcomes of 100 consecutive patients[J]. *World J Surg*, 2019, 43(4): 1038-1046.
- [34] 张彬, 韩宗辉, BIKASH RAI. 经口腔达芬奇机器人甲状腺手术初步经验 [J]. 中华腔镜外科杂志 (电子版), 2018, 11(4): 234-237.
- [35] 李小磊, 贺青卿, 李陈钰, 等. 经口腔前庭入路机器人甲状腺手术 30 例临床分析 [J]. 中华外科杂志, 2021, 59(12): 994-998.
- [36] Sethi R K V, Chen M M, Malloy K M. Complications of transoral robotic surgery[J]. *Otolaryngol Clin North Am*, 2020, 53(6): 1109-1115.
- [37] Chan J Y K, Koh Y W, Richmon J, et al. Transoral thyroidectomy with a next generation flexible robotic system: a feasibility study in a cadaveric model[J]. *Gland Surg*, 2019, 8(6): 644-647.
- [38] Park Y M, Kim D H, Moon Y M, et al. Gasless transoral robotic thyroidectomy using the Da Vinci SP system: feasibility, safety, and operative technique [J]. *Oral Oncol*, 2019. DOI: 10.1016/j.oraloncology.2019.06.003.
- [39] Tae K. Transoral robotic thyroidectomy using the Da Vinci single-port surgical system [J]. *Gland Surg*, 2020, 9(3): 614-616.
- [40] Park J O, Kim M R, Park Y J, et al. Transoral endoscopic thyroid surgery using robotic scope holder: our initial experiences[J]. *J Minim Access Surg*, 2019, 16(3): 235-238.
- [41] Cottrill E E, Funk E K, Goldenberg D, et al. Transoral thyroidectomy using a flexible robotic system: a preclinical cadaver feasibility study [J]. *Laryngoscope*, 2019, 129(6): 1482-1487.
- [42] Byeon H K, Kim D H, Chang J W, et al. Comprehensive application of robotic retroauricular thyroidectomy: The evolution of robotic thyroidectomy[J]. *Laryngoscope*, 2016, 126(8): 1952-1957.
- [43] 张彬, 于灏, 韩宗辉, 等. 经耳后达芬奇机器人甲状腺手术的初步经验 [J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2020, 55(3): 254-257.
- [44] 王声涛, 郑卫刚. 浅谈中国医用机器人的由来与发展 [J]. 智能机器人, 2017(5): 43-51.
- [45] 厉彦辰, 郑鲁明, 朱见, 等. 机器人辅助下经 BABA 入路甲状腺手术助手学习曲线分析 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2021, 2(6): 463-470.
- [46] Meccariello G, Faedi F, AlGhamdi S, et al. An experimental study about haptic feedback in robotic surgery: may visual feedback substitute tactile feedback[J]. *J Robot Surg*, 2016, 10(1): 57-61.
- [47] 于芳, 贺青卿. 视觉思维在机器人甲状腺手术中功能保护的探索 [J]. 医学与哲学, 2018, 39(4): 82-84.

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎指导