· 专家论坛 ·

张旭，中国科学院院士，解放军总医院泌尿外科医学部专业技术少将主任、主任医师、教授，博士研究生导师。我国泌尿外科腹腔镜和机器人技术的奠基人，担任中国医学科学院学部委员、中华医学会泌尿外科学分会候任主任委员、北京医学会理事会常务理事兼副会长、北京市医学会泌尿外科分会主任委员。全军科技领军人才，全军战创伤重点实验室主任，国家杰出青年基金获得者，国家高技术研究发展计划及全军重大后勤科研项目首席专家，2006 年及 2013 年荣获 2 项国家科学技术进步二等奖。中央保健委员会专家组成员，享受国务院特殊津贴。*Bladder*、《微创泌尿外科杂志》等学术期刊主编。

机器人自主手术研究现状及展望*

张旭[1]　马鑫[1]　贾通宇[1]　钟仿洵[2,3]

［摘要］ 机器人自主手术是未来外科学发展的重要方向，指机器人能够在不依赖外科医生的情况下自主完成手术操作。然而，当前机器人手术仍然依赖主从式遥操作，自主手术能力尚未实现。机器人自主手术有望缓解全球医疗资源紧张和不均衡的问题，实现优质医疗资源的“一对多”和广覆盖，并对大众健康产生深远影响。本文旨在讨论手术机器人的自主性分级，概述当前技术研究现状以及在伦理、法律和社会学层面的挑战，并对其未来的发展方向进行展望。

［关键词］ 机器人手术；自主手术；人工智能；微创外科
DOI：10.13201/j.issn.1001-1420.2025.01.001
［中图分类号］ R699.1　　［文献标志码］ C

Autonomous robotic surgery: research status and future prospect

ZHANG Xu[1]　*MA Xin*[1]　*JIA Tongyu*[1]　*ZHONG Fangxun*[2,3]
([1]Department of Urology, Third Medical Center, Chinese PLA General Hospital, Beijing, 100039, China; [2]Shenzhen Research Institute, The Chinese University of Hong Kong; [3]School of Science and Engineering, The Chinese University of Hong Kong, Shenzhen)
Corresponding author: ZHANG Xu, E-mail: xzhang301@163.com

Abstract Autonomous robotic surgery represents a significant direction in the future of surgical development, where robots are capable of independently performing surgical procedures without the involvement of surgeons. Currently, robotic surgery still relies on a master-slave system controlled by surgeons, and true autonomous functionality has yet to be realized. Autonomous robotic surgery has the potential for addressing global disparities in healthcare by providing scalable and widely accessible high-quality medical services, with profound impacts on public health and quality of life. This paper aims to discuss the level of autonomy in surgical robots, provide an overview of the current state of research in this field, and summarize the ethical, legal, and sociological challenges involved. Furthermore, it explores the future prospect of the development of autonomous robotic surgery.

Key words robotic surgery; autonomous surgery; artificial intelligence; minimally invasive surgery

*基金项目：国家重点研发计划 2023 年“智能机器人”专项重点项目(No:2023YFB4706000)
[1]中国人民解放军总医院第三医学中心泌尿外科医学部(北京，100039)
[2]香港中文大学深圳研究院
[3]香港中文大学(深圳)理工学院
通信作者：张旭，E-mail：xzhang301@163.com

引用本文：张旭，马鑫，贾通宇，等. 机器人自主手术研究现状及展望[J]. 临床泌尿外科杂志，2025，40(1)：1-5. DOI：10.13201/j.issn.1001-1420.2025.01.001.

临床泌尿外科杂志

自 20 世纪 80 年代末，手术机器人首次应用于外科手术以来，已有近四十年的发展历程[1]。其中，以达芬奇手术系统为代表的腔镜手术机器人应用最为广泛，在全球已累计完成超 1 400 万例手术[2]。此外，在骨科[3]、神经外科[4]、眼科[5]和血管介入科[6]等专科领域，手术机器人系统也得到了广泛应用。由于具备高分辨率视野、多自由度关节器械和手部运动除颤等特性，手术机器人系统的应用极大提升了外科手术操作的稳定性和灵活性，为患者带来了更好的治疗效果及预后[7]。

目前，手术机器人系统主要采用“一对一”的主从式遥操作，外科医生的技能水平差异、操作疲劳和决策失误等个体化因素会直接影响手术疗效[8]。同时，这种模式也限制了优质医疗资源在偏远地区、灾害救援等场景下的“一对多”和广覆盖。机器人自主手术是外科学领域的终极愿景，是指机器人能够在不依赖人类的情况下独立完成各类手术操作。该技术将极大缓解全球医疗资源不均衡的问题，为未来外科学技术的发展提供了全新可能性。本文将结合手术机器人自主性分级探讨当前研究现状，分析自主手术可能带来的伦理、法律和社会学挑战，并展望未来发展方向。

1 机器人自主手术研究现状

借鉴自动驾驶领域对于载具自主性的定义[9]，Yang 等[10]提出了手术机器人自主性的分级体系，该体系将系统自主性分为 6 个等级，包括：无自主性、机器人辅助、任务自主性、条件自主性、高级别自主性和完全自主性。在此基础上，Lee 等[11]对自主性分级的定义进一步阐述，并且列举了美国食品药品监督管理局（Food and Drug Administration，FDA）批准的商业化手术机器人自主化程度。

目前，商业化的自动驾驶技术已经达到了 3 级（条件自主性）[12]，并逐渐接近 4 级（高自主性）[13]。尽管在不同文献[10-11,14]中表述不同，但普遍认为市面上手术机器人系统大多数在自主性 0 级（无自主性）或 1 级（机器人辅助），例如达芬奇手术系统等腔镜手术机器人。达到自主性 2 级（任务自主性）或 3 级（条件自主性）的手术机器人多为解剖位置相对固定或刚性组织的手术，如用于良性前列腺增生消融术的 AquaBeam[15]（Procept Biorobotics）、用于前列腺穿刺术的 iSR'obot Mona 3 Lisa（Biobot Surgical）、用于骨科手术的 TSolution One（Think Surgical）等。更高级别自主性的手术机器人系统多处于研究阶段，尚无商业化应用案例。本部分主要参考 Yang 等[10]提出的手术机器人自主性的分级体系，并简要阐述每个等级的特点和研究现状。

1.1 自主性等级 0：无自主性

手术机器人操控权完全由外科医生掌控，不能自主完成任何操作。2000 年，直觉外科公司推出了达芬奇手术系统，引入了外科手术远程遥操作的范式。外科医生在控制台上的动作通过操控模块精确复制到患者体内，机器人并不介入手术操作，这是 0 级自主性手术机器人的核心特点[14]。需要注意的是，这一级别的机器人系统也存在一些控制算法，例如手部颤抖滤除等[16]。近年来，国内也发展出了与达芬奇竞争的手术机器人系统，例如精锋 MP1000、图迈 MT1000 和康多 SR1000 等[17]。

1.2 自主性等级 1：机器人辅助

手术机器人能够与外科医生进行交互，帮助特定手术任务的执行，这种辅助形式通常表现为主动约束和虚拟夹具（virtual fixtures，VF）[18]。主动约束是指通过限制或引导外科医生的动作，确保手术操作在安全范围内进行。在骨科手术中，主动约束技术已成为很多商业化手术机器人的一部分，例如 Mako 和 ROSA 骨关节手术机器人系统。这些平台在膝关节置换和髋关节置换等手术中，通过主动限制手术工具的运动范围，帮助外科医生保持精确操作，减少了偏差。在腹腔镜手术中，通过对机器人手术器械安装力感知和抓握感知等传感器，为医生提供器械与组织交互的力反馈[19]。第 5 代达芬奇手术机器人和美国 Asensus Surgical 公司的 Senhance 手术机器人均具备力反馈功能。VF 指增强医生对手术场景的感知能力，从而提高手术操作精度[20]。VF 技术包括利用术前 MRI 和 CT 等进行手术规划，以及通过增强现实技术在内窥镜图像上叠加三维解剖等[18]。例如西门子公司的 CorPath GRX 血管介入手术机器人利用术中图像与术前 CT 的融合导航技术，能够显示血管内病灶位置。1 级自主性仍然要求外科医生保持对手术的控制权，机器人仅提供辅助功能。

1.3 自主性等级 2：任务自主性

任务自主性指机器人能够根据外科医生的操作指令执行一些手术任务，外科医生负责设定任务的目标，而机器人则根据这些指令自主完成操作。在自主性 2 级中，手术手势分类作为机器人自主操作的基本任务单元，包括缝合、牵拉、切除、吸引等手势[21]。机器人通过内窥镜视频、运动学数据和深度信息等识别手术场景，作为助手完成基本的手术手势。研究者采用一些机器学习模型，如隐式 Markov 模型、弱监督高斯混合模型和递归神经网络等提升手术手势学习效率[22]。

约翰霍普金斯大学团队研发的智能组织吻合机器人（smart tissue anastomosis robot，STAR）能够自主完成缝合手势，该系统由一个具有 7 个自由度的 KUKA LBR 机械臂组成，并配备了 1 个单臂缝合器械[23]。Shademan 等[24]在 STAR 机器人早期版本中提供了 2 种工作模式：在自主模式下，系

统根据外科医生定义的缝合轮廓，自动评估每个针入口点的位置；而在手动模式下，入口点由外科医生手动定义。在这 2 种工作模式下，外科医生都需要定义吻合口的缝合轮廓，因此属于自主性 2 级。AquaBeam 是由 PROCEPT BioRobotics 公司开发的一种治疗良性前列腺增生症的手术机器人，该系统利用高压水流进行前列腺组织消融术[15]。外科医生勾画前列腺组织轮廓，随后 AquaBeam 自主完成前列腺组织的消融术。2 级自主性手术机器人可以接管某些手术任务，但不能自主规划任务参数。

1.4　自主性等级 3：条件自主性

条件自主性的主要特点是能够制定执行特定手术任务的策略，但需要医生批准最适策略。与自主性等级 2 类似，在进行手术任务期间，机器人的控制权从外科医生切换到机器人。不同的是，自主性等级 3 的机器人具备更强的感知手术场景的能力，可以在线更新手术决策。近些年随着图形处理单元（graphics processing unit，GPU）计算能力的大幅提升，手术机器人系统能够在瞬时处理大量的组织建模和复杂环境特征数据，确保系统的实时性和精准度[25]。

对于刚性骨组织手术，已有商业化的自主性 3 级手术机器人系统。TSolution One 是一种用于骨关节手术的机器人系统，其核心是手术规划模块[26]。在手术过程中，该模块会自主对骨骼进行精确切割，医生仅监督手术操作。对于腹腔脏器等软组织手术，由于软组织形变的不可预测性，需要更加复杂的计算能力。伦敦帝国理工学院团队提出了一种基于条件自主机制的框架[27]，利用模仿学习（learning from demonstration，LfD）的方法学习医生在虚拟手术场景的阑尾切除术数据，进行自主阑尾切除手术操作。STAR 系统在集成了 3D 点云、近红外追踪模块和 U-Net 分割模型后，能够生成术中动态缝合路径，完成了猪小肠的单臂自主吻合手术验证[28]。自主性等级 3 是机器人手术迈向高级自主性的重要一步，未来可能会在复杂手术中展现出更多应用潜力。

1.5　自主性等级 4：高级别自主性

高级别自主性意味着机器人能够生成并自主选择最佳手术方案，但仍然需要医生对手术进行监督。此时手术机器人可以理解术前的影像数据与术中信息，制定完整的手术计划，然后自主执行手术。尽管此时机器人高度自主，但外科医生依然处于监督角色，以确保手术的安全性和有效性，并在必要时进行干预。

达到高级别自主性的关键是多模态数据学习与自主分割技术。一些商用系统已经集成了这些技术，如 Brainlab iPlan 系统能够自主对脑组织 MRI 图像进行分割，并与超声等多模态影像配准，通过 CyberKnife 手术机器人平台进行规划并执行手术[29]。但是，胸腔和腹部脏器等软组织的自主分割技术还处于研究阶段。Marahrens 等[30]利用术中超声定位肿瘤边界，在猪离体肝脏上实现了平均真阳性率超过 0.84，误检率低于 0.12 的边界定位精度。Ge 等[31]利用近红外荧光显像技术标记舌肿瘤边界，实现了平均表面误差（0.73±0.60）mm 和切除深度误差（1.89±0.54）mm 的精度，与经验丰富的耳鼻喉科医生相当。高级别自主性将大大减轻外科医生的工作负担，同时也保留了医生对手术的监督和控制权。

1.6　自主性等级 5：完全自主性

完全自主性指手术机器人成为能够独立完成整台手术的“机器人外科医生”[10]。尽管概念上极具前景，但完全自主性手术机器人面临巨大的技术、伦理和监管挑战，离实际应用还有很长的路要走。

2　机器人自主手术面临的挑战

科学技术进步的速度可能快于现有的伦理、监管和法律框架，从而带来严重的社会学问题。因此在机器人自主手术的研究过程中，及时进行风险管理至关重要。目前，一些手术机器人系统已经达到了自主性 3 级，挑战在于如何确保其安全性和合规性，这涉及医学伦理、法律法规以及社会就业等多个维度。

2.1　伦理问题

公众对人工智能和手术机器人安全性的担忧突显了伦理问题的重要性，包括隐私问题、算法偏见和可解释性问题等[32]。人工智能算法广泛依赖患者数据，这些敏感数据如果没有得到严格保护，可能侵犯患者隐私。模型在训练时数据可能缺乏多样性，尤其是在种族、性别、年龄等变量上，这将导致自主手术系统在某些群体中表现欠佳，带来不公平的诊疗结果[33]。另外，目前的深度学习算法，仍然是“黑箱”模式，需要进一步探究算法的可解释性难题[34]。

2.2　法律法规问题

在监管领域，主要的政府机构如 FDA、中国国家药品监督管理局（National Medical Products Administration，NMPA）和英国药品与健康产品管理局（Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency，MHRA）等尚未出台针对机器人自主手术的法律框架。目前，FDA 将手术机器人归为Ⅱb 类（中等风险）医疗设备，该类设备上市前需要通过 510（k）（FDA 关于医疗器械递交上市前通知的名称）流程进行审批[11]。机器人领域的学者建议应根据不同的自主性等级划分机器人的监管条款[10]。例如，未来具备更高级自主性的手术机器

人可归为Ⅲ类(高风险)医疗设备,需通过更严格的上市前批准(premarket approval,PMA)流程[35]。此外,当自主手术机器人发生医疗事故时,责任归属问题变得复杂,涉及研发人、制造商、医院以及外科医生。因此,对于不同自主性级别的手术机器人划定明确法律框架至关重要。

2.3 医生角色分配与就业

在自主性 1～3 级的手术机器人中,外科医生依然保持对手术过程的控制。然而,当自主性达到 4 级和 5 级时,机器人将接管大部分的决策和操作,外科医生的角色将逐渐转变为监督和管理。这种转变可能会减少对于传统外科医生的需求,但同时也会催生一些新的岗位,如机器人维护、培训和技术支持等职位[36]。高级别自主性手术机器人会承担更多的手术任务,但医生仍需具备在手术出现问题时干预的能力。

3 展望

由此可见,机器人自主手术的发展,一是要依赖更多的技术进步,二是要依赖伦理和法律法规等社会制度的完善。在技术进步方面,基于 LfD 的方法有助于手术机器人从专家经验数据中挖掘手术操作与技巧[37]。Kim 等[38]基于 Transformer 开发了 SRT(Surgical Robot Transformer)模型,并在 dVRK 上测试了机器人自主进行组织控制、缝合和打结等任务。该研究表明模仿学习能够有效学习复杂的外科任务,并迁移到新的手术场景中。Battaglia 等[39]提出实现机器人自主手术的 3 个要素:专业模型、物理现实和测量现实。专业模型代表了机器人的智能系统,用于生成控制指令。物理现实由手术中的所有参与对象组成,包括患者、外科医生以及机器人系统。测量现实指机器人通过传感器看到和理解的物理世界。

在社会制度方面,机器人自主手术有望颠覆现有的医疗体系。低级别自主性机器人能够在复杂手术中为专科医师提供帮助,也可以作为多学科诊疗团队的成员。在机器人自主性逐步提高后,外科医生负责监督手术任务并在必要时进行接管[40]。在整个体系中,综合性医院和研究中心将承担制定机器人自主手术操作指令的角色,通过自主手术机器人的广泛部署,偏远地区或灾害救援的患者也将有机会接受高水平手术救治。这种模式可以优化当前医疗资源配置,有助于解决当前医疗资源不均衡、医生劳动力短缺以及医院收容量限制等问题。

4 总结

机器人自主手术代表了医疗技术未来发展的重要方向,其潜力巨大,有望为手术治疗的精准度、效率和安全性带来革命性提升。我们对此的终极愿景是:给紧急救援、偏远地区、甚至外太空等环境的人群带来高水平的优质医疗资源。随着未来手术机器人自主性的逐步提高,将满足更广泛的医疗需求,并对公众健康产生有益且深远的影响。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] Dagnino G,Kundrat D. Robot-assistive minimally invasive surgery:trends and future directions[J]. Int J Intell Robot Appl,2024,8:812-826.

[2] Intuitive Surgical Web Page. Accessed:Oct. 20,2024[Online]. Available:https://www.intuitive.com/en-us

[3] Yang HY,Seon JK. The landscape of surgical robotics in orthopedics surgery[J]. Biomed Eng Lett,2023,13(4):537-542.

[4] Kazemzadeh K,Akhlaghdoust M,Zali A. Advances in artificial intelligence,robotics,augmented and virtual reality in neurosurgery[J]. Front Surg,2023,10:1241923.

[5] Thirunavukarasu AJ,Hu ML,Foster WP,et al. Robot-assisted eye surgery:a systematic review of effectiveness,safety,and practicality in clinical settings[J]. Transl Vis Sci Technol,2024,13(6):20.

[6] Chen PF,Wang YT,Tian DP,et al. The catheter and guidewire operating systems of vascular interventional surgical robots:a systematic review[J]. IEEE Trans Med Robot Bionics,2023,5(2):180-195.

[7] Rivero-Moreno Y,Echevarria S,Vidal-Valderrama C,et al. Robotic surgery:a comprehensive review of the literature and current trends[J]. Cureus,2023,15(7):e42370.

[8] Catchpole K,Cohen T,Alfred M,et al. Human factors integration in robotic surgery[J]. Hum Factors,2024,66(3):683-700.

[9] Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles(SAE International,2021). Accessed:Oct. 20,2024[Online]. Available:https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/.

[10] Yang GZ,Cambias J,Cleary K,et al. Medical robotics-Regulatory,ethical,and legal considerations for increasing levels of autonomy[J]. Sci Robot,2017,2(4):eaam8638.

[11] Lee A,Baker TS,Bederson JB,et al. Levels of autonomy in FDA-cleared surgical robots:a systematic review[J]. NPJ Digit Med,2024,7(1):103.

[12] Yu D,Nasir M,Pitts BJ,et al. L3 vehicles are becoming a reality:important human factors consideration for the viability of conditional automation[J]. Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet,2023,67(1):1285-1288.

[13] Klingberg L. The future of Remote Operations for Autonomous Vehicles:Exploring Human-Automation Teamwork and Situational Awareness for SAE Level 4 trucks. 2023.

[14] Attanasio A,Scaglioni B,De Momi E,et al. Autonomy in surgical robotics[J]. Annual Review of Control,Robotics,

and Autonomous Systems，2021，4(1)：651-679.

[15] Zorn KC，Elterman D，Gonzalez R，et al. Aquablation treatment for benign prostate hyperplasia：current standardized procedure[J]. J Endourol，2022，36(S2)：S1-S5.

[16] Reddy K，Gharde P，Tayade H，et al. Advancements in robotic surgery：a comprehensive overview of current utilizations and upcoming frontiers[J]. Cureus，2023，15(12)：e50415.

[17] Gu L，Yin C，Jia T，et al. Robotic surgery in China[J]. Innovation(Camb)，2023，4(5)：100499.

[18] Sirintuna D，Kastritsi T，Ozdamar I，et al. Enhancing human-robot collaborative transportation through obstacle-aware vibrotactile warning and virtual fixtures [J]. Robot Auton Syst，2024，178：104725.

[19] Bergholz M，Ferle M，Weber BM. The benefits of haptic feedback in robot assisted surgery and their moderators：a meta-analysis[J]. Sci Rep，2023，13(1)：19215.

[20] Cheng M，Li RM，Ding RQ，et al. Dynamic guidance virtual fixture for hydraulic manipulator *via* learning from demonstration[J]. Proc Inst Mech Eng Part C J Mech Eng Sci，2023，237(4)：952-962.

[21] Ma RZ，Ramaswamy A，Xu JS，et al. Surgical gestures as a method to quantify surgical performance and predict patient outcomes[J]. NPJ Digit Med，2022，5(1)：187.

[22] van Amsterdam B，Clarkson MJ，Stoyanov D. Gesture recognition in robotic surgery：a review [J]. IEEE Trans Biomed Eng，2021，68(6)：2021-2035.

[23] Leonard S，Wu KL，Kim Y，et al. Smart tissue anastomosis robot(STAR)：a vision-guided robotics system for laparoscopic suturing [J]. IEEE Trans Biomed Eng，2014，61(4)：1305-1317.

[24] Shademan A，Decker RS，Opfermann JD，et al. Supervised autonomous robotic soft tissue surgery[J]. Sci Transl Med，2016，8(337)：337ra64.

[25] Schmidgall S，Krieger A，Eshraghian J. Surgical Gym：a high-performance GPU-based platform for reinforcement learning with surgical robots [C]//2024 IEEE International Conference on Robotics and Automation(ICRA). May 13-17，2024，Yokohama，Japan. IEEE，2024：13354-13361.

[26] Chan J，Auld TS，Long WJ，et al. Active robotic total knee arthroplasty(TKA)：initial experience with the TSolution one® TKA system[J]. Surg Technol Int，2020，37：299-305.

[27] Zhang RY，Chen JH，Wang ZY，et al. A step towards conditional autonomy-robotic appendectomy[J]. IEEE Robot Autom Lett，2023，8(5)：2429-2436.

[28] Saeidi H，Opfermann JD，Kam M，et al. Autonomous robotic laparoscopic surgery for intestinal anastomosis [J]. Sci Robot，2022，7(62)：eabj2908.

[29] Petoukhova A，Snijder R，Wiggenraad R，et al. Quality of automated stereotactic radiosurgery plans in patients with 4 to 10 brain metastases [J]. Cancers，2021，13(14)：3458.

[30] Marahrens N，Jones D，Murasovs N，et al. An ultrasound-guided system for autonomous marking of tumor boundaries during robot-assisted surgery[J]. IEEE Trans Med Robot Bionics，2024，6(4)：1699-1712.

[31] Ge JW，Kam M，Opfermann JD，et al. Autonomous system for tumor resection(ASTR)-dual-arm robotic midline partial glossectomy[J]. IEEE Robot Autom Lett，2024，9(2)：1166-1173.

[32] Yanamala AKY，Suryadevara S，Kalli VDR. Balancing Innovation and Privacy：The Intersection of Data Protection and Artificial Intelligence [J]. International Journal of Machine Learning Research in Cybersecurity and Artificial Intelligence，2024，15(1)：1-43.

[33] Saeidnia HR. Ethical artificial intelligence(AI)：confronting bias and discrimination in the library and information industry [J]. Libr Hi Tech News，2023，Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print.

[34] Bearman M，Ajjawi R. Learning to work with the black box：pedagogy for a world with artificial intelligence[J]. Brit J Educational Tech，2023，54(5)：1160-1173.

[35] Lile DJ. FDA overview[M]. Translational Surgery. Amsterdam，Netherlands：Elsevier. 2023：501-507.

[36] Fosch-Villaronga E，Khanna P，Drukarch H，et al. The role of humans in surgery automation[J]. Int J Soc Robot，2023，15(3)：563-580.

[37] Schmidgall S，Kim JW，Krieger A. Robots learning to imitate surgeons-challenges and possibilities[J]. Nat Rev Urol，2024，21：451-452.

[38] Kim JW，Zhao T Z，Schmidgall S，et al. Surgical Robot Transformer(SRT)：Imitation Learning for Surgical Subtasks[C]. 8th Annual Conference on Robot Learning. Singapore，2022.

[39] Battaglia E，Boehm J，Zheng Y，et al. Rethinking autonomous surgery：focusing on enhancement over autonomy[J]. Eur Urol Focus，2021，7(4)：696-705.

[40] Rivero-Moreno Y，Rodriguez M，Losada-Muñoz P，et al. Autonomous robotic surgery：has the future arrived? [J]. Cureus，2024，16(1)：e52243.

（收稿日期：2024-10-26）

临床泌尿外科杂志