



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.04.008
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2024.04.008
China Journal of General Surgery, 2024, 33(4):578-591.

· 专题研究 ·

基于CiteSpace的机器人结直肠手术临床应用现状 与热点可视化分析

李政¹, 易波¹, 王国慧¹, 莫晓叶²

(1. 中南大学湘雅三医院 胃肠II科, 湖南 长沙 410013; 2. 中南大学湘雅医院 急诊科, 湖南 长沙 410008)

摘要

背景与目的: 结直肠癌是一种临床上常见的恶性肿瘤, 其手术治疗是近年来外科领域的研究热点之一。近年来, 越来越多的学者开始关注机器人手术在结直肠外科领域的应用和研究。本研究通过利用CiteSpace软件对近年来机器人结直肠手术研究文献进行可视化分析, 探讨世界范围内机器人手术在结直肠手术的发展历程与诊治方法的演进过程, 分析其研究热点和发展趋势, 了解当前热点并确定潜在的新研究方向, 为后续的研究提供新的线索和思路。

方法: 检索1999年1月1日—2023年9月30日之间Web of Sciences核心合集(WoS)数据库与在中国知网(CNKI)数据库中机器人结直肠手术的相关中英文文献, 采用CiteSpace 5.8.R3软件分析该领域文献的发文国家、高产机构、作者及合作关系等, 对关键词进行聚类、突现、时线图 and 时区图分析, 绘制可视化的知识图谱。

结果: 共纳入3 135篇文献, 其中WoS数据库2 760篇、CNKI数据库375篇。分析结果显示, 该领域发文量逐年增多, 尤其在2011年之后上升幅度增大, 2021年达到最高峰。目前, 发文量居前列的分别是美国(758篇)、意大利(253篇)、中国(173篇)。国外发文量前三的机构分别为韩国延世大学(76篇)、韩国大学(53篇)和美国梅奥诊所(41篇); 中文发文量前列的机构分别为复旦大学附属中山医院(11篇)、华中科技大学同济医学院附属协和医院(6篇)、南昌大学第一附属医院(6篇)和沈阳军区总医院(6篇)。国外发文量前三的作者均来自韩国, 大部分作者形成广泛合作网络; 中文发文前三的作者分别来自复旦大学附属中山医院、甘肃省人民医院和江苏省中医院, 大部分作者仅为独立研究团队, 仅少数存在合作关系。关键词分析结果显示, 国外发展趋势以结直肠相关肝脏切除、术后生存率、手术危险因素和患者术后生存质量为主, 而国内的趋势是手术的新应用、达芬奇机器人的操作系统以及专家共识和专著的编写; 国外热点和趋势集中在临床随机对照试验和开放标签; 国内热点集中在手术技术、机器人操作系统以及与其他技术结合的方面。

结论: 机器人结直肠手术是微创外科学研究的热点之一。与国际水平相比, 国内机器人手术研究及临床应用相对滞后, 主要表现在起步时间晚、高质量论文数量少、被引频次少、与其他国家或机构合作程度低等方面。开展随机对照试验、如何减少围手术期风险、提高术后患者生存率和生存质量是机器人结直肠手术的研究热点和前沿。

关键词

结直肠外科手术; 机器人手术; 文献计量学; 数据可视化

中图分类号: R656.9

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(2021JJ40930)。

收稿日期: 2023-10-17; **修订日期:** 2024-03-02。

作者简介: 李政, 中南大学湘雅三医院主治医师, 主要从事机器人手术方面的研究。

通信作者: 莫晓叶, Email: moxiaoye@csu.edu.cn

Visualization analysis of current status and hotspots of clinical application of robot-assisted colorectal surgery based on CiteSpace

LI Zheng¹, YI Bo¹, WANG Guohui¹, MO Xiaoye²

(1. Department of Gastroenterology II, the Third Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410013, China; 2. Department of Emergency Medicine, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008, China)

Abstract

Background and Aims: Colorectal cancer is a common malignant tumor in clinical practice, and its surgical treatment has become one of the research hotspots in the field of surgery in recent years. Robot-assisted surgery, representing the most advanced surgical technology, has rapidly developed in the field of colorectal surgery, and an increasing number of scholars have begun to focus on its application and research in this field. Using CiteSpace software, this study conducted a visual analysis of recent literature on robot-assisted colorectal surgery to explore the development process and evolution of diagnosis and treatment methods of robotic surgery in colorectal surgery worldwide, analyze the research hotspots and trends, identify current hot topics, and determine potential new research directions, so as to provide new clues and ideas for subsequent research.

Methods: Relevant Chinese and English literature on robot-assisted colorectal surgery in the Web of Science Core Collection (WoSCC) database and the China National Knowledge Infrastructure (CNKI) database between January 1, 1999 and September 30, 2023 were retrieved. CiteSpace 5.8.R3 software was used to analyze the publication countries, prolific institutions, authors, and collaboration relationships in this field. Clustering, burst detection, timeline, and time zone analyses were performed on keywords to draw visual knowledge maps.

Results: A total of 3 135 articles were included, with 2 760 from the WoSCC database and 375 from the CNKI database. The analysis showed that the number of publications in this field has been increasing year by year, especially after 2011, with a significant increase, reaching its peak in 2021. Currently, the leading countries in publications were the United States (758 articles), Italy (253 articles), and China (173 articles). The top three foreign institutions in terms of publications were Yonsei University in Republic of Korea (76 articles), Korean University (53 articles), and Mayo Clinic in the United States (41 articles). The leading Chinese institutions in terms of publications were Zhongshan Hospital Affiliated to Fudan University (11 articles), Tongji Medical College Affiliated Union Hospital of Huazhong University of Science and Technology (6 articles), the First Affiliated Hospital of Nanchang University (6 articles), and the General Hospital of Shenyang Military Region (6 articles). The top three foreign authors came from Republic of Korea, with most authors forming a wide cooperation network. The top three Chinese authors were from Zhongshan Hospital Affiliated to Fudan University, Gansu Provincial People's Hospital, and Jiangsu Province Hospital of Traditional Chinese Medicine, with most authors belonging to independent research teams and only a few having collaborative relationships. Keyword analysis results show that the foreign development trends mainly focused on colorectal cancer-related liver resection, postoperative survival rate, surgical risk factors, and postoperative survival quality, while domestic trends included new applications of surgery, the operation system of the da Vinci robot, and the compilation of expert consensus and monographs; foreign hotspots and trends were concentrated on clinical randomized controlled trials and open labels, while domestic hotspots focused on surgical techniques, robot operation systems, and integration with other technologies.

Conclusion: Robot-assisted colorectal surgery is one of the hot topics in the research of minimally invasive surgery. Compared with the international level, research and clinical application of robot

surgery in China are relatively lagging, mainly manifested in late start time, few high-quality papers, low citation frequency, and low degree of cooperation with other countries or institutions. Conducting randomized controlled trials, reducing perioperative risks, and improving postoperative patient survival rates and quality of life are the research hotspots and frontiers of robot-assisted colorectal surgery.

Key words

Colorectal Surgery; Robotic Surgical Procedures; Bibliometrics; Data Visualization

CLC number: R656.9

秉承着手术微创化和精准化的理念, 微创外科已经步入机器人手术时代。相比于传统开腹和腹腔镜手术, 其优势在于拥有高清的三维手术视野, 高自由度可转向的器械, 更容易克服传统直杆器械存在的“死角”, 更利于完成高难度的手术操作, 从而更精准更流畅地进行组织分离, 保障系膜的完整切除, 保护相邻脏器的功能, 减少手术创伤和促进术后早期恢复^[1-3]。

结直肠癌是临床上的一种常见高发恶性肿瘤, 手术切除是治疗结直肠癌的重要方法^[4]。近年来, 越来越多的学者^[2-3]关注机器人手术系统在结直肠外科领域的应用和研究。结直肠癌机器人手术是普通外科领域开展最广泛的机器人手术, 研究该类手术对于把握该领域机器人手术的发展动向有重要的指导作用^[5-6]。机器人结直肠手术最早开展的是直肠癌手术, 随后推广到乙状结肠癌根治术、左半结肠癌根治术、右半结肠癌根治术、机器人辅助自然腔道内镜手术 (natural orifice transluminal endoscopic surgery, NOTES)、多脏器联合切除术等^[7-10]。笔者所在手术团队于2015年开始开展机器人结直肠手术, 在数年的临床实践探索与试验研究中, 已成为国内机器人结直肠手术应用较早和全面的团队。然而, 国内学者目前主要集中于新术式或手术新路径的探索, 应用循证医学的方法评价机器人手术系统的有效性和安全性, 但缺少对运用于机器人手术在结直肠外科相关领域整体研究进展的探讨。

CiteSpace 软件是一款能够将文献计量学方法、信息可视化和数据挖掘方法结合起来, 帮助用户对某专业或领域的文献进行分析, 通过绘制科学图谱, 客观分析该领域发展趋势和预测热点的工具^[11]。笔者结合本团队经验, 通过 CiteSpace 软件^[12-13], 对国内外公开发表的机器人结直肠手术领域的文献进行文献计量学研究, 分析该领域的年度发文量、发文国家、高产机构和作者、研究热

点等情况, 探讨国内外机器人结直肠手术的研究现状和前沿趋势, 为机器人结直肠手术的临床研究提供更多的借鉴和参考。

1 资料与方法

1.1 数据来源

检索 1999 年 1 月 1 日—2023 年 9 月 30 日之间 Web of Science 核心合集 (Web of Science Core Collection, WoSCC) 数据库和中国知网 (Chinese National Knowledge Infrastructure, CNKI) 数据库公开发表的文献资料。英文文献以 “robo* surg*” OR “da Vinci” OR “colon” OR “rectal” OR “colorectal” OR “rectum” OR “colonic” OR “colic” 为主题词共同构成检索式。中文文献以 “结直肠” OR “结肠” OR “直肠” OR “da Vinci” OR “手术机器人” OR “机器人” OR “达芬奇” 为主题词共同构成检索式。

1.2 研究方法

1.2.1 中文文献检索 纳入 CNKI 数据库中以中文发表的所有与机器人结直肠手术相关的文献资料, 文献类型筛选条件为 “论著” “综述”, 排除标准: 外文语言发表的资料; 与研究不相关的文献; 会议通知、会议论文、征稿启事、图书、报纸及学位论文等其他形式的资料。

1.2.2 英文文献检索 纳入 WoSCC 数据库中以英文发表的所有与机器人结直肠手术相关的文献资料, 文献类型筛选条件为 “Articles” “Reviews”, 排除其他语种的文献、会议通知、会议论文、征稿启事、图书、报纸、学位论文等其他形式的文献资料。

1.2.3 文献的数据处理 将 CNKI 数据库检索到的文献以 Refworks 格式导出, 包含题名、作者、机构、摘要、关键词、年份、文献来源等信息。将 WoSCC 数据库检索到的文献以 “plain text” 格式导出到本地, 包含完整记录和引文等信息, 将上述

资料导入到CiteSpace 5.8.R3软件中去重,再进行数据分析。参数设置如下:时间分区(Time Slicing)为1999—2023年,每1年为1个时间切片;节点类型(Node Types)分别选取作者(Author)、机构(Institution)、国家(Country)、关键词(Keywords),各自生成不同的可视化共现图谱。阈值设置(Top N per slice)=50,含义为选取每1年中被引次数最高的前50篇引文,构建当年的共被引网络;修剪选项(Pruning):选择关键路径(Pathfinder)、修剪合并网络(Pruning the Merged Networks)、修剪切片网络(Pruning Sliced Networks),关键路径网络优点是具有完备性,有唯一解,修剪合并网络和修剪切片网络可在网络过于密集的时候更清晰地显示网

络;其他参数均为默认设置。

2 结果

2.1 发文量的时间分布

在WoSCC数据库中共检索到3 181篇文献,根据纳入和排除标准,最终得到有效学术文献2 760篇。在CNKI数据库中共检索到531篇文献,最终纳入有效文献375篇。综合两个数据库,共纳入国内外文献3 135篇,结果显示该领域发文量逐年增多,尤其在2011年之后上升幅度增大,2021年达到最高峰。相比于英文发文量,同期中文发文量明显偏少(图1)。

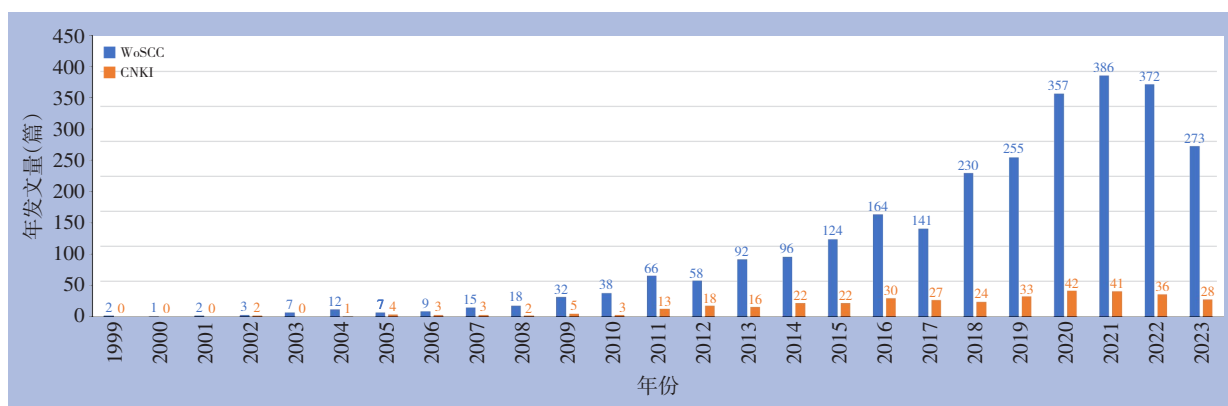


图1 WoSCC数据库与CNKI数据库机器人结直肠手术领域年度发文量对比

Figure 1 Comparison of annual publications on robot-assisted colorectal surgery between the WoSCC database and the CNKI database

2.2 国家、机构、作者及合作分析

节点类型选择国家(Country)生成国家/地区发文情况的可视化图谱,节点的圆圈大小代表该国家发文量,节点与节点连线代表国家之间的合作密切程度^[14]。WoSCC数据库中,可视化图谱共生成1 536个节点,2 338条连线,合作网络图谱的密度为0.002,见图2。发文量前三的国家/地区为美国(758篇)、意大利(253篇)和中国(173篇),发文量排名前十的国家见表1,其中美国的中介中心性最高(0.47)。节点类型选择机构(Institution)生成机构发文情况的可视化图谱。对WoSCC数据库文献进行分析,运行CiteSpace软件,共生成1 135个节点,3 028条连线,机构合作网络图谱的密度为0.004 7(图3)。发文量前三的机构分别为韩国延世大学(76篇)、韩国大学(53篇)和美国梅奥诊所(41篇);对CNKI数据库文献分析,CiteSpace共生成271个节点,69条连线,密度0.001 9,中文发

文量前列的机构分别为复旦大学附属中山医院(11篇)、华中科技大学同济医学院附属协和医院(6篇)、南昌大学第一附属医院(6篇)和沈阳军区总医院(6篇)(表2)。节点类型选择作者(Author)生成作者发文情况的可视化图谱。WoSCC数据库中机器人结直肠手术领域发文量前十名的作者见表3,前三名作者分别是延世大学医学院圣弗兰斯医院的Nam Kyu Kim(37篇)、延世大学医学院的Seung Hyuk Baik(27篇)、延世大学医院的Byung Soh Min(27篇),各作者之间的关联情况见图4A。CNKI数据库中发文量前十的作者见表3,前三名作者分别是复旦大学附属中山医院的许剑民(24篇)、甘肃省人民医院的杨熊飞(16篇)和江苏省中医院的江志伟(15篇),我国学者合作关系多为同一机构内合作,整体合作频率和密度非常低(图4B)。

CiteSpace v. 5.7.R5 (64-bit)
 October 10, 2023 10:02:51 PM CST
 File: C:\Users\131461481\Documents\CiteSpace\robot-assisted colorectal Wdata
 TimeSpan: 1500 (20% Slice Length)
 MaxWeight: 100 (20% per slice, LRF=0.1, LBV=0.4, e=1.0)
 Modularity Q: 0.9226 (Density=0.002)
 Largest CC: 120 (50%)
 Nodes Labeled: 1.0%
 Pruning: None



图 2 WoSCC 数据库中机器人结直肠手术发文国家/地区共现网络图

Figure 2 Co-occurrence network map of countries/regions in robot-assisted colorectal surgery publications in the WoSCC database

表 1 WoSCC 数据库中机器人结直肠手术发文量排名前十名的国家/地区

Table 1 Top 10 countries/regions by publications on robot-assisted colorectal surgery in the WoSCC database

排名	国家/地区	发文量(篇)	中介中心性
1	美国	758	0.47
2	意大利	253	0.31
3	中国	173	0.25
4	英国	153	0.2
5	韩国	139	0.2
6	日本	135	0.18
7	德国	109	0.16
8	法国	95	0.13
9	中国台湾	69	0.11
10	西班牙	67	0.07

CiteSpace v. 5.7.R5 (64-bit) W
 October 10, 2023 10:02:51 PM CST
 File: C:\Users\131461481\Documents\CiteSpace\robot-assisted colorectal Wdata
 TimeSpan: 1500 (20% Slice Length)
 MaxWeight: 100 (20% per slice, LRF=0.1, LBV=0.4, e=1.0)
 Modularity Q: 0.9226 (Density=0.0047)
 Largest CC: 734 (5.5%)
 Nodes Labeled: 1.0%
 Pruning: None

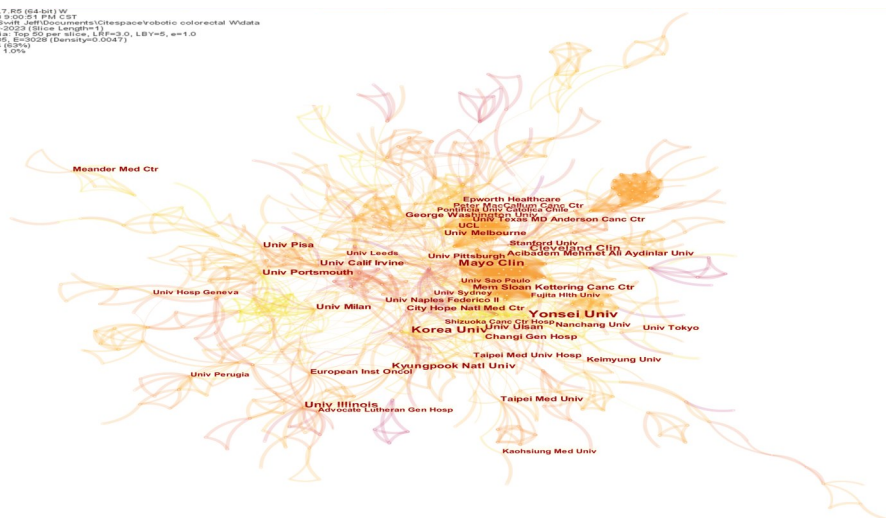


图 3 WoSCC 数据库中机器人结直肠手术发文相关机构共现网络图

Figure 3 Co-occurrence network map of institutions in robot-assisted colorectal surgery publications in the WoSCC database

表 2 WoSCC 数据库与 CNKI 数据库中结直肠机器人手术相关发文量前十的机构

Table 2 Top 10 institutions by publications on robot-assisted colorectal surgery in the WoSCC database and CNKI database

排名	国外机构	发文量(篇)	国内机构	发文量(篇)
1	韩国延世大学	76	复旦大学附属中山医院	11
2	韩国大学	53	华中科技大学同济医学院附属协和医院	6
3	美国梅奥诊所	41	南昌大学第一附属医院	6
4	美国克利夫兰医学中心	39	沈阳军区总医院	6
5	美国伊利诺伊大学	36	福建医科大学附属协和医院	5
6	韩国庆北国立大学	33	上海交通大学医学院附属瑞金医院	5
7	美国加州大学欧文分校	27	中国人民解放军总医院	4
8	意大利米兰大学	27	中国医师协会结直肠肿瘤专业委员会	3
9	意大利比萨大学	25	甘肃中医药大学第一临床医学院	3
10	英国朴次茅斯大学	25	中国医师协会外科医师分会结直肠外科医师委员会	3

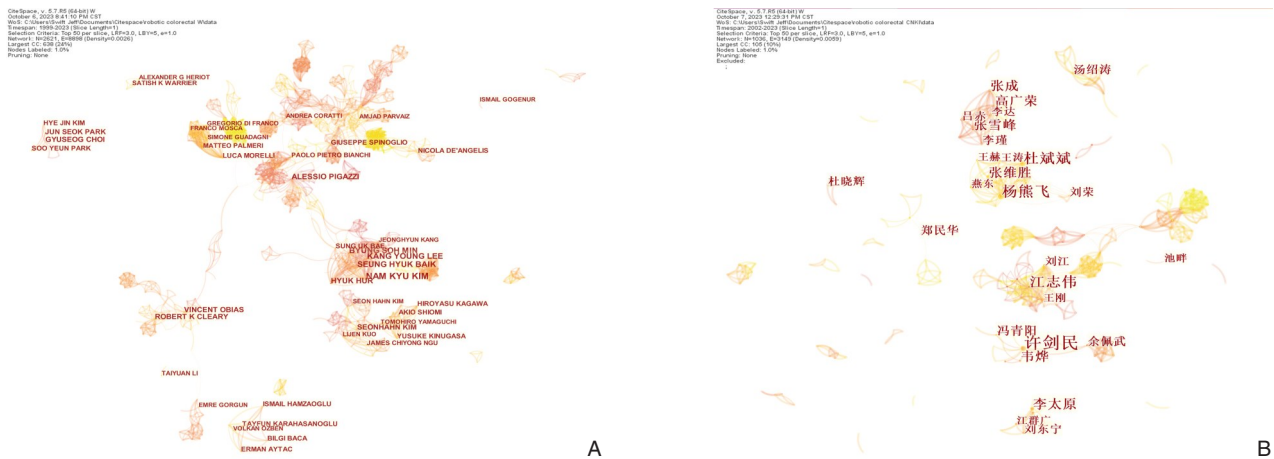


图 4 机器人结直肠手术相关作者发文情况 A: WoSCC数据库; B: CNKI数据库

Figure 4 The co-occurrence map of authors related to robot-assisted colorectal surgery A: WoSCC database; B: CNKI database

表 3 WoSCC 数据库与 CNKI 数据库中机器人结直肠手术发文量前十的作者

Table 3 Top 10 authors by publications on robot-assisted colorectal surgery in the WoSCC database and CNKI database

排名	国外作者	发文量(篇)	国内作者	发文量(篇)
1	Nam Kyu Kim	37	许剑民	24
2	Seung Hyuk Baik	27	杨熊飞	16
3	Byung Soh Min	27	江志伟	15
4	Kang Young Lee	25	杜斌斌	14
5	Alessio Pigazzi	22	李太原	12
6	Hyuk Hur	22	韦烨	11
7	Seonhahn Kim	20	张雪峰	10
8	Gyuseog Choi	19	高广荣	10
9	Vincent Obias	19	张成	10
10	Robert K Cleary	19	张维胜	10

2.3 研究热点及发展趋势分析

2.3.1 关键词共现分析 将 WoSCC 数据库的文献关键词进行共现分析, 出现频次越高, 在图中字体显示越大, 节点越大。按频次大小, 前五位的关键词依次是: Rectal Cancer、Robotic Surgery、Total Mesorectal Excision、Resection、Surgery。按中介中心性高低, 前五位的关键词依次是: Management (中介中心性 0.27)、Colorectal Cancer (中介中心性 0.24)、Endoscopy (中介中心性 0.21)、da Vinci (中介中心性 0.18)、Colon (中介中心性 0.17) (图 5A)。对 CNKI 数据库的中文关键词进行共现分析, 按频次大小, 前五位的关键词依次是: 腹腔镜、机器人手术、直肠癌、机器人、直肠肿瘤。按中介中心性高低, 前五位的关键词依次是: 直肠癌 (中介中心性 0.36)、机器人手术 (中介中心性 0.32)、机器人 (中介中心性 0.24)、辅助腹腔镜 (中介中心性 0.20)、结直肠肿瘤 (中介中心性 0.19) (图 5B)。

2.3.2 关键词聚类 在关键词共现图谱的基础上, 选择 CiteSpace 软件中的 LLR 算法, 将关系紧密的关键词进行聚类, 每个关键词一个值, 同一聚类中值最大的当选该聚类的标签, 由此得到关键词的聚类图谱。如图 6A 所示, WoSCC 数据库的关键词聚类图谱的模块值为 0.866 7 (>0.3), 平均轮廓值为 0.956 2 (>0.7), 表明该聚类图结构显著, 聚类效果明显且关联性强^[9]。该图谱中前十个聚类标签分别是: #0 Robotic, #1 Colectomy, #2 Laparoscopy, #3 Outcome (Outcm), #4 Robotic Surgery, #5 Rectal Prolapse, #6 Rectal cancer, #7 Total Mesorectal Excision, #8 Colorectal, #9 Risk。图 6B 所示为 CNKI 数据库关键词聚类图谱, 其模块值为 0.841 4 (>0.3), 平均轮廓值为 0.946 3 (>0.7), 表明该聚类图结构显著, 聚类效果明显且关联性强^[9]。该图谱中前十个聚类标签分别是: #0 达芬奇机器人, #1 达芬奇机器人手术系统, #2 达芬奇手

术系统, #3 机器人结直肠手术学, #4 腹腔镜, #5 专家共识, #6 加速康复外科, #7 结直肠, #8 预后, #9 传统腹腔镜。WoSCC 和 CNKI 数据库各聚类包含的主要关键词分别见表 4 和表 5。

2.3.3 关键词突现 突现强度 (strength) 是对关键词的一种量化表达方式, 表示该关键词在短时间内被大量引用^[15]。通过 Citespace 软件共得到 WoSCC 数据库 37 个关键词的突现。按突现强度排名前十位的关键词分别是: Open Label、Medical Research Council Conventional versus Laparoscopic-Assisted Surgery In Colorectal Cancer Trial (Mrc Classic Trial)、Randomized clinical trial、Assisted Resection、Risk、Randomized Controlled Trial、Pathological Outcome (Outcm)、da Vinci、Quality、Conventional versus Laparoscopic-Assisted Surgery In Colorectal Cancer Trial (Classic Trial)、Robot (图 7A), 其中持续最长的热点是 mrc classic trial。按出现最新年份排名前十位的关键词分别是: Hepatectomy、Survival、Risk、

Quality、Conversion、Open Label、Meta-Analysis (metaanalysis)、Lymph Node Dissection、Assisted Resection、Clinical Trial (图 7B)。由此显示, 国外在该领域的研究发展趋势以结直肠相关肝脏切除、术后生存率、手术危险因素和患者术后生存质量为主。CNKI 数据库中, 共得到 24 个关键词的突现。按突现强度排名前十位的分别是: 结直肠手术、机器人手术系统、机器人结直肠手术学、腹腔镜、专家共识、机器人手术、结肠切除术、达芬奇机器人、直肠癌、外科手术, 其中, 持续时间长的热点在外科手术 (图 8A)。按出现最新年份排名前十位的分别是: 先天性巨结肠、达芬奇机器人、专家共识、机器人结直肠手术学、结直肠手术、直肠肿瘤、经自然腔道取标本手术 (NOTES)、机器人手术、侧方淋巴结清扫、直肠癌 (图 8B)。由此看出, 国内关注的热点和趋势是手术的新应用、达芬奇机器人的操作系统以及专家共识和专著编写。

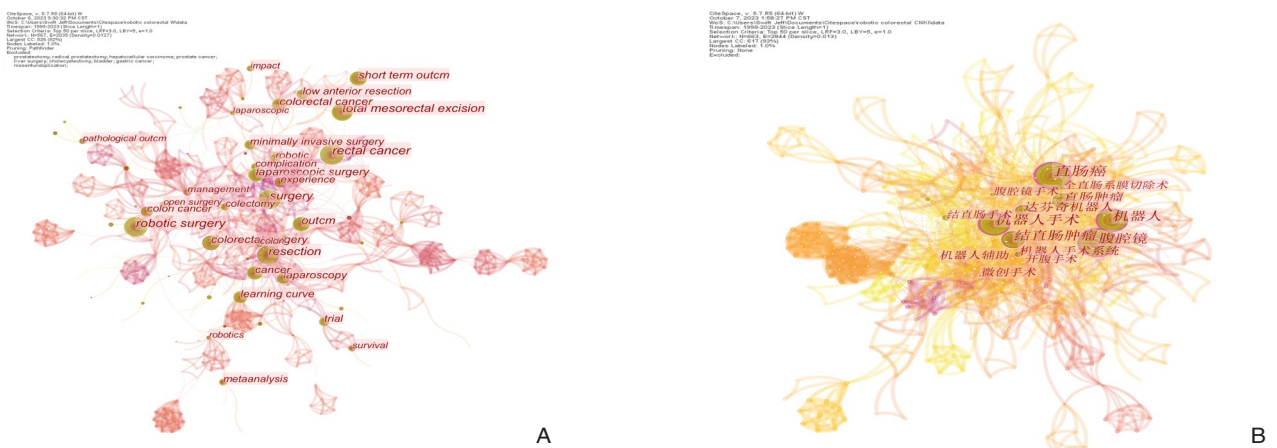


图5 机器人结直肠手术的关键词共线图谱 A: WoSCC数据库; B: CNKI数据库

Figure 5 Keyword co-occurrence map of robot-assisted colorectal surgery A: WoSCC database; B: CNKI database



图6 机器人结直肠手术的关键词聚类图谱 A: WoSCC数据库; B: CNKI数据库

Figure 6 Cluster map of keywords in robot-assisted colorectal surgery A: WoSCC database; B: CNKI database

表4 WoSCC数据库中机器人结直肠手术关键词聚类的标签

Table 4 Labels of keyword clustering for robot-assisted colorectal surgery in the WoSCC database

聚类ID	关键词数	平均轮廓值	年份	包含关键词
0	60	0.939	2006	Robotic; Robot-Assisted Surgery; Laparoscopic Surgery; Robotic Surgical Procedures; Robotics; Endoscopic Surgery; Indocyanine Green; da Vinci; Feasibility; Surgical System
1	58	0.918	2008	Colectomy; Colorectal Surgery; Rectal Cancer; Colon; Total Mesorectal Excision; Cancer; Intracorporeal Anastomosis; Low Anterior Resection; Extracorporeal Anastomosis; Resection
2	55	0.903	2008	Laparoscopy; Minimally Invasive Surgery; Complication; Surgery; Radiation Therapy; Quality of Life; Experience; Colorectal Endometriosis; Validation; C-Reactive Protein
3	46	0.957	2007	Outcm; Radiotherapy; Mrc Classic Trial; Carcinoma; Retropubic Prostatectomy; Robotic Cystectomy; Multidimensional Analysis; Volume; Robotic Prostatectomy; Colorectal Carcinoma
4	38	0.999	2007	Robotic Surgery; Colon Cancer; Complete Mesocolic Excision; Right Colectomy; Robotics; Colorectal; Laparoscopic Assisted Resection; Pathological Outcm; Pelvic Surgery; Single-Incision
5	34	0.976	2007	Rectal Prolapse; Rectocele; Rectopexy; Children; Fecal Incontinence; Rectal Cancer; Pelvic Organ Prolapse; Faecal Incontinence; Obstructed Defecation; Urinary Incontinence
6	29	0.978	2003	Rectal Cancer; Sexual Dysfunction; Quality of Life; Tamis; Right Colectomy; Rectal Neoplasms; Robotic TME; Lars; Neuromonitoring; Urinary and Sexual Function
7	28	0.952	2010	Total Mesorectal Excision; Low Anterior Resection; Rectal Cancer; Colorectal Cancer; Rectal Neoplasms; Short Term Outcm; Colectomy; Complete Mesocolic Excision; Rectal Prolapse; Sphincter Sparing Surgery
8	26	0.967	2009	Colorectal; Learning curve; Cost; Right Colectomy; Rectal Cancer; Gastrointestinal Surgery; Pancreas; Health; Safety; Costs
9	24	0.978	2006	Risk; Bisectionectomy; Machine Learning; Ileal pouch; Secondary Liver Malignancies; Angiogenesis; Robotic Liver Resection; Readmission; Predictor Variables; Case series

表5 CNKI数据库中机器人结直肠手术关键词聚类的标签

Table 5 Labels of keyword clustering for robot-assisted colorectal surgery in the CNKI database

聚类ID	关键词数	平均轮廓值	年份	包含关键词
0	57	0.895	2016	达芬奇机器人; 先天性巨结肠症; 护理; Soave拖出术; 护理配合; 腹腔镜手术; 自我效能; da Vinci机器人手术系统; 围术期护理; 疗效
1	50	0.929	2015	达芬奇机器人手术系统; 直肠癌; 结直肠癌手术; 应用现状; 机器人辅助手术; 机械臂; 右半结肠切除术; 直肠肿瘤; 微创技术; 右半结肠癌根治术
2	49	0.944	2016	达芬奇手术系统; 全直肠系膜切除术; 安全性; 可行性; 环周切缘; 机器人手术; 侧方淋巴结清扫; 膜解剖; 直肠; 达芬奇手术机器人
3	47	0.977	2016	机器人结直肠手术学; 结直肠手术; 巡回护士; 机器人系统; 直肠肿瘤; 经自然腔道取标本手术; 术中护理配合; da Vinci; 微创; 肝转移
4	40	0.987	2016	腹腔镜; 胃癌根治术; 胰十二指肠肠切除术后; 《中国实用外科杂志》; 专家共识; 外科病人; 液体复苏; 胃癌复发; 食管空肠吻合; 经膀胱入路
5	39	0.965	2012	专家共识; 胆囊切除术; 外科医生; 结直肠; 前哨淋巴结活检; 肾上腺切除术; 外科技术; 性疾病; 疝修补术; 微创手术
6	38	0.945	2019	加速康复外科; 结直肠癌根治术; 减重与代谢外科; 结直肠切除术; 折刀位; 达芬奇机器人手术; 指南; 机器人外科; 全腹腔镜; 手助腹腔镜手术
7	36	0.939	2014	结直肠; 并发症; 治疗; 人工智能; 体内可控回结肠膀胱; 肠管切除术; 内镜下; 经会阴微创通路手术; 保留神经; 体内回肠输出道
8	35	0.975	2015	预后; 低位前切除术; 疗效比较; 开腹手术; 标准术式; 内镜技术; 胃肠道肿瘤; 无病生存期; 吻合口瘘; 结肠癌手术
9	29	0.868	2015	传统腹腔镜; 手术; 肿瘤; 直肠脱垂; 经自然腔道内镜手术; 膀胱全切; 下尿路重建术; 术后并发症; 研究进展; 机器人辅助外科手术

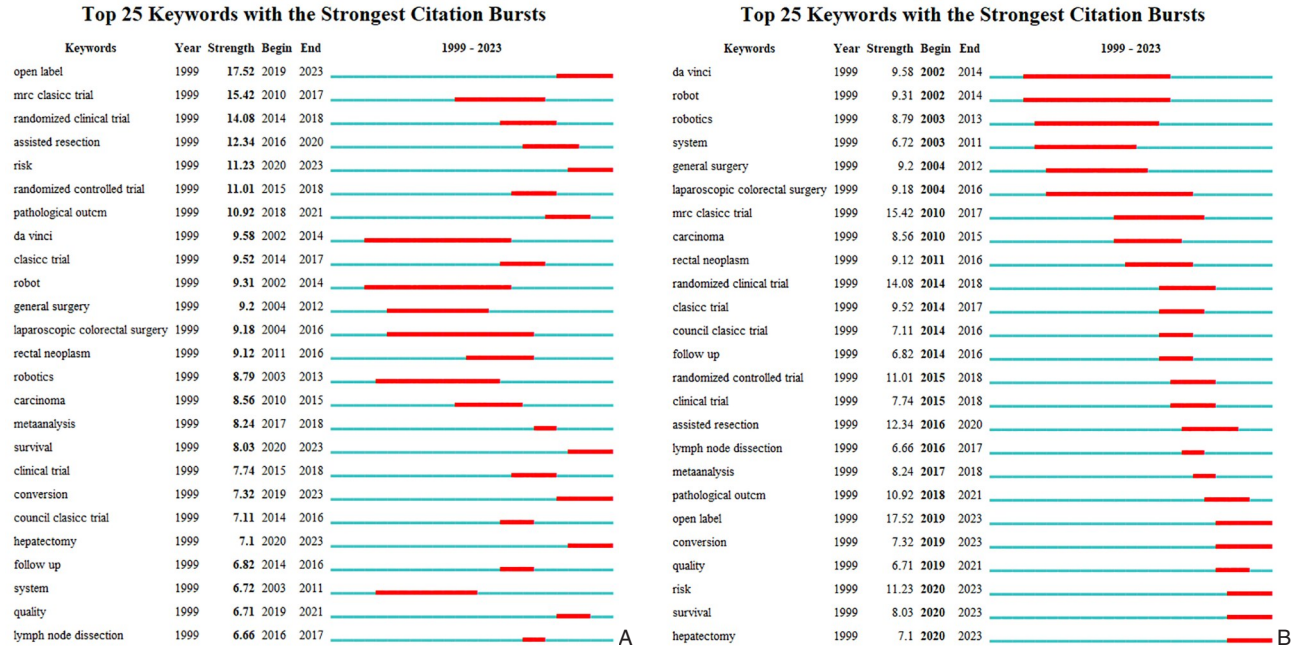


图 7 WoSCC 数据库中机器人结直肠手术的关键词突现 A: 按突现强度排名; B: 按出现年份排名

Figure 7 Burst analysis of robot-assisted colorectal surgery keywords in the WoSCC database A: Ranked by burst strength; B: Ranked by the year of burst appearance

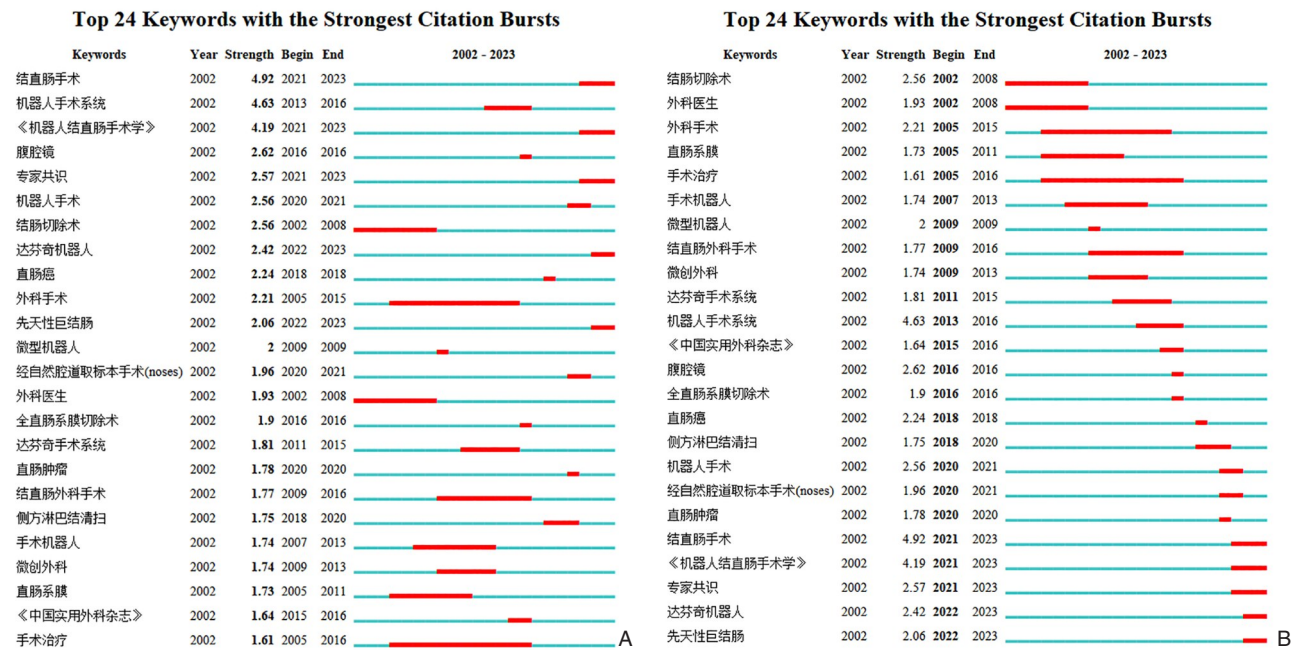


图 8 CNKI 数据库中机器人结直肠手术的关键词突现 A: 按突现强度排名; B: 按出现年份排名

Figure 8 Burst analysis of robot-assisted colorectal surgery keywords in the CNKI database A: Ranked by burst strength; B: Ranked by the year of burst appearance

2.3.4 关键词聚类的时线图和时区图 将关键词聚类按照时间分布进行转换, 着重于从时间维度来表示知识演进, 展示文献更新和相互影响^[9]。时线图中, 各聚类随时间的演变趋势, 各节点按照所属聚类发表时间生成于相应位置。WoSCC 数据库

关键词时线图见图 9A, 聚类#0、#1、#2、#4 出现大量突现关键词节点, 聚类#2 在 2014 年之前出现了较多高中心性节点, 聚类#4 在 2016 年之后出现了多个较高的中心性节点。CNKI 数据库关键词时线图见图 9B, 在 2012 年之后, 各类聚类均出现了

较多突现关键词节点,但高中心性节点少。时区图中,圆圈图形越大,表示该关键词出现频率越高,连线代表关键词的联系,关键词定位于第一次出现的年份。WoSCC数据库关键词时区图见图10A,按出现频率从高到低,前五位的关键词分别是:Rectal Cancer、Robotic Surgery、Total Mesorectal

Excision、Resection、Surgery。CNKI数据库关键词时区图见图10B,按出现频率从高到低,前五位的关键词分别是:腹腔镜、机器人手术、直肠癌、机器人、直肠肿瘤。结果显示,国外文献的高频关键词集中在2010年前,国内的高频关键词集中在2005年和2012年之后。

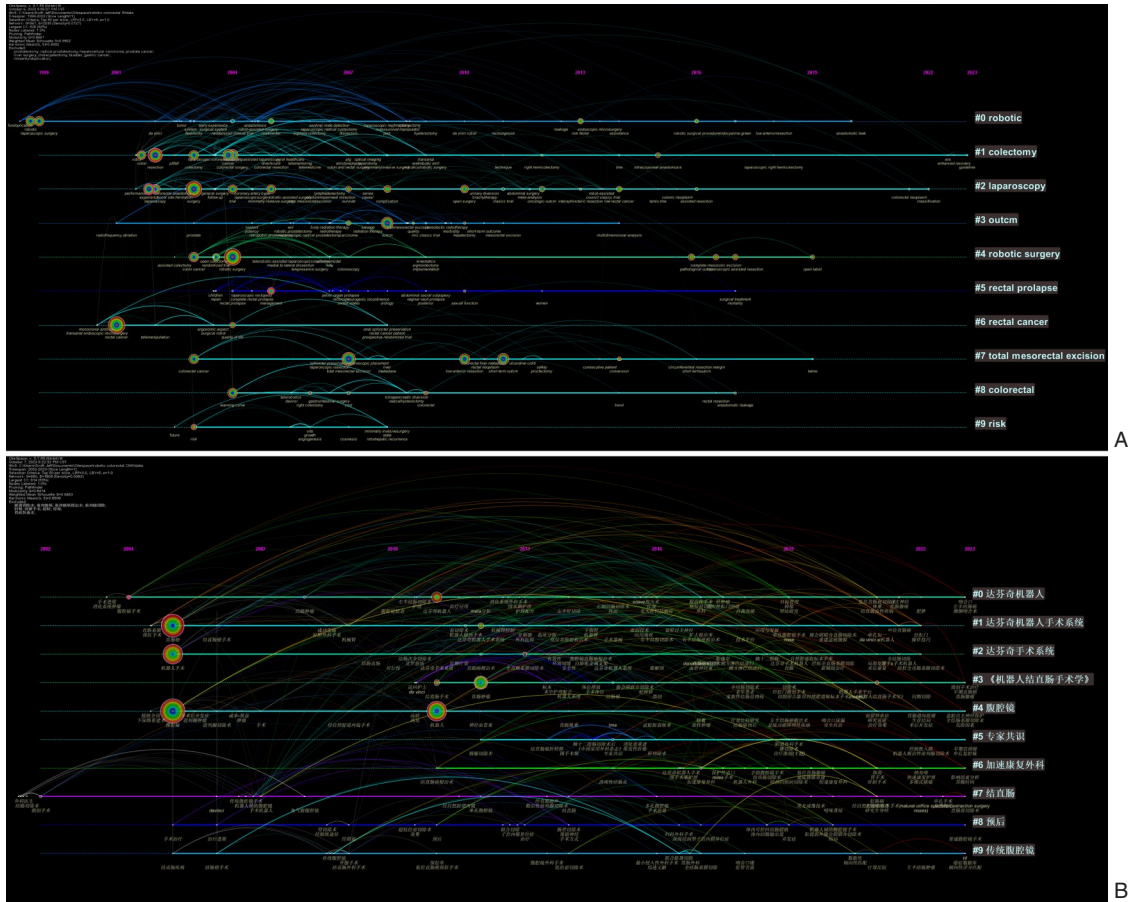


图9 机器人结直肠手术的关键词时线图 A: WoSCC数据库; B: CNKI数据库

Figure 9 Keyword timeline of robot-assisted colorectal surgery A: WoSCC database; B: CNKI database



图10 机器人结直肠手术的关键词时区图 A: WoSCC数据库; B: CNKI数据库

Figure 10 Keyword time-zone map of robot-assisted colorectal surgery A: WoSCC database; B: CNKI database

3 讨论

机器人手术是微创外科研究的热点与重点,它与腹腔镜手术相比,操作更加灵活、协调,精确性更高;与开腹手术相比,具有创伤小、出血少、疼痛轻、康复快的优点^[1,2]。本文采用CiteSpace软件分析了1999—2023年国内外机器人结直肠手术领域发表的核心期刊参考文献,对其进行了可视化分析。结果提示,国外机构和作者在该领域发文量相对较多,且质量较高,合作密度较大。我国虽然发文量排名第三,但共现网络较少,仅与法国、英国等国家有少量合作,缺乏国际交流。在我国,2006年开展了第一台机器人直肠癌手术,随后逐渐应用到其他结直肠肿瘤手术、辅助腹腔镜手术等中,2009年之后迅速推广到结直肠外科的各类手术,包括NOTES结合的手术、全直肠系膜切除术(total mesorectal excision, TME)等^[16-18]。这期间井喷式的发展与我国政府颁布的诸多政策法规有关,包括2012年发布的《医疗器械科技产业“十二五”专项规划》和《生物产业发展规划》、2016年的《机器人产业发展规划(2016—2020)》和《“十三五”国家科技创新规划》以及2021年发布的《“十四五”医疗装备产业发展规划》等,在多方驱动和助力之下,我国手术机器人产业发展逐步推进^[19-20]。

本研究通过CiteSpace软件对多元、分时、动态的机器人结直肠手术的文献进行了可视化分析,结果显示国外发文量前三的机构是韩国延世大学、韩国大学和美国梅奥诊所,而中文文献发量前列的机构是复旦大学附属中山医院、华中科技大学同济医学院附属协和医院和南昌大学第一附属医院。不难看出,国内发文量前列的机构均为综合性大学附属医院。但是国内机构之间的连线仅只有69,密度为0.0019,提示各机构单位相对独立,机构之间缺乏交流与合作。这可能受限于医联体合作的地区局限、医生进修学习链单一、培训中心区域化、不同专科交流合作缺乏等。近期多个国产手术机器人发布并获得临床应用许可,因此,建议在国内各主要地区建立系统化、规范化的国产手术机器人培训中心,并在现有培训体系下增设多学科合作的机器人手术仿真培训系统,引入手术机器人操作竞赛、合作机制,这将有利于提高各机构各专业之间的交流频次,促进机器人手

术在结直肠外科的全面发展。

从作者共现图看,国外发文量前三的作者均来自韩国,大部分作者形成广泛合作网络,呈现团队合作紧密、联系频繁的现象。CNKI数据库中所检索到的国内发文前三的作者分别来自复旦大学附属中山医院、甘肃省人民医院和江苏省中医院。但遗憾的是,大部分作者仅为独立研究团队,仅少数存在合作关系。建议国内学者加强合作交流,多开展多中心研究,建立机器人结直肠手术领域多中心的公共数据库,为国内手术机器人在结直肠外科中的应用研究提供更多的学术支撑。

此外,CiteSpace软件能对文献的关键词进行共现和聚类分析。关键词是文章内容的高度概括及核心主题,共现和聚类的可视化图谱能够清晰展现该领域长期研究热点及重点方向^[9]。本研究分析了1999—2023年国内外机器人结直肠手术领域的关键词,我们发现国外和国内在关键词聚类上存在异同之处。相同的是,两者在“结直肠手术”“结肠癌”“直肠肿瘤”“直肠癌”“机器人手术”以及“腹腔镜”等关键词的聚类规模均较大,提示近20年机器人手术的研究聚焦在结肠癌、直肠癌与腹腔镜手术疗效对比等方面,这与临床实际现状相符^[1,16]。不同的是,国外文献在直肠脱垂、学习曲线上有较大富集,前者与国内外疾病谱存在差异、机器人技术起步早、机器人手术在常见疾病中应用较普及有关,而后者则与国外在机器人手术的技术和培训系统研究较国内更多有关^[17-19]。

除了聚类之外,关键词的突现能够探测出持续时间最长的关键词,时线图和时区图的绘制能够展示出机器人结直肠手术领域研究的发展历程,直观展示该领域的研究前沿和趋势,对归纳总结研究领域主题并预测未来研究方向具有重要意义。本文对1999—2023年发表的机器人结直肠手术文献进行关键词的突现分析。结果显示,国外文献中的“da Vinci”“Robot”“General Surgery”等关键词聚类主要活跃在2002—2014年,而国内CNKI数据库中类似的关键词聚类“达芬奇机器人”“手术机器人”“结直肠外科手术”主要集中在2009—2023年。由此说明,国外研究的时间进程明显先于国内,且研究持续时间较长,活跃的关键词类别较多。而近5年关键词突现在国内外也存在不同。国外近5年突现的关键词“Hepatectomy”

“Survival”“Risk”等,体现了国外学者将机器人手术拓展到了结直肠癌肝转移瘤切除手术中,并致力于提高患者的生存率,减少围手术期风险。国内近5年突现的关键词“先天性巨结肠”“专家共识”则提示国内专家正在不断探索机器人结直肠手术的新领域,规范流程,建立指南。

同时,本文绘制的时线图较完整地呈现了机器人结直肠手术的发展进程。不难发现,1999—2011年这一阶段属于研究初期,此时期机器人结直肠手术已被证实安全可行。但是,由于早期机器人技术不成熟,国内对于机器人手术患者均有严格的纳入标准,结直肠恶性肿瘤分期较晚的患者如出现肿瘤侵犯血管则不宜行机器人手术,而较多选择在早中期直肠和乙状结肠恶性肿瘤以及良性肿瘤的经典术式中应用机器人手术^[21]。故此时间段的主要研究内容与手术机器人的术式开发、安全性的探讨、长期肿瘤学结果、术后并发症等有关。这与卢存存等^[22]报道一致。2011—2019年这一阶段出现了较多突现性节点,说明机器人结直肠手术进入多元化快速发展阶段。在此时期,机器人结直肠癌根治性手术、机器人结直肠癌肝转移行肝切除等均有报道,积累了大量的病例^[23-27]。随着手术例数的积累,机器人结直肠手术的指征不断扩大,手术难度和复杂性也随之增加。此阶段,国内对于机器人结直肠手术术后近期疗效、远期预后以及对高风险患者进行机器人结直肠手术的经验总结等成为临床研究的关注点。2019年至今,机器人手术与NOTES技术的结合,与传统腹腔镜和开腹手术的更全方位的对比,如围手术期风险、淋巴结清扫数目、术后并发症、术后的总体生存期、无瘤生存期和复发风险等,成为研究热点。值得一提的是,国内学者在该领域的发文存在以下问题:第一,国内研究仍以回顾性研究为主,高质量随机对照试验较少,研究结果证据等级强度不高。第二,机器人手术在国内普及程度不高,在学习曲线研究、总费用分析、社会效益等方面存在明显不足^[22]。第三,国内缺乏统一的关于机器人手术标准操作流程规范和适合中国国情的机器人肿瘤手术权威指南,虽然已有专家共识,但是国内学者还需要主导或参与更多大样本的数据来验证其安全性与可行性,加强机器人结直肠手术应用的规范化。

而关键词时区图显示机器人已经应用于结直

肠各部位的肿瘤切除术式。国外近年的研究方向多聚焦于临床随机对照研究和开放标签,国内的趋势点仍然以手术应用、机器人技术、与其他技术结合等应用方向为主。这归因于我国机器人手术起步较晚、手术机器人拥有数量少、相对开腹和腹腔镜手术的费用过高、专业技术人员数量少、专业水平参差不齐、国内普遍认知度不高等有关^[28]。目前,国内机器人手术系统主要是教授级别主刀医师使用,关注热点集中在主刀医师的学习曲线,针对青年医师的培训尚未规范开展^[29]。而且,国外垄断导致机器人手术系统生产,其价格昂贵的现况也在短时间内无法扭转,故积极开发具有我国自主知识产权的机器人手术系统对提高我国整体医疗卫生水平具有重大的战略意义^[30-31]。

综上所述,机器人结直肠手术技术发展迅速。与国际水平相比,国内在该领域的临床应用和研究相对滞后,主要表现在起步时间晚、论文数量少、被引频次少、与其他国家或机构合作度低等方面。在机器人结直肠手术的领域,随机对照试验的开展、围手术期风险的减少、术后患者生存率和生存质量的提高将是该领域的研究热点和前沿。本研究的不足在于,笔者分析的样本仅来自WoSCC和CNKI数据库,在一定程度上可能会影响样本的代表性,而且WoSCC数据库中也存在部分由中国学者发表的英文文章,故国内外形势的比较和分析的结果可能存在一定偏倚。因此,在应用本文结果时需考虑上述局限性。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献声明:李政负责研究实施、文稿撰写、设计指导研究;莫晓叶负责数据采集及分析及对文章专业性内容作批评性审阅;易波、王国慧负责部分数据采集。

参考文献

- [1] 张旋,沈焘,李云峰. 达芬奇手术机器人: 结直肠外科的新挑战[J]. 中国普通外科杂志, 2016, 25(10):1494-1499. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2016.10.021.
- Zhang X, Shen T, Li YF. Da Vinci surgical robots: new challenges in colorectal surgery[J]. China Journal of General Surgery, 2016, 25(10):1494-1499. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2016.10.021.
- [2] Halpern LR, Adams DR. Present and future trends in transoral

- surgical intervention: maximal surgery, minimally invasive surgery, and transoral robotic surgery[J]. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*, 2021, 33(2):263–273. doi:10.1016/j.coms.2020.12.003.
- [3] Prete FP, Pezzolla A, Prete F, et al. Robotic versus laparoscopic minimally invasive surgery for rectal cancer: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Ann Surg*, 2018, 267(6):1034–1046. doi:10.1097/SLA.0000000000002523.
- [4] 夏国志, 徐如彬, 李力, 等. 腹腔镜下NOSES手术与小切口手术治疗结直肠癌的临床疗效比较[J]. *中国普通外科杂志*, 2021, 30(8):992–996. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2021.08.016.
- Xia GZ, Xu RB, Li L, et al. Comparison of clinical efficacy of laparoscopic NOSES versus small incision in treatment of colorectal cancer[J]. *China Journal of General Surgery*, 2021, 30(8):992–996. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2021.08.016.
- [5] 叶枫, 赵任. 机器人在结直肠癌手术中的应用[J]. *中国普通外科杂志*, 2017, 26(4):401–405. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.04.001.
- Ye F, Zhao R. Application of robotic surgery for colorectal cancer[J]. *China Journal of General Surgery*, 2017, 26(4):401–405. doi:10.3978/j.issn.1005-6947.2017.04.001.
- [6] 冯青阳, 韦焱, 许剑民. 结直肠癌机器人手术的现在与未来[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2015(6):544–546. doi:10.3760/cma.j.issn.1671-0274.2015.06.007.
- Feng QY, Wei Y, Xu JM. Robotic surgery in colorectal cancer: present and future[J]. *Chinese Journal of Gastrointestinal Surgery*, 2015(6):544–546. doi:10.3760/cma.j.issn.1671-0274.2015.06.007.
- [7] 中国医师协会结直肠肿瘤专业委员会机器人手术专业委员会, 中国研究型医院学会机器人与腹腔镜外科专业委员会. 机器人结直肠癌手术中国专家共识(2020版)[J]. *中华结直肠疾病电子杂志*, 2021, 10(1):16–25. doi:10.3877/cma.j.issn.2095-3224.2021.01.003.
- Professional Committee of Robotic Surgery of Colorectal Cancer Committee of Chinese Medical Doctor Association, Robotic Laparoscopic Surgery Committee of Chinese Research Hospital Association. Chinese expert consensus on robotic surgery for colorectal cancer (2020 edition)[J]. *Chinese Journal of Colorectal Diseases:Electronic Edition*, 2021, 10(1):16–25. doi:10.3877/cma.j.issn.2095-3224.2021.01.003.
- [8] Krezalek MA, Contreras-Peraza N, Parker ME, et al. Hybrid robotic transanal minimally invasive surgery approach to large and low-lying rectal polyps[J]. *Dis Colon Rectum*, 2020, 63(7):1001–1006. doi:10.1097/DCR.0000000000001697.
- [9] Yang YS. Robotic natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES) hysterectomy as a scarless and gasless surgery[J]. *Surg Endosc*, 2020, 34(1):492–500. doi:10.1007/s00464-019-07115-z.
- [10] Chang WJ, Wei Y, Ren L, et al. Short-term and long-term outcomes of robotic rectal surgery—from the real word data of 1 145 consecutive cases in China[J]. *Surg Endosc*, 2020, 34(9):4079–4088. doi:10.1007/s00464-019-07170-6.
- [11] Synnstedt MB, Chen CM, Holmes JH. CiteSpace II: visualization and knowledge discovery in bibliographic databases[J]. *AMIA Annu Symp Proc*, 2005, 2005:724–728.
- [12] Chen CM, Song M. Visualizing a field of research: a methodology of systematic scientometric reviews[J]. *PLoS One*, 2019, 14(10):e0223994. doi:10.1371/journal.pone.0223994.
- [13] 李杰, 陈超美. CiteSpace: 科技文本挖掘及可视化[M]. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2016.
- Li J, Chen CM. CiteSpace: text mining and visualization in scientific literature[M]. Beijing: Capital University of Economics & Business Press, 2016.
- [14] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. *科学学研究*, 2015, 33(2):242–253. doi:10.16192/j.cnki.1003-2053.2015.02.009.
- Chen Y, Chen CM, Liu ZY, et al. The methodology function of Cite Space mapping knowledge domains[J]. *Studies in Science of Science*, 2015, 33(2):242–253. doi:10.16192/j.cnki.1003-2053.2015.02.009.
- [15] Chen CM, Hu ZG, Liu SB, et al. Emerging trends in regenerative medicine: a scientometric analysis in CiteSpace[J]. *Expert Opin Biol Ther*, 2012, 12(5):593–608. doi:10.1517/14712598.2012.674507.
- [16] Schwab ME, Hernandez S, Watanaskul S, et al. Comparison of advanced techniques for local excision of rectal lesions: a case series[J]. *BMC Surg*, 2022, 22(1):117. doi:10.1186/s12893-022-01543-w.
- [17] Baek SJ, Piozzi GN, Kim SH. Optimizing outcomes of colorectal cancer surgery with robotic platforms[J]. *Surg Oncol*, 2022, 43:101786. doi:10.1016/j.suronc.2022.101786.
- [18] Ng SS, Lee JF, Yiu RY, et al. Telerobotic-assisted laparoscopic abdominoperineal resection for low rectal cancer: report of the first case in Hong Kong and China with an updated literature review[J]. *World J Gastroenterol*, 2007, 13(17):2514–2518. doi:10.3748/wjg.v13.i17.2514.
- [19] 张千彧, 邱宾, 刘伟军, 等. 5G技术助力“互联网+医疗”健康管理模式发展[J]. *中国卫生质量管理*, 2020, 27(6):81–84. doi:10.13912/j.cnki.chqm.2020.27.6.20.
- Zhang QY, Qiu B, Liu WJ, et al. Development of the “internet plus healthcare” health management mode based on 5G technology[J]. *Chinese Health Quality Management*, 2020, 27(6):81–84. doi:10.13912/j.cnki.chqm.2020.27.6.20.
- [20] 左宗鑫. 医疗机器人“百花齐放”医工融合迎发展机遇[N]. *中国工业报*, 2022–08–23(4).

- Zuo ZX. Medical robots "bloom" medical engineering integration to meet development opportunities[N]. China Industry News, 2022-08-23(4).
- [21] 杨盈赤, 王阳, 张忠涛. 结肠直肠外科微创治疗的现状与发展[J]. 外科理论与实践, 2020, 25(3): 184-188. doi: 10.16139/j.1007-9610.2020.03.002.
- Yang YC, Wang Y, Zhang ZT. Status and development of minimally invasive treatment for colorectal surgery[J]. Journal of Surgery Concepts & Practice, 2020, 25(3): 184-188. doi: 10.16139/j.1007-9610.2020.03.002.
- [22] 卢存存, 刘荣, 姚亮, 等. 机器人手术的临床应用分析[J]. 中华腹腔镜外科杂志: 电子版, 2018, 11(4): 203-207. doi: 10.3877/cma.j.issn.1674-6899.2018.04.004.
- Lu CC, Liu R, Yao L, et al. Clinical application and development of robotic surgery[J]. Chinese Journal of Laparoscopic Surgery: Electronic Edition, 2018, 11(4): 203-207. doi: 10.3877/cma.j.issn.1674-6899.2018.04.004.
- [23] 裴智辉, 刘华兵, 曾宇, 等. 达芬奇机器人右半结肠切除术的临床应用及研究进展[J]. 腹腔镜外科杂志, 2023, 28(8): 628-631. doi: 10.13499/j.cnki.fqjwkzz.2023.08.628.
- Pei ZH, Liu HB, Zeng Y, et al. Clinical application and research progress of Da Vinci robot right hemicolectomy[J]. Journal of Laparoscopic Surgery, 2023, 28(8): 628-631. doi: 10.13499/j.cnki.fqjwkzz.2023.08.628.
- [24] 叶青海, 柳双. 腹腔镜及机器人手术在结直肠癌肝转移治疗中的合理应用及评价[J]. 中国实用外科杂志, 2016, 36(4): 399-403. doi: 10.7504/CJPS.ISSN1005-2208.2016.04.09.
- Ye QH, Liu S. Rational application and evaluation of laparoscopic and robotic surgery for patients with colorectal liver metastases[J]. Chinese Journal of Practical Surgery, 2016, 36(4): 399-403. doi: 10.7504/CJPS.ISSN1005-2208.2016.04.09.
- [25] 王首寒, 王斌, 陈佳祺, 等. 机器人结直肠癌根治术的初步应用体会[J]. 中华结直肠疾病电子杂志, 2016, 5(5): 444-446. doi: 10.3877/cma.j.issn.2095-3224.2016.05.015.
- Wang SH, Wang B, Chen JQ, et al. Early experience of robot-assisted laparoscopic radical resection for colorectal carcinoma[J]. Chinese Journal of Colorectal Diseases(Electronic Edition), 2016, 5(5): 444-446. doi: 10.3877/cma.j.issn.2095-3224.2016.05.015.
- [26] Rahimli M, Perrakis A, Schellerer V, et al. Robotic and laparoscopic liver surgery for colorectal liver metastases: an experience from a German Academic Center[J]. World J Surg Oncol, 2020, 18(1): 333. doi: 10.1186/s12957-020-02113-1.
- [27] Dwyer RH, Scheidt MJ, Marshall JS, et al. Safety and efficacy of synchronous robotic surgery for colorectal cancer with liver metastases[J]. J Robot Surg, 2018, 12(4): 603-606. doi: 10.1007/s11701-018-0813-6.
- [28] 丁钰洋. 微创外科手术机器人关键技术与研究现状综述[J]. 机械工程师, 2011, (2): 45-47. doi: 10.3969/j.issn.1002-2333.2011.02.016.
- Ding YF. Summary for the key technologies and research status of the MIS robot[J]. Mechanical Engineer, 2011, (2): 45-47. doi: 10.3969/j.issn.1002-2333.2011.02.016.
- [29] 刘东宁, 唐城, 江群广, 等. 机器人结直肠癌根治术的学习曲线[J]. 中华结直肠疾病电子杂志, 2016, 5(1): 52-55. doi: 10.3877/cma.j.issn.2095-3224.2016.01.10.
- Liu DN, Tang C, Jiang QG, et al. Learning curve of robot-assisted laparoscopic radical resection for colorectal carcinoma[J]. Chinese Journal of Colorectal Diseases: Electronic Edition, 2016, 5(1): 52-55. doi: 10.3877/cma.j.issn.2095-3224.2016.01.10.
- [30] 崔爽, 张强, 李昭宇, 等. 国产机器人从实验室走向手术台[N]. 科技日报, 2023-09-14(5).
- Cui S, Zhang Q, Li ZY, et al. Domestic robot from the laboratory to the operating table[N]. Science and Technology Daily, 2023-09-14(5).
- [31] 李爱民, 李进华, 李建民, 等. 国产机器人妙手S系统远程手术实验研究[J]. 腹部外科, 2016, 29(6): 473-477. doi: 10.3969/j.issn.1003-5591.2016.06.019.
- Li AM, Li JH, Li JM, et al. Experiments of telesurgery using domestic surgical Robotic MicroHand S system[J]. Journal of Abdominal Surgery, 2016, 29(6): 473-477. doi: 10.3969/j.issn.1003-5591.2016.06.019.

(本文编辑 宋涛)

本文引用格式:李政, 易波, 王国慧, 等. 基于CiteSpace的机器人结直肠手术临床应用现状与热点可视化分析[J]. 中国普通外科杂志, 2024, 33(4): 578-591. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2024.04.008

Cite this article as: Li Z, Yi B, Wang GH, et al. Visualization analysis of current status and hotspots of clinical application of robot-assisted colorectal surgery based on CiteSpace[J]. Chin J Gen Surg, 2024, 33(4): 578-591. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2024.04.008