

单通道脊柱内镜的文献计量学与可视化分析 *

于凌佳[#] 刘雨泉[#] 左维阳 谭海宁 刘 宁 张国强 李 想 杨 雍 祝 斌[△]

(首都医科大学附属北京友谊医院骨科中心, 北京 100050)

近年来随着脊柱微创技术的不断发展, 单通道脊柱内镜用于治疗颈、胸、腰椎退行性病变, 是近几年脊柱外科领域的研究热点之一, 在世界范围内相关的研究越来越多, 但是目前缺乏单通道脊柱内镜的文献计量学分析相关研究。自 20 世纪 30 年代以来, 临床医师一直在寻找能够减少脊柱手术对周围组织损伤的有效措施。Hoogland 和 Yeung 等^[1,2]分别将关节镜技术应用于脊柱内镜系统 (endoscopic spine system, ESS)。这种单通道脊柱内镜技术通过持续灌洗, 减少了术中出血, 提高了脊柱解剖结构的可见度, 减少了对脊柱周围骨及软组织的侵袭。本研究对单通道脊柱内镜的研究热点及趋势进行分析总结, 采用文献计量学与可视化分析方法对近五年单通道脊柱内镜技术相关论文进行系统分析, 对该技术在临床中的应用前景进行深入剖析, 为今后的相关研究提供参考。

近五年来, 该技术在中国进入了蓬勃发展的阶段^[3,4], 并将这项技术从腰椎、胸椎扩展到颈椎, 如腰椎间盘突出症^[5]、腰椎管狭窄症^[6]、胸椎黄韧带骨化症^[7]、颈椎后路脊柱内镜手术^[8]、脊柱内镜下腰椎椎间融合术 (endoscopic lumbar interbody fusion, Endo-LIF)^[9]、脊柱内镜下颈椎前路椎间盘切除术 (endoscopic anterior cervical discectomy and fusion, Endo-ACDF) 等^[10]。研究认为, 单通道脊柱内镜是一种安全有效的微创手术技术, 尽管其学习曲线陡峭^[11], 但对于部分脊柱疾病具有非常大的优势^[12]。近几年, 单通道脊柱内镜技术迅猛发展, 然而目前对于该领域的研究现状以及未来趋势缺乏定性和定量的评估, 大多研究者对于该领域研究热点的理解仅依靠自行查阅文献以及个人临床经验的总结, 具有零散性和局限性。因此, 本研究对近五年单通道脊柱内镜相关文献进行计量学总结, 利用可视化分析手段将单通道脊柱内镜的相关研究更加直观地呈现出来。本研究旨在深入分析这一领域的文献分布

特征、研究趋势及其发展动态, 揭示单通道脊柱内镜技术在脊柱疾病治疗中的应用情况, 并特别关注该技术的热点和创新点, 为未来的研究方向和临床实践提供指导和参考。

方 法

1. 检索策略

以 Web of Science Core Collection (WOSCC) 数据库中的科学引文索引扩展版 (Science Citation Index Expanded, SCIE) 数据库为数据来源, 检索单通道脊柱内镜相关的英文文献, 检索策略为: [(TS = (uniportal) OR TS = (mono-portal) OR TS = (transforaminal) OR TS = (interlaminar)) AND [(TS=(endoscopic) OR TS = (endoscopy) OR TS = (endo-scopie) OR TS = (full-endoscopic)) AND [(TS = (spine) OR TS = (spinal) NOT (TS = (cardioscope) OR TS = (thoracoscope))]]. 文献检索起始日期为 2019 年 1 月, 截止时间为 2024 年 2 月, 限定语言为英语。对得到的英文文献进行初步排除, 剔除社论材料、会议录、信函、更正和简报等文献, 随后根据题目和摘要进行人工筛选, 排除与单通道脊柱内镜无关的文献后将得到的文献导出至 CiteSpace v.6.3.R1 (64-bit) Basic 软件的“WOS”页面进行第二次去重筛选, 最终得到单通道脊柱内镜相关文献。由 2 名独立的研究人员审查和评估被引用的文章, 以保证研究的准确性。所有不同的观点均经过讨论, 直到 2 位研究员达成一致。

2. 数据处理

将最终检索得到的文献以“纯文本文件”格式导出, 记录内容包括全部内容以及引用的参考文献, 导出后将文件导入 VOSviewer 1.6.20 和 Office 2019, 并将文件格式转换为 CiteSpace v.6.3.R1 (64-bit) Basic 软件可用的格式进行可视化分析。提取和整理纳入研究的发表时间、作者分布、发文国家、发文期刊、

* 基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (62077001); 北京市医管局扬帆计划 (YGLX202301); 北京市医管局“青苗”计划 (QMS-20220116); 北京市自然科学基金海淀重点研究专题 (L242067)

[#] 共同第一作者

[△] 通信作者 祝斌 zhubin@bjmu.edu.cn

发文机构、文章被引用率及关键词等信息并制作图表，应用上述软件对单通道脊柱内镜文献进行可视化分析，生成作者合作关系图、国家合作关系图、机构合作关系图以及关键词共现分析图等，呈现研究主题。

结 果

1. 研究现状和年度趋势

根据纳入标准，自 2019 年 1 月至 2024 年 2 月期间，从 WOSCC 数据库中筛选单通道脊柱内镜相关论文，检索出 879 篇文献，剔除 2019 年以前的 240 篇，剩余 639 篇文章，经过筛选后，最终纳入 573 篇论文，其中原创论文 487 篇，综述 86 篇。全部论文被引用次数 4089 次，去除自引后为 2703 次，论文平均被引用次数 7.14 次，全部出版物的 H 指数均值为 28。每年发文量大致呈现逐年上涨趋势（其中 2019 年文章数为 90 篇，到 2023 年文章数增加

至 130 篇），将年发文量拟合趋势线，拟合公式为： $y = 9.2x + 84$ ($R^2 = 0.8806$)。其中 R^2 越接近 1，拟合程度越高。根据公式推断，2024 年累计发文量将继续增长。在 573 篇单通道脊柱内镜英文文献中，涉及腰椎脊柱内镜共 493 篇，涉及胸椎脊柱内镜共 44 篇，涉及颈椎脊柱内镜共 36 篇。

2. 研究的国家/地区分布分析

全球单通道脊柱内镜发表文献数量排名前 5 的国家和地区从 WOSCC 数据库中国家分布来看，中国、韩国、美国三家总发文量超过 80%，说明中国、韩国、美国对单通道脊柱内镜的研究十分重视。其中中国发文量 299 篇，占比 52.18%；韩国发文量 98 篇，占比 17.10%；美国发文量 85 篇，占比 14.83%。从国家合作网络图中（见图 1）可以发现韩国、美国、德国与其他国家的合作较为密切，发文量第一的中国与其他国家合作并不十分紧密。表 1 中显示了发表论文排名前 5 的国家/地区在单通道

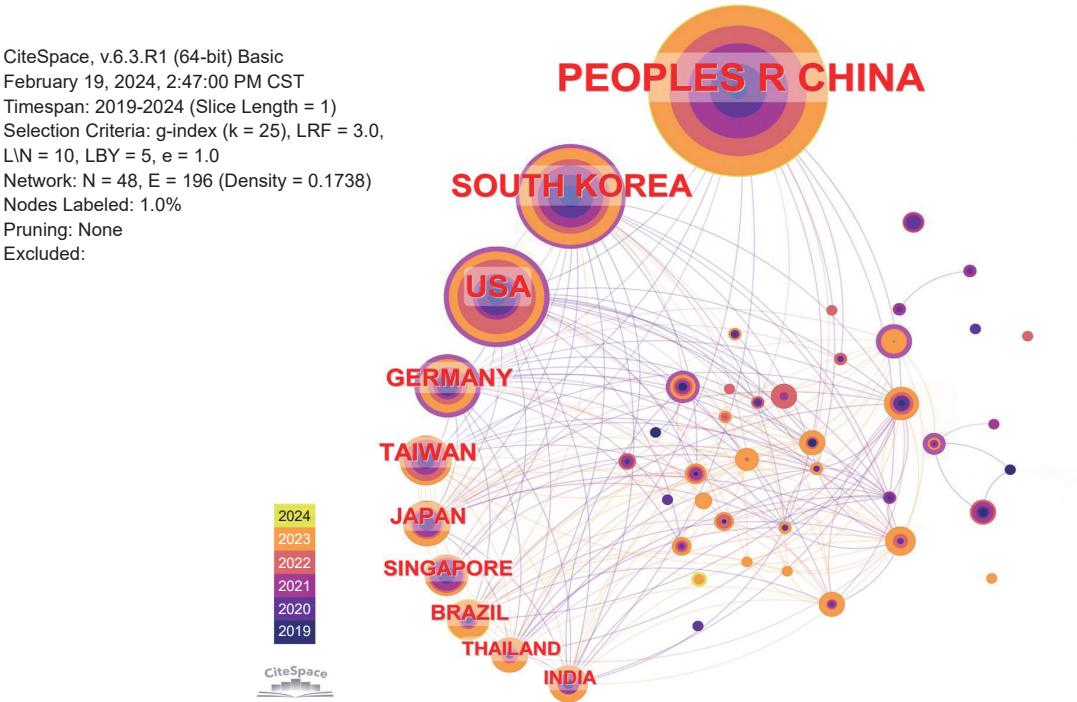


图 1 WOSCC 数据库中的国家合作网络图

表 1 WOSCC 数据库中单通道脊柱内镜发文量前 5 的国家及地区

发文数量	国家及地区	占比 (%)	中介中心性	总引用量	平均引用
299	中国（大陆）	52.18	0.03	1574	5.26
98	韩国	17.10	0.16	1155	11.78
85	美国	14.83	0.30	823	9.68
31	德国	5.41	0.24	219	7.06
29	中国（台湾）	5.06	0.02	218	7.52

脊柱内镜下的总被引用频次，每篇平均引用频次。中国的文献平均引用频次较低，仅为每篇 5.26 次。韩国论文数量虽然仅为我国的 1/3，但其单篇文章的引用率为 11.78，是我国的 2 倍。而其他国家和地区的论文单篇引用率均高于我国，说明国内单通道脊柱内镜论文影响力相较其他国家略低。

3. 研究机构分布分析

研究机构合作图谱分析可以反应各机构之间的合作关系及发表论文情况（见图 2）。前 5 名研究机构发表文献总量达到 117 篇，占总文献数量的 20.42%。排名第 1 的机构为韩国天主教大学 (Catholic University of Korea)，发文量为 26 篇，占比 4.54%；排名第 2 的机构为美国的布朗大学 (Brown University)，发文量为 25 篇，占比 4.36%；排名第 3 的机构为韩国的 Nanoori Gangnam 医院，发文量为 24 篇，占比 4.19%；排名第 4 的机构为中国的首都医科大学，发文量为 23 篇，占比 4.01%；排名第 5 的机构为新加坡国立大学医疗系统 (National University Health System, NUHS)，发文量为 19 篇，占比 3.32%。

从研究机构的合作图谱中可以看出国际各家研究机构的合作交流比较频繁，中外研究机构的合作相对较少，部分国内研究机构进行相对独立的研究。其中韩国 Catholic 大学、美国 Brown 大学、韩国 Nanoori Gangnam 医院、中国首都医科大学、新加坡国立大学医学院等研究机构对外交流非常频繁。

4. 论文作者分布分析

共检索单通道脊柱内镜研究领域发表论文超过 3 篇的作者 221 位，发表论文前 5 位的作者均超过 19 篇。其中 Kim HS 以 30 篇论文排名第 1 位，总被引用量 440 次，WOS 数据库 H 指数 23；Jang IT 以 25 篇论文排名第 2 位，总被引用量 386 次，WOS 数据库 H 指数 18；Kim JS 以 24 篇论文排名第 3 位，总被引用量 165 次，WOS 数据库 H 指数 18；Telfeian AE 以 23 篇论文排名第 4 位，总被引用量 87 次，WOS 数据库 H 指数 24；Wu PH 以 19 篇论文排名第 5 位，总被引用量 285 次，WOS 数据库 H 指数 13。

5. 研究热点关键词分析

关键词是文章的核心主题，是对文章内容的高度概括。本研究将论文数据导入 VOSviewer 和 Citespace 软件中，生成关键词可视化图片，有效反应研究热点。图中节点越大，颜色越深，关键词的权重越大，共有 1718 个关键词，其中出现频率 ≥ 90 次的关键词共有 5 个，分别为：surgery（手术）、discectomy（椎间盘切除术）、decompression（减压）、complications（并发症）、lumbar disc herniation（腰椎间盘突出症），这些关键词的研究节点较大，体现出这些关键词是单通道脊柱内镜研究的重要方向（见图 3）。

通过关键词聚类分析能够挖掘出单通道脊柱内

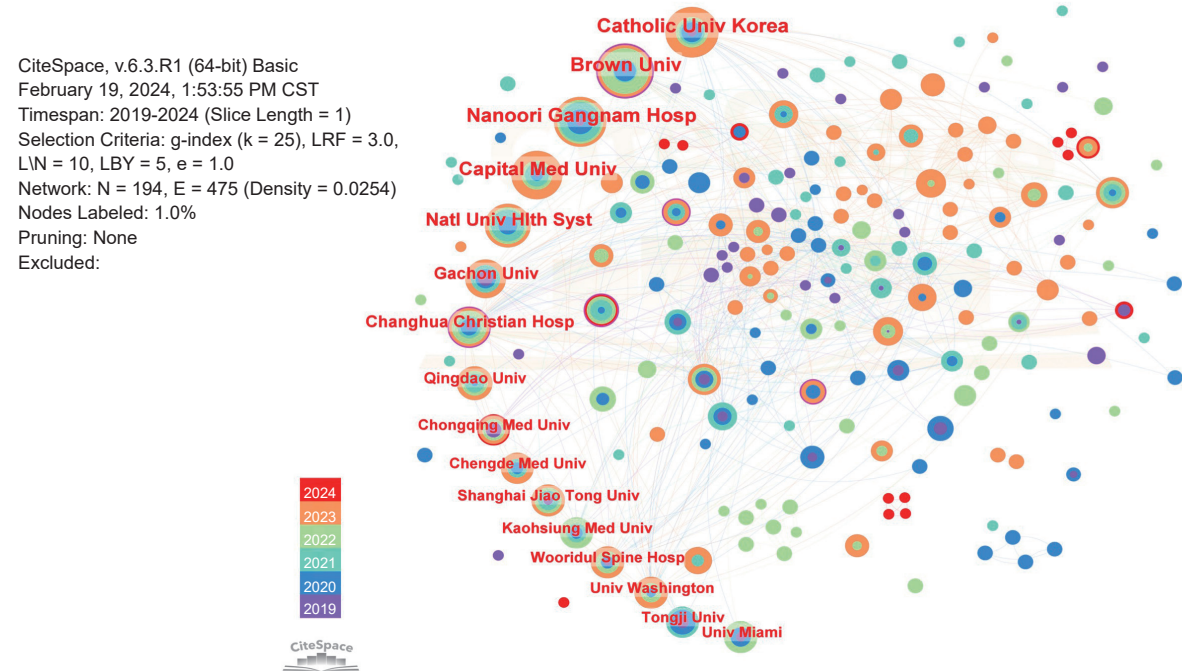


图 2 WOSCC 数据库中研究机构合作图谱

镜领域的研究热点问题。将数据导入 Citespace 中进行关键词聚类分析（见图 4），形成了：#0 lumbar spinal stenosis（腰椎管狭窄症）、#1 disc herniation（腰椎间盘突出症）、#2 full endoscopic（全内镜）、#3 percutaneous endoscopic lumbar discectomy（经皮脊柱内镜腰椎间盘切除术）、#4 minimally invasive spine（脊柱微创）、#5 lumbar vertebrae（腰椎）、#6 spinal surgery（脊柱手术）等集群。聚类模块值 $Q = 0.8102$ （ $Q > 0.3$ ：聚类结构显著），聚类结构显著；聚类平均轮廓值 $S = 0.9235$ （ $S > 0.7$ 聚类结果可信度高），说明研究的聚类合理，可信度高。目前单通道脊柱内镜的研究以全可视内镜为主，治疗疾病以腰椎管狭窄症和腰椎间盘突出症为主，目前正在向镜下融合、胸椎方向发展。

6. 期刊分布

期刊群可以为本研究方向的学者提供重要的参考期刊源。国际单通道脊柱内镜的核心期刊群为 World Neurosurgery; Neurospine; European Spine Journal; Frontiers in Surgery 和 Pain Physician。其中 World Neurosurgery 占总体发文量的 16.58%，共 95 篇；第 2 名 Neurospine 发文量为 33 篇，占比 5.76%；第 3 名 European Spine Journal 发文量为 28 篇，占比 4.89%。其他期刊也有较多的发文量，整体影响因子在 2~3 分区间，JCR 分区均为 Q3 以上（见表

2）。WOSCC 数据库中单通道脊柱内镜近五年被引用频次最多的 10 篇论著（见表 3）。引用次数最多的是来自美国迈阿密大学米勒学院神经外科 Kolcun 团队的一项研究，对 100 例清醒麻醉下进行单通道脊柱内镜腰椎椎间融合术病人进行了 1 年以上的随访，共被引用 95 次，该研究的结论是清醒麻醉下脊柱内镜经椎间孔腰椎椎间融合术是一种安全、有效、并发症少的腰椎融合方式^[13]。同时引用次数第 10 位 Shen^[22] 的研究也分析了局部麻醉联合镇静下全脊柱内镜下椎间孔扩大成形术、椎板切除术和经椎间孔腰椎椎间融合术的临床疗效，结果认为对于腰椎滑脱和严重椎管狭窄病人，在局部麻醉联合镇静下进行全内镜椎板切除术和腰椎椎间融合术是一种并发症最小的有效治疗方法。引用次数第 2 位的是来自首尔圣玛丽医院神经外科 Choi 团队的 1 篇关于显微镜下椎间盘切除术与脊柱内镜下椎间盘摘除术治疗腰椎间盘突出症的成本效益比较研究，被引次数为 53 次，该研究通过对 565 例年龄在 20~60 岁接受显微镜下腰椎间盘切除术或脊柱内镜腰椎间盘切除术的病人进行至少 1 年的随访，表明脊柱内镜手术的成本效益均高于显微镜手术^[14]。第 3 位的是来自西班牙 Teknon 医疗中心 Morgenstern 团队的一项前瞻性、多中心研究，介绍了一种新型的保留关节面的全脊柱内镜经椎间孔腰

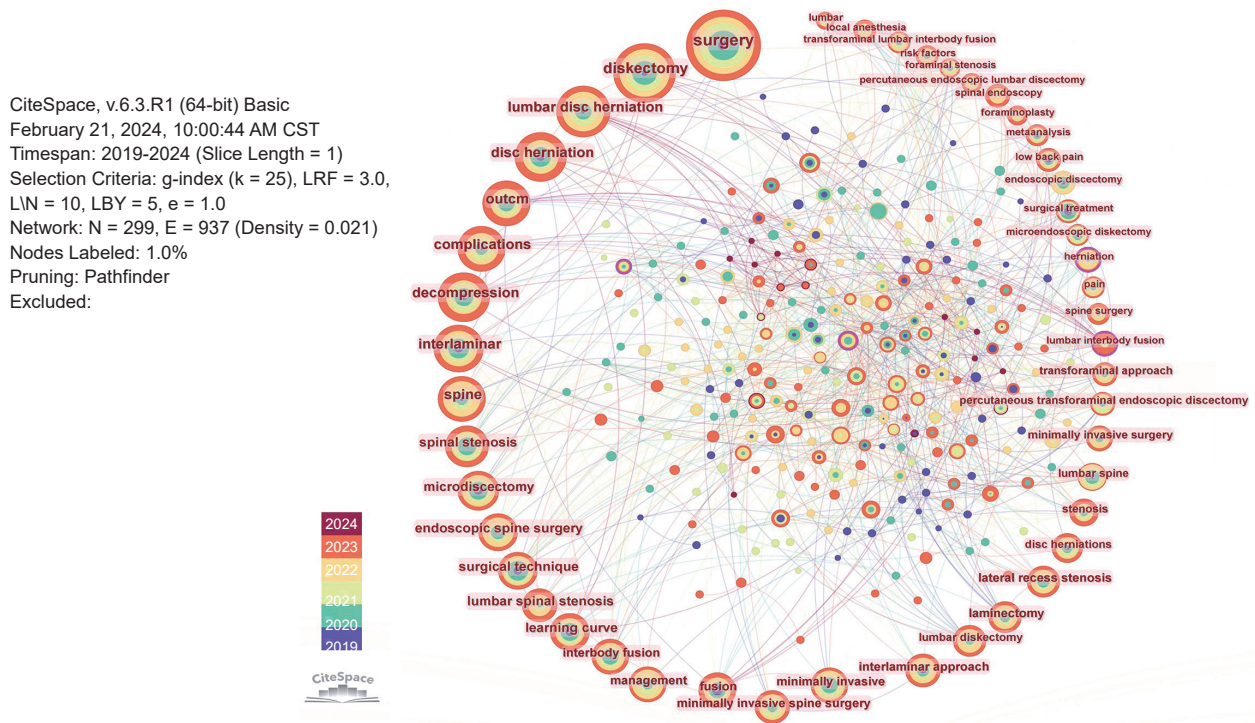


图 3 WOSCC 数据库中关键词共现图

CiteSpace, v.6.3.R1 (64-bit) Basic
February 21, 2024, 12:41:39 PM CST
Timespan: 2019-2024 (Slice Length = 1)
Selection Criteria: g-index (k = 25), LRF = 3.0, L/N = 10, LBY = 5, e = 1.0
Network: N = 299, E = 488 (Density = 0.011)
Nodes Labeled: 1.0%
Pruning: Pathfinder
Modularity Q = 0.8102
Weighted Mean Silhouette S = 0.9222
Harmonic Mean (Q, S) = 0.8625
Excluded:

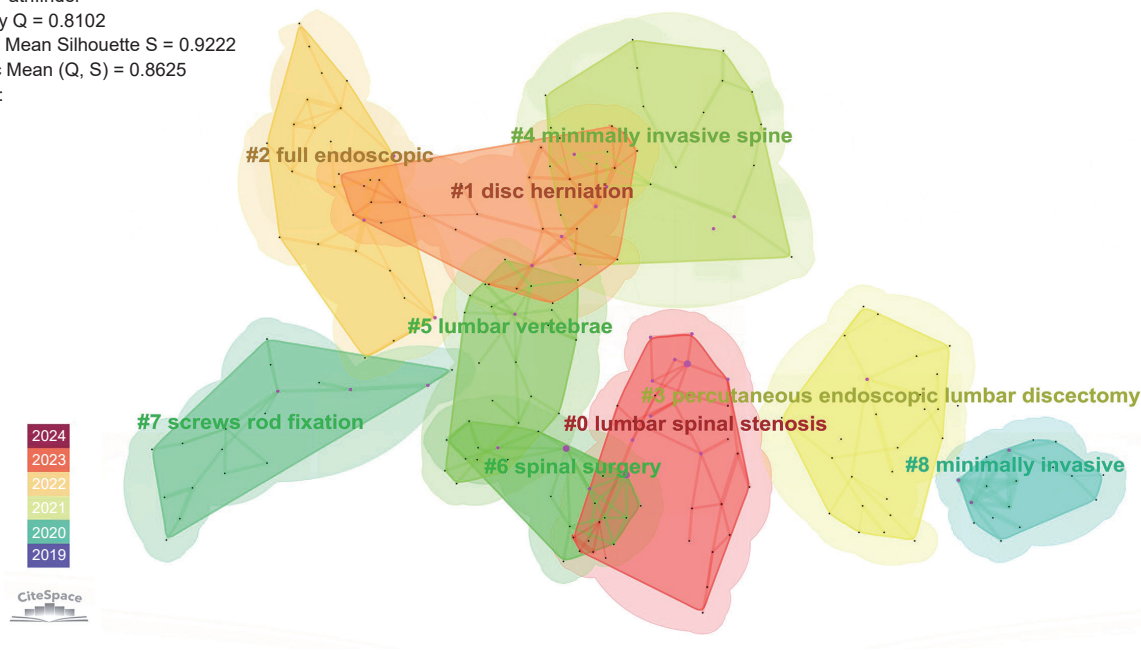


图4 WOSCC 数据库中关键词聚类图

椎间融合术，该术式安全、可靠，出血量少且无长期并发症，可以缩短住院时间，为日间进行腰椎融合术开辟了道路^[15]。此外，韩国圣彼得医院的 Lee 团队的 2 篇关于腰椎管狭窄和侧隐窝狭窄的文章分列第 4 位和第 7 位，分别研究了全脊柱内镜腰椎管减压术的学习曲线^[16]和三种微创手术（脊柱内镜椎板间入路技术、通道下和显微下椎板切开术）各自的优势和临床可行性^[19]；排名第 6 位的文章来自中国的李星晨脊柱微创团队，报道了一种经椎间孔入路脊柱内镜下胸椎管减压技术，属于早期单通道脊柱内镜治疗胸椎管狭窄的经典^[18]；排名第 5 位和第 8 位的文章比较了单通道脊柱内镜与其他微创术式在治疗腰椎间盘突出症和腰椎管狭窄症的疗效分析，2 篇研究结果均认为单通道脊柱内镜与其他微创术式间在临床效果方面无显著差异^[17,20]；排名第 9 位的文章来自韩国 Nanoori Gangnam 医院 Kim 团队的 1 篇关于脊柱内镜腰椎管减压——术中硬脊膜撕裂情况的分类及处理策略：1 至 3A 型硬脑膜撕裂可采用内镜下补片进行硬脊膜修补，临床预后较好；而 3B、3C 和 4 型脊膜撕裂建议改为开放性修复，但预后较差^[21]。

讨 论

1. 全球单通道脊柱内镜研究现状及发展趋势

近五年来，随着脊柱微创技术的不断进步，单通道脊柱内镜文献数量一直保持上升的趋势，未来预计文献数量仍将保持增长势头。说明单通道脊柱内镜技术进入快速发展阶段。此项技术历史较短，发表文献数量不多，目前有约 40 个国家和地区有相关研究发表，中、韩、美三国论文处于垄断地位，文章总数超过总论文数量的 80%，其中约 52% 来自于中国，17% 来自于韩国，15% 来自于美国。被引频次可以反映文献质量，数据研究显示：韩国在单通道脊柱内镜的学术贡献较大，单篇文献被引用率为最高，超过 10%，在单通道脊柱内镜领域占主导地位；对于我国来说，虽然发表论文最多，但被引用率相对较低，仅为 5%，需要进一步发表高质量论文，以质取胜。

2. 单通道脊柱内镜的研究现状

单通道脊柱内镜主要发表在神经外科学和疼痛学相关杂志上，其中最多的五个期刊分别为：World Neurosurgery、Neurospine、European Spine



表 2 WOSCC 数据库中单通道脊柱内镜发文量前 5 的期刊

期刊名称	文献数量	占比 (%)	影响因子	JCR 分区	中科院分区
World Neurosurgery	95	16.58	2	Q3	医学 4 区
Neurospine	33	5.76	3.2	Q1	医学 2 区
European Spine Journal	28	4.89	2.8	Q2	医学 3 区
Frontiers in Surgery	28	4.89	1.8	Q3	医学 4 区
Pain Physician	28	4.89	3.7	Q2	医学 2 区

表 3 WOSCC 数据库中单通道脊柱内镜引用频次最多的 10 篇论著

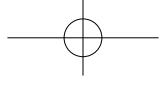
题目名称	期刊名	国家	发表年份	被引频次	平均被引频次
Endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion without general anesthesia: operative and clinical outcomes in 100 consecutive patients with a minimum 1-year follow-up ^[13]	Neurosurgical Focus	美国	2019	95	15.8
Cost-effectiveness of microdiscectomy versus endoscopic discectomy for lumbar disc herniation ^[14]	Spine Journal	韩国	2019	53	8.8
Full percutaneous transforaminal lumbar interbody fusion using the facet-sparing, trans-kambin approach ^[15]	Clinical Spine Surgery	西班牙	2020	43	8.6
Percutaneous endoscopic decompression in lumbar canal and lateral recess stenosis-the surgical learning curve ^[16]	Neurospine	韩国	2019	42	7
Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy versus microendoscopic discectomy for lumbar disc herniation two-year results of a randomized controlled trial ^[17]	Spine	中国	2020	40	8
"U" route transforaminal percutaneous endoscopic thoracic discectomy as a new treatment for thoracic spinal stenosis ^[18]	International Orthopaedics	中国	2019	40	6.7
Comparative analysis between three different lumbar decompression techniques (microscopic, tubular, and endoscopic) in lumbar canal and lateral recess stenosis: preliminary report ^[19]	Biomed Research International	韩国	2019	40	6.7
A matched comparison of outcomes between percutaneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar microdiscectomy for the treatment of lumbar disc herniation: a 2-year retrospective cohort study ^[20]	Spine Journal	法国	2021	38	9.5
Incidental durotomy during endoscopic stenosis lumbar decompression: incidence, classification, and proposed management strategies ^[21]	World Neurosurgery	韩国	2020	37	7.4
Fully endoscopic lumbar laminectomy and transforaminal lumbar interbody fusion under local anesthesia with conscious sedation: a case series ^[22]	World Neurosurgery	荷兰	2019	34	5.7

Journal、Frontiers in Surgery、Pain Physician。而 JBJS Am 和 Spine 等骨科顶级期刊上很少见到脊柱内镜的论文发表。2023 年 European Spine Journal 第 8 期推出了一期脊柱内镜专刊，说明脊柱内镜已经逐渐受到国际骨科同行的认可和重视。本研究中，腰椎单通道脊柱内镜相关文献占总结果的 86%，胸椎和颈椎相关文献各占 7%，颈胸椎单通道脊柱内镜对手术技术的要求较高，术者学习曲线较长^[23]，但随着技术的不断进步，近几年脊柱内镜的适用范围也在不断扩大，从单纯腰椎脊柱内镜逐渐发展到颈-胸椎脊柱内镜技术。发表在 Neurospine 的 1 篇报告评估了中、上胸椎脊柱内镜椎间盘切除术的安全性和可行性，认为单通道脊柱内镜对于症状性中-上胸椎间盘突出症的治疗是一种可行、有效的微创治疗

方案，临床效果良好^[24]。Wu 等^[25]发表在 European Spine Journal 的前瞻性临床研究认为颈椎后路单通道脊柱内镜下椎间孔成形术 (Keyhole) 是治疗神经根型颈椎病的一种安全有效的选择。随着技术的不断进步，大通道脊柱内镜 (Delta) 也越来越受到医师的青睐。有研究对比 Delta 脊柱内镜与显微镜下治疗腰椎管狭窄症的临床效果分析，研究结果认为大通道脊柱内镜能有效治疗腰椎管狭窄症，且术后恢复更快^[26,27]。Han 等^[28]比较了 Delta 脊柱内镜和普通的单通道脊柱内镜治疗腰椎管狭窄症的临床效果分析，认为普通单通道脊柱内镜的切口更小，手术时间更短。

3. 单通道脊柱内镜的发展方向

随着手术技术的不断提高，对于脊柱内镜临床



疗效的文章也在不断更新, Chen 等^[12,17]在 *Spine* 杂志上发表了 2 篇单通道脊柱内镜和微通道 (microendoscopic discectomy, MED) 比较的 RCT 研究。2020 年认为单通道脊柱内镜并没有明显的临床优势, 甚至复发率比 MED 更高。2023 年时再次发文认为单通道脊柱内镜与 MED 的疗效和复发率相当, 单通道脊柱内镜更加微创, 术后恢复更快。

单通道脊柱内镜学习曲线长且陡峭。2023 年 *Spine* 和 *European Spine Journal* 共发表了 5 篇关于单通道学习曲线文章^[23,29-32], 其中腰椎单通道脊柱内镜手术学习曲线约为 30 例, 而有了腰椎基础, 颈椎的学习曲线为 8~28 例不等。Simonin 等^[32]利用蘑菇-手套-海绵制作了简易的脊柱内镜椎板间模拟器, 可缩短脊柱内镜的学习曲线。随着脊柱内镜技术领域的不断扩展, 脊柱内镜模拟器将逐步在教学中推广, 以缩短脊柱内镜的学习曲线, 降低初学者的并发症发生率。

此外单通道脊柱内镜将在未来得到不断的发展, 相关的研究数量在未来 5~10 年会不断增加。其中以中、美、韩三国为主, 中国学者之间的联系并不十分紧密, 我国应该不断加强国内和国际合作增加学术交流互动, 扩大我国论文的影响力, 共同推动单通道脊柱内镜研究的创新发展。

4. 本文的优势与局限

本研究利用文献计量学分析和可视化工具对单通道脊柱内镜领域的相关文献进行了定性和定量分析。为了保证研究的客观性和全面性, 对 WOSCC 数据库中的 SCIE 数据库进行了系统的文献检索, 采集了多方面的数据。但本研究仍有一定的局限性: 首先, 本研究的期刊数据只涵盖了 WOSCC 数据库中已发表的文献, 不包括未发表的非英文文献。其次, 期刊数据随着时间的推移而变化, 本研究为了保证文章的新颖性仅纳入了近五年的论文数据。部分近期发表的高质量 RCT 文献可能因为出版时间较短而没有被多次引用。最后, 由于纳入的文献数量较多, 无法对全部文献进行质量筛选。

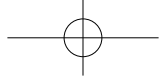
本研究提供了关于单通道脊柱内镜的文献、研究者、研究机构和研究方向的全球概述。发表文献的数量总体呈上升趋势, 中国、韩国和美国在这一领域处于领先地位, 影响力最大, 但中国学者发表的论文平均引用率相对较小。高引用论文主要为综述类论文。通过关键词分析发现, 主要治疗疾病仍然以腰椎间盘突出症和腰椎管狭窄症为主。从作者和机构方面观察, 韩国学者已经形成一定的作者机构合作群, 但我国学者对外交流欠佳, 国际合作交

流较少, 未来各国、各研究机构和学者之间需要加强学术交流, 扩大合作领域, 以促进单通道脊柱内镜领域的进一步研究和发展。单通道脊柱内镜仍是未来脊柱疾病治疗的热点和前沿。

利益冲突声明: 作者声明本文无利益冲突。

参 考 文 献

- [1] Schubert M, Hoogland T. Endoscopic transforaminal nucleotomy with foraminoplasty for lumbar disk herniation[J]. *Oper Orthop Traumatol*, 2005, 17(6):641-661.
- [2] Yeung AT, Tsou PM. Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation: surgical technique, outcome, and complications in 307 consecutive cases[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2002, 27(7):722-731.
- [3] Alexander N, Gardocki R. Awake transforaminal endoscopic lumbar discectomy in an ambulatory surgery center: early clinical outcomes and complications of 100 patients[J]. *Eur Spine J*, 2023, 32(8):2910-2917.
- [4] 李忠铭, 杨洋. 经皮后外侧入路脊柱内镜治疗中下段胸椎间盘突出症疗效观察 [J]. *中国疼痛医学杂志*, 2024, 30(2):143-146.
- [5] Yu L, Zhu B, Dong H, *et al.* Does immediate postoperative early ambulation affect clinical results of full-endoscopic lumbar discectomy? A historical control study of daytime operation with a 8-hour hospital stay versus inpatient operation[J]. *Orthop Surg*, 2023, 15(9):2354-2362.
- [6] Tan H, Yu L, Xie X, *et al.* Consecutive case series of uniportal full-endoscopic unilateral laminotomy for bilateral decompression in lumbar spinal stenosis: relationship between decompression range and functional outcomes[J]. *Orthop Surg*, 2023, 15(12):3153-3161.
- [7] Li WY, Gao SJ, Shi LF, *et al.* Full-endoscopic decompression for thoracic ossification of the ligamentum flavum combined with dural ossification[J]. *J Vis Exp*, 2023. doi: 10.3791/64962.
- [8] Wang D, Xu J, Zhu C, *et al.* Comparison of outcomes between unilateral biportal endoscopic and percutaneous posterior endoscopic cervical keyhole surgeries[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2023, 59(3):437.
- [9] Wu W, Yang S, Diao W, *et al.* Analysis of clinical efficacy of endo-LIF in the treatment of single-segment lumbar degenerative diseases[J]. *J Clin Neurosci*, 2020, 71:51-57.
- [10] Sun MS, Yuchi CX, Cai XY, *et al.* Parametric study of anterior percutaneous endoscopic cervical discectomy (APECD)[J]. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 2021, 24(6):687-699.
- [11] 商澜锴, 祝斌, 刘晓光. 经皮脊柱内镜腰椎间盘切除术并发症及其应对策略 [J]. *中国疼痛医学杂志*, 2019, 25(3):167-171.



- [12] Chen Z, Zhang L, Dong J, *et al.* Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy versus microendoscopic discectomy for lumbar disk herniation: five-year results of a randomized controlled trial[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2023, 48(2):79-88.
- [13] Kolcun JPG, Brusko GD, Basil GW, *et al.* Endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion without general anesthesia: operative and clinical outcomes in 100 consecutive patients with a minimum 1-year follow-up[J]. *Neurosurg Focus*, 2019, 46(4):E14.
- [14] Choi KC, Shim HK, Kim JS, *et al.* Cost-effectiveness of microdiscectomy versus endoscopic discectomy for lumbar disc herniation[J]. *Spine J*, 2019, 19(7):1162-1169.
- [15] Morgenstern C, Yue JJ, Morgenstern R. Full percutaneous transforaminal lumbar interbody fusion using the facet-sparing, trans-kambin approach[J]. *Clin Spine Surg*, 2020, 33(1):40-45.
- [16] Lee CW, Yoon KJ, Kim SW. Percutaneous endoscopic decompression in lumbar canal and lateral recess stenosis-the surgical learning curve[J]. *Neurospine*, 2019, 16(1):63-71.
- [17] Chen Z, Zhang L, Dong J, *et al.* Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy versus microendoscopic discectomy for lumbar disc herniation: two-year results of a randomized controlled Trial[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2020, 45(8):493-503.
- [18] Zhao XB, Li XC, Zhou HG, *et al.* "U" route transforaminal percutaneous endoscopic thoracic discectomy as a new treatment for thoracic spinal stenosis[J]. *Int Orthop*, 2019, 43(4):825-832.
- [19] Lee CW, Yoon KJ, Ha SS. Comparative analysis between three different lumbar decompression techniques (microscopic, tubular, and endoscopic) in lumbar canal and lateral recess stenosis: preliminary report[J]. *Biomed Res Int*, 2019, 2019:6078469.
- [20] Jarebi M, Awaf A, Lefranc M, *et al.* A matched comparison of outcomes between percutaneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar microdiscectomy for the treatment of lumbar disc herniation: a 2-year retrospective cohort study[J]. *Spine J*, 2021, 21(1):114-121.
- [21] Kim HS, Raorane HD, Wu PH, *et al.* Incidental durotomy during endoscopic stenosis lumbar decompression: incidence, classification, and proposed management strategies[J]. *World Neurosurg*, 2020, 139:e13-e22.
- [22] Shen J. Fully endoscopic lumbar laminectomy and transforaminal lumbar interbody fusion under local anesthesia with conscious sedation: a case series[J]. *World Neurosurg*, 2019, 127:e745-e750.
- [23] Perfetti DC, Rogers-LaVanne MP, Satin AM, *et al.* Learning curve for endoscopic posterior cervical foraminotomy[J]. *Eur Spine J*, 2023, 32(8):2670-2678.
- [24] Bae J, Chachan S, Shin SH, *et al.* Percutaneous endoscopic thoracic discectomy in the upper and midthoracic spine: a technical note[J]. *Neurospine*, 2019, 16(1):148-153.
- [25] Wu PH, Kim HS, Lee YJ, *et al.* Posterior endoscopic cervical foraminotomy and discectomy: clinical and radiological computer tomography evaluation on the bony effect of decompression with 2 years follow-up[J]. *Eur Spine J*, 2021, 30(2):534-546.
- [26] Zhang J, Liang D, Xu M, *et al.* Comparison of the short-term effects of lumbar endoscopic and microscopic tubular unilateral laminotomy with bilateral decompression in the treatment of elderly patients with lumbar spinal stenosis[J]. *Eur J Med Res*, 2022, 27(1):222.
- [27] Sheng Y, Li J, Chen L, *et al.* Delta large-channel technique versus microscopy-assisted laminar fenestration decompression for lumbar spinal stenosis: a one-year prospective cohort study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1):43.
- [28] Han S, Zeng X, Zhu K, *et al.* Clinical application of large channel endoscopic systems with full endoscopic visualization technique in lumbar central spinal stenosis: a retrospective cohort study[J]. *Pain Ther*, 2022, 11(4):1309-1326.
- [29] Balain B, Bhachu DS, Gadkari A, *et al.* 2nd and 3rd generation full endoscopic lumbar spine surgery: clinical safety and learning curve[J]. *Eur Spine J*, 2023, 32(8):2796-2804.
- [30] Maayan O, Pajak A, Shahi P, *et al.* Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy learning curve: a cusum analysis[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2023, 48(21):1508-1516.
- [31] Olinger C, Coffman A, Champion C, *et al.* Initial learning curve after switching to uniportal endoscopic discectomy for lumbar disc herniations[J]. *Eur Spine J*, 2023, 32(8):2694-2699.
- [32] Simonin A, Troxler S, Fournier JY *et al.* Reducing the learning curve of interlaminar full-endoscopic discectomy: mushroom model-simulation training[J]. *Eur Spine J*, 2023, 32(8):2805-2807.