

角膜内皮移植研究热点分析及未来研究方向预测

郭钰 张弘

哈尔滨医科大学附属第一医院眼科医院, 哈尔滨 150007

通信作者: 张弘, Email: zhanghong@hrbmu.edu.cn

【摘要】 **目的** 了解角膜内皮移植(EK)近年的文献分布规律和研究热点。 **方法** 以 Web of Science 核心合集中的科学引文扩展索引和社会科学引文索引为数据源,提取 2011—2021 年以 EK 为主题的文献,对以 EK 为主题、文献类型为论著的年文献量、文献发表量前 10 的作者和期刊、引用频次前 10 位的论文及其主要观点进行统计,并将文献数据导入 VOSviewer 软件,对 EK 相关领域文献的核心作者及关键词进行可视化分析。 **结果** 共检索出文献 1 454 篇。2011—2021 年,文献发表量的逐年累积量呈线性增长,美国是发表 EK 相关文献最多的国家,Melles GRJ 的论文发表量和论文被引数均占据第 1 位,文献发表总量排名第 1 的期刊为 *Cornea*。目前,EK 的研究方向主要集中于多种术式术后效果的比较和相关并发症的处理。关键词分析显示,其被分为 5 个聚类,其中聚类 1 是关于 EK 术后视觉质量的评价;聚类 2 是术后并发症和移植失败高风险因素的分析;聚类 3 是以角膜后弹力层内皮移植(DMEK)为中心的适应证和手术技巧的研究;聚类 4 是植片相关问题,如植片制备、内皮细胞损失、术后植片脱位的处理等;聚类 5 主要是角膜移植术式的变化趋势。出现频次最多的关键词是 DMEK,共 559 次,说明目前 DMEK 是 EK 相关研究领域的重点。2017 年以来,“DMEK”、“previous trabeculectomy”、“graft preparation”、“stability”、“safety”、“air”等关键词出现频次增加,可见有青光眼手术史的病例处理、手术的安全性和稳定性、大气泡法制备植片是近年来的研究热点。 **结论** 植片制备技巧、复杂病例处理、角膜内皮疾病患者青光眼的治疗方法、大气泡法制备植片的长期术后效果评估可能成为今后 EK 研究发展的方向。

【关键词】 角膜移植术;角膜内皮;数据可视化;文献计量学

基金项目: 国家自然科学基金(U20A20363、81970776);黑龙江省自然科学基金(LH2020H039);黑龙江省重点研发计划(JD22C006)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20211217-00697

Hot topics in endothelial keratoplasty research and future research directions

Guo Yu, Zhang Hong

Eye Hospital, the First Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150007, China

Corresponding author: Zhang Hong, Email: zhanghong@hrbmu.edu.cn

【Abstract】 **Objective** To investigate the distribution of literature and hot topics of endothelial keratoplasty (EK) in recent years. **Methods** Using the Science Citation Index Expanded and Social Science Citation Index in Web of Science Core Collection database as the data sources, the literature on EK from 2011 to 2021 was collected and the annual volume of published original research articles on EK, the top 10 authors and journals with the highest number of published articles, and the top 10 cited articles were analyzed. The author and keyword data of the collected relevant literature were imported into VOSviewer software for visual analysis. **Results** A total of 1 454 articles were included. The cumulative volume of articles increased linearly from 2011 to 2021, the United States was the country that published the most EK-related literature, with Melles GRJ ranking first in terms of the highest number of published articles and the highest number of citations, and *Cornea* ranking first in terms of the total number of publications. Hot topics of EK mainly focused on the comparison of postoperative effects of different procedures and the management of complications. Keywords were grouped into 5 clusters, the evaluation of the postoperative visual quality of EK, the high-risk factors for postoperative complications and transplantation failure, the indications and surgical techniques of Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK), corneal graft issues including graft preparation, endothelial cell loss and management of graft dislocation, and the changing trend of corneal transplantation. The most frequently occurring keyword was DMEK, with a total of 559 occurrences, indicating that DMEK was the focus of EK-related research. Since 2017, the frequency of keywords such as DMEK, previous

trabeculectomy, graft preparation, stability, safety, and air has increased, suggesting that the treatment of patients with a history of glaucoma surgery, the safety and stability of surgery, and the preparation of big-bubble graft had been the focus of research in recent years. **Conclusions** Graft preparation, the management of complicated cases, the treatment of glaucoma in patients with corneal endothelial diseases and the evaluation of the long-term postoperative effects of big-bubble graft preparation may become the future EK research direction.

[Key words] Corneal transplantation; Endothelium, corneal; Data visualization; Bibliometrics

Fund program: National Natural Science Foundation of China (U20A20363, 81970776); Natural Science Foundation of Heilongjiang Province (LH2020H039); Key Research and Development Project in Heilongjiang Province (JD22C006)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20211217-00697

角膜内皮移植 (endothelial keratoplasty, EK) 是一种仅更换病变的角膜内皮层和后弹力层而保留自体健康角膜基质层的角膜移植术,目前已逐渐代替穿透角膜移植 (penetrating keratoplasty, PK) 成为治疗角膜内皮病变的首选术式^[1-4]。2018 年美国眼库协会 (Eye Bank Association of America, EBAA) 共完成了 85 441 例角膜移植手术,因角膜内皮失代偿而行角膜移植手术的患者占角膜移植总数的 55.2%,其中 78.3% 通过 EK 治疗^[5]。目前,国际上较主流的 EK 术式包括角膜后弹力层剥除内皮移植 (Descemet stripping endothelial keratoplasty, DSEK)、自动板层刀辅助下角膜后弹力层剥除内皮移植 (Descemet stripping automated endothelial keratoplasty, DSAEK) 和角膜后弹力层内皮移植 (Descemet membrane endothelial keratoplasty, DMEK)^[6]。相较于 PK, DSEK 和 DSAEK 减少了散光和缝线相关并发症的发生,角膜前表面更平滑,减少了因眼表疾病导致植片衰竭的可能,视力恢复效果更好,屈光度更早趋于稳定^[7-8]。但植片中额外的基质层使患者 DSEK 术后出现远视化,平均屈光度为 1.2 D,影响患者术后视力的恢复^[9]。DMEK 植片仅包含内皮层和后弹力层,厚度为 10~15 μm ^[10-11]。与 DSEK 和 DSAEK 相比, DMEK 术后患者视力恢复更好,恢复时间更短,免疫排斥发生率更低。但较薄的植片在减少术后远视倾向的同时,也带来了手术操作难度大、植片脱位等并发症发生率高的问题^[12-13]。虽然近年来植片制备和植入展开等技术在持续改进,但仍存在术中植片损耗、术后植片脱位和高眼压等并发症发生率高的问题,影响了视觉质量的恢复和植片的长期存活。本研究应用文献计量学分析方法以及 VOSviewer 软件对近年 EK 相关文献进行梳理统计和可视化分析,了解相关领域文献分布特征和研究热点,寻求影响 EK 安全性及有效性的主要因素,以期对 EK 未来的基础实验和临床应用提供参考。

1 资料与方法

1.1 资料和数据收集

从 Web of Science 核心合集集中的科学引文扩展索引 (Science Citation Index Expanded, SCIE) 和社会科学引文索引 (Social Science Citation Index, SSCI) 中提取发表年份为 2011 年 1 月 1 日至 2021 年 11 月 12 日的数据库,为提高检索质量,采用高级检索功能,检索策略如下:TS = 'endothelial keratoplasty', Languages = 'All languages', Document types = 'article', Time span = '2011—2021', Database = SCIE, SSCI in Web of Science Core Collection。通过此检索策略共检索 EK 相关文献 1 700 篇,删除与 EK 无关的文献,例如非 EK 治疗角膜内皮疾病的文献。过滤原始文献后,1 454 篇文献符合纳入标准,导出相关文献的标题、作者信息、关键词、参考文献、期刊名等信息。

1.2 数据可视化分析

1.2.1 国家、期刊、年文献量和引用数 通过 Web of Science 固有功能 "Analyze Results" 和 "Citation Report", 获得相关文献的国家、期刊、年文献量等信息,并按记录数由大到小进行排列,绘制统计图表。同时获取引文报告,对引用频次排名前 10 的文献内容进行总结。

1.2.2 作者和关键词 将文献的相关信息导入 VOSviewer 软件 (版本 1.6.16), 对文献的作者和关键词进行关系网络构建以及可视化分析。筛选出的文献涉及作者和关键词较多,若共现聚类分析的阈值过低会出现关键词过多无法展示主要研究者和研究主题,也会出现部分聚类未相互关联的情况;阈值过高则易导致聚类主题较少,无法得到该领域详细研究主题^[14]。故对阈值进行以下设定:(1)作者 基于 VOSviewer 的合著者分析,进一步将核心作者定义为参与发表论文 20 篇以上,论文被引 100 次以上的作者,最终共有 29 名作者纳入分析;(2)关键词 在 2 503

个关键词中,设置最小出现频次为 20 次,并对关键词进行过滤合并,例如将 DMEK、Descemet membrane endothelial keratoplasty、Descemet’s membrane endothelial keratoplasty 合并为 DMEK。

2 结果

2.1 文献分布特点

在 Web of Science 核心合集的 SCIE 和 SSCI 数据库共检索到 2011—2021 年发表的、以“endothelial keratoplasty”为主题、文献类型为“article”的文献共 1 454 篇,年文献发表量呈线性增长(图 1)。文献来源于 56 个国家,其中美国作者发表文献量最多,共 432 篇,占全部文献的 29.71%;其次是德国,共 249 篇,占 17.12%(图 2)。中国发表相关文献 39 篇,占 2.68%,居第 13 位。

发表文献总量排名第 1 的期刊为 *Cornea*。被引频次前 10 的文章中,6 篇来源于 *Ophthalmology*(表 1)。共有 3 837 名作者参与发表了 EK 相关文章,其中核心作者 29 名。根据主要研究领域不同分为 5 个聚类,其中以 Cursiefen C 为中心的聚类,主要研究方向为 EK 术后并发症,尤其是免疫排斥反应发生的危险因素及处理;以 Busin M 为中心的聚类,主要研究方向为超薄植片-自动板层刀辅助下角膜后弹力层剥除内皮移植;

其余 3 个聚类因国家不同分别以 Melles GRJ、Price MO、Sorkin N 为中心,主要研究方向为 EK 手术技术的改进以及 EK 术后效果的比较(图 3)。作为 DMEK 和 DSEK 的创造者,Melles GRJ 和 Price MO 发表论文数和总被引频次分别占据第 1 位和第 2 位(表 2)。

2.2 引用频次前 10 的论文

根据 2021 年 11 月 12 日检索结果显示,2011—2021 年 EK 相关文献被引频次总计 20 695 条,去除自引后为 9 316 条;施引文献共 4 311 篇,去除自引后为 3 058 篇。2011—2021 年 EK 相关领域引用频次前 10 的论文中 8 篇与 DMEK 相关,主要观点为 DMEK 术后的视觉质量恢复和并发症的发生率方面均优于 DSEK,标准“*No-touch*”技术是其最常用的手术方式(表 3)。

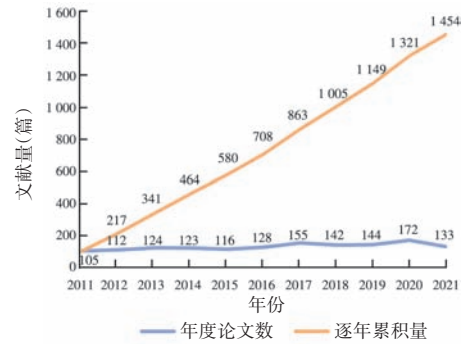


图 1 2011—2021 年 EK 相关年文献量随时间变化趋势
Figure 1 Trend in EK-related literature volume from 2011 to 2021

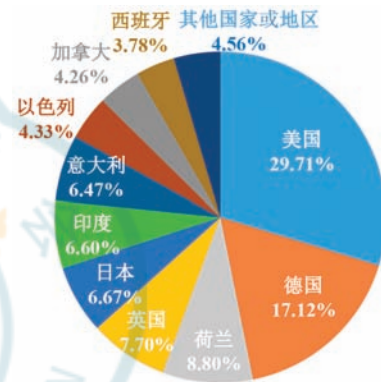


图 2 2011—2021 年 EK 相关文献量发表前 10 的国家 (N=1 454)
Figure 2 Top 10 countries with the highest number of published EK-related literature from 2011 to 2021 (N=1 454)

表 1 2011—2021 年 EK 相关文献发表量前 10 的期刊
Table 1 Top 10 journals with the highest number of published EK-related literature from 2011 to 2021

排名	期刊名	论文总数	占比 (%)
1	<i>Cornea</i>	545	37.48
2	<i>American Journal of Ophthalmology</i>	116	7.98
3	<i>Ophthalmology</i>	60	4.13
4	<i>Journal of Cataract and Refractive Surgery</i>	54	3.71
5	<i>British Journal of Ophthalmology</i>	45	3.10
6	<i>Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology</i>	44	3.03
7	<i>Acta Ophthalmologica</i>	40	2.75
8	<i>Indian Journal of Ophthalmology</i>	40	2.75
9	<i>Ophthalmologe</i>	33	2.27
10	<i>European Journal of Ophthalmology</i>	31	2.13

注:EK:角膜内皮移植
Note:EK:endothelial keratoplasty



图 3 2011—2021 年 EK 相关研究领域的作者共现分析图
Figure 3 Co-occurrence analysis of authors in EK-related research fields from 2011 to 2021

表 2 2011—2021 年 EK 相关文献发表量前 10 的作者
Table 2 Top 10 authors with the highest number of published EK-related literature from 2011 to 2021

排名	作者	论文数	总被引频次
1	Melles GRJ	89	2 569
2	Price MO	49	2 377
3	Cursiefen C	48	1 772
4	Dapena I	47	1 944
5	Ham L	47	1 922
6	Terry MA	44	1 154
7	Price FW	41	1 763
8	Oellerich S	40	782
9	Busin M	39	700
10	Baydoun L	36	795

注:EK:角膜内皮移植
 Note:EK:endothelial keratoplasty

2.3 EK 研究热点及其演变

采用 VOSviewer 对 1 454 篇文献的关键词进行分

析,共有 93 个关键词达到要求。对关键词进行过滤合并后最终得到 61 个关键词,这些关键词被分为红、黄、绿、蓝、紫 5 个聚类,其中聚类 1(红色)是关于 EK 术后视觉质量的评价;聚类 2(绿色)是术后并发症和移植失败的高风险因素的分析;聚类 3(蓝色)是以 DMEK 为中心的适应证和手术技巧的研究;聚类 4(黄色)是植片相关问题,如植片制备、内皮细胞损失、术后植片脱位的处理等;聚类 5(紫色)主要是角膜移植术式的变化趋势(图 4)。出现频次最多的关键词是 DMEK,共 559 次,也是共现分析图的中心,说明目前 DMEK 是 EK 相关研究领域的重点。根据关键词出现时间顺序,overlay 图中关键词的颜色从紫色到黄色。2017 年以来,“DMEK”“previous trabeculectomy”“graft preparation”“stability”“safety”“air”等关键词出现频次增加,由此可见有青光眼手术史的病例处理、手术的安全性和稳定性、大气泡法制备植片是近几年来研究热点(图 5)。

表 3 2011—2021 年 EK 相关领域引用频次前 10 位的论文信息及其主要观点
Table 3 Top 10 cited EK-related articles from 2011 to 2021 and key points

排名	论文题目	期刊	年份	引用频次	主要观点
1	Risk of corneal transplant rejection significantly reduced with Descemet's membrane endothelial keratoplasty ^[15]	<i>Ophthalmology</i>	2012	350	多种角膜移植术后 2 年免疫排斥发生率比较,DMEK(为 1%)明显低于 DSEK(为 12%)和 PK(为 18%)
2	Descemet's membrane endothelial keratoplasty: prospective study of 1-year visual outcomes, graft survival, and endothelial cell loss ^[16]	<i>Ophthalmology</i>	2011	294	术后 1 年,DMEK 比 DSAEK 视力恢复更好,屈光变化更小,但植片脱位率更高
3	Descemet membrane endothelial keratoplasty versus Descemet stripping automated endothelial keratoplasty ^[17]	<i>American Journal of Ophthalmology</i>	2012	280	术后 6 个月,DMEK 比 DSAEK 视力恢复更好,内皮细胞丢失率无明显差异
4	Standardized "no-touch" technique for Descemet membrane endothelial keratoplasty ^[18]	<i>Archives of Ophthalmology</i>	2011	264	标准"No-touch"技术是 DMEK 最常用的手术方式,其安全性和有效性得到肯定
5	A stepwise approach to donor preparation and insertion increases safety and outcome of Descemet membrane endothelial keratoplasty ^[19]	<i>Cornea</i>	2011	194	逐步剥离使 DMEK“机械剥离法”制备植片的成功率更高
6	Descemet's stripping endothelial keratoplasty five-year graft survival and endothelial cell loss ^[20]	<i>Ophthalmology</i>	2011	183	5 年植片存活率 DSEK 与 PK 相似,但 DSEK 内皮细胞丢失率更低
7	Descemet membrane endothelial keratoplasty: safety and outcomes; a report by the American Academy of Ophthalmology ^[21]	<i>Ophthalmology</i>	2018	156	与 DSEK 相比,DMEK 术后屈光变化更小,手术并发症和内皮细胞丢失率无明显差异
8	Endothelial keratoplasty: fellow eyes comparison of Descemet stripping automated endothelial keratoplasty and Descemet membrane endothelial keratoplasty ^[22]	<i>Cornea</i>	2011	151	DMEK 的主要优点在于视力恢复的时间和效果
9	A comparison of lamellar and penetrating keratoplasty outcomes; a registry study ^[23]	<i>Ophthalmology</i>	2014	149	相同适应证、相同随访时间,EK 植片存活率低于 PK
10	Corneal higher-order aberrations after Descemet's membrane endothelial keratoplasty ^[24]	<i>Ophthalmology</i>	2012	148	与 DSAEK、PK 相比,DMEK 术后角膜高阶像差变化更小

注:EK:角膜内皮移植;DMEK:角膜后弹力层内皮移植;DSEK:角膜后弹力层剥除内皮移植;PK:穿透角膜移植;DSAEK:自动板层刀辅助下角膜后弹力层剥除内皮移植

Note:EK:endothelial keratoplasty;DMEK:Descemet membrane endothelial keratoplasty;DSEK:Descemet stripping endothelial keratoplasty;PK:penetrating keratoplasty;DSAEK:Descemet stripping automated endothelial keratoplasty

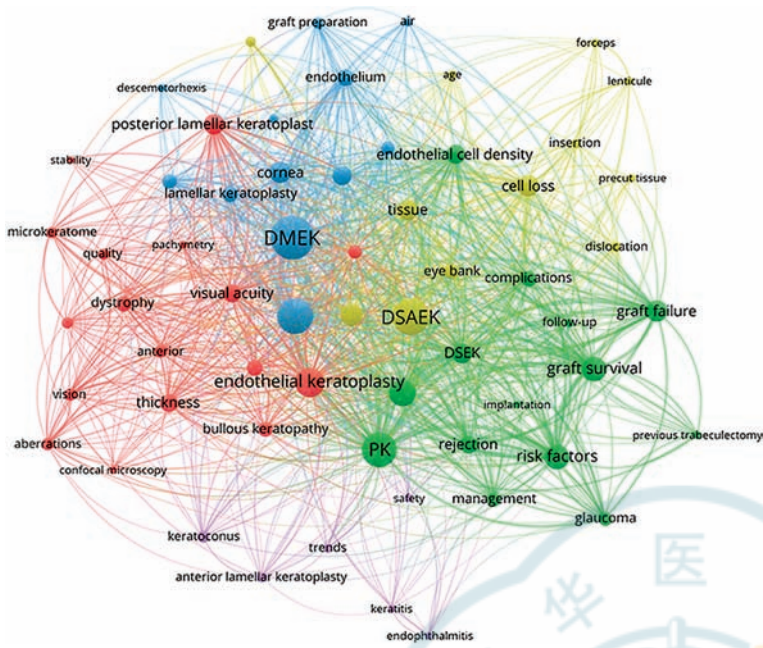


图 4 2011—2021 年 EK 相关文献关键词的共现分析图
Figure 4 Co-occurrence analysis of keywords in EK-related literature from 2011 to 2021

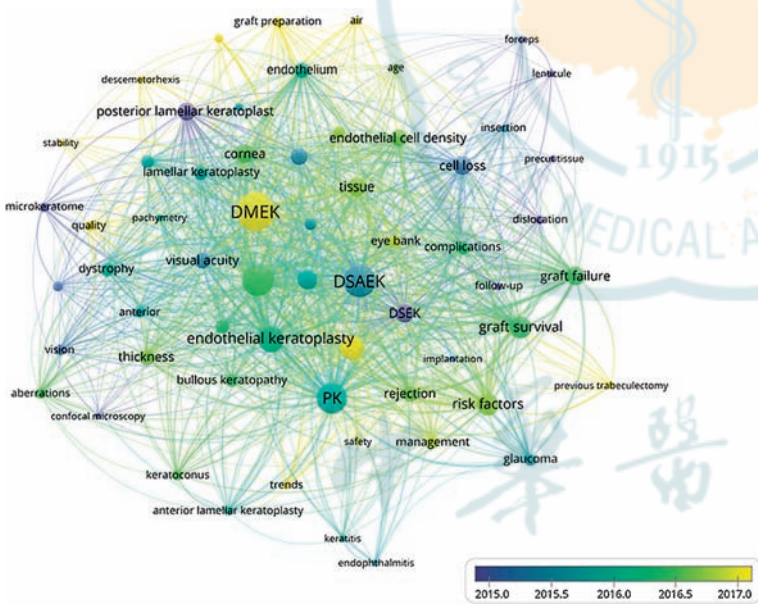


图 5 2011—2021 年 EK 相关文献关键词 Overlay 图
Figure 5 Overlay visualization of keywords in EK-related literature from 2011 to 2021

3 讨论

文献计量学是对某一领域的历史、现状和未来进行定性及定量分析的学科^[25]。共现分析是文献计量学的主要研究方法之一,其原理在于对出现在同一篇文章中的关键词进行两两统计,出现次数越多则关系越紧密,出现次数越少则关系越疏远,以此为基础对这些词进行聚类分析,进而评估该领域的研究热点、预测

未来的研究方向^[26-28]。VOSviewer 的应用使共现分析更加清楚直观,其基于共现数据构建作者、期刊或关键词地图,并根据不同需求创建诸如 Network Visualization、Overlay Visualization、Density Visualization 等不同种类的地图^[29]。Web of Science 设置了独特的“引文索引”功能,即通过历史文献被当前文献引用的频次,来说明文献之间的相关性及历史文献对当前文献的影响力。因此,对 Web of Science 收录的文献进行作者、国家、期刊和关键词等方面的共现分析,可以帮助我们更好地掌握所研究领域的现状和趋势^[30]。

3.1 EK 的文献分布特点

自 2004 年 Melles 等^[31]成功完成了第 1 例后弹力层剥除手术后,EK 逐渐成为角膜移植的热门领域。2011—2021 年,EK 相关文献年发表数趋于稳定,保持着一定的研究热度。原始的技术创新对于 1 个国家或地区相关领域的研究具有一定的学术引领作用。Melles GRJ 作为后弹力层剥除和 DMEK 手术的首创者,在角膜移植领域具有极大影响力,其团队致力于角膜移植手术技术改进和治疗效果评估相关的临床型研究,在 EK 相关文献发表量前 10 的作者中,5 名来自荷兰 Melles GRJ 团队,形成了彼此合作关联的学术圈。Mathews 等^[32]对 1995—2017 年排名前 10 期刊发表的角膜移植相关临床研究进行统计发现,1/3 的文献来源于北美洲,而此地角膜盲患者仅占全世界角膜盲患者的 1.5%,东亚和非洲拥有世界 50% 以上角膜盲患者,但在过去 20 年仅有不到 5% 的文献报道,这一统计结果与本研究相似。本研究中,美国 EK 相关文献发表量最多,以 Price MO 和 Price FW 为代表,并与新加坡、日本等国家合作密切。我国发表的 EK 相关文献较少,可能与眼库协会的建立、适应证的不同以及手术技术的发展有关^[33]。EK 需要高质量的角膜组织,在美国,供体角膜供应充足,且 EBAA 可预先制备植片并根据不同需求进行分配调度;然而,中国角膜供体短缺,而且缺乏国家眼库协会的统一管理和分配,无法实现角膜供体最大限度的利用,也无法对我国角膜移植术式的变化趋势进行全面统计。另外,我国角膜移植的主要病因为角膜白斑和细菌性角膜炎,并非 EK 的手术适应证,所以 PK 仍是我国较常实施的角膜移植术式^[33]。

3.2 EK 的研究热点与变迁

VOSviewer 的关键词共现分析将高频关键词按照相关度进行聚类,便于分类分析 EK 的研究热点。目前 EK 研究热点主要分为 5 个聚类,即 EK 术后视觉质量评价、术后并发症和移植失败的高风险因素分析、以 DMEK 为中心的适应证和手术技巧研究、植片相关问题和角膜移植术式的变化趋势。作为术后短期内可以观察到的指标, EK 的视觉质量和植片相关并发症是 2011—2016 年的研究重点。研究者们对手术方式进行改进以期获得更好的疗效,如使用自动板层刀和飞秒激光制备植床,尽可能创造平滑的植床-植片界面;改进植入方法,使用预制植片,从而减少植片损伤等。随着检查设备的升级,高阶像差、低阶像差、角膜散射等指标开始应用于 EK 术后的视觉质量评价。同时,各个国家眼库逐步建立完善,预制植片广泛应用,解决了术中制备植片费时、植片损耗率高的问题,但 DMEK 术中角膜植片较薄,仍存在植入展开困难、内皮细胞丢失率高的问题。通过“eye bank”这一关键词可以检索到植片制备的最新技术以及植片质量检测 and 影响因素的相关文献。

EK 开展一段时间后,许多影响植片长期存活率的并发症问题暴露出来。2016 年以后, EK 的研究热点已逐渐向术后并发症和移植失败的高风险因素分析偏移。并发症、移植失败、排斥反应、危险因素、植片存活和内皮细胞密度等是近 5 年来快速发展的研究方向。青光眼、角膜炎和角膜内皮炎是常被关注的 3 种高危因素,既往小梁切除术对治疗效果的影响在最近的研究中也频繁涉及,对复杂病例进行 EK 治疗等相关研究逐渐增多,眼科研究人员应关注 EK 对复杂病症的治疗,进一步拓宽 EK 的适应证。

据美国 EBAA 统计,自 2014 年起, DMEK 的年手术量呈线性增长^[5]。与之相关的手术安全性和稳定性评估、大气泡植片制备法同样也是近 5 年的研究热点。当空气注入基质层与后弹力层前膜之间,形成界限清楚的中央圆顶状气泡,称为 I 型气泡。这种由 I 型气泡制备而成的植片包含后弹力层前膜(即 Dua 层)、后弹力层和内皮层。2014 年, Agarwal 等^[34]应用此植片进行角膜移植,并将其命名为角膜后弹力层前内皮移植(pre-Descemet membrane endothelial keratoplasty, PDEK)。这种较厚的植片可以改进术中植片难以展开及固定这一技术难题,同时年轻供体也可应用于 PDEK,扩大了供体的选择范围。根据 EBAA 统计报告^[5], 2017 年起 PDEK 这一术式才开始被记录在案, 2017 年美国年手术量为 21 例, 2018 年为 26 例,

较少的手术量使得 PDEK 的长期术后效果尚未明确,但可以肯定的是 PDEK 在供体年龄、组织处理、操作难易度以及植片展开方面具有优势,在角膜内皮病变的治疗中展现了良好的应用前景。

本研究仍存在一定的局限性:首先,虽然相关文献大量发表,但仅部分英文文献能收录进核心数据库,而且许多发布于在线数据库的论文未被收录;其次,新近发表文献被引频次较少,也可能对真实结果产生影响。

综上所述, 2011—2021 年在 EK 相关研究中,文献发表量最多的国家和期刊分别是美国和 *Cornea*, 在 *Ophthalmology* 中可以检索到许多 EK 相关的高质量文献。目前, EK 的研究热点主要聚焦在多种术式术后效果的比较和相关并发症的处理方面。植片制备技巧、角膜内皮疾病患者青光眼的治疗方法、PDEK 长期术后效果的评估可能成为今后研究发展的方向,增加对复杂病例的研究可以进一步拓宽 EK 适应证,从而减少角膜盲人数。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 郭钰:直接参与选题、酝酿和设计试验、实施研究、采集数据、分析/解释数据、起草及修改文章;张弘:参与选题和设计试验、对文章知识性内容的审阅和智力性内容的修改及定稿

参考文献

- [1] Keenan TD, Jones MN, Rushton S, et al. Trends in the indications for corneal graft surgery in the United Kingdom: 1999 through 2009 [J]. *Arch Ophthalmol*, 2012, 130 (5): 621-628. DOI: 10.1001/archophthalmol.2011.2585.
- [2] Park CY, Lee JK, Gore PK, et al. Keratoplasty in the United States: a 10-year review from 2005 through 2014 [J]. *Ophthalmology*, 2015, 122(12): 2432-2442. DOI: 10.1016/j.ophtha.2015.08.017.
- [3] Farid M, Rhee MK, Akpek EK, et al. Corneal edema and opacification preferred practice pattern[®] [J]. *Ophthalmology*, 2019, 126(1): P216-P285. DOI: 10.1016/j.ophtha.2018.10.022.
- [4] 王玮, 李贵刚, Tseng Scheffer CG. 角膜后弹力膜内皮移植术研究进展 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2021, 39(2): 149-153. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20190616-00263.
Wang W, Li GG, Tseng Scheffer CG. Advances in Descemet membrane endothelial keratoplasty [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2021, 39(2): 149-153. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20190616-00263.
- [5] Eye Bank Association of America. 2018 Eye banking statistical report [EB/OL] [2021-11-12]. <https://restoresight.org/who-we-are/statistics/>.
- [6] Tan DT, Dart JK, Holland EJ, et al. Corneal transplantation [J]. *Lancet*, 2012, 379(9827): 1749-1761. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60437-1.
- [7] Lee WB, Jacobs DS, Musch DC, et al. Descemet's stripping endothelial keratoplasty: safety and outcomes; a report by the American Academy of Ophthalmology [J]. *Ophthalmology*, 2009, 116(9): 1818-1830. DOI: 10.1016/j.ophtha.2009.06.021.
- [8] Chen ES, Terry MA, Shamie N, et al. Descemet-stripping automated endothelial keratoplasty: six-month results in a prospective study of 100 eyes [J]. *Cornea*, 2008, 27(5): 514-520. DOI: 10.1097/ICO.0b013e3181611c50.

- [9] Koenig SB, Covert DJ, Dupps WJ Jr, et al. Visual acuity, refractive error, and endothelial cell density six months after Descemet stripping and automated endothelial keratoplasty (DSAEK) [J]. *Cornea*, 2007, 26(6) : 670-674. DOI: 10. 1097/ICO. 0b013e3180544902.
- [10] Chamberlain W, Lin CC, Austin A, et al. Descemet endothelial thickness comparison trial: a randomized trial comparing ultrathin descemet stripping automated endothelial keratoplasty with descemet membrane endothelial keratoplasty [J]. *Ophthalmology*, 2019, 126(1) : 19-26. DOI: 10. 1016/j. ophtha. 2018. 05. 019.
- [11] Melles GR, Ong TS, Ververs B, et al. Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK) [J]. *Cornea*, 2006, 25(8) : 987-990. DOI: 10. 1097/01. ico. 0000248385. 16896. 34.
- [12] Agarwal A, Agarwal A, Narang P, et al. Pre-Descemet endothelial keratoplasty with infant donor corneas: a prospective analysis [J]. *Cornea*, 2015, 34(8) : 859-865. DOI: 10. 1097/ICO. 0000000000000486.
- [13] Trindade B, Eliazar GC. Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK) : an update on safety, efficacy and patient selection [J]. *Clin Ophthalmol*, 2019, 13 : 1549-1557. DOI: 10. 2147/OPHTH. S178473.
- [14] 王秀华, 杨永光, 张猛, 等. 近十年国家自然科学基金对眼科学基础研究的资助分析及启示 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2020, 38(10) : 864-870. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20200610-00416.
Wang XH, Yang YG, Zhang M, et al. Analysis of National Natural Science Foundation of China grant support for basic research of ophthalmology during the past ten years [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2020, 38(10) : 864-870. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20200610-00416.
- [15] Anshu A, Price MO, Price FW Jr. Risk of corneal transplant rejection significantly reduced with Descemet's membrane endothelial keratoplasty [J]. *Ophthalmology*, 2012, 119(3) : 536-540. DOI: 10. 1016/j. ophtha. 2011. 09. 019.
- [16] Guerra FP, Anshu A, Price MO, et al. Descemet's membrane endothelial keratoplasty: prospective study of 1-year visual outcomes, graft survival, and endothelial cell loss [J]. *Ophthalmology*, 2011, 118(12) : 2368-2373. DOI: 10. 1016/j. ophtha. 2011. 06. 002.
- [17] Tourtas T, Laaser K, Bachmann BO, et al. Descemet membrane endothelial keratoplasty versus descemet stripping automated endothelial keratoplasty [J]. *Am J Ophthalmol*, 2012, 153(6) : 1082-1090. DOI: 10. 1016/j. ajo. 2011. 12. 012.
- [18] Dapena I, Moutsouris K, Droutsas K, et al. Standardized "no-touch" technique for Descemet membrane endothelial keratoplasty [J]. *Arch Ophthalmol*, 2011, 129(1) : 88-94. DOI: 10. 1001/archophthalmol. 2010. 334.
- [19] Kruse FE, Laaser K, Cursiefen C, et al. A stepwise approach to donor preparation and insertion increases safety and outcome of Descemet membrane endothelial keratoplasty [J]. *Cornea*, 2011, 30(5) : 580-587. DOI: 10. 1097/ico. 0b013e3182000e2e.
- [20] Price MO, Fairchild KM, Price DA, et al. Descemet's stripping endothelial keratoplasty five-year graft survival and endothelial cell loss [J]. *Ophthalmology*, 2011, 118(4) : 725-729. DOI: 10. 1016/j. ophtha. 2010. 08. 012.
- [21] Deng SX, Lee WB, Hammersmith KM, et al. Descemet membrane endothelial keratoplasty: safety and outcomes: a report by the American Academy of Ophthalmology [J]. *Ophthalmology*, 2018, 125(2) : 295-310. DOI: 10. 1016/j. ophtha. 2017. 08. 015.
- [22] Guerra FP, Anshu A, Price MO, et al. Endothelial keratoplasty: fellow eyes comparison of Descemet stripping automated endothelial keratoplasty and Descemet membrane endothelial keratoplasty [J]. *Cornea*, 2011, 30(12) : 1382-1386. DOI: 10. 1097/ICO. 0b013e31821ddd25.
- [23] Coster DJ, Lowe MT, Keane MC, et al. A comparison of lamellar and penetrating keratoplasty outcomes: a registry study [J]. *Ophthalmology*, 2014, 121(5) : 979-987. DOI: 10. 1016/j. ophtha. 2013. 12. 017.
- [24] Rudolph M, Laaser K, Bachmann BO, et al. Corneal higher-order aberrations after Descemet's membrane endothelial keratoplasty [J]. *Ophthalmology*, 2012, 119(3) : 528-535. DOI: 10. 1016/j. ophtha. 2011. 08. 034.
- [25] Huang T, Wu H, Yang S, et al. Global trends of researches on sacral fracture surgery: a bibliometric study based on VOSviewer [J/OL]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2020, 45(12) : E721-E728 [2023-06-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31972744/>. DOI: 10. 1097/BRS. 0000000000003381.
- [26] Li HY, Cui L, Cui M. Hot topics in Chinese herbal drugs research documented in PubMed/MEDLINE by authors inside China and outside of China in the past 10 years: based on co-word cluster analysis [J]. *J Altern Complement Med*, 2009, 15(7) : 779-785. DOI: 10. 1089/acm. 2008. 0594.
- [27] 戴艳丽, 魏世辉. 基于 Pubmed 数据库的缺血性视神经病变文献计量分析 [J]. *中华眼底病杂志*, 2013, 29(3) : 305-308. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1005-1015. 2013. 03. 017.
Dai YL, Wei SH. Bibliometric analysis on research of ischemic optic neuropathy from Pubmed database [J]. *Chin J Ocul Fundus Dis*, 2013, 29(3) : 305-308. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1005-1015. 2013. 03. 017.
- [28] Stidham RW, Sauder K, Higgins P. Using bibliometrics to advance your academic career [J]. *Gastroenterology*, 2012, 143(3) : 520-523. DOI: 10. 1053/j. gastro. 2012. 07. 024.
- [29] van Eck NJ, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping [J]. *Scientometrics*, 2010, 84(2) : 523-538. DOI: 10. 1007/s11192-009-0146-3.
- [30] 周怀蔚, 李志清, 李筱荣. 基于 Web of Science 数据库的增生性玻璃体视网膜膜病变文献计量分析 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2021, 39(1) : 60-66. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20190805-00336.
Zhou HY, Li ZQ, Li XR. Bibliometric analysis of proliferative vitreoretinopathy based on Web of Science database [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2021, 39(1) : 60-66. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20190805-00336.
- [31] Melles GR, Wijdh RH, Nieuwendaal CP. A technique to excise the descemet membrane from a recipient cornea (descemetorhexis) [J]. *Cornea*, 2004, 23(3) : 286-288. DOI: 10. 1097/00003226-200404000-00011.
- [32] Mathews PM, Lindsley K, Aldave AJ, et al. Etiology of global corneal blindness and current practices of corneal transplantation: a focused review [J]. *Cornea*, 2018, 37(9) : 1198-1203. DOI: 10. 1097/ICO. 0000000000001666.
- [33] Gao H, Huang T, Pan Z, et al. Survey report on keratoplasty in China: a 5-year review from 2014 to 2018 [J/OL]. *PLoS One*, 2020, 15(10) : e0239939 [2023-06-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33057425/>. DOI: 10. 1371/journal. pone. 0239939.
- [34] Agarwal A, Dua HS, Narang P, et al. Pre-Descemet's endothelial keratoplasty (PDEK) [J]. *Br J Ophthalmol*, 2014, 98(9) : 1181-1185. DOI: 10. 1136/bjophthalmol-2013-304639.

(收稿日期:2023-08-20 修回日期:2023-12-11)

(本文编辑:刘艳 施晓萌)

