

基于文献计量的全球猴痘研究状况分析

王新宇^{1,2△} 侯雪林^{3,4▲} 辛继宾^{3,4△} 周 晔^{1,2}

(¹复旦大学附属华山医院感染科 上海 200040; ²国家传染病医学中心 上海 200040;

³复旦大学图书馆 上海 200433; ⁴复旦大学大健康信息研究中心 上海 200032)

【摘要】 目的 采用文献计量分析对2014—2024年猴痘研究文献进行分析,为我国猴痘研究提供参考。方法 基于Web of Science核心合集数据库,借助VOSviewer软件,采用关键词共现分析和国家合作网络分析等方法对猴痘研究的发文趋势、热门期刊、高产机构、国际合作情况及关键词等进行可视化分析。结果 2014—2024年共计发文2 396篇,2022年后发文量激增,其中美国发文数量最多(808篇,33.72%)。国际科研合作情况网络显示,美国与英国、加拿大等国合作密切,中国、印度等发展中国家间合作频繁,意大利、西班牙等欧洲国家之间合作较多,且与巴西、墨西哥等国建立了合作关系。关键词共现聚类及基本科学指标数据库(essential science indicators, ESI),高被引论文分析发现,近年来猴痘领域的研究热点为:2022年猴痘全球暴发流行的病毒学、临床和流行特征的分析,揭示了当年全球暴发流行的原因及与既往流行特征的不同之处;关于疫苗和抗病毒药物的研究也逐渐成为热点。结论 自2022年猴痘疫情暴发以来,猴痘研究发展迅猛且多关注特殊人群,并逐渐从聚焦病毒学、临床和流行特征研究转变至新药和疫苗的研发及临床验证研究。

【关键词】 猴痘; 文献计量分析; VOSviewer; 研究现状

【中图分类号】 R511 **【文献标志码】** A **doi:**10.3969/j.issn.1672-8467.2025.02.002

Research status of global monkeypox based on bibliometric analysis

WANG Xin-yu^{1,2△}, HOU Xue-lin^{3,4▲}, XIN Ji-bin^{3,4△}, ZHOU Xian^{1,2}

(¹Department of Infectious Diseases, Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai 200040, China; ²National Medical Center for Infectious Diseases, Fudan University, Shanghai 200040, China; ³Fudan University Library, Shanghai 200433, China; ⁴Big Health Informatics Research Center, Fudan University, Shanghai 200032, China)

【Abstract】 Objective To analyze the global research literature on monkeypox from 2014 to 2024 through bibliometric analysis, and provide reference for monkeypox research in China. **Methods** Based on data from the Web of Science Core Collection database and utilizing the visualization analysis capabilities of VOSviewer software, we employed keyword co-occurrence analysis and national cooperative network analysis methods and examined the trends in monkeypox research publications, popular journals, high-yield institutions, international collaborations, and keywords. **Results** A total of 2 396 papers were published from 2014 to 2024, with a significant increase in publications after 2022. The United States had the highest number of publications (808 papers, accounting for 33.72%). The network of international scientific collaborations showed close cooperation between the United States and countries like the United Kingdom and Canada, frequent collaborations among developing countries such as China and India, and extensive cooperation among European countries like Italy and Spain, which also established partnerships with

上海市加强公共卫生体系建设三年(2023—2025年)行动计划(GWVI-11.1-13)

▲WANG Xin-yu and HOU Xue-lin contributed equally to this work

△Corresponding authors E-mail: snowmed@163.com (WANG Xin-yu); jbxin@fudan.edu.cn (XIN Ji-bin)

网络首发时间:2024-12-10 09:59:33 网络首发地址:https://link.cnki.net/urlid/31.1885.r.20241209.1120.010

Brazil, Mexico, and others. Keywords co-occurrence clustering and essential science indicators (ESI) highly cited papers revealed that the monkeypox research hotspots after 2022 including the analysis of the virology, clinical, epidemiological characteristics of the global outbreak in 2022, uncovering the causes of the global outbreak and the differences from previous outbreaks. Studies on vaccines and antiviral drugs also gradually became focal points. **Conclusion** Since the outbreak of monkeypox in 2022, monkeypox research has developed rapidly. Papers focus on specific populations, and gradually shifting from virological, clinical and epidemiological characterization to the development of new drugs, vaccines, and clinical validation studies.

【Key words】 monkeypox; bibliometric analysis; VOSviewer; research status

* This work was supported by the Shanghai Municipal Three-year Action Plan (2023–2025) for Strengthening Public Health System Construction (GWV11.1-13).

猴痘(monkeypox)是一种由猴痘病毒引起的人兽共患病,可发生在人类和其他动物身上。猴痘病毒属于正痘病毒,与天花病毒、痘苗病毒和牛痘病毒属于同一属,可以通过性接触等直接接触受感染的皮肤或体液而发生人与人之间的传播^[1]。患者从症状发作开始就具有传染性,直到所有病变结痂并愈合。它还可通过处理受感染的肉类、咬伤、抓伤从受感染的动物传播给人类。人类感染猴痘病毒的症状包括水疱样皮疹,然后出现结痂、发烧和淋巴结肿大。大多数感染者症状轻微,会在几周内康复,无需治疗,但少数病例可能比较严重,尤其儿童、孕妇或免疫系统受抑制的人群^[2]。

猴痘既往主要在非洲中部和西部流行,有几种哺乳动物被怀疑是该病毒的天然宿主。1970年在刚果民主共和国巴诊断出首例人类病例,随后暴发的频率和严重程度显著增加,可能是由于常规天花疫苗接种停止后人群免疫力减弱所导致^[3]。2022—2023年猴痘疫情在非洲以外首次发生广泛社会传播。最初于2022年5月在英国发现,截至2023年5月,已有111个国家/地区出现确诊病例。WHO于2022年7月23日宣布猴痘疫情为国际关注的突发公共卫生事件(public health emergency of international concern, PHEIC),并在2023年5月10日解除该声明。

为全面了解全球猴痘研究的现状与发展趋势,评估不同机构和国家的科研成果与影响力,揭示猴痘研究的热点领域和未来方向,促进科研人员掌握学科动态,推动跨学科合作与科学创新,我们开展了本研究。以2014年1月至2024年3月全球猴痘相关研究论文和综述为对象,借助VOSviewer软件

分析了本领域近十年的发文趋势、发文期刊、主要研究国家/地区及合作情况、发文机构、高被引论文、研究热点,以期为我国猴痘研究提供参考。

资料和方法

数据来源 本研究数据来源于Web of Science核心合集数据库,采用Monkeypox, Monkey Pox, Mpox等关键词进行主题检索,文献类型限制为论文和综述,时间限制为2014年1月1日至2024年3月7日,检索并经人工筛选得到相关文献2 396条。将检索结果的“全纪录与引用的参考文献”以纯文本格式导出进行分析。

数据分析 采用文献计量分析方法从发文趋势、热门期刊、国际合作情况、发文机构及研究热点等维度分析2014—2024年全球猴痘研究的发展现状及研究热点,采用VOSviewer 1.6.20软件进行文献数据分析。作为专业的科学知识图谱软件,VOSviewer可通过对文献知识单元的关系构建和可视化分析,直观展现特定领域的合作情况、研究热点及其发展演变等,在科学计量分析领域被广泛应用^[4]。

为保证分析结果的客观性,由2名专业人员对纳入文献的关键词进行人工清理。具体包括:(1)合并关键词。针对相同概念关键词的单数与复数、全称与简称、同义词与近义词等情况,逐一进行人工识别并合并。例如将Smallpox virus、Variola virus等合并为Variola virus,将men who have sex with men、msm等合并为MSM,确保数据分析科学准确。(2)剔除无意义关键词。受软件聚类算法限制,为避免无意义关键词干扰关键词共现分析结

果,经反复讨论斟酌,人工剔除了部分无意义关键词(如 disease 等)。

结 果

年度发文情况分析 年度发文数量在一定程度上可反映该领域的研究热度及趋势。截止到检索时间,共得到猴痘领域相关文献 2 396 篇,其中研究论文 1 891 篇、综述 505 篇。由于 2024 年发表文献尚未收集完整,故明显低于平均值,在此部分不进行讨论。分析发文数量变化情况发现,2022 年前猴痘领域研究成果数量一直较少(年发文 30~50 篇)且略有波动;自 2022 年全球多个国家暴发猴痘疫情以来,该领域迅速受到学者的广泛关注,发文数量激增,2022 年发文量攀升至 685 篇,2023 年则高达 1 341 篇。

发文期刊分析 2 396 篇文献分布在 807 种期刊上,其中 *J Med Virol*、*Viruses-Basel*、*Vaccines* 三种期刊发文 >60 篇,涵盖猴痘研究的病毒学、疫苗、免疫等领域。表 1 列出了发文量 >30 篇的 7 本期刊。

发文国家及合作分析 所得文献来自 140 个

表 1 猴痘领域发文量 >30 篇的期刊

Tab 1 Journals with publications >30 in the field of monkeypox area

Periodical	Quantity	Impact factor (2023)	JCR quartile
<i>J Med Virol</i>	87	6.8	Q1
<i>Viruses-Basel</i>	79	3.8	Q2
<i>Vaccines</i>	66	5.2	Q1
<i>Cureus J Med Sci</i>	56	1.0	-
<i>Morb Mortal Wkly Rep</i>	53	25.4	Q1
<i>Emerg Infect Dis</i>	47	7.2	Q1
<i>Front Public Health</i>	36	3.0	Q1

国家,发文量排名前 20 位的国家如表 2 所示。美国发文量最多(808 篇,33.72%),且篇均被引较高(17.59);其次为中国(299 篇,12.48%),篇均被引相对较低,仅为 5.78。而尼日利亚和英国的篇均被引分别为 35.47 和 31.15。发文数量和被引次数可能受到所在地区猴痘疫情的影响,2022 年全球猴痘暴发早期,美国、英国、西班牙、意大利等较早开始报道猴痘疫情,其发文数量和被引次数可能与此相关。

表 2 2014—2024 年猴痘相关发文量排名前 20 位的国家/地区

Tab 2 The top 20 countries in the quantity of publishing monkeypox papers during 2014 and 2024

No.	Country	Quantity (%)	Average citation frequency	No.	Country	Quantity (%)	Average citation frequency
1	USA	808 (33.72)	17.59	11	Canada	88 (3.67)	12.02
2	China	299 (12.48)	5.78	12	Nigeria	85 (3.55)	35.47
3	India	287 (11.98)	4.69	13	Egypt	84 (3.51)	7.14
4	UK	213 (8.89)	31.15	14	Australia	72 (3.01)	26.81
5	Saudi Arabia	165 (6.89)	7.39	15	Brazil	72 (3.01)	7.24
6	Italy	144 (6.01)	14.60	16	Peru	56 (2.34)	11.32
7	Pakistan	121 (5.05)	6.25	17	Bangladesh	55 (2.30)	5.91
8	Spain	117 (4.88)	15.60	18	Iran	54 (2.25)	7.44
9	Germany	112 (4.67)	29.30	19	Republic of Korea	54 (2.25)	7.17
10	France	94 (3.92)	16.50	20	Turkiye	51 (2.13)	9.37

利用 VOSviewer 构建国家社会合作网络(出现频次 ≥ 5 次,图 1),借助 Origin 软件直观展示不同国家的发文合作图(频次 ≥ 30 次,图 2)。发现国家间形成了 3 个合作聚集,节点越大表示国家/地区的发文数量越多,连线数量越多表示合作强度越高。蓝色区域表明美国在该领域处于核心地位,且与英国、加拿大、尼日利亚、澳大利亚、伊朗、韩国、日本等国合作紧密;绿色区域反映了中国、印度、沙特阿拉伯、巴基斯坦、埃及、秘鲁、孟加拉国等亚非地区

为主的发展中国家间合作较多;红色区域表示意大利、西班牙、德国、法国等欧洲国家/地区间合作密切,且与巴西、墨西哥等国家/地区也建立了广泛合作。

发文机构分析 纳入的 2 467 篇文献的作者来自 4 723 个机构,其中猴痘领域发文量位于前十的机构具体情况如图 3 所示,气泡大小为总被引次数,总联系强度(total link strength)一定程度上可反映机构间的合作交流程度。美国疾控中心发文最多、被引次

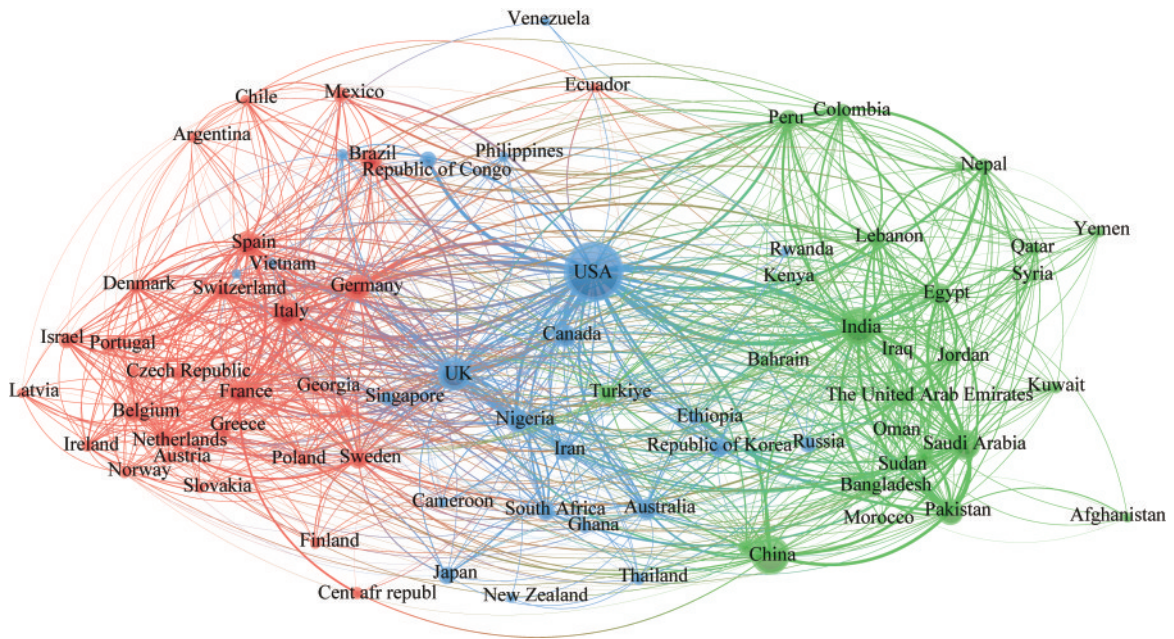


图1 猴痘研究领域国家/地区的社会网络图(频率≥5次)

Fig 1 Social network of countries or regions in the field of monkeypox junction (frequency≥5)

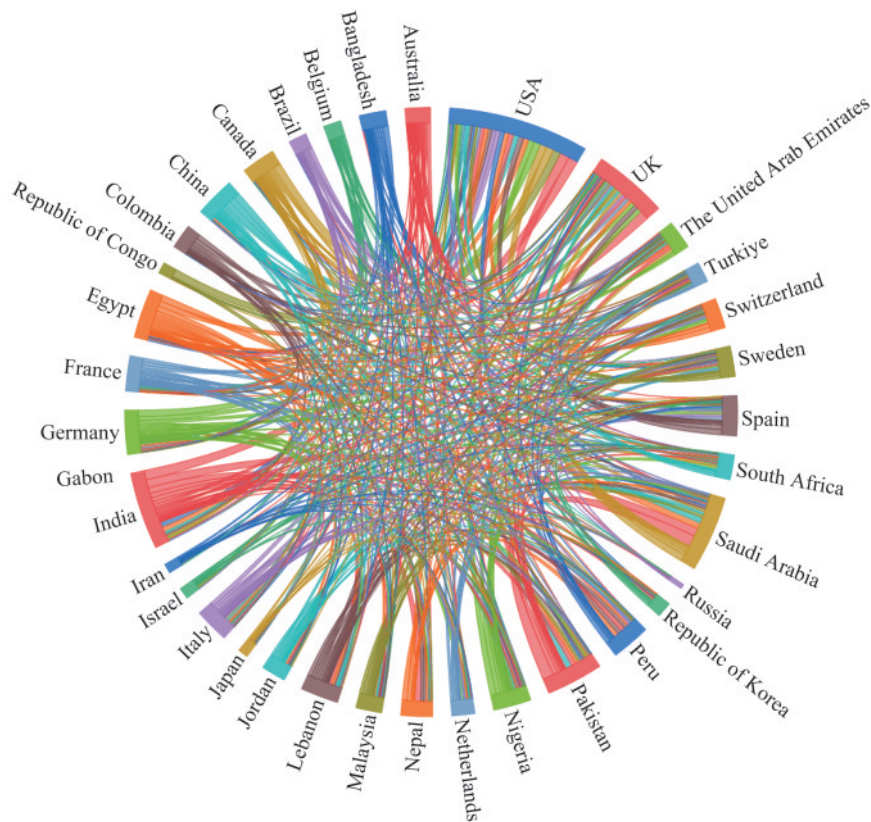


图2 猴痘研究领域不同国家的发文合作图(频率≥30次)

Fig 2 The cross-country collaborations visualization map of monkeypox area (frequency≥30)

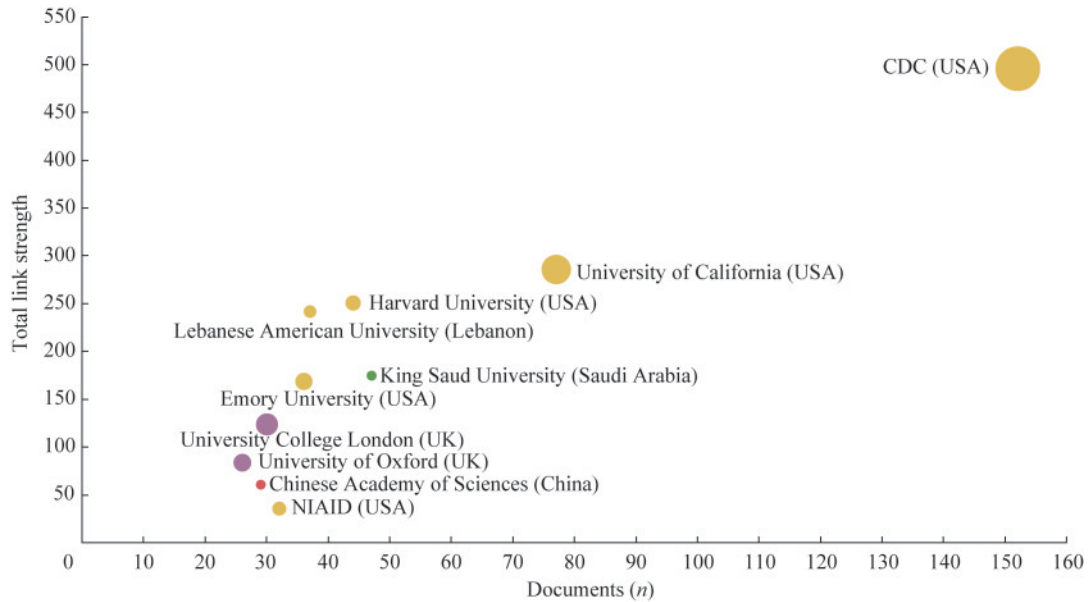
数高且合作交流频繁,其次为加利福尼亚大学,而沙特国王大学发文数量虽排名第三,但被引次数不高。我国猴痘领域发文最多的为中科院,发文数量

29篇,位居第9位。

ESI 高被引论文分析 截至检索时间,检索获得猴痘研究领域ESI(2024年1月12日更新)高被引

论文 148 篇,总被引频次为 14 493 次,篇均被引 97.93 次,其中中国作者发文 13 篇(8.8%)。被引频次排名前十的 ESI 高被引论文主要信息如表 3 所

示。排名较前的高被引论文内容集中在猴痘病毒的流行病学、临床研究等领域。



NIAID: National Institute of Allergy and Infectious Diseases.

图 3 猴痘研究领域排名前十位的机构的发文数量、总合作强度和总被引用次数

Fig 3 Quantity, total link strength, total citations of the top 10 institutions in the field of monkeypox

表 3 2014—2024 年被引频次排名前 10 位的猴痘领域 ESI 高被引论文

Tab 3 The top10 ESI highly cited papers in monkeypox area during 2014–2024

Title	Corresponding author	Institute/Country	Year	Periodical	Citation frequency
Monkeypox virus infection in humans across 16 countries-April-June 2022	Orkin CM	Queen Mary Univ London/UK	2022	<i>N Engl J Med</i>	956
Clinical features and management of human monkeypox: a retrospective observational study in the UK	Price NM	Guys & St Thomas NHS Fdn Trust/UK	2022	<i>Lancet Infect Dis</i>	637
Human monkeypox	McCullum AM	Ctr Dis Control & Prevent/USA	2014	<i>Clin Infect Dis</i>	527
Pathways to zoonotic spillover	Plowright RK	Montana State Univ/ USA	2017	<i>Nat Rev Microbiol</i>	467
Outbreak of human monkeypox in Nigeria in 2017–18: a clinical and epidemiological report	Yinka-Ogunleye A	Nigeria Ctr Dis Control/Nigeria	2019	<i>Lancet Infect Dis</i>	403
Phylogenomic characterization and signs of microevolution in the 2022 multi-country outbreak of monkeypox virus	Gomes JP	Natl Inst Hlth Doutor Ricardo Jorge INSA/ Portugal	2022	<i>Nat Med</i>	357
Monkeypox virus in Nigeria: infection biology, epidemiology, and evolution	Okeke MI	Amer Univ Nigeria/ Nigeria	2020	<i>Viruses</i>	353
Human monkeypox epidemiologic and clinical characteristics, diagnosis, and prevention	Petersen E	Minist Hlth/Oman	2019	<i>Infect Dis Clin North Am</i>	337
Epidemiological, clinical and virological characteristics of four cases of monkeypox support transmission through sexual contact, Italy, May 2022	Vita S	Natl Inst Infect Dis Lazzaro Spallanzani IRCCS/Italy	2022	<i>Euro Surveill</i>	327
A systematic review of the epidemiology of human monkeypox outbreaks and implications for outbreak strategy	Beer EM	London Sch Hyg & Trop Med/UK	2019	<i>PLoS Negl Trop Dis</i>	317

聚类#4黄绿色区域涉及人工智能、大数据、深度学习、流行、社交媒体、推特(Twitter)和新冠肺炎(COVID-19)等。随着数字技术的快速发展,学者将大数据、深度学习和人工智能应用至传染病防控等领域,并重点关注COVID-19大流行期间对于其他传染病如猴痘防控的影响。例如,有学者通过对Twitter社交媒体等多源数据的挖掘分析,了解公众对猴痘暴发的反应、发展趋势等情况,并与近期人工智能的热潮紧密结合,发表的论文集中在2022年下半年及以后。可以看到从COVID-19全球大流行开始,利用社交媒体和人工智能来研究传染病的传播和防控已经成为一个热门的研究方向。

聚类#5紫色区域涉及分子对接、分子动力学模拟、虚拟筛选、生物信息学和ADMET(一种药物动力学方法),主要是关于猴痘病毒相关病毒结构蛋白潜在抑制剂筛选方面的机制研究,以研发新药。此部分为基础研究领域的热点话题,由于全球在COVID-19抗病毒药物研发领域的高投入和高回报,会有更多机构把研究重点转移到猴痘等这种再次引发PHEIC的传染病中,以期获得类似COVID-19的研究成果。但随着WHO宣布猴痘作为全球关注公共卫生事件的结束,基础研究的热潮可能也会逐渐淡去。

聚类#6亮蓝色区域涉及医护人员、知识、态度、意识、疫苗接受度等话题,主要涉及医护人员对猴痘流行及猴痘疫苗的态度、意识、知识等方面,随着2022年猴痘暴发,相关组织及人员呼吁对于猴痘这类人兽共患病的防控需要采用全健康视角进行封控策略的制定。研究侧重于人类面对新发传染病威胁时的态度,多属于传染病的健康教育和促进范畴。与COVID-19不同的是进一步强调了通过环境-动物-人相互关联的全健康视角来预防类似猴痘这样的传染病,WHO将猴痘更名为mpox,也是为了澄清猴痘与猴子没有相关性,避免公众的误解和歧视。

通过分析发现猴痘论文关键词聚类区隔并不明显,除聚类#5相对独立外,其他几个聚类混杂均比较明显,提示猴痘领域话题和研究间紧密交错。

讨 论

根据本研究结果,从发文数量来看,猴痘研究

在2022年出现多国流行乃至暴发前并未受到学术界重视,每年发文数量为18~46篇,这种被忽视的热带病在2022年前一直在撒哈拉以南的非洲国家以散发的形式存在,偶尔会输入到非洲之外的国家,几乎没有出现过人传人的现象。虽然人类感染猴痘的病死率远低于天花,但由于其与天花病毒属于同一科,因此仍令人恐惧。同时,作为一种病毒性传染病,猴痘相关的基础研究论文多发表于医学病毒学杂志,而疫苗的研发也占了较多比重。既往散发的报道多见于美国CDC属下的*Morb Mortal Wkly Rep*和*Emerg Infect Dis*两本杂志,而*Front Public Health*多讨论的是猴痘相关的防控政策。然而,自2022年全球多个国家暴发猴痘疫情以来,该领域迅速受到学者的广泛关注,发文数量激增,所有国家的发文数量均超过了2021年前任一年度猴痘相关论文的总和。

从发文的国家和地区分布来看,发文被引较高的多为欧美国家,这与2022年猴痘多国流行的早期多集中于欧美有关。而尼日利亚由于在2017—2018曾经出现过流行,因此其研究的平均被引次数也较高。中国、印度、沙特、巴基斯坦、埃及、巴西、孟加拉国、伊朗、韩国和土耳其等亚洲国家发文数量进入前20名,可见猴痘的流行不但引起了发达国家的重视,也引起了发展中国家的重视,但是这些国家发文的平均被引次数较低,可能与部分研究的质量不高有关。不可否认的是,中国、印度和沙特的发文数跻身前五也间接反映了其参与研究的机构和人员规模日益扩大。以往的文献计量分析研究中并未体现出这个特点^[15]。

从国家社会合作网络来看,不同国家间的合作交流较为频繁,形成了3个合作聚集。美国发表的论文最多,基本处于社会网络图的中心位置,这与以往的文献计量分析结果一致。美国不仅在猴痘研究领域的发文数量远超其他国家,并且一直处于合作研究中的核心地位^[16-17]。分析高产机构发现,美国国家疾控中心、加利福尼亚大学、哈佛大学等机构在猴痘领域产出较高。

从ESI高被引论文来看,除了综述、展望类论文,最早描述2022年多国流行特征的几篇文章都受到了学者重点的关注和引用,高被引论文是2017—2018年关于尼日利亚暴发的描述性文章。这些文献是2022年暴发前学界对于猴痘较为全面的认识

和理解,因此在2022年暴发后作为前期积累的知识被反复引用。而回顾这些相对较早的文献,也可以发现当时科学家们已经预测或已经表示了对猴痘在人类出现流行的担忧。

从研究趋势来看,在2022年猴痘暴发疫情早期,研究多集中于病毒性进化特征、临床特征描述等;2023年后,越来越多的文献开始偏向于新药和疫苗的研发和临床验证的相关研究^[18-22],其中临床特征的研究则集中于特殊人群(如HIV感染未接受治疗的晚期患者等^[23-26]),这些研究结论对于临床实践更具有参考价值,但由于发表时间较短,被引次数还较低,预计随着时间积累会出现高被引论文。关键词聚类分析发现COVID-19是一个重要的关键词节点,凸显了新冠疫情对于猴痘疫情防控的叠加影响,不少研究都认为COVID-19的防控放开可能对猴痘疫情的加速扩散起到了促进作用。而关于流行病学等公共卫生领域的研究,也从描述高危人群、传播链等开始转向准备下一次流行的政策性研究^[27-28]。

本研究纳入文献来自Web of Science核心合集数据库,该数据库是全球最受信赖且独立于出版方的全球引文数据库,被广泛用作文献计量分析研究的数据源,然而它并不能覆盖猴痘领域的所有研究,因此本研究存在一定局限性。

综上所述,本研究借助文献计量分析对2014—2024年猴痘研究文献进行分析,总结了近十年来全球猴痘的流行趋势及研究热点。2022年全球猴痘流行,WHO宣布猴痘为PHEIC,改变了猴痘研究既往不受重视的状况,越来越多的国家、组织和研究者加入猴痘研究。虽然2023年WHO宣布猴痘已经不再是PHEIC,但其造成的热度尚未散去,而且其已超出人兽共患病的范畴,预测今后一段时间猴痘都不会被忽视,也会有越来越多的关于猴痘治疗药物和疫苗相关的高质量的研究论文出现,以更好地回答如何防治这种人类传染病。

作者贡献声明 王新宇 研究设计和指导,论文撰写。侯雪林 数据检索和分析,论文撰写。辛继宾 数据检索和分析指导,论文修改。周晔 数据整理,文献分析。

利益冲突声明 所有作者均声明不存在利益冲突。

参 考 文 献

- [1] 段曰黎,王新宇.猴痘的流行病学及防治进展[J].复旦学报(医学版),2023,50(6):906-910,927.
- [2] 杨慧勤,郑海鹏,陈旭丹,等.广州市猴痘患者临床和实验室特征分析[J].中华传染病杂志,2023,41(11):695-700.
- [3] 田山,黄冰露,郑昕.猴痘病毒的免疫应答特征和防治策略[J].中华传染病杂志,2023,41(4):299-302.
- [4] VAN ECK NJ, WALTMAN L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping [J].*Scientometrics*, 2010, 84(2): 523-538.
- [5] MCCOLLUM AM, DAMON IK. Human monkeypox [J]. *Clin Infect Dis*, 2014, 58(2): 260-267.
- [6] PLOWRIGHT RK, PARRISH CR, MCCALLUM H, et al. Pathways to zoonotic spillover [J]. *Nat Rev Microbiol*, 2017, 15(8): 502-510.
- [7] ALAKUNLE E, MOENS U, NCHINDA G, et al. Monkeypox virus in Nigeria: infection biology, epidemiology, and evolution [J]. *Viruses*, 2020, 12(11): 1257.
- [8] PETERSEN E, KANTELE A, KOOPMANS M, et al. Human monkeypox: epidemiologic and clinical characteristics, diagnosis, and prevention [J]. *Infect Dis Clin North Am*, 2019, 33(4): 1027-1043.
- [9] BEER EM, RAO VB. A systematic review of the epidemiology of human monkeypox outbreaks and implications for outbreak strategy [J]. *PLoS Negl Trop Dis*, 2019, 13(10): e0007791.
- [10] YINKA-OGUNLEYE A, ARUNA O, DALHAT M, et al. Outbreak of human monkeypox in Nigeria in 2017-18: a clinical and epidemiological report [J]. *Lancet Infect Dis*, 2019, 19(8): 872-879.
- [11] THORNHILL JP, BARKATI S, WALMSLEY S, et al. Monkeypox virus infection in humans across 16 countries—April-June 2022 [J]. *New Engl J Med*, 2022, 387(8): 679-691.
- [12] ADLER H, GOULD S, HINE P, et al. Clinical features and management of human monkeypox: a retrospective observational study in the UK [J]. *Lancet Infect Dis*, 2022, 22(8): 1153-1162.
- [13] ISIDRO J, BORGES V, PINTO M, et al. Phylogenomic characterization and signs of microevolution in the 2022 multi-country outbreak of monkeypox virus [J]. *Nat Med*, 2022, 28(8): 1569-1572.
- [14] ANTINORI A, MAZZOTTA V, VITA S, et al. Epidemiological, clinical and virological characteristics of four cases of monkeypox support transmission through sexual contact, Italy, May 2022 [J]. *Euro Surveill*, 2022, 27(22): 2200421.