中图分类号：R95；G353.1　　文献标志码：A　　文章编号：1006－4931（2024）22－0019－08
doi:10.3969/j.issn.1006－4931.2024.22.004

药学基础研究国际合作中我国城市参与度定量测度*

陈　娟[1]，袁　艺[2]，潘黎姿[1]，欧阳昭连[1△]

（1. 中国医学科学院医学信息研究所，北京　100020；　2. 北京大学医学部，北京　100191）

摘要：目的　定量测度我国城市在药学基础研究国际合作中的参与度。**方法**　通过 Web of Science 数据库检索 2021 年 1 月至 2023 年 8 月我国发表的药学基础研究相关论文，提取发文机构及其所在城市，统计发文量排名前列的城市和机构的国际合作论文数量及占比，构建全球合作网络，计算其在国际合作网络中的度、加权度、接近中心性、中介中心性和聚类系数，并采用优劣解距离（TOPSIS）法将上述指标汇总生成综合指标，比较不同城市和机构的重要性。**结果**　北京、上海和广州的国际合作论文数量及 TOPSIS 得分连续 3 年全国排名前 3，其次是南京、杭州、武汉、成都等城市；深圳是我国非港澳台地区国际合作论文占比最高的城市，但缺乏实力相对突出的机构；苏州和西安近几年的 TOPSIS 得分排名逐年提升。浙江大学、复旦大学、首都医科大学、上海交通大学、广州医科大学、北京大学等为国际合作中表现较好的机构。**结论**　我国不同城市在药学研究国际合作中的参与度存在明显差异，以北京、上海、广州、南京、杭州、武汉、成都、深圳等城市表现较突出，苏州和西安也处于上升趋势。

关键词：药学；社会网络分析；国际合作；基础研究；定量测度；参与度

*基金项目：国家自然科学基金［L1924064］；中国医学科学院医学与健康科技创新工程［2021－I2M－1－056］；广东省深圳市生物医学领域科学研究国际合作参与度定量测度项目。

第一作者：陈娟，女，硕士，副研究员，研究方向为医疗器械与药物战略情报，（电子信箱）trudy_chen@163.com。

△通信作者：欧阳昭连，女，博士，研究员，研究方向为医疗器械与药物战略情报，（电子信箱）zoeouyang@163.com。

具备丰富的应用潜力，推动了医疗健康事业的新发展，并将会以更多的创新和突破带来更多的机会和挑战。

参考文献

[1] 程　芳. 药学前沿系列丛书　新药发展史[M]. 广州：中山大学出版社，2022：10.

[2] 刘　蓓，尉　玮，王丽华. 基因编辑新技术研究进展[J]. 亚热带农业研究，2013，9(4)：262－269.

[3] 曹粤锋，沈　倩，陈万勤，等. 中美药品科技创新成果转化平台建设与运营概况分析[J]. 中国药业，2022，31(24)：1－6.

[4] 陈力权，李　谦. ZFNs、TALENs 和 CRISPR－Cas 基因编辑技术在肿瘤治疗中的应用[J]. 药物生物技术，2018，25(6)：537－541.

[5] 张雅玲，王锌和，李构思，等. 新型 DNA 碱基编辑器的研究进展[J]. 华南农业大学学报，2022，43(6)：1－16.

[6] ZHANG CP，XU JC，WU YK，et al. Base Editors－Mediated Gene Therapy in Hematopoietic Stem Cells for Hematologic Diseases[J]. Stem Cell Reviews and Reports，2024，20(6)：1387－1405.

[7] ARNOLD C，WEBSTER P. 11 clinical trials that will shape medicine in 2024[J]. Nature Medicine，2023，29(12)：2964－2968.

[8] 国家发展改革委. 国家发展改革委关于印发《"十四五"生物经济发展规划》的通知[A/OL]. (2021－12－20)[2024－07－10]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022－05/10/content_5689556.htm.

[9] KOMOR AC，KIM YB，PACKER MS，et al. Programmable editing of a target base in genomic DNA without double－stranded DNA cleavage[J]. Nature，2016，533(7603)：420－424.

[10] THURONYI BW，KOBLAN LW，LEVY JM，et al. Continuous evolution of base editors with expanded target compatibility and improved activity[J]. Nat Biotechnol，2019，37(9)：1070－1079.

[11] ZHAO W，ZHAO KT. An exciting time for genome editing：an interview with David R. Liu[J]. Natl Sci Rev，2019，6(3)：452－454.

[12] 张晓辉. 碱基编辑器的优化与应用[D]. 上海：华东师范大学，2020.

[13] 尹树明. 增强型基因编辑技术的开发及其应用[D]. 上海：华东师范大学，2020.

[14] 赵飞燕. 新型腺嘌呤碱基编辑器的开发及 LNP 介导的体内碱基编辑技术的应用[D]. 上海：华东师范大学，2023.

[15] 张　梅. 高效胞嘧啶碱基编辑器的开发及在造血干细胞中的应用研究[D]. 上海：华东师范大学，2021.

[16] HOOPER AJ，TANG XL，BURNETT JR. VERVE－101，a CRISPR base－editing therapy designed to permanently inactivate hepatic PCSK9 and reduce LDL－cholesterol[J]. Expert Opinion on Investigational Drugs，2024，33(8)：753－756.

[17] 国务院. 国务院关于印发"十三五"国家科技创新规划的通知[A/OL]. (2016－08－08)[2024－07－10]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2016－08/08/content_5098072.htm.

[18] 国家知识产权局. 国家知识产权局关于全面推进专利开放许可制度实施工作的通知[A/OL]. (2024－07－16)[2024－07－21]. https://www.cnipa.gov.cn/art/2024/7/16/art_75_193774.html.

（收稿日期：2024－04－30；修回日期：2024－08－26）

Quantitative Measurement of International Collaborative Participation of Chinese Cities in the Basic Research of Pharmacology and Pharmacy

CHEN Juan[1], YUAN Yi[2], PAN Lizi[1], OUYANG Zhaolian[1]

(1. Institute of Medical Information, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing, China 100020; 2. Peking University Health Science Center, Beijing, China 100191)

Abstract: Objective To quantitatively measure the international collaborative participation of Chinese cities in the basic research of pharmacology and pharmacy. **Methods** The pharmacology and pharmacy basic research - related papers published in China from January 2021 to August 2023 were searched by the Web of Science. The information on publishing institutions and cities was extracted, the quantity and proportion of international collaborative papers published by the top cities and institutions in terms of publication quantity were calculated, a global collaborative network was constructed, the degree, weighted degree, closeness centrality, betweenness centrality, and clustering coefficient of these cities and institutions in the international collaborative network were calculated. The technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) method was used to consolidate the above indicators into a comprehensive indicator for comparing the importance of different cities and institutions. **Results** Beijing, Shanghai, and Guangzhou consistently ranked in the top three nationwide for the quantity of international collaborative papers and TOPSIS scores over three consecutive years, followed by Nanjing, Hangzhou, Wuhan, and Chengdu. Shenzhen had the highest proportion of international collaborative papers among Chinese cities except for Hong Kong, Macao, and Taiwan, but lacked the institutions with notably outstanding performance. Suzhou and Xi′an showed a consistent improvement in TOPSIS scores in recent years. Zhejiang University, Fudan University, Capital Medical University, Shanghai Jiao Tong University, Guangzhou Medical University, Peking University were the institutions with relative better international collaborative performance. **Conclusion** There are significant differences in the participation of different cities in international collaboration in pharmacology and pharmacy research in China. Notably, Beijing, Shanghai, Guangzhou, Nanjing, Hangzhou, Wuhan, Chengdu and Shenzhen exhibit prominent performance, while Suzhou and Xi′an are also on the rise.

Key words: pharmacology and pharmacy; social network analysis; international collaboration; basic research; quantitative measurement; participation level

由于单个科学家或研究团队往往缺乏解决复杂研究问题所需全部技能和资源，单个地区或国家的科技水平、研究能力也可能不足以支持一项复杂研究的开展[1]。因此国际合作在各项基础研究中发挥着重要作用。从20世纪80年代至今，随着科学问题愈发复杂，合作成为推动研究进展的必要条件；旅行和通信技术的进步使跨机构和跨国交流更加便捷和经济；人们越来越认识到，具有不同能力、文化和经验的个体之间的合作可以增强团队创造力和个人研究绩效[1-3]。故多重因素推动科学家、研究团队和机构间的合作大幅增加。受地理位置、经济实力、科研基础设施、政策支持、文化等因素的影响，不同城市参与药学基础研究国际合作的程度存在差异[4-5]。定量测度是指采用国际合作论文数量和比例、度、加权度、接近中心性、中介中心性、聚类系数等定量指标进行测度。定量测度不同城市的国际合作参与度有助于了解不同城市在全球科研网络中发挥的作用，帮助政府、科研机构和投资者优化资源配置，促进更多合作，推动科研进展并加速创新。科技论文是基础研究的主要成果之一，已有大量研究基于科技论文构建合作网络，测度国家、机构或个人在合作网络中的参与度[6-7]。本研究中基于近年发表的药学领域科学引文索引（SCI）收录期刊发表的论文（以下简称SCI论文），构建全球各城市间和各机构间的合作网络，并通过社会网络指标对我国典型城市在药学基础研究国际合作中的参与度进行定量测度。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 资料来源

以“WC = PHARMACOLOGY PHARMACY”为检索式，于2023年9月1日在Web of Science数据库中检索2021年1月至2023年8月发表的“article”类药学基础研究SCI论文，下载该批论文的题录信息，从地址字段中提取发文机构和城市信息。

1.2 方法

定量测度我国不同城市（香港及澳门特别行政区均不分城市整体统计。为便于叙述，后文中两地均视为城市）在药学研究国际合作中的参与度，包括城市和机构两个层面的分析，机构层面的分析用于支撑城市层面的分析结果。

城市层面：1）统计我国各城市发表的药学领域SCI论文总量，筛选论文总量排名前20的城市，按年份统计其国际合作论文数量和比例，分析这两个指标随时间的变化趋势，并进行城市间的横向对比。2）按年份对全球发文量前500的城市构建国际合作网络，统计当年发文量前20位的城市在国际合作网络中的度、加权度、接近中心性、中介中心性和聚类系数，并采用优劣解距离（TOPSIS）法[8-9]和熵权法[10]将上述指标汇总成一个综合指标，最后根据综合指标来比较不同城市在国际合作网络中的重要性。

机构层面：1）纳入发文总量排名前30的机构。其余方法和阈值选择与城市层面的分析一致。2）机构的处理涉及分支机构和附属医院，对于不同城市的分支机构未进行合并，对于附属医院的成果，仅当作者地址中明确提及大学时才算作大学成果。

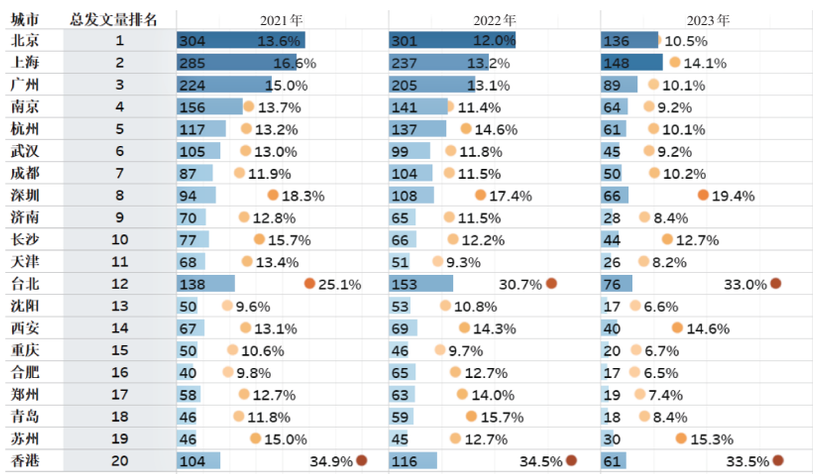
2 结果

2.1 论文概况

共获得药学领域SCI论文139 739篇，其中2021年56 072篇，2022年53 596篇，2023年30 071篇。2021年至2023年，全球发文量前500位城市、机构的论文数量占全球论文总量的比例分别为87.20%，88.09%，86.97%及60.58%，61.49%，62.97%。

2.2 我国主要城市国际合作论文发文概况

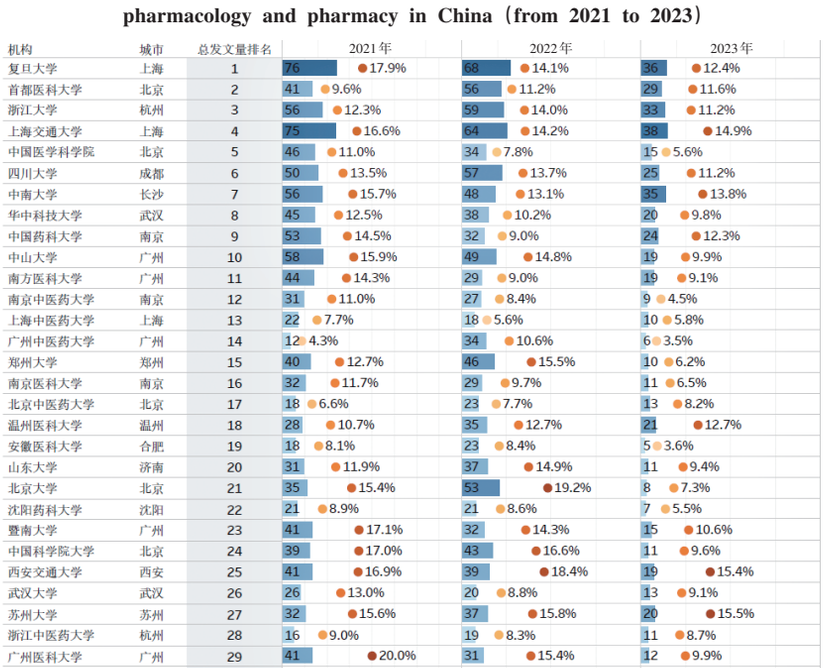
我国药学SCI论文数量排名前20城市国际合作论文数量及比例见图1［2023年非全年数据。柱状图表示国际合作论文数量，圆点表示国际合作论文占比，颜色越深数值越大，图2（我国机构发文情况）同］。在国际合作论文数量方面，2021至2023年，北京、上海、广州持续排名全国前3，且远高于其他城市，其中北京发表的国际合作论文总量最多（741篇）；南京、杭州、武汉、成都和深圳也有较多国际合作论文发表；台北虽然论文总量排名第12，但国际合作论文数量排名第4（367篇）；香港虽然论文总量排名第20，但国际合作论文数量排名第7（281篇）。



城市	总发文量排名	2021年		2022年		2023年	
北京	1	304	13.6%	301	12.0%	136	10.5%
上海	2	285	16.6%	237	13.2%	148	14.1%
广州	3	224	15.0%	205	13.1%	89	10.1%
南京	4	156	13.7%	141	11.4%	64	9.2%
杭州	5	117	13.2%	137	14.6%	61	10.1%
武汉	6	105	13.0%	99	11.8%	45	9.2%
成都	7	87	11.9%	104	11.5%	50	10.2%
深圳	8	94	18.3%	108	17.4%	66	19.4%
济南	9	70	12.8%	65	11.5%	28	8.4%
长沙	10	77	15.7%	66	12.2%	44	12.7%
天津	11	68	13.4%	51	9.3%	26	8.2%
台北	12	138	25.1%	153	30.7%	76	33.0%
沈阳	13	50	9.6%	53	10.8%	17	6.6%
西安	14	67	13.1%	69	14.3%	40	14.6%
重庆	15	50	10.6%	46	9.7%	20	6.7%
合肥	16	40	9.8%	65	12.7%	17	6.5%
郑州	17	58	12.7%	63	14.0%	19	7.4%
青岛	18	46	11.8%	59	15.7%	18	8.4%
苏州	19	46	15.0%	45	12.7%	30	15.3%
香港	20	104	34.9%	116	34.5%	61	33.5%

图1 我国药学SCI论文数量排名前20城市的国际合作论文数量及比例（2021年至2023年）

Fig. 1 Quantity and proportion of international collaborative papers of the top 20 cities in terms of SCI paper quantity in the field of pharmacology and pharmacy in China (from 2021 to 2023)



机构	城市	总发文量排名	2021年		2022年		2023年	
复旦大学	上海	1	76	17.9%	68	14.1%	36	12.4%
首都医科大学	北京	2	41	9.6%	56	11.2%	29	11.6%
浙江大学	杭州	3	56	12.3%	59	14.0%	33	11.2%
上海交通大学	上海	4	75	16.6%	64	14.2%	38	14.9%
中国医学科学院	北京	5	46	11.0%	34	7.8%	15	5.6%
四川大学	成都	6	50	13.5%	57	13.7%	25	11.2%
中南大学	长沙	7	56	15.7%	48	13.1%	35	13.8%
华中科技大学	武汉	8	45	12.5%	38	10.2%	20	9.8%
中国药科大学	南京	9	53	14.5%	32	9.0%	24	12.3%
中山大学	广州	10	58	15.9%	49	14.8%	19	9.9%
南方医科大学	广州	11	44	14.3%	29	9.0%	19	9.1%
南京中医药大学	南京	12	31	11.0%	27	8.4%	9	4.5%
上海中医药大学	上海	13	22	7.7%	18	5.6%	10	5.8%
广州中医药大学	广州	14	12	4.3%	34	10.6%	6	3.5%
郑州大学	郑州	15	40	12.7%	46	15.5%	10	6.2%
南京医科大学	南京	16	32	11.7%	29	9.7%	11	6.5%
北京中医药大学	北京	17	18	6.6%	23	7.7%	13	8.2%
温州医科大学	温州	18	28	10.7%	35	12.7%	21	12.7%
安徽医科大学	合肥	19	18	8.1%	23	8.4%	5	3.6%
山东大学	济南	20	31	11.9%	37	14.9%	11	9.4%
北京大学	北京	21	35	15.4%	53	19.2%	8	7.3%
沈阳药科大学	沈阳	22	21	8.9%	21	8.6%	7	5.5%
暨南大学	广州	23	41	17.1%	32	14.3%	15	10.6%
中国科学院大学	北京	24	39	17.0%	43	16.6%	11	9.6%
西安交通大学	西安	25	41	16.9%	39	18.4%	19	15.4%
武汉大学	武汉	26	26	13.0%	20	8.8%	13	9.1%
苏州大学	苏州	27	32	15.6%	37	15.8%	20	15.5%
浙江中医药大学	杭州	28	16	9.0%	19	8.3%	11	8.7%
广州医科大学	广州	29	41	20.0%	31	15.4%	12	9.9%
成都中医药大学	成都	30	17	10.2%	17	7.4%	12	9.6%

图2 我国药学领域SCI论文数量排名前30机构的国际合作论文数量及比例（2021年至2023年）

Fig. 2 Quantity and proportion of international collaborative papers in the top 30 institutions in terms of SCI paper quantity in the field of pharmacology and pharmacy in China (from 2021 to 2023)

在国际合作论文占比方面，台北和香港明显超过其他城市，基本保持在30%以上；深圳是我国非港澳台地区国际合作论文占比最高的城市，近3年基本保持在18%左右；上海、广州、青岛、苏州、长沙的国际合作论文占比也相对较高，均有不低于15%的年份；其他城市则在6%～<15%范围内略有波动。北京作为论文总量和国际合作论文量最高的城市，在合作论文占比方面稍显逊色，历年均低于深圳和上海。需要警惕的是，多数城市2021年至2023年的国际合作论文占比呈下降趋势。

2.3 我国主要城市在国际合作中的重要性测度

全球药学领域形成了几个稳定的城市合作群，包括以波士顿为代表的美国城市间的合作、以伦敦为代表的欧洲城市间的合作、以利雅得为代表的中东城市间的合作、以东京为代表的日本城市间的合作及以北京为代表的中国城市间的合作。2021年至2023年合作网络图中的主要城市群未发生明显变化。详见图3[其中圆圈颜色代表不同的城市合作群，圆圈面积代表与其他城市的合作次数，面积越大代表该城市开展的合作越多；图4(不同机构科研合作网络)同]。

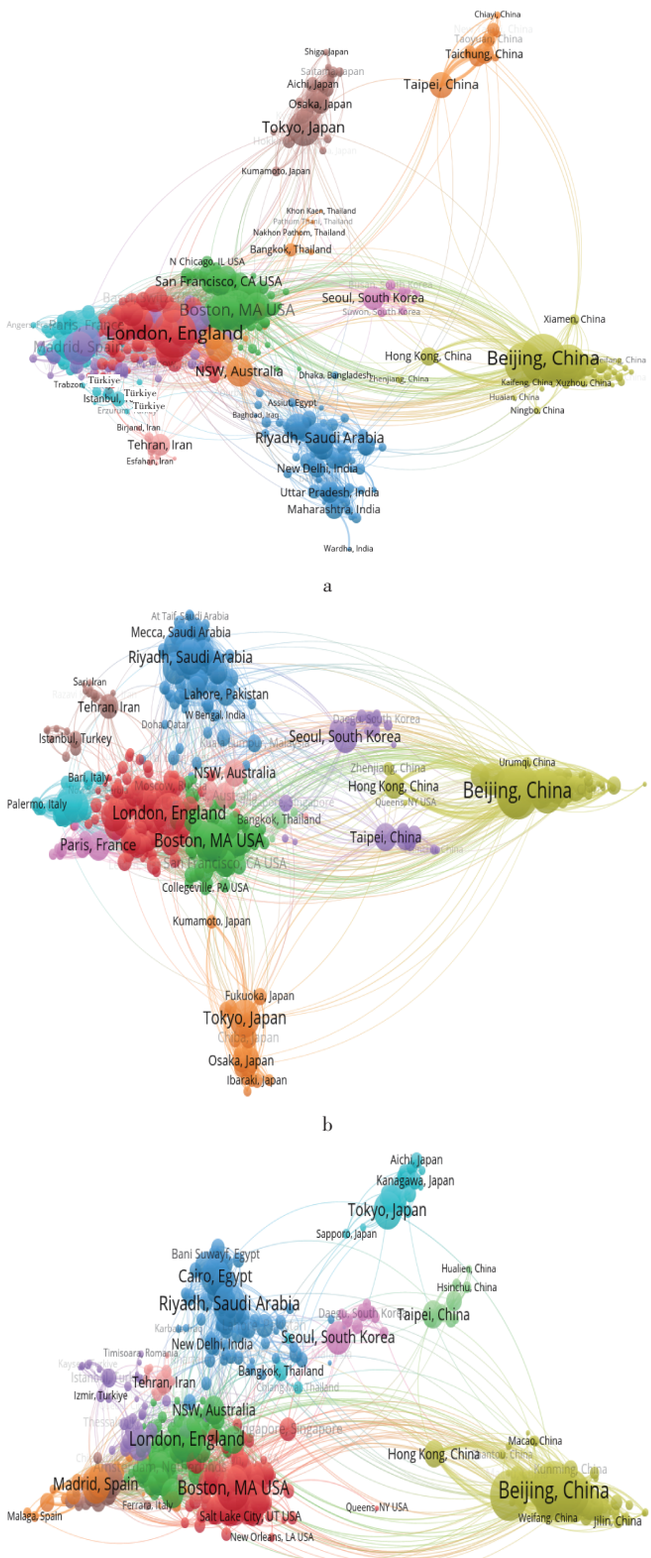
北京、上海、广州、南京、杭州的发文量和TOPSIS综合得分均连续3年在我国排名前5，各指标一直保持领先水平，且与后面的城市拉开较大差距。台北2022年和2023年的发文量排名分别是第13和第17，而TOPSIS综合得分排名分别是第10和第11；香港2022年的发文量排名第20，而TOPSIS综合得分排名第6；深圳在2021年至2023年的发文量排名分别是第11、第8、第9，而TOPSIS综合得分排名分别为第7、第8、第6。值得注意的是，苏州和西安的TOPSIS得分排名持续升高，前者近3年分别排第20、第14、第10，后者分别排第15、第9、第8。详见表1。

2.4 我国领先机构国际合作论文发文概况

我国药学领域SCI论文数量排名前30机构的国际合作论文数量及比例见图2。

在国际合作论文数量方面，复旦大学和上海交通大学持续居于前两位。国际合作论文数量领先的其他机构，2021年还包括中山大学、浙江大学、中南大学，2022年还包括浙江大学、四川大学、首都医科大学，2023年还包括中南大学、浙江大学、首都医科大学。

在国际合作论文占比方面，领先机构2021年至2023年的国际合作论文占比有下降趋势，2021年多达9家机构的国际合作论文占比超过15%，2022年和2023年则分别仅有5家和2家。西安交通大学和苏州大学近

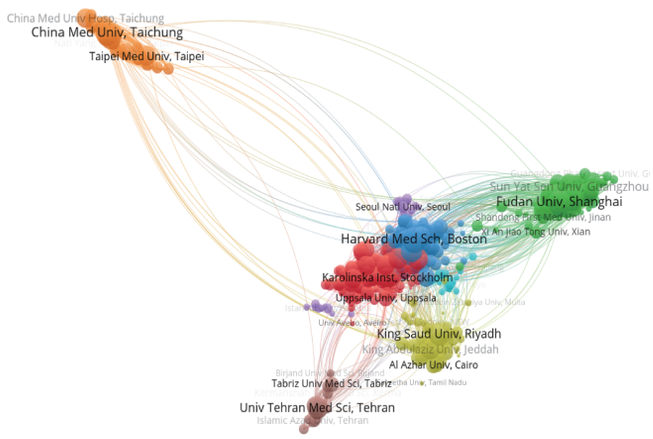


a. 2021年 b. 2022年 c. 2023年

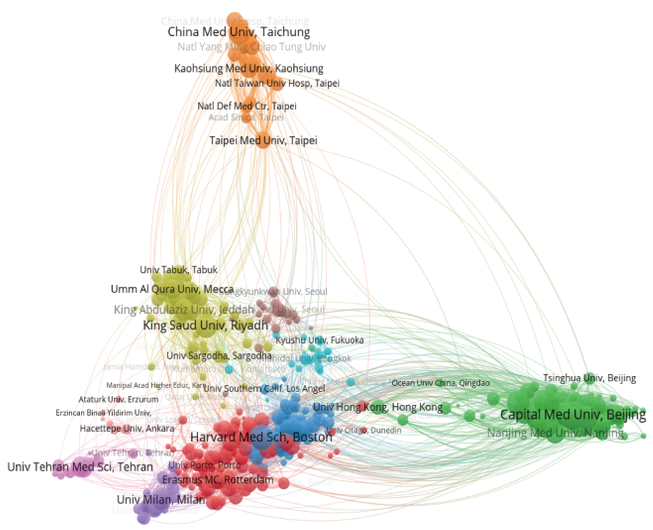
图3 药学领域SCI论文的全球城市间科研合作网络(2021年至2023年)

a. 2021 b. 2022 c. 2023

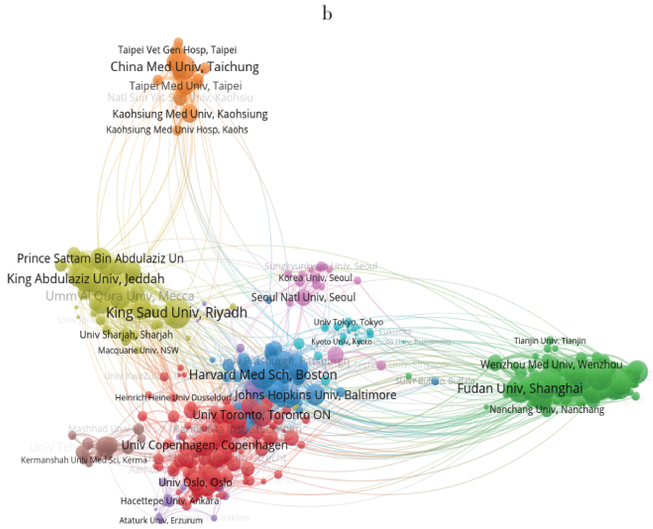
Fig. 3 Global intercity research collaboration network for SCI papers in the field of pharmacology and pharmacy (from 2021 to 2023)



a



b



c

a. 2021 年　b. 2022 年　c. 2023 年

图 4　药学领域 SCI 论文的全球机构间科研合作网络（2021 年至 2023 年）

a. 2021　b. 2022　c. 2023

Fig. 4　Global institutional research collaboration network for SCI papers in the field of pharmacology and pharmacy (from 2021 to 2023)

3 年的国际合作论文占比均超过 15%。此外，复旦大学、上海交通大学、暨南大学、广州医科大学、北京大学、郑州大学也在部分年份处于领先水平。值得注意的是，以广州医科大学、西安交通大学、北京大学、苏州大学为代表的部分机构虽然总发文量不高，但国际合作论文占比较高，提示其国际合作积极性较强。

2.5　我国领先机构在国际合作中的重要性测度

全球药学领域形成了几个稳定的机构合作群，包括以复旦大学为代表的中国大陆机构间的合作、以中国医药大学为代表的中国台湾机构间的合作、以哈佛大学医学院为代表的美国机构间的合作、以沙特国王大学为代表的中东机构间的合作、以哥本哈根大学为代表的欧洲机构间的合作。详见图 4。

2021 年，TOPSIS 得分排名前 5 的机构分别是上海交通大学、复旦大学、首都医科大学、中南大学，以及浙江大学和中国医学科学院（并列）。除中南大学和中国医学科学院外，其余 4 所机构在 2022 年和 2023 年持续居于前 4，四川大学进入前 5。浙江大学的 TOPSIS 综合得分 2022 年和 2023 年均排名第一。部分机构虽然发文量较低，但 TOPSIS 得分排名靠前，如 2022 年的北京大学（第 7 名）和郑州大学（第 9 名），另一些机构则恰好相反，如 2021 年和 2022 年的中国药科大学。详见表 2。

3　讨论

北京、上海、广州在我国药学基础研究国际合作中重要性最高，南京和杭州也位于全国前列。这些城市有一个共同点，即作为国内高等教育项目的重点实施地区，高校数量多，人才资源、教育经费及科研环境优越；且作为中国少有的特大和大型城市，在政治、经济、交通及国际化水平层面均处于国内领先水平，其在开展国际合作和深化科研创新方面有着较大优势。浙江大学、复旦大学、首都医科大学、上海交通大学、广州医科大学、北京大学等在国际合作中表现较好的机构多来自上述几个城市。浙江大学和复旦大学在众多机构中表现最为显眼，前者的 TOPSIS 得分在 2022 年和 2023 年均排名第 1，其药学学科在全国第五轮学科评估中以各项指标均为“显著”的成绩入选教育部“双一流”学科建设名单；后者无论是总发文量、国际合作论文发文比例还是 TOPSIS 综合得分均处于领先水平，其在纳米药物研发[11]、药物递送策略[12]等方面产出较多高被引论文。北京大学在药学领域的发文量排名相对靠后，仅在 2022 年进入前 20 名，但其国际合作论文占比相对较高，尤其是 2022 年居全国首位，且

表1 我国发文量排名前20的城市在药学领域SCI论文合作中的重要性评估指标

Tab. 1 Evaluation indicators of the importance of top 20 cities with larger quantity of publications in China in SCI paper collaboration in the field of pharmacology and pharmacy

年份	城市	发文量（篇）	度	加权度	接近中心性	中介中心性	聚类系数	TOPSIS得分（分）	合作排名
2021	北京	2 229	260	2 476	0.674	0.018	0.294	0.993	1
	上海	1 713	257	1 917	0.671	0.017	0.290	0.831	2
	广州	1 489	204	1 717	0.627	0.009	0.322	0.611	3
	南京	1 137	149	1 135	0.587	0.006	0.334	0.391	4
	杭州	888	144	849	0.583	0.005	0.342	0.316	5
	武汉	805	143	774	0.582	0.004	0.357	0.280	6
	成都	731	128	713	0.573	0.003	0.367	0.234	8
	台北	549	136	894	0.578	0.003	0.399	0.224	9
	济南	548	124	613	0.570	0.004	0.365	0.209	10
	沈阳	522	102	516	0.556	0.002	0.424	0.102	19
	深圳	515	127	860	0.572	0.004	0.354	0.243	7
	西安	511	104	485	0.558	0.002	0.392	0.130	15
	天津	507	115	577	0.563	0.002	0.397	0.148	13
	长沙	491	128	546	0.572	0.003	0.406	0.163	11
	重庆	472	106	457	0.558	0.002	0.384	0.138	14
	郑州	455	109	542	0.560	0.003	0.370	0.163	12
	合肥	409	97	392	0.553	0.002	0.391	0.107	18
	青岛	391	105	466	0.557	0.002	0.401	0.111	17
	台中	334	70	616	0.537	0.001	0.376	0.118	16
	苏州	307	87	368	0.546	0.001	0.440	0.037	20
2022	北京	2 506	283	2 956	0.696	0.024	0.264	1.000	1
	上海	1 802	233	1 996	0.650	0.014	0.284	0.666	2
	广州	1 560	194	1 794	0.618	0.010	0.304	0.521	3
	南京	1 233	171	1 272	0.601	0.007	0.310	0.388	5
	杭州	938	225	1 085	0.644	0.012	0.316	0.470	4
	成都	904	195	911	0.619	0.008	0.363	0.341	7
	武汉	837	128	752	0.572	0.003	0.365	0.184	11
	深圳	622	162	1 042	0.595	0.007	0.309	0.315	8
	济南	567	100	644	0.554	0.002	0.419	0.062	16
	天津	546	106	628	0.558	0.002	0.395	0.084	15
	长沙	539	109	581	0.560	0.002	0.424	0.062	17
	合肥	511	102	479	0.555	0.002	0.415	0.045	19
	台北	498	149	837	0.586	0.004	0.353	0.212	10
	沈阳	492	96	443	0.550	0.002	0.418	0.033	20
	西安	481	194	612	0.618	0.008	0.358	0.306	9
	重庆	473	99	521	0.550	0.002	0.401	0.054	18
	郑州	450	115	526	0.565	0.003	0.348	0.153	13
	青岛	375	120	478	0.566	0.004	0.335	0.172	12
	苏州	354	121	534	0.566	0.003	0.356	0.142	14
	香港	336	223	689	0.642	0.010	0.327	0.387	6
2023	北京	1 292	200	1 445	0.621	0.031	0.205	1.000	1
	上海	1 049	199	1 114	0.621	0.030	0.206	0.852	2
	广州	884	142	985	0.579	0.012	0.259	0.569	3
	南京	696	130	719	0.572	0.011	0.244	0.467	4
	杭州	606	123	619	0.564	0.010	0.260	0.405	5
	成都	488	114	462	0.558	0.007	0.281	0.325	7
	武汉	487	95	366	0.547	0.005	0.327	0.245	9
	长沙	347	87	341	0.536	0.003	0.357	0.171	13
	深圳	341	126	609	0.568	0.008	0.273	0.357	6
	济南	333	91	355	0.544	0.004	0.339	0.201	12
	天津	318	85	379	0.540	0.003	0.369	0.168	14
	重庆	298	66	272	0.516	0.001	0.471	0.052	18
	西安	274	104	295	0.555	0.007	0.278	0.265	8
	合肥	261	69	217	0.530	0.002	0.424	0.077	16
	沈阳	256	71	244	0.520	0.002	0.402	0.082	15
	郑州	256	62	249	0.518	0.001	0.449	0.040	20
	台北	230	84	379	0.543	0.005	0.283	0.219	11
	青岛	215	66	245	0.522	0.002	0.411	0.069	17
	南昌	198	62	191	0.519	0.002	0.426	0.048	19
	苏州	196	105	327	0.554	0.006	0.300	0.244	10

其当年的TOPSIS总分也居前列，反映出其在发文量相对不多的情况下依然具有较高的国际合作参与度。需注意，2021年呈2023年位于南京的中国药科大学的国际合作重要性排名始终落后于其发文量排名（2023年其两排名相对持平），这意味着其国际合作参与度低于其他同等发文量的机构。

深圳虽然总发文量不突出，但国际合作论文占比在我国非港澳台地区排首位，国际合作TOPSIS得分也处于较高水平。深圳作为我国对外开放重点城市之一，在国际经济合作和国际贸易方面均处于我国领先地位，具有良好开展国际合作背景和条件。近年来，深圳高度重视教育改革、人才引进，建立了北京大学深圳研究生院、清华大学深圳研究生院、香港中文大学深圳校区等高校分校系统，充分扩充了其科研人才储备容量，在纳米药物研发[13-14]和药物递送[15-17]方面高被引论文产出较多。但深圳缺乏在药学领域研究实力相对突出的机构，近3年均无一家机构的发文量进入全国前列。

我国香港及台北两地的情况与深圳类似，虽发文量不突出，但国际合作论文占比远高于国内其他城市。香港作为国际金融中心和国际交通枢纽，拥有我国丰富的对外合作条件，当地教育国际化程度较高且

表 2 我国发文量排 20 位机构在全球药学领域科研合作中的重要性

Tab. 2 Importance of top 20 institutions with larger quantity of publications in China in global research collaboration in the field of pharmacology and pharmacy

年份	机构	城市	发文量（篇）	度	加权度	接近中心性	中介中心性	聚类系数	TOPSIS得分(分)	合作排名
2021	浙江大学	杭州	457	100	323	0.546	0.006	0.299	0.612	5
	上海交通大学	上海	452	132	442	0.570	0.014	0.240	0.944	1
	首都医科大学	北京	429	125	416	0.557	0.011	0.255	0.827	3
	复旦大学	上海	425	134	492	0.570	0.013	0.246	0.909	2
	中国医学科学院	北京	418	106	340	0.545	0.006	0.290	0.612	5
	四川大学	成都	370	112	282	0.554	0.008	0.306	0.590	7
	中国药科大学	南京	366	85	279	0.528	0.004	0.327	0.409	12
	中山大学	广州	365	105	401	0.545	0.005	0.303	0.556	9
	华中科技大学	武汉	360	110	287	0.551	0.007	0.303	0.557	8
	中南大学	长沙	357	127	288	0.561	0.009	0.286	0.646	4
	郑州大学	郑州	314	98	233	0.542	0.007	0.306	0.443	11
	南方医科大学	广州	308	102	300	0.548	0.008	0.262	0.519	10
	上海中医药大学	上海	285	69	219	0.512	0.002	0.328	0.214	17
	南京中医药大学	南京	282	66	239	0.512	0.002	0.366	0.184	18
	广州中医药大学	广州	281	79	260	0.524	0.003	0.347	0.266	14
	北京中医药大学	北京	274	68	270	0.504	0.001	0.407	0.169	19
	南京医科大学	南京	273	69	244	0.520	0.003	0.324	0.243	15
	山东大学	济南	261	86	206	0.535	0.006	0.293	0.345	13
	温州医科大学	温州	261	57	136	0.499	0.002	0.372	0.077	20
	西安交通大学	西安	243	73	132	0.521	0.004	0.303	0.231	16
2022	首都医科大学	北京	501	135	537	0.566	0.013	0.270	0.777	2
	复旦大学	上海	483	134	521	0.568	0.013	0.277	0.773	3
	上海交通大学	上海	452	131	506	0.565	0.015	0.257	0.772	4
	中国医学科学院	北京	434	121	404	0.557	0.010	0.298	0.601	6
	浙江大学	杭州	421	154	413	0.589	0.021	0.252	0.805	1
	四川大学	成都	417	137	382	0.577	0.016	0.268	0.727	5
	华中科技大学	武汉	373	112	307	0.551	0.009	0.324	0.454	10
	中南大学	长沙	367	106	320	0.544	0.005	0.344	0.382	11
	中国药科大学	南京	354	88	257	0.523	0.004	0.334	0.284	15
	中山大学	广州	331	112	386	0.557	0.010	0.294	0.491	8
	南方医科大学	广州	324	94	290	0.542	0.005	0.324	0.326	12
	广州中医药大学	广州	321	88	301	0.531	0.004	0.328	0.289	14
	南京中医药大学	南京	320	74	291	0.502	0.002	0.367	0.177	16
	上海中医药大学	上海	320	72	247	0.504	0.002	0.404	0.118	17
	北京中医药大学	北京	299	72	268	0.506	0.002	0.415	0.101	18
	南京医科大学	南京	299	94	320	0.534	0.005	0.331	0.301	13
	郑州大学	郑州	296	114	290	0.555	0.012	0.279	0.461	9
	北京大学	北京	276	130	369	0.568	0.012	0.281	0.510	7
	温州医科大学	温州	276	66	196	0.498	0.002	0.417	0.010	20
	安徽医科大学	合肥	275	75	194	0.512	0.002	0.421	0.066	19
2023	浙江大学	杭州	295	101	264	0.526	0.023	0.207	0.998	1
	复旦大学	上海	291	97	265	0.509	0.019	0.235	0.862	2
	中国医学科学院	北京	267	83	251	0.473	0.006	0.307	0.534	7
	上海交通大学	上海	255	88	253	0.513	0.014	0.258	0.721	4
	中南大学	长沙	254	83	173	0.500	0.010	0.288	0.591	6
	首都医科大学	北京	251	95	232	0.525	0.019	0.229	0.820	3
	四川大学	成都	223	87	188	0.518	0.017	0.214	0.711	5
	南方医科大学	广州	209	81	208	0.491	0.009	0.263	0.519	8
	华中科技大学	武汉	205	69	159	0.498	0.010	0.248	0.513	9
	南京中医药大学	南京	202	62	200	0.442	0.003	0.321	0.311	13
	中国药科大学	南京	195	71	165	0.484	0.008	0.258	0.442	10
	中山大学	广州	191	70	206	0.488	0.006	0.308	0.420	11
	广州中医药大学	广州	173	71	167	0.489	0.008	0.284	0.406	12
	上海中医药大学	上海	171	61	122	0.465	0.006	0.284	0.293	14
	南京医科大学	南京	169	62	201	0.461	0.003	0.391	0.265	17
	温州医科大学	温州	165	57	110	0.455	0.004	0.338	0.191	19
	郑州大学	郑州	161	65	132	0.468	0.004	0.351	0.237	18
	北京中医药大学	北京	159	52	138	0.456	0.004	0.257	0.273	16
	武汉大学	武汉	143	37	69	0.441	0.002	0.344	0.079	20
	暨南大学	广州	141	67	158	0.471	0.004	0.307	0.282	15

拥有香港大学、香港中文大学等丰富的高校资源，在药物递送和药物释放控制方面高被引论文产出较多[17-18]。台北是台湾地区经济发达的城市之一，拥有众多高校，近几年在抗肿瘤药物方面拥有较多的高引论文[19-20]。

值得肯定的是，苏州和西安虽然论文产出量不多，但其TOPSIS得分排名逐年提升，在全球国际合作网络中的重要性越来越高。两地的领先科研机构苏州大学和西安交通大学近3年的国际合作论文占比均持续超过15%，在众多机构中处于领先水平，反映出其具有较强的国际合作参与度。苏州大学在纳米药物、纳米疫苗等方向参与较多研究[21-22]；西安交通大学在抗菌生物材料、放射增敏剂、新型抗体药物等方向参与较多研究[23-25]。需要注意的是，不管是城市层面的分析还是机构层面的分析均显示，我国近3年的国际合作论文占比呈下降趋势，可能是受疫情和国际形势影响所致。对于该现象，我国科研机构应引起重视，采取一定措施鼓励科研人员加强国际合作。

本研究中采用文献计量学和社会网络分析法测度我国不同城市及科研机构在药学研究国际合作中的重要性，存在如下局限性。首先，本研究中仅纳入Web of Science数据库收录的科技论文，未涵盖其他数据源和

其他类型的科研产出(如专著、专利等),可能无法全面反应合作态势;其次,该数据库是按期刊进行分类的,故采取的检索方式可能导致部分未发表“PHARMACOLOGY PHARMACY”类别期刊上的药学相关论文被排除在外。考虑到本研究中数据量超13万篇,本研究的分析结果可以从一定程度上克服上述局限性,未来可纳入专利申请、合作会议、合作临床试验、共同撰写指南等不同数据源,以获得更加全面的数据。

参考文献

[1] ARMENTERAS D. Guidelines for healthy global scientific collaborations[J]. Nature Ecology & Evolution, 2021, 5(9): 1193-1194.
[2] SHEN H, XIE J, LI J, et al. The correlation between scientific collaboration and citation count at the paper level: a meta-analysis[J]. Scientometrics, 2021, 126(4): 3443-3470.
[3] LU W, REN Y, HUANG Y, et al. Scientific collaboration and career stages: An ego-centric perspective[J]. Journal of Informetrics, 2021, 15(4): 101207.
[4] 李芙蓉,郝海平,丁佐奇.基于文献计量学的药学领域国家重点实验室评价[J].南京中医药大学学报(社会科学版),2021,22(1):61-68.
[5] 阿丽塔,武志昂.基于文献计量的中国药学领域国际科技合作演变研究[J].科学管理研究,2017,35(3):117-120.
[6] LI Y, LI H, LIU N, et al. Important institutions of interinstitutional scientific collaboration networks in materials science[J]. Scientometrics, 2018, 117(1): 85-103.
[7] CAI X, FRY C, WAGNER CS. International collaboration during the COVID-19 crisis: autumn 2020 developments[J]. Scientometrics, 2021, 126(4): 3683-3692.
[8] SHIH H, SHYUR H, LEE ES. An extension of TOPSIS for group decision making[J]. Mathematical and Computer Modelling, 2007, 45(7-8): 801-813.
[9] CHEN CT. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000, 114(1): 1-9.
[10] ZOU ZH, YUN Y, SUN JN. Entropy method for determination of weight of evaluating indicators in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment[J]. Journal of Environmental Sciences, 2006, 18(5): 1020-1023.
[11] KIM J, LI S, ZHANG S, et al. Plant-derived exosome-like nanoparticles and their therapeutic activities[J]. Asian Journal of Pharmaceutical Sciences, 2022, 17(1): 53-69.
[12] HAN L, JIANG C. Evolution of blood-brain barrier in brain diseases and related systemic nanoscale brain-targeting drug delivery strategies[J]. Acta Pharmaceutica Sinica B, 2021, 11(8): 2306-2325.
[13] ZHANG L, LIU Y, HUANG H, et al. Multifunctional nanotheranostics for near infrared optical imaging-guided treatment of brain tumors[J]. Advanced Drug Delivery Reviews, 2022, 190: 114536.
[14] SU ZW, DONG SW, ZHAO SC, et al. Novel nanomedicines to overcome cancer multidrug resistance[J]. Drug Resistance Updates, 2021, 58: 100777.
[15] OBIREDDY SR, LAI W. Preparation and characterization of 2-hydroxyethyl starch microparticles for co-delivery of multiple bioactive agents[J]. Drug Delivery, 2021, 28(1): 1562-1568.
[16] LAI W, HUANG E, LUI K. Alginate-based complex fibers with the Janus morphology for controlled release of co-delivered drugs[J]. Asian Journal of Pharmaceutical Sciences, 2021, 16(1): 77-85.
[17] LAI W, GUI D, WONG M, et al. A self-indicating cellulose-based gel with tunable performance for bioactive agent delivery[J]. Journal of Drug Delivery Science and Technology, 2021, 63(1): 102428.
[18] LAI W, WONG W. Property-Tuneable Microgels Fabricated by Using Flow-Focusing Microfluidic Geometry for Bioactive Agent Delivery[J]. Pharmaceutics, 2021, 13(6): 787.
[19] KORUPALLI C, YOU K, GETACHEW G, et al. Engineering the Surface of Ti_3C_2 MXene Nanosheets for High Stability and Multimodal Anticancer Therapy[J]. Pharmaceutics, 2022, 14(2): 304.
[20] NGAN VTT, CHIOU P, ILHAMI FB, et al. A CO_2-Responsive Imidazole-Functionalized Fluorescent Material Mediates Cancer Chemotherapy[J]. Pharmaceutics, 2023, 15(2): 354.
[21] HAN L, JIANG C. Evolution of blood-brain barrier in brain diseases and related systemic nanoscale brain-targeting drug delivery strategies[J]. Acta Pharmaceutica Sinica B, 2021, 11(8): 2306-2325.
[22] MENG Z, ZHANG Y, ZHOU X, et al. Nanovaccines with cell-derived components for cancer immunotherapy[J]. Advanced Drug Delivery Reviews, 2022, 182: 114107.
[23] SHI F, LIU Y, ZHOU X, et al. Disitamab vedotin: a novel antibody-drug conjugates for cancer therapy[J]. Drug Delivery, 2022, 29(1): 1335-1344.
[24] GONG LY, ZHANG YJ, LIU CC, et al. Application of Radiosensitizers in Cancer Radiotherapy[J]. International Journal of Nanomedicine, 2021, 16: 1083-1102.
[25] LIANG Y, LIANG Y, ZHANG H, et al. Antibacterial biomaterials for skin wound dressing[J]. Asian Journal of Pharmaceutical Sciences, 2022, 17(3): 353-384.

(收稿日期:2023-11-16;修回日期:2024-05-19)