

基于电子病历的临床决策支持研究可视化分析*

黄济成¹ 胡德华¹ 郑懿¹ 吴旭生² 段永恒² 刘建炜¹

(¹ 中南大学生命科学学院 长沙 410013 ² 深圳市卫生健康发展研究和数据管理中心 深圳 518028)

[摘要] **目的/意义** 探讨基于电子病历的临床决策支持领域研究现状、研究热点与前沿。**方法/过程** 基于文献计量方法,运用 CiteSpace 6.2. R2 软件绘制国家/地区分布、作者合作、机构合作、关键词共现和聚类科学知识图谱进行可视化分析,通过 Python 进行聚类热度挖掘与分析。**结果/结论** 基于电子病历数据的临床决策支持领域呈现快速发展态势,美国、中国为主要研究国家,国内外机构之间存在较强合作关系,关键词主要涉及电子病历、人工智能等。

[关键词] 电子病历;临床决策支持;知识图谱;Python;可视化分析

[中图分类号] R-058 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.3969/j.issn.1673-6036.2024.06.008

Visualization Analysis of Clinical Decision Support Research Based on Electronic Medical Records

HUANG Jicheng¹, HU Dehua¹, ZHENG Yi¹, WU Xusheng², DUAN Yongheng², LIU Jianwei¹

¹ School of Life Sciences, Central South University, Changsha 410013, China; ² Shenzhen Health Development Research and Data Management Center, Shenzhen 518028, China

[Abstract] **Purpose/Significance** To explore the research status, research hotspots and frontiers in the field of clinical decision support based on electronic medical records (EMR). **Method/Process** The bibliometric method and CiteSpace 6.2. R2 software are used to draw scientific knowledge graph of country/region distribution, author cooperation, institutional cooperation, keyword co-occurrence and clustering for visualized comparative analysis. Python is used for clustering hotspot mining and analysis. **Result/Conclusion** The field of clinical decision support based on EMR data shows a rapid development trend, with the United States and China as the main research countries and strong cooperation between domestic and foreign institutions. The keywords mainly involve EMR, artificial intelligence (AI), etc.

[Keywords] electronic medical records; clinical decision support; knowledge map; Python; visualization analysis

1 引言

自医疗数字信息技术高速发展以来,越来越多医院建立以电子病历为基础的临床决策支持系统,获得良好实践效果^[1]。电子病历是将患者从诊断到治疗阶段全过程信息以电子化方式进行记录,包括患者人口统计学信息、诊断记录、用药和实验室检

[修回日期] 2023-10-30

[作者简介] 黄济成,硕士研究生;通信作者:刘建炜,副教授,硕士生导师。

[基金项目] 湖南省重点领域研发项目(项目编号:2021WK2003);深圳市卫生健康发展研究和数据管理中心项目(项目编号:HF202300145)。

查等,已成为最有价值的数据库资源^[2]。对其应用不应仅局限于记录、储存、传递医学信息,而应进行二次挖掘,为医护人员提供必要的信息支持,协助医护人员作出快速、科学、有效的临床决策^[3]。基于这种需求,智能化电子病历辅助临床决策支持研究成为新热点。

梳理目前电子病历研究相关文献,国内研究方法以文本内容主观分析与总结居多,极少从宏观角度去梳理电子病历辅助临床决策的相关文献并做文献计量分析。为了更好地把握该领域的前沿动态,本文运用 CiteSpace 6.2. R2 分析国内外文献,绘制科学知识图谱进行可视化分析,整体探究国内外基于电子病历的临床决策支持应用研究热点和发展趋势,以期对相关研究提供参考。

2 数据来源与研究工具

2.1 数据来源

以中国知网和 Web of Science (WoS) 核心集为数据来源。中国知网主要用于国内文献检索,2023年5月9日以(主题1 = “电子病历” + “电子病案” + “计算机化的患者记录” + “基于计算机的患者记录” + “门诊电子病历” + “电子健康记录” + “电子医疗记录”) AND (主题2 = “临床决策支持” + “临床决策支持系统” + “临床决策” + “决策支持系统” + “医疗决策支持” + “临床指南” + “临床路径”)为检索式进行高级检索,检索语言限定为中文,选择学术期刊和学位论文,时间为2002—2022年,共检索到620篇文献。经过浏览标题和摘要,排除与研究主题不相关的文章,最后纳入280篇相关文献。WoS核心集主要用于英文文献检索,2023年5月9日以 Topic = (“electronic medical record” OR “electronic health record” OR “EMR” OR “EHR”) AND Topic = (“clinical decision support” OR “clinical decision - making support” OR “decision support” OR “CDS”) AND PY = (2002—2022) 为检索式进行高级检索,文献类型选择 Article,共检索到908篇文献。通过浏览标题和摘要等,剔除不相关文献,最后纳入436篇相关文献。

2.2 研究工具

采用 Chen C M 等^[4]研发的计量学软件 CiteSpace 6.2. R2,对当前学科领域研究现状、研究热点和未来发展趋势等进行可视化分析;使用 Python 编程语言进行聚类主题热度趋势分析。

3 国内外研究现状分析

3.1 年发文量分析(图1)

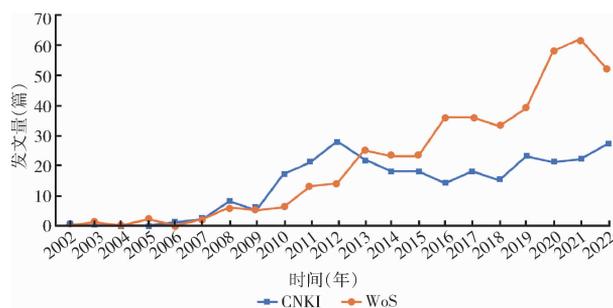


图1 2002—2022年发文量变化趋势

中文文献整体呈波动趋势,英文文献总体呈上升态势。电子病历辅助临床决策研究的发文量快速增长主要有以下几方面原因。一是电子病历的普及和标准化。国家卫生健康委员会发布电子病历等级评审政策,电子病历信息化建设程度成为医院考核指标之一,越来越多的医院实施了电子病历系统,为临床决策支持提供了基础。2009年美国医改的重要组成部分《卫生信息技术促进经济和临床健康法案》颁布,电子病历模块使用率由12%提升至95%^[5]。二是临床需求和挑战的增加。随着医学知识的不断积累和更新,临床医生面临越来越多的诊断和治疗选择,给临床决策带来巨大的压力和挑战。电子病历辅助临床决策支持可以帮助医生快速获取最新的医学证据,提高诊疗质量和效率。

3.2 国家/地区合作分析

基于 CiteSpace 对英文文献进行国家/地区合作网络图谱分析,见图2。发文量排名前5位的国家/

地区，见表 1。

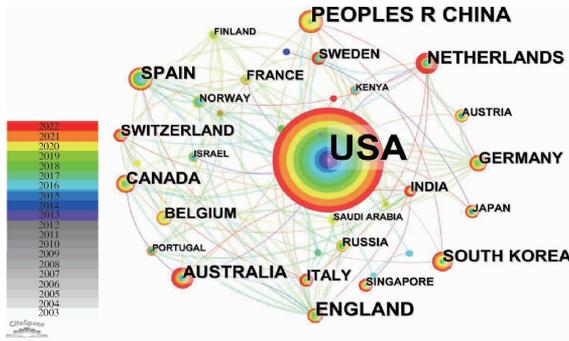


图 2 基于电子病历的临床决策支持应用的国家/地区合作图谱

表 1 基于电子病历的临床决策支持领域发文量前 5 位的国家/地区

序号	国家/地区	发文量 (篇)	中心度	时间 (年)
1	美国	324	0.94	2003
2	英国	18	0.20	2011
3	中国	17	0.04	2016
4	西班牙	14	0.23	2013
5	澳大利亚	13	0.07	2013

电子病历辅助临床决策支持领域的研究成果主要集中于美国，占总发文量的 74.31%。中心度代表节点的重要程度，其值越大表明越重要^[6]，说明美国、西班牙、英国在该领域具有重大的影响力。年份代表国家/地区首次在该领域发表研究成果的时间，可见美国是最早关注该领域的国家。我国电子病历辅助临床决策研究始于 2016 年，且中心度较低，但发文量居第 3 位，表明虽然起步晚，但近年来研究活跃度较高。

3.3 国内外研究机构合作分析

基于 CiteSpace 对中英文文献进行机构合作网络图谱分析，见图 3。统计发文量排名前 5 位的国内外机构，见表 2—3。国内研究机构合作网络密度小，总体比较松散。从合作发文情况看，同一学校的附属机构之间有较多合作，如上海交通大学附属第六人民医院与上海交通大学医学院、中南大学湘雅医学院与中南大学湘雅医院；少数同一行政区域

内或不同行政区之间机构有合作，如北京大学医学部与北京交通大学。从研究机构分布看，国内基于电子病历的临床决策支持研究的主要机构以知名高校（浙江大学、上海交通大学等）、信息研究中心（中国医学科学院医学信息研究所、山东省医学科学院基础医学研究所等）、国内高校的附属医院（中南大学湘雅医院、上海交通大学附属第六人民医院等）为主。



图 3 国内外机构合作图谱

表 2 国内发文量前 5 位的机构

序号	研究机构	发文量 (篇)
1	浙江大学	21
2	上海交通大学附属第六人民医院	12
3	解放军总医院	6
4	中南大学湘雅医学院	5
5	中国医科大学附属盛京医院	5

表 3 国外发文量前 5 位的机构

序号	研究机构	发文量 (篇)
1	哈佛大学	64
2	布莱根妇女医院	43
3	宾夕法尼亚大学	33
4	加利福尼亚大学系统	32
5	美国联盟医疗体系	26

相比之下，国外研究机构合作网络之间结构更为紧密，机构之间合作关系相对复杂。从合作发文情况看，国外研究机构之间，不仅高等院校之间合作紧密，如哈佛大学和斯坦福大学之间；

同时高校与医院之间的合作也十分频繁，如布莱根妇女医院和哈佛大学医学院等。国内外高校和附属医院成为主要研究中心，是因为知名高校和附属医院通常拥有较强的科研实力和经费支持，能够吸引和培养优秀人才，形成良好的学术氛围和创新文化；且拥有较大规模和高质量的电子病历数据，能够为临床决策支持提供丰富和可靠的数据源。



图 4 中文文献关键词共现图谱

4 国内外研究热点和趋势分析

4.1 关键词共现分析

基于 CiteSpace 绘出关键词共现图谱，见图 4—5，将近义词合并为同一关键词，统计文献中出现频次前 10 位的关键词，见表 4。

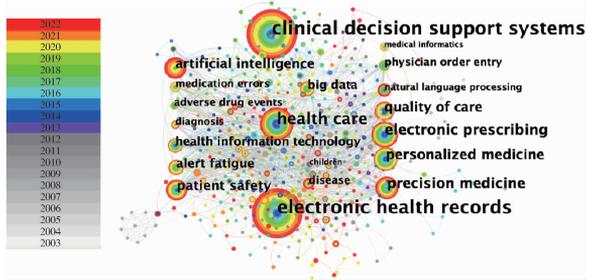


图 5 英文文献关键词共现图谱

表 4 中英文文献前 10 位的关键词

序号	中文关键词	频次	序号	英文关键词	频次
1	电子病历	146	1	clinical decision support systems	294
2	临床路径	74	2	electronic health records	291
3	医疗质量	30	3	health care	133
4	临床决策支持	17	4	electronic prescribing	87
5	人工智能	15	5	precision medicine	77
6	数据挖掘	10	6	personalized medicine	63
7	知识库	9	7	patient safety	58
8	中医	5	8	artificial intelligence	58
9	医院信息化	5	9	quality of care	51
10	信息系统	5	10	alert fatigue	41

国内外均关注利用电子病历辅助诊断研究。在电子病历数据挖掘、临床决策系统构建、知识库构建、临床路径优化等方面做了大量相关工作^[7]。中英文文献共同关注的关键词有临床路径、临床决策支持等。国内外均关注技术层面的研究。将电子病历与人工智能相结合，利用预测模型从电子病历包含的医学数据中挖掘隐性知识生成最优模型，以达到对疾病预测和分类、用药指导、病型诊断、处方自动生成等目的；使用自然语言处理技术处理电子病历中大量自然语言数据，抓取非结构化数据中隐含的数据知识；使用计算机视觉技术对医学图像进行分类、检测和智能分析，为临床决策支持提供技

术支持^[8-9]。中英文文献共同关注的关键词有人工智能、数据挖掘等。该领域研究侧重方向存在一定差异，中文文献更加侧重于基础工作，例如基于电子病历的医院信息化建设等；英文文献更趋于临床方面，集中于精准医疗、个性化医疗、用药安全发展研究。原因可能是国内该领域起步较晚，国内医院医疗信息化体系不够完备、医疗基础设施普及率较低，同时我国人口基数大、患者数量多，存在大量电子医疗数据亟须妥当信息化处理；相反，欧美等发达国家电子化医疗信息体系构建发展起步较早，基于完善的信息平台，医疗数据开放与共享更加流畅，所以其更多关注与电子病历相关的临床方

面的研究和患者服务等，个性化医疗、精准医疗、患者安全成为持续的研究热点。

4.2 关键词聚类分析

归纳该领域较长时域内研究成果的关键词集合，可揭示电子病历支持临床决策领域研究文献的

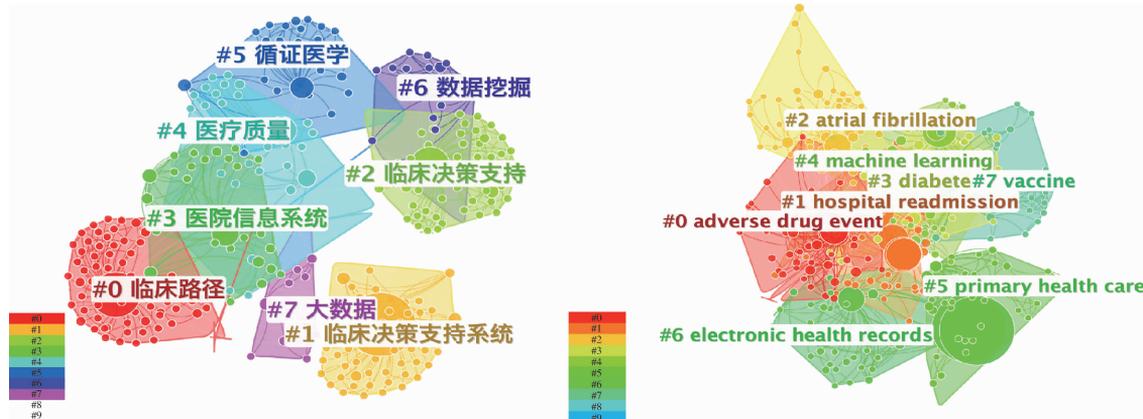


图 6 中英文文献关键词聚类图谱（左：中文；右：英文）

4.3 聚类热度趋势分析

在中英文关键词聚类图谱的基础上，分别对各

内容特征和联系、学科发展方向等^[10]。中英文文献关键词共现图谱，见图 6。我国基于电子病历的临床决策支持研究主要围绕临床路径等 8 个聚类展开；英文文献致力于药物不良事件（adverse drug event）等 8 个聚类，更关注基于电子病历对某一疾病或事件进行深入研究。

聚类下关键词总频次的时间变化趋势绘制折线图，见图 7。曲线节点代表某年度该聚类所有关键词集合总频次，进行聚类热度趋势分析。

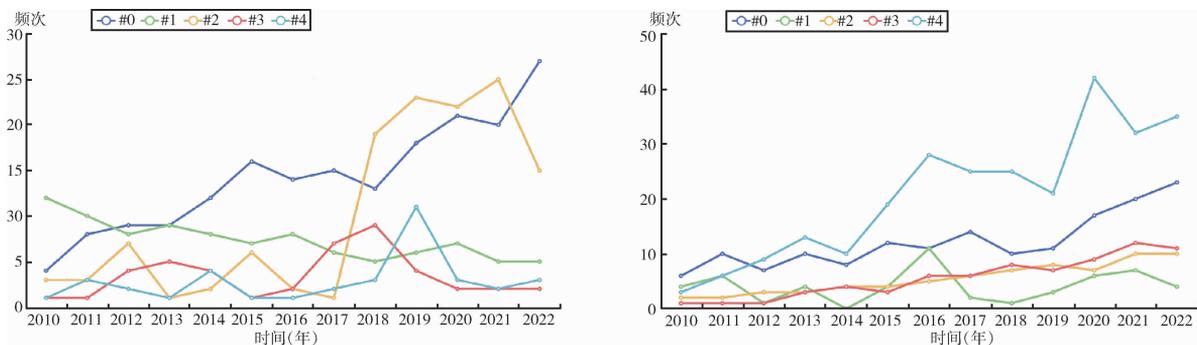


图 7 中英文文献各聚类关键词总频次趋势（左：中文；右：英文）

中英文热度上升型聚类包括#0 临床路径、#2 临床决策支持。临床路径方面的研究主要集中于单病种路径制定、临床路径优化；临床决策支持方面的研究则集中于在完善的临床决策支持系统基础上进行用药警戒、辅助单病种的决策支持。探究这类主题热度上升的原因，是由于医学的不断发展，新的药物、医疗器械不断被临床治疗采用，原有的路径、模型也应借助人工智能算法改进与优化，更好地助力临床决策支持。热度下降型聚类是#1 临床决

策支持系统。该方面的研究内容主要是新系统的构建与验证、现有决策模型的改进。经过多年的发展，大多数医院都已具备较为完善的临床决策支持系统，近年日常研究主要集中于维护和优化，在一定程度上造成了该主题的颓势。

WoS 核心集文献中热度上升型聚类包括#0 adverse drug event、#2 atrial fibrillation、#3 diabetes、#4 machine learning，药物不良事件研究主要集中于临床用药中特殊人群出现的药物不良反应和药物相互

作用研究^[11]，将电子病历中包含的详细临床信息结合药理学、毒理学、药物化学等药学知识。心房纤颤患病概率随着年龄增加而增长，随着世界部分地区老龄化加剧，近 10 年来整体患病概率增加 20 倍^[12]，因此该主题研究热度上升。庞大的患者群体驱使医护人员致力于糖尿病的预防、治疗、预测工作^[13]。人工智能的发展也使运用机器学习模型等方法预测病症、挖掘电子病历中价值信息成为学术界关注前沿。

5 结语

本文运用 CiteSpace 软件对国内外基于电子病历的临床决策支持研究文献进行研究现状、研究热点和前沿可视化呈现，目前国内该领域的发展还存在一些问题和挑战。一是医院临床决策支持系统的普及率较低，根据 2021 年全国二、三级公立医院绩效考核数据，3 349 家参加电子病历系统应用水平分级评价的医院中，0.3% 的医院达到 5 级，而电子病历应用水平达到 5 级才能基于集成的患者信息、利用知识库实现决策支持服务^[14]。二是医院数据孤岛，医院信息系统之间普遍缺少统一规划，未考虑系统交互、数据共享等，数据存储在各自系统中，难以产生数据价值。三是医学人工智能模型的可解释性差，机器学习模型尤其是深度学习模型，通常被认为是“黑盒”，因为其决策过程和结果很难解释和可视化^[15]。这使医护人员很难理解模型的决策依据和推理过程，也增加了对模型的信任风险。四是数据质量不高，电子病历数据的多源异构性、离散性、高维度的特性突出，可能会增加选择数据集成算法的难度。

本文通过梳理国内外基于电子病历的临床决策支持的研究现状、前沿热点，提出以下建议：应持续出台统一的医院信息化政策，加快构建功能齐全的医务信息系统，完善医院信息基础建设；采用人工智能大数据技术挖掘、处理高质量的电子病历数据和图文信息，达到优化临床路径、辅助临床决策的目的；甚至推出精准医疗、个性化医疗等增值信息服务，最终促进基于电子病历的临床决策支持研

究快速发展。

作者贡献：黄济成负责采集、处理、分析数据，撰写论文；胡德华负责设计研究方案和论文框架，提供指导；郑懿负责采集、处理数据；吴旭生、段永恒负责提供材料支持、修订论文；刘建炜负责提出研究选题、提供指导、审阅定稿论文。

利益声明：所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- 1 盛峰. 数字化时代下医院信息安全建设探讨 [J]. 信息技术与信息化, 2017, 209 (7): 101 - 102.
- 2 王宁. 基于电子病历的中医临床决策支持研究 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2021.
- 3 张景奇, 史文宝, 纪秀娟. 机器学习在医疗和公共卫生中应用 [J]. 中国公共卫生, 2019, 35 (10): 1449 - 1452.
- 4 CHEN C M, CHEN Y, HOROWITZ M, et al. Towards an explanatory and computational theory of scientific discovery [J]. *Journal of informetrics*, 2009, 3 (3): 191 - 209.
- 5 肖婧婧. 电子病历“有效使用”的原则设置 [J]. 中国数字医学, 2010, 5 (9): 113.
- 6 魏振港, 龙文燕, 卢丽琴, 等. 基于 CiteSpace 的电子病历共享研究可视化分析 [J]. 中国数字医学, 2022, 17 (12): 95 - 101.
- 7 韦彩萍, 李翔, 翁梦晴, 等. 机器学习在电子病历中应用的可视化分析 [J]. 中国医学物理学杂志, 2023, 40 (4): 521 - 528.
- 8 赵学彤, 杨亚东, 渠鸿竹, 等. 组学时代下机器学习方法在临床决策支持中的应用 [J]. 遗传, 2018, 40 (9): 693 - 703.
- 9 宋碳. 基于 ICU 病人电子病历数据的死亡率预测分析的研究 [D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2019.
- 10 李文兰, 杨祖国. 中国情报学期刊论文关键词词频分析 [J]. 情报科学, 2005, 23 (1): 68 - 70, 143.
- 11 IYER S V, HARPAZ R, LEPENDU P. Mining clinical text for signals of adverse drug - drug interactions [J]. *Journal of the American medical informatics association*, 2014, 21 (2): 353 - 362.
- 12 王国睿. 基于文本挖掘的电子病历研究现状分析及热点发现 [D]. 太原: 山西医科大学, 2022.
- 13 2017 年世界糖尿病日 [J]. 中国地方病防治杂志, 2017, 32 (11): 1210.
- 14 聂莹, 张艺然, 李海燕. 中医医院电子病历系统应用水平分级评价现状思考 [J]. 医学信息学杂志, 2023, 44 (2): 64 - 68.
- 15 冯迟, 聂海鑫. 神经网络在非结构化电子病历数据抽取中的应用 [J]. 中国病案, 2020, 21 (6): 1 - 3.