

基于Web of Science数据库和CiteSpace软件对全球支气管肺发育不良机械通气治疗的可视化分析

徐荣蔚^{1,2}, 张欣凯^{1,2}, 曲若菡^{1,2}, 刘冬云^{2*}

¹青岛大学青岛医学院, 山东 青岛

²青岛大学附属医院儿童医学中心, 山东 青岛

收稿日期: 2026年3月1日; 录用日期: 2026年3月24日; 发布日期: 2026年4月3日

摘要

目的: 本研究通过基于Web of Science数据库和CiteSpace软件分析支气管肺发育不良机械通气治疗相关研究的研究热点及前沿趋势, 为该领域后续研究提供参考和启示。方法: 以Web of Science核心合集数据库2015~2025年收录的BPD与机械通气治疗相关文献为研究对象, 运用CiteSpace 6.3 R1软件对文献的发表时间、作者、国家/地区、机构、关键词等维度进行可视化分析, 绘制合作网络图谱、关键词共现图谱、聚类图谱及突现词图谱。结果: 共纳入有效文献396篇, 发文量整体呈波动上升趋势; 作者间形成了以Jobe Alan H、Goepel、Wolfgang等为核心的合作团队; 美国发文量居首位, 是该领域的核心研究国家, 波士顿儿童医院、费城儿童医院等机构为研究核心阵地; 关键词共现及聚类分析显示, 研究热点集中在呼吸机策略优化、早产儿肺保护等方向; 突现词分析表明, 无创通气技术、精准化呼吸支持、生物标志物筛查等是近年研究前沿。结论: 目前早产儿呼吸机与BPD相关研究已形成较为成熟的研究体系, 未来可重点关注早产儿呼吸支持精细化管理与BPD早期防控、风险预测及多学科联合干预策略等方向, 为改善早产儿近远期生存质量提供新的思路。

关键词

早产儿, 支气管肺发育不良, 机械通气, 可视化分析

Visual Analysis of Mechanical Ventilation Treatment for Bronchopulmonary Dysplasia Worldwide Using the Web of Science Database and CiteSpace Software

*通讯作者。

文章引用: 徐荣蔚, 张欣凯, 曲若菡, 刘冬云. 基于 Web of Science 数据库和 CiteSpace 软件对全球支气管肺发育不良机械通气治疗的可视化分析[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 1323-1332. DOI: 10.12677/acm.2026.1641365

Rongwei Xu^{1,2}, Xinkai Zhang^{1,2}, Ruohan Qu^{1,2}, Dongyun Liu^{2*}

¹Qingdao University, Qingdao Shandong

²Childre's Medical Center of the Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: March 1, 2026; accepted: March 24, 2026; published: April 3, 2026

Abstract

Objective: This study analyzes research hotspots and emerging trends in mechanical ventilation treatment for Bronchopulmonary Dysplasia (BPD) using the Web of Science database and CiteSpace software, providing references and insights for future research in this field. **Methods:** Literature on BPD and mechanical ventilation treatment indexed in the Web of Science Core Collection database from 2015 to 2025 was analyzed. CiteSpace 6.3 R1 software was employed to visualize dimensions including publication time, authors, countries/regions, institutions, and keywords. Visualizations generated included collaboration networks, keyword co-occurrence maps, clustering maps, and emergent term maps. **Results:** A total of 396 valid publications were included, showing an overall fluctuating upward trend in publication volume. Collaborative teams centered around authors such as Jobe Alan H and Goepel, Wolfgang emerged. The United States led in publication volume, establishing itself as a core research nation in this field, with institutions like Boston Children's Hospital and Children's Hospital of Philadelphia serving as key research hubs. Keyword co-occurrence and clustering analysis revealed research hotspots concentrated on optimizing ventilator strategies and lung protection in preterm infants. Emergent word analysis indicates that noninvasive ventilation techniques, precision respiratory support, and biomarker screening represent recent research frontiers. **Conclusion:** Research on ventilators and BPD in preterm infants has established a relatively mature framework. Future efforts should prioritize refined respiratory support management, early BPD prevention and control, risk prediction, and multidisciplinary intervention strategies to enhance both short- and long-term survival outcomes for preterm infants.

Keywords

Premature, Bronchopulmonary Dysplasia, Mechanical Ventilation, Visualization Analysis

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

支气管肺发育不良(Bronchopulmonary Dysplasia, BPD)是早产儿尤其是极低出生体重儿最常见的呼吸系统并发症,也是导致早产儿远期呼吸、神经发育异常的重要原因[1] [2]。机械通气是早产儿呼吸支持的核心手段,但其不当使用也是诱发和加重 BPD 的关键因素[3]。近年来,随着新生儿重症监护技术的发展,早产儿呼吸机的应用模式不断优化,但 BPD 的发生率仍居高不下,二者的关联机制及临床干预策略仍是新生儿领域的研究重点[4]。

CiteSpace 软件系统,能够通过挖掘文献数据背后的关联规律,直观展现某一领域的研究脉络、热点及前沿[5],是集文献计量学分析与信息可视化功能于一体的综合性软件工具,被广泛应用于信息科学领域,在国内外均受到广泛的应用[6] [7]。本研究借助 CiteSpace6.3 R1 软件对全球范围内机械通气与 BPD

相关研究文献进行系统分析, 梳理该领域的发展历程、核心研究方向及研究趋势[8], 旨在明确当前研究的重点与不足, 为临床实践和科研方向的选择提供数据支撑。

2. 数据与方法

2.1. 数据源检索及处理

数据来源为 Web of Science 核心合集数据库。

检索式为 TS = (“bronchopulmonary dysplasia” OR “BPD”) AND (“premature infant*” OR “preterm infant*”) AND (“mechanical ventilation” OR “respirator*” OR “ventilator*”)。

检索时间为 2015 年 1 月 1 日至 2025 年 12 月 1 日。

2.2. 文献筛选

纳入标准: 公开发表的早产儿支气管肺发育不良与机械通气应用研究相关的文献。

排除标准: 去除重复发表的文章; 非学术性资料; 科普文章、会议记录等非直接研究性文献; 主题偏离的文献; 信息不完整; 文章内容不全[9]。

本研究初步从 Web of Science 中检索到 2264 篇文献。经过严格的筛选与去重, 最终纳入英文文献 396 篇。

2.3. 数据处理与分析

将文献导入至 EndNote 中, 双人执行筛选与去重的操作。筛选后的有效文献被统一保存为 “download_txt” 格式的文件。将保存的文件导入 CiteSpace6.3 R1 软件中进行格式转换。

在 CiteSpace 软件中设置分析参数: 时间跨度(Time Span)设定为 2015 年 1 月至 2025 年 12 月, 时间切片(Years Per Slice)为 1 年; 节点类型(Node Types)根据分析需求分别选择 Country/Region、Institution、Author、Keyword; 修剪方式(Pruning)选择 Pathfinder 和 Pruning sliced networks, 以简化图谱并突出核心节点; 其他参数保持默认设置。分别运行软件生成合作网络图谱、关键词共现图谱、聚类图谱及突现词图谱, 对图谱的节点大小、连线强度、聚类模块值(Q 值)、平均轮廓值(S 值)等指标进行解读。

3. 结果

3.1. 研究基本情况

(1) 年度发文趋势分析(图 1)

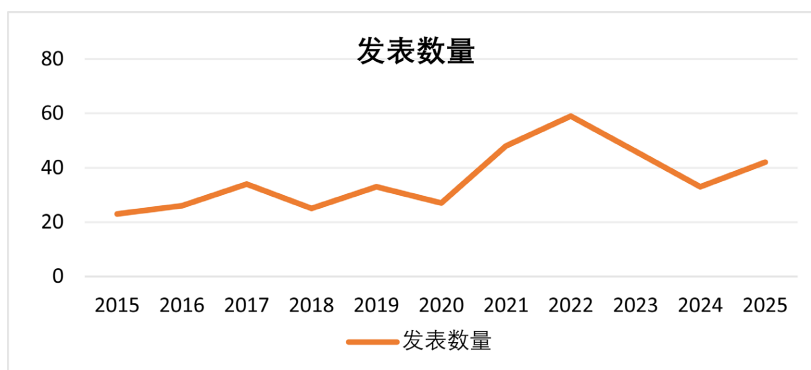


Figure 1. Posting trend chart
图 1. 发文趋势图

2015~2025 年全球早产儿呼吸机与 BPD 相关研究发文量整体呈波动上升趋势。2015~2020 年为缓慢增长期, 年均发文量约 28 篇; 2021~2022 年进入快速增长期, 年均发文量增至 53.5 篇, 其中 2022 年发文量达 59 篇, 主要与全球早产儿救治技术的普及以及 BPD 基础研究的深入相关; 2023~2025 年发文量维持在 33~46 篇/年, 表明该领域已进入稳定发展阶段, 研究方向逐渐细化。

(2) 核心作者分析

作者合作网络图谱(图 2)由 294 个节点和 381 条连接线构成($N=294$, $E=381$, $Density=0.0088$)。共识别出核心作者 294 位, 形成了多个以核心作者为中心的合作团队。其中, Jobe Alan H. (美国, 4 篇)、Goepel 和 Wolfgang (德国, 4 篇)、Abman 和 Steven H. (美国, 4 篇)、Shi 和 Yuan (中国, 4 篇)是该领域的领军作者, 其研究方向分别聚焦于 BPD 的发病机制、早产儿呼吸机策略优化、BPD 预后评估。作者合作图谱显示, 核心作者间的合作主要集中在欧美国家, 而我国作者多以独立研究为主, 与国际领军作者的合作较少。

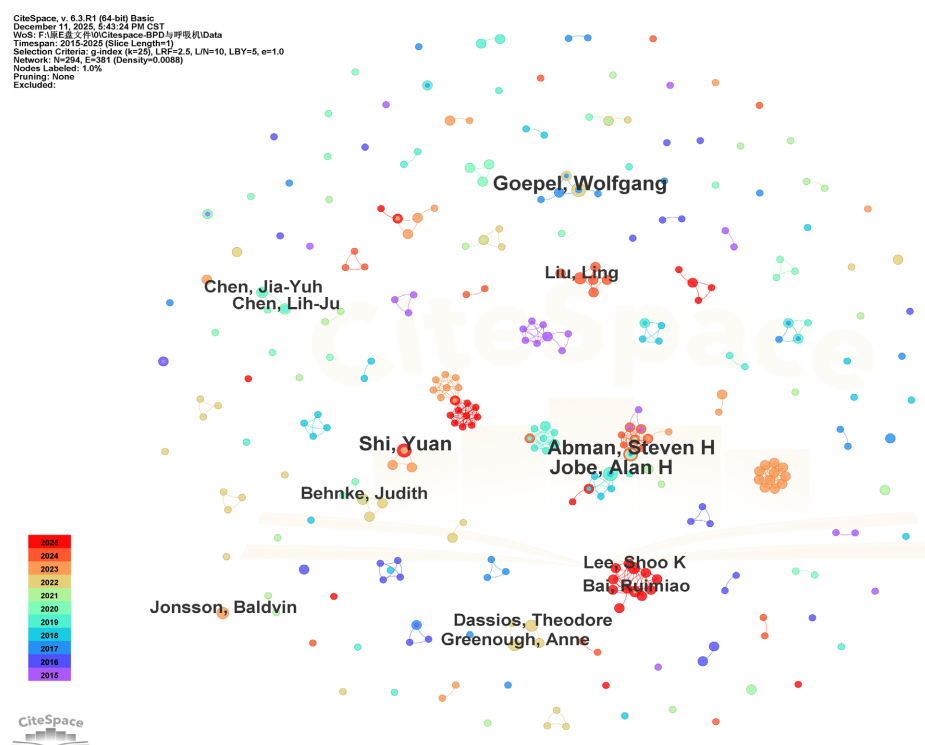


Figure 2. Author collaboration network map

图 2. 作者合作网络图谱

(3) 发文机构分析

发文机构合作网络图谱(图 3)含 237 个节点、373 条连线, 网络密度为 0.0133; 网络密度(Density)是衡量机构间协作紧密程度的重要指标。发文量排名前 10 的机构多为欧美发达国家的儿科专科医院或高校附属医院, 其中费城儿童医院(美国, 20 篇)、宾夕法尼亚大学(美国, 18 篇)、俄亥俄大学(美国, 14 篇)、重庆医科大学(中国, 9 篇)、辛辛那提儿童医院医疗中心(美国, 9 篇)位列前五。机构合作图谱显示, 核心研究机构间形成了相对紧密的合作网络, 如波士顿儿童医院连线强度达 17, 而我国仅有首都医科大学进入合作强度前 10, 且机构间合作网络较为分散。

(4) 发文国家分析

运行 CiteSpace 得到发文国家共现图谱(图 4)。节点外围紫色圆圈代表节点的中心性, 中心性越高,

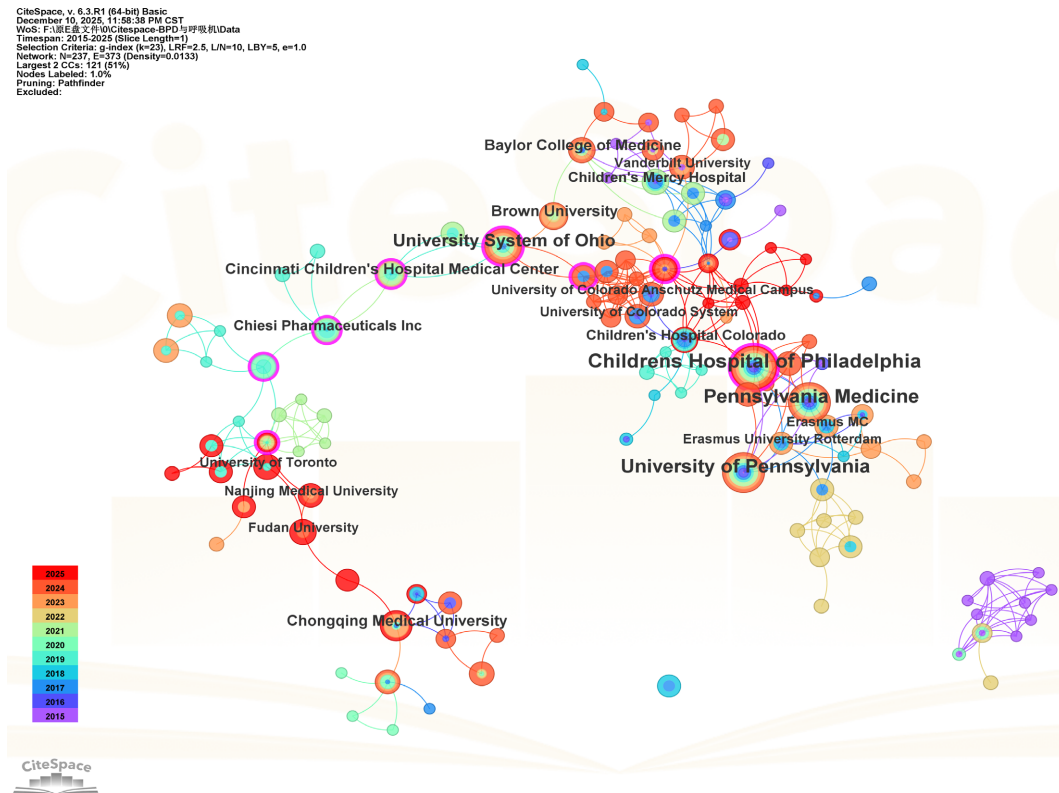


Figure 3. Network map of publishing institution collaborations
 图3. 发文机构合作网络图谱

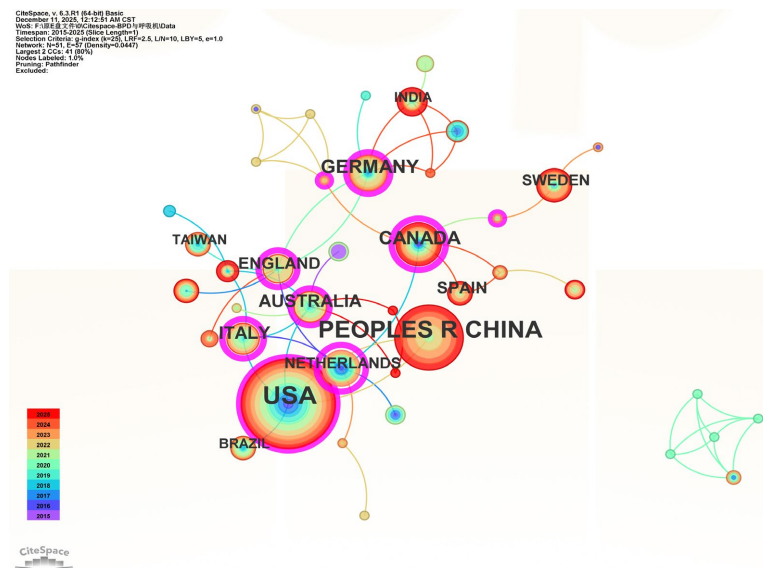


Figure 4. Co-occurrence map of issuing countries
 图4. 发文国家共现图谱

紫色圆环越粗；以发文国家字体进行中心性标识，中心性越高，关键词字体越大[10]。共涉及 89 个国家/地区的研究，发文量排名前 5 的国家依次为美国(105 篇，26.5%，0.11)、中国(73 篇，18.4%，0.00)、加拿大(28 篇，7.1%，0.46)、德国(26 篇，6.6%，0.25)、意大利(24 篇，6.1%，0.41)。美国是该领域的核心

研究国家，节点度中心性为 0.11；中国发文量虽位居第二，但中心性极低，提示我国与国际核心研究团队的合作关联度仍有待提升。

3.2. 研究热点与前沿趋势

(1) 关键词共现分析

对 396 篇文献展开共现分析，得到一张 296 个节点、468 条连线，网络密度为 0.0107 的共现图谱(图 5)。频次排名前 10 的关键词依次为：bronchopulmonary dysplasia (BPD) (205 次)、preterm infants (137 次)、mechanical ventilation (84 次)、respiratory distress syndrome (73 次)、outcome (64 次)、birth weight infants (49 次)、chronic lung disease (47 次)、mortality (47 次)、therapy (41 次)、management (37 次)。节点中心性排名前 3 的关键词为 children (0.33)、born (0.29)、airway pressure (0.24)、intubation (0.19)、apoptosis (0.18)，是该领域的核心节点，反映了研究的核心主题。

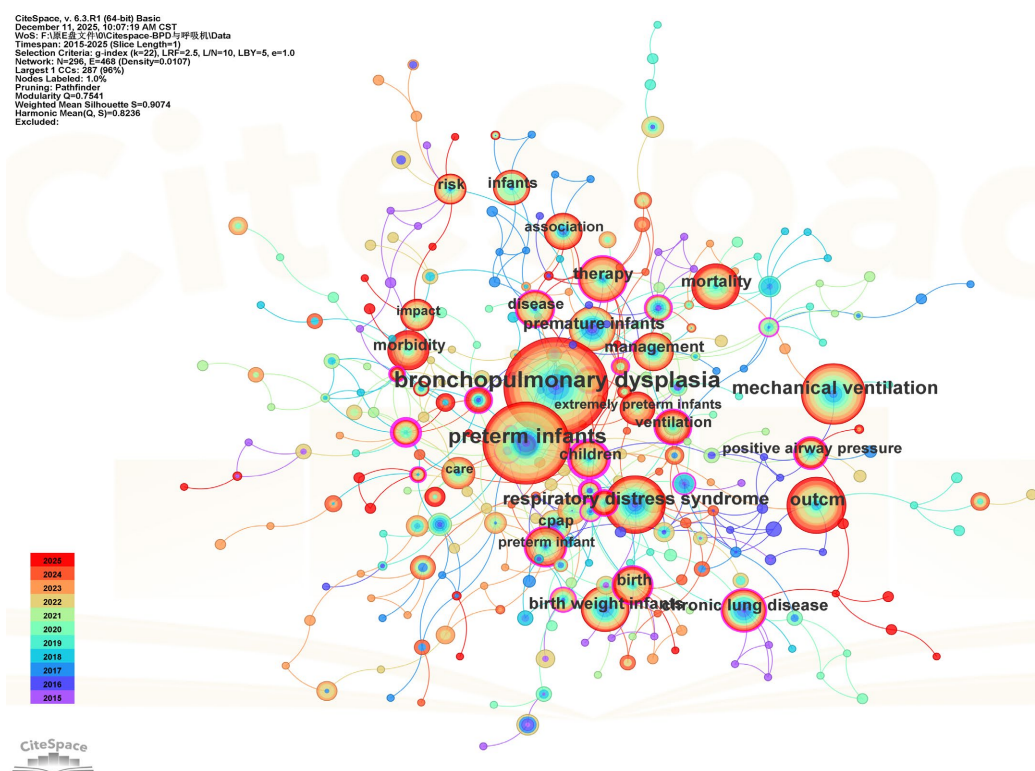


Figure 5. Keyword co-occurrence map

图 5. 关键词共现图谱

(2) 关键词聚类分析

关键词聚类图谱(图 6)的 Q 值为 0.754 (>0.3), S 值为 0.907 (>0.7), 表明聚类结果具有较高的可信度。共形成 15 个主要聚类, 按聚类规模排序依次为: #0 trial、#1 very premature infant、#2 duration、#3 noninvasive ventilation、#4 hyperoxia、#5 premature infants、#6 very preterm infant、#7 less invasive surfactant administration、#8 children、#9 bronchopulmonary dysplasia、#10 machine learning、#11 risk、#12 mechanical ventilation、#13 chronic lung disease、#14 nasal trauma。

(3) 关键词突现分析

突现词分析(图 7)显示, 2015~2020 年的突现词为“chronic lung disease”、“cpap”、“randomized

controlled trial”、“controlled trial”、“premature infants”、“inflammation”，聚焦早产儿慢性肺部疾病、持续气道正压通气干预及炎症机制，以随机对照试验为主要研究手段，深耕临床诊疗与机制探索；2021~2025 年的突现词为“infants”、“surfactant”、“diagnosis”、“morbidity”、“extremely preterm infants”，研究焦点进一步具体为极早产儿群体，重点围绕肺表面活性物质应用、疾病诊断及发病风险防控展开，研究方向更贴合临床精准诊疗需求，研究对象也更具针对性。

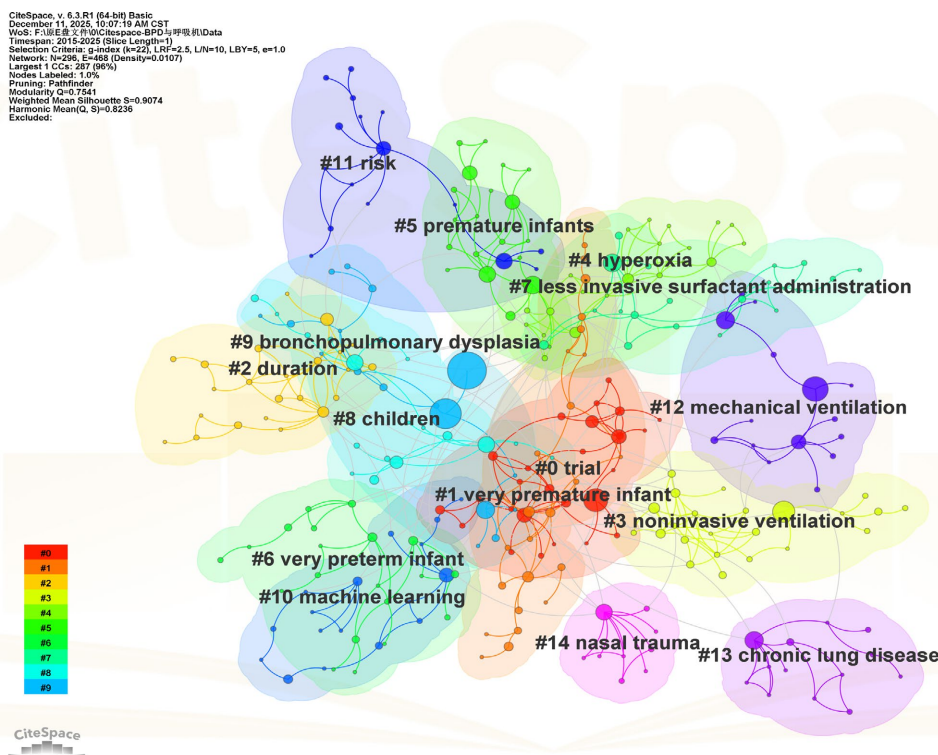


Figure 6. Keyword clustering map

图 6. 关键词聚类图谱

Top 11 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Keywords	Year	Strength	Begin	End	2015 - 2025
chronic lung disease	2015	4.39	2015	2017	
cpap	2015	2.81	2015	2016	
randomized controlled trial	2015	2.76	2015	2017	
controlled trial	2015	2.7	2015	2018	
premature infants	2015	2.62	2016	2018	
inflammation	2017	4.02	2017	2019	
infants	2016	4.77	2020	2021	
surfactant	2016	2.57	2020	2023	
diagnosis	2022	3.07	2022	2023	
morbidity	2017	3.49	2023	2025	
extremely preterm infants	2015	3.19	2023	2025	

Figure 7. Keyword emergence map

图 7. 关键词突现图谱

4. 讨论

4.1. 研究现状分析

本研究结果显示,全球 BPD 与机械通气治疗相关研究已形成以美国为核心的研究体系,发文量波动增长,研究方向从早期的机械通气肺损伤机制逐渐转向无创通气应用、精准化干预等方向。欧美发达国家凭借成熟的新生儿救治体系和强大的科研实力,在该领域占据主导地位,在核心机构和作者间形成了紧密的合作网络,推动了研究成果的快速转化。

我国作为早产儿人口大国,发文量位居全球第二,反映了我国对该领域的重视程度不断提升。我国在该领域已形成规模化、规范化、多中心协同的研究格局,整体从临床实践总结向高质量循证研究快速发展;但科研合作仍呈现“局部紧密、整体松散”的特点。同一机构内部的作者与团队间,因临床资源共享、研究方向一致,合作较为紧密,形成了局部的科研协作小团体;但不同机构之间、不同区域之间的合作交流相对薄弱,尤其是中西部基层机构与东部沿海高水平机构、跨区域 NICU 之间,缺乏常态化的协作机制,导致研究数据难以整合、技术经验难以共享,部分研究存在同质化重复,难以形成规模化、突破性的研究成果。此外,跨国合作更是处于薄弱状态,与欧美发达国家的科研协作深度、广度不足,未能充分借鉴国际先进研究经验,也难以参与全球多中心核心研究,影响了我国研究的国际影响力。基于全国各级 NICU 数据,明确了我国极早产儿 BPD 发病率、地域差异及高危因素,证实有创通气时长、氧疗暴露、感染与动脉导管未闭是影响 BPD 发生的关键因素。在呼吸支持方面,无创通气、肺保护性通气策略已成为临床主流,容量目标通气、高频振荡通气等技术应用趋于成熟,并形成符合我国早产儿特点的通气参数与管理规范。依托多中心临床研究,我国在新生儿呼吸支持模式优化、BPD 综合防治等方面产出了一批具有国际影响力的证据,相关指南与专家共识不断完善,整体研究水平与国际并跑,部分领域已形成特色优势。

4.2. 研究热点与前沿解读

(1) 核心研究热点

结合关键词共现和聚类分析结果,现阶段国内研究热点高度聚焦于极早产儿呼吸支持精细化管理与 BPD 早期防控。核心方向包括:对比不同无创通气模式(如 NHFOV、NIPPV、CPAP、HFNC)在降低插管率、缩短通气时间及减少 BPD 发生中的优劣[11];严格落实低潮气量、低压力、允许性高碳酸血症等肺保护性通气策略,探索最适参数与个体化方案[11];建立基于胎龄、体重、通气参数、炎症指标等多因素的 BPD 风险预测模型,实现早期识别与干预;同时围绕液体管理、营养支持、咖啡因应用、感染防控等综合措施,构建以减少有创通气、尽早撤机、降低中重度 BPD 为目标的一体化诊疗体系。临床与基础研究并重,重点关注通气相关肺损伤、宫内感染、氧化应激与炎症反应在 BPD 发病中的作用机制[12]。

(2) 研究前沿趋势

突现词分析揭示了该领域的前沿方向:无创通气技术的个体化应用,如经鼻高流量氧疗的参数优化、无创通气风险预测模型构建;BPD 早期预警标志物筛查,包括外周血炎症因子、microRNA、代谢组学标志物等[13];多学科干预策略,如肠道菌群调节、干细胞治疗、抗氧化剂应用等新兴干预手段[14]。

未来我国在该领域将向精准化、微创化、长程化、前沿转化方向持续推进。呼吸支持将进一步向更早、更轻的无创模式发展,无创高频振荡通气等技术将持续探索最佳适应证与应用时机;随着现代精准医学与多组学、人工智能技术在新生儿领域的快速发展,未来有望进一步用于 BPD 预警与预后评估模型构建,为个体化通气及临床治疗决策提供参考。基础研究将聚焦肺发育调控、肺微血管生成、炎症免疫机制等关键环节,推动靶向抗炎、肺保护药物、干细胞治疗等干预手段的临床转化。同时,建立区域性、

全国性早产儿登记与长期随访队列,完善 BPD 患儿婴幼儿期、儿童期乃至成年期的近远期预后数据,形成“预防-精准支持-综合治疗-长期随访”的全周期管理模式,进一步降低 BPD 发生率并改善早产儿生存质量。

4.3. 总结

综上所述,本研究结合关键词共现、聚类分析及突现词分析,系统梳理了支气管肺发育不良(BPD)与机械通气治疗相关研究,明确了该领域研究现状与发展方向,为后续研究及临床诊疗提供参考。目前全球该领域研究已进入成熟阶段,美国占据主导地位,我国发文量居全球第二,研究已从临床经验总结转向高质量循证研究,明确了极早产儿 BPD 的发病特征与危险因素,无创通气、肺保护性通气成为临床主流,部分领域形成特色优势[15]。当前研究热点聚焦极早产儿呼吸支持精细化管理与 BPD 早期防控,重点探索无创通气模式优化、肺保护性通气参数适配及 BPD 风险预测;前沿趋势呈现精准化、微创化特征,聚焦无创通气个体化应用、早期生物标志物筛查及干细胞等新型干预手段。我国研究仍存在区域医疗资源不均衡、长期随访数据不足、前沿技术转化滞后等短板。科研合作呈现“局部紧密、整体松散”的特点,未来需加强区域协同与国际合作,建立全国性随访体系,推动基础与临床融合,优化全周期管理模式,提升原创创新能力,降低 BPD 发生率,改善早产儿近远期生存质量[16][17]。

基金项目

山东省医药卫生科技项目(202406031054)。

参考文献

- [1] Schmidt, A.R. and Ramamoorthy, C. (2021) Bronchopulmonary Dysplasia. *Pediatric Anesthesia*, **32**, 174-180. <https://doi.org/10.1111/pan.14365>
- [2] 陈蕙卉, 李秋平, 边佳昕, 等. 早产儿支气管肺发育不良发病机制相关因子的研究进展[J]. 发育医学电子杂志, 2024, 12(4): 296-301+308.
- [3] 梅亚波, 封志纯. 重视支气管肺发育不良与呼吸机相关性肺炎的防治[J]. 中华围产医学杂志, 2025, 28(6): 441-444.
- [4] Jensen, E.A., Dysart, K., Gantz, M.G., McDonald, S., Bamat, N.A., Keszler, M., *et al.* (2019) The Diagnosis of Bronchopulmonary Dysplasia in Very Preterm Infants. an Evidence-Based Approach. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **200**, 751-759. <https://doi.org/10.1164/rccm.201812-2348oc>
- [5] 李德品, 李福涛, 傅杨杨, 等. 应用 VOSviewer 和 CiteSpace 软件对全球重症患者营养研究热点可视化分析[J]. 中华临床营养杂志, 2023, 31(1): 18-25.
- [6] Peng, C., Kuang, L., Zhao, J., Ross, A.E., Wang, Z. and Ciolino, J.B. (2022) Bibliometric and Visualized Analysis of Ocular Drug Delivery from 2001 to 2020. *Journal of Controlled Release*, **345**, 625-645. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2022.03.031>
- [7] 孙睿馨, 杨茜, 曹先伟, 等. 基于 CiteSpace 和 VOSviewer 对国内外新生儿医院感染研究的可视化分析[J]. 中华新生儿科杂志(中英文), 2023, 38(12): 727-733.
- [8] 钱澜, 刘巧艳, 尹卫. 基于 CiteSpace 的国内外新生儿低血糖护理研究热点的可视化分析[J]. 中国优生与遗传杂志, 2024, 32(11): 2418-2422.
- [9] 梁贻斐, 苏恒, 李冬莉, 等. 2015-2025 年国内外新生儿基因筛查研究热点和趋势的可视化分析[J]. 中国优生与遗传杂志, 2025, 33(8): 1788-1795.
- [10] 李靖娜, 娄朝晖, 董丹, 等. 应用 CiteSpace 的可视化分析对早产儿营养的文献计量学研究[J]. 中华临床营养杂志, 2024, 32(3): 167-175.
- [11] Maia, P.D., Abman, S.H. and Mandell, E. (2024) Bronchopulmonary Dysplasia-Associated Pulmonary Hypertension: Basing Care on Physiology. *NeoReviews*, **25**, e415-e433. <https://doi.org/10.1542/neo.25-7-e415>
- [12] Luo, L., Li, Y., Long, Z., Jiang, F., Wu, F. and Wang, Q. (2024) Exploring Research Trends and Hotspots on Oxidative

-
- Stress and Bronchopulmonary Dysplasia: Insights from Bibliometric and Visualized Study. *Pediatric Pulmonology*, **59**, 3610-3623. <https://doi.org/10.1002/ppul.27268>
- [13] Bonadies, L., Moschino, L., Valerio, E., Giordano, G., Manzoni, P. and Baraldi, E. (2022) Early Biomarkers of Bronchopulmonary Dysplasia: A Quick Look to the State of the Art. *American Journal of Perinatology*, **39**, S26-S30. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1758867>
- [14] Deguise, M. and Thébaud, B. (2025) The Role of Mesenchymal Stromal Cells in the Treatment of Bronchopulmonary Dysplasia: A Multi-Prong Approach for a Heterogeneous Disease. *Comprehensive Physiology*, **15**, e70038. <https://doi.org/10.1002/cph4.70038>
- [15] Walsh, M.C., Bell, E.F., Kandefter, S., Saha, S., Carlo, W.A., D'angio, C.T., *et al.* (2017) Neonatal Outcomes of Moderately Preterm Infants Compared to Extremely Preterm Infants. *Pediatric Research*, **82**, 297-304. <https://doi.org/10.1038/pr.2017.46>
- [16] El-Atawi, K., Abdul Wahab, M.G., Alallah, J., Osman, M.F., Hassan, M., Siwji, Z., *et al.* (2024) Beyond Bronchopulmonary Dysplasia: A Comprehensive Review of Chronic Lung Diseases in Neonates. *Cureus*, **16**, e64804. <https://doi.org/10.7759/cureus.64804>
- [17] McOmber, B.G., Moreira, A.G., Kirkman, K., Acosta, S., Rusin, C. and Shivanna, B. (2024) Predictive Analytics in Bronchopulmonary Dysplasia: Past, Present, and Future. *Frontiers in Pediatrics*, **12**, Article ID: 1483940. <https://doi.org/10.3389/fped.2024.1483940>