

基于CiteSpaces的丹皮酚药理作用的研究热点与可视化分析



王鸣楠, 唐鹏翔, 官敬利

吉林医药学院药学院 (吉林吉林 132013)

【摘要】目的 阐明丹皮酚药理作用领域研究趋势、核心研究团队以及热点研究领域, 为丹皮酚的下一步研究和产业化应用提供参考。方法 借助 CiteSpace 6.4.1 文献计量分析工具系统性分析 1999—2025 年中国知网 (CNKI)、万方、PubMed、Web of Science (WOS) 数据库中丹皮酚药理作用相关的全部文献。结果 在 4 个数据库中共检索出 751 篇丹皮酚相关有效文献, 其中中文文献 337 篇, 英文文献 414 篇。1999—2025 年研究文献数量总体呈上升趋势, 1999—2002 年丹皮酚相关文献较少, 每年不足 10 篇; 2010—2016 年发文量呈下降趋势, 随后出现回升。2013 年起, 英文文献数量超过了中文文献且趋势一直持续。发文量最多的作者是 Wang Y (22 篇), 发文量最高的机构是安徽医科大学 (13 篇), 中国作者的发文量最多 (125 篇)。丹皮酚 (71 次) 和 traditional Chinese medicine (22 次) 分别为最高频次中文和英文关键词; 排第 1 的聚类模块为 paeonol; 丹皮酚研究早期的突现词为高效液相色谱法, 而网络药理学、氧化应激 (oxidative stress)、分子对接 (molecular docking) 等自 2020 年后成为热点关键词。结论 丹皮酚抗炎、抗肿瘤、抗氧化等药理活性是当前的研究热点。

【关键词】丹皮酚; CiteSpace; 可视化分析; 药理作用; 氧化应激; 分子对接

【中图分类号】 R969

【文献标识码】 A

Research hotspots and visualization analysis of the pharmacological effects of paeonol based on CiteSpace

WANG Mingnan, TANG Pengxiang, GONG Jingli

College of Pharmacy, Jilin Medical University, Jilin 132013, Jilin Province, China

Corresponding author: GONG Jingli, Email: jlgong@126.com

【Abstract】Objective To clarify the research trends, core research teams, and hot research topics of paeonol's pharmacological effects, and provide references for further research and industrial application of Paeonol. Methods The Citespace 6.4.1 bibliometric analysis tool was used to systematically analyze the paeonol's pharmacological effects related literature in the China National Knowledge Infrastructure (CNKI), Wanfang Data, PubMed, and Web of Science (WOS) databases from 1999 to 2025. Results A total of 751 valid studies related to paeonol were retrieved from 4 databases, including 337 Chinese literature and 414 English literature. The number of research articles showed a continuous growth trend from 1999 to 2025. From 1999 to 2002, there were fewer than 10 papers

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202505072

基金项目: 吉林市科技创新发展计划项目 (20240304054); 吉林医药学院博士基金项目 (JYBS2021026LK); 大学生创新创业训练项目 (202413706010)

通信作者: 官敬利, 博士, 副教授, Email: jlgong@126.com

<https://yxqy.whuzhmedj.com>

published each year on paeonol; from 2010 to 2016, the number of publications showed a declining trend, followed by a rebound. Since 2013, the number of English publications had exceeded that of Chinese publications and this trend has continued. The author with the most publications was Wang Y (22 papers), and the institution with the highest number of publications was Anhui Medical University (13 papers), with Chinese authors having the highest total (125 papers). The most frequent Chinese and English keywords were paeonol (71) and traditional Chinese medicine (22) respectively; the top clustering module was "paeonol"; in the early stages of paeonol research, the emergent term was "high-performance liquid chromatography", while topics such as network pharmacology, oxidative stress, and molecular docking have become hot keywords since 2020. **Conclusion** The anti-inflammatory, anti-tumor, and antioxidant activities of paeonol have been widely studied, and it has broad application prospects.

【Keywords】 Paeonol; Citespace; Visualization analysis; Pharmacological effects; Oxidative stress; Molecular docking

丹皮酚是由毛茛科植物牡丹等植物中提取得到, 传统应用于中医药领域, 近年来日益受到现代医学、药理学等领域的关注, 应用越来越广泛。从上个世纪开始人们就发现丹皮酚具有抗炎^[1]、抗氧化^[2]、抗菌^[3]和抗肿瘤^[4]等药理作用, 其分子结构独特, 易于被人体吸收^[5]。要充分实现丹皮酚的深入研究和产业化应用, 首先必须确定稳定的提取方法^[6]。当前, 研究人员已开发出多种提取技术, 有效提高了丹皮酚的提取纯度及稳定性, 为丹皮酚的药理活性研究及临床药品开发和应用提供了有力支持^[7]。随着对丹皮酚研究的深入, 对其化学结构、生物活性及作用机制的发掘越来越清晰, 为后续开发应用提供了基础^[8]。

在丹皮酚的研究与应用不断拓展的背景下, 如何系统性梳理其研究进展、把握未来药物的发展趋势成为重要课题。CiteSpace 作为文献计量分析的有效工具, 具备多元分析共被引、突现词、中心性等特点, 能够通过可视化图谱深度挖掘研究热点。在中药研究领域, 多位学者使用 CiteSpace 分析中药材的发展前沿与热点, 为未来中药发展阐明了有效路径。武凤震等^[9]采用 CiteSpace 对雄黄的研究文献进行计量分析, 通过可视化图谱揭示雄黄的研究热点、核心作者及机构。张雪岩等^[10]运用 CiteSpace 软件对 2000—2022 年国内外发表的中药旋覆花相关文献进行梳理, 发现该领域当前的研究热点仍集中于旋覆花通过调控神经通路治疗咳嗽呃逆的机制。孙博等^[11]同样运用这一研究思路, 聚焦蟾酥这一主题, 运用 CiteSpace 分析近 10 年中国知网 (CNKI) 及 Web of Science (WOS) 数据库中

收录的相关中、英文文献, 确定蟾酥抗肿瘤机制和毒效成分研究是当前及未来的重点关注领域。本研究选择 1999—2025 年包含丹皮酚药物研究的文献进行计量可视化分析, 借助 CiteSpace 从文献数量、国家分布、研究关键词共现等多个维度展开分析, 呈现丹皮酚研究的重要内容, 旨在揭示丹皮酚在医药、化妆品、功能食品等领域未来的发展前景, 为其在健康医药产业发掘出更多价值提供参考。

1 资料与方法

1.1 资料来源及检索方法

对 CNKI、万方、PubMed、WOS 数据库进行检索。以 CNKI 为例, 运用高级检索功能以“丹皮酚”“药理”为主题进行检索, 发表时间设置为 1999—2025 年, 检索截止日期为 2025 年 4 月 7 日, 文献类型选择期刊论文和学位论文, 共检索出 92 篇相关文献。通过 NoteExpress 软件将 CNKI 数据库的检索内容导入题录, 最后运用 NoteExpress 软件针对文献的题录类型、作者、标题及年份等字段进行重复文献筛选, 并且对检索数据实施二次筛选, 排除标准: ①无作者文献; ②会议通知、培训通知、征文通知、稿件投递指引、刊物订阅资讯等与药学服务无关内容; ③年份信息缺失; ④机构信息缺失。

1.2 数据提取及分析

将 NoteExpress 混合处理后的文献导出数据库, 使用样式选择 refwoks-CiteSpace 并重新命名为“download_***.txt”, 置于“project”文件夹, 导入 NoteExpres, 并将其转换为 CiteSpace 6.4.1 可识别格式。在 CiteSpace 6.4.1 软件中导入新数据

(Data), 进行数据分析时间分区 (Timespan), 为 1999—2025 年; 时间切片 (Years PerSlice) 数据设置为 1; 主题词来源 (Term Source) 为全部; 节点类型 (Node Types) 为作者、机构、国家和关键词。筛选标准 (Selection Criteria) g_index 中 k 值设置为 25; 修剪 (Prung) 设置为 Pathfinder+pruning sliced networks+Prung the merged network, 其余设置均为软件系统默认值。

在机构、作者网络分析中, 节点分别对应机构或作者; 节点尺寸与发文量呈正相关, 尺寸越大表明发文越多; 节点年轮的圈数代表不同发表年份, 某一年份的年轮宽度越宽, 意味着该年份的论文产出越高, 且年轮颜色对应文献发表时间; 节点间的连线则标识作者间存在合作关联。在关键词共现分析中, 共现图谱的节点尺寸与关键词出现频次呈正相关, 尺寸越大意味着该关键词的共现频率越高。关键词聚类分析图谱能够将相关关键词聚集在一起, 显示出研究焦点的集中区域。关键词突现是指在某一领域的文献、数据中, 在短时间内, 出现了某种词汇的提及频率突然增多, 成为热点或焦点。这些词一般代表了某一领域的新动向、新问题或新研究。突现图谱中红色时段标识对应突变关键词的活跃周期, 红色条段的长度直接反映该关键词活跃时长。

2 结果

2.1 一般情况

研究初始检索文献 762 篇, 经纳排标准筛选后最终纳入 751 篇相关文献, 其中中文文献 337 篇, 英文文献 414 篇。各个数据库检索得到的文献数量见表 1。

表1 数据库检索结果
Table 1. Database search results

数据库	初始检索篇数	剔除重复后篇数	二次筛选后篇数
CNKI	92	92	91
万方	249	245	242
PubMed	392	390	389
WOS	29	29	29
合计	762	756	751

2.2 年发表论文数量

1999—2009 年丹皮酚的中文和英文文献数量呈现上升趋势, 其中 1999—2002 年丹皮酚相关文献较少, 每年不足 10 篇, 2010—2016 年呈现下降趋势, 随后出现回升, 至 2025 年由于检索

时间结束而出现下降的趋势, 且总体数量变化趋势相似。2013 年起, 英文文献数量超过了中文文献且趋势一直持续至今。具体见图 1。

2.3 发文机构、作者、国家分析

使用 CiteSpace 6.4.1 软件分别以机构、国家、作者为节点分析合集数据库。从表 2 可以发现, 在丹皮酚领域发文量前 3 的机构分别为安徽医科大学 (13 篇)、中国药科大学 (11 篇)、山东中医药大学 (7 篇); 安徽医科大学的发文时间集中在 2002 年前后, 中国药科大学的发文时间集中在 2004 年前后。

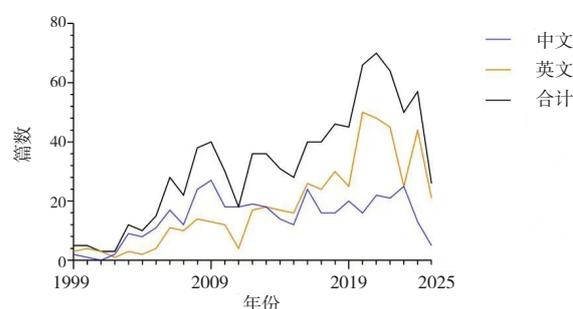


图1 丹皮酚相关论文年发文量

Figure 1. Annual publication volume of papers related to paeonol

表2 丹皮酚领域中论文数量前10的机构
Table 2. The top ten institutions with the highest number of papers in the field of paeonol

排序	机构	发文篇数
1	安徽医科大学	13
2	中国药科大学	11
3	山东中医药大学	7
4	中国科学院	7
5	河南科技大学	6
6	广州中医药大学	6
7	南方医科大学	5
8	承德医学院	5
9	山东协和医学院	5
10	河南中医学院	5

丹皮酚的研究发文数量排名前 5 的作者是 Wang Y、Dai M、Liu YL 等人, 其中 Wang Y 以 22 篇发文量领先其他作者 (表 3)。

1999—2025 年共有 2 426 名作者参与丹皮酚药理作用研究, 形成了 3 981 个合作关系, 表示这些作者之间合作紧密。同时, 核心作者群的合作网络呈现出显著特征, 中心节点作者的研究方向关联度较高 (图 2)。

具体来看, Wang Y 对于丹皮酚的药理作用研究方向主要集中在血管生成^[12]、骨细胞凋亡^[13]

以及炎症抑制^[14]方面。Dai M 的研究则倾向于减轻粥样硬化^[15]、抑制血管平滑肌^[16]。进一步分析发现，Wang Y 与 Dai M 在丹皮酚药理作用研究领域存在交叉—均聚焦于血管相关研究。其中，

Wang Y 的炎症抑制研究与 Dai M 的减轻粥样硬化研究关联紧密，因炎症反应在粥样硬化的发生发展中起着关键作用，这使得其研究在血管保护机制方面形成了相互呼应的学术脉络。

表3 丹皮酚领域论文数量前10的国家和作者

Table 3. The top 10 countries and authors with the largest quantity of papers in the paeonol field

国家	发文篇数	作者	发文篇数
中国 (China)	125	Wang Y	22
美国 (USA)	26	Dai M	20
韩国 (Korea)	11	Liu YL	16
英国 (UK)	7	Li J	15
日本 (Japan)	5	Li Y	14
马来西亚 (Malaysia)	3	Zhang L	14
西班牙 (Spain)	3	Wang H	12
伊朗 (Iran)	2	Li H	10
印度 (India)	2	Wang J	8
德国 (Germany)	2	Zhang Y	8

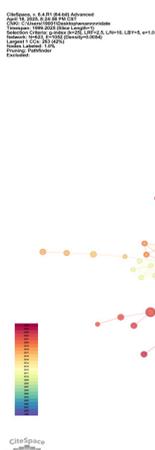


图2 丹皮酚作者合作网络

Figure 2. Paeonol author collaboration network

发文量最多的国家是中国（125 篇），美国 26 篇位居其后。这与中国注重中医研究有关，且随着中国人民对健康的重视以及各类疾病发病率的上升，对具有相关疗效的丹皮酚药物需求也在增加。美国在生物医药研发领域实力强劲，丹皮酚具有多种药理活性，符合其寻找新的药物活性成分的方向，如美国学者已发现丹皮酚具有扩张血管作用，这也与丹皮酚的研究发展存在潜在关联^[17]。

2.4 关键词共现分析

利用 CiteSpace 6.4.1 软件对中英文文献关键词共现进行分析，中文文献关键词共现图节点数为 143，连线数为 234，关键词词频中除丹皮酚（71 次）外，最高的是药理作用（21 次）和化

学成分（14 次），其中药理作用中主要是解热（refrigerate）、抑制（restrain），化学成分中主要是牡丹皮（subshrubby peony root-bark）及含量测定（assaying），并出现中耕除草（weeder）、栽培品种（cultivar）等关系（图 3A）。

英文文献关键词共现 284 次，关键词共现网络图包含 398 条连接，关键词共现频次最高的为 traditional Chinese medicine（22 次）。关键词共现技术领域涉及的研究技术有流式细胞术（flow cytometry）、表达水平（expression levels）、免疫印记（western blot）等（图 3B）。

2.5 关键词聚类分析

关键词聚类分析结果显示，总计获得 19 个聚类标签，前 5 位依次为：模块 #0（paeonol）、模块 #1（inflammation）、模块 #2（丹皮酚）、模块 #3（paeoniflorin）、模块 #4（apoptosis）、模块 #5（高效液相色谱法），具体见图 4。

2.6 关键词突现分析

药物丹皮酚在 2003—2007 年的主要突现词为：高效液相色谱法、药物协同作用、自由基等。2020—2025 年突出了网络药理学、白色念珠菌（candida albicans）、丹皮酚衍生物（paeonol derivatives）。其中，网络药理学在 2020 年开始出现，此后研究热度逐年上升直至现在。氧化应激（oxidative stress）、分子对接（molecular docking）在 2022 年以后开始出现，并成为研究热点（图 5）。

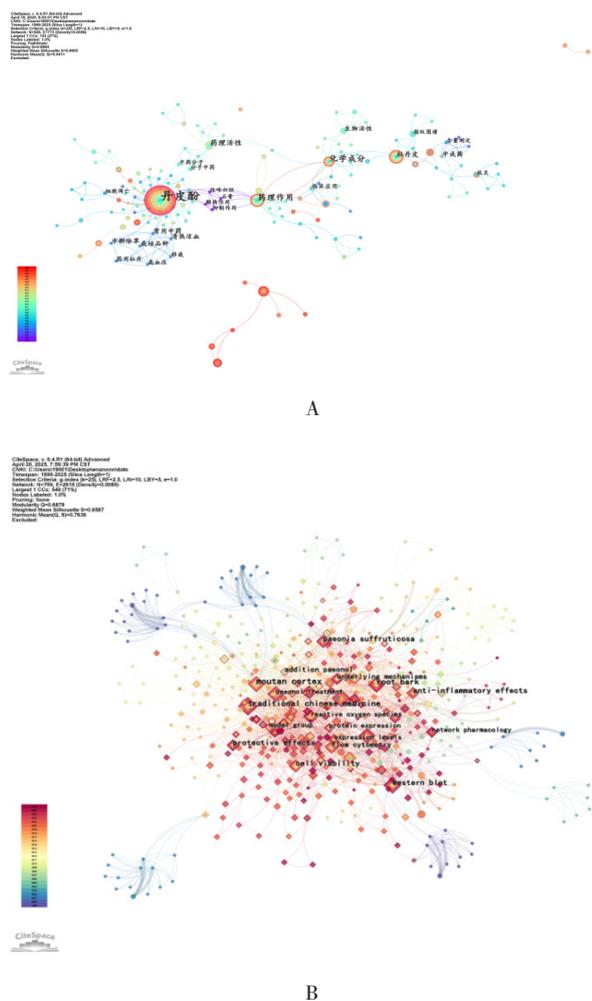


图3 丹皮酚研究关键词共现图谱

Figure 3. Keyword co-occurrence map of paeonol research
注：A. 中文文献关键词；B. 英文文献关键词。

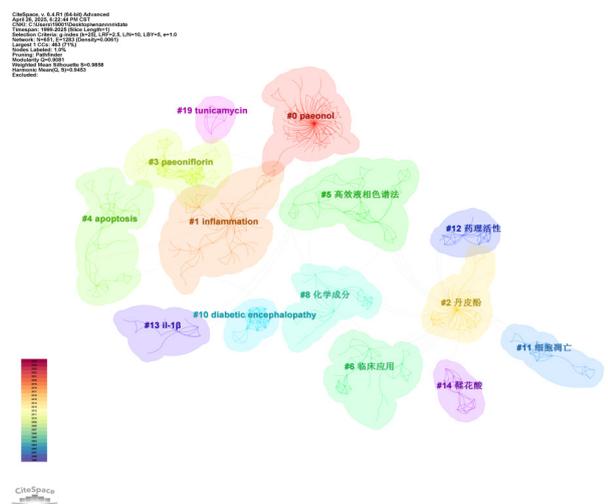


图4 丹皮酚关键词共现聚类图谱

Figure 4. Keyword co-occurrence clustering map of paeonol research

Top 25 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Keywords	Year	Strength	Begin	End	1999 - 2025
高效液相色谱法	2003	1.78	2003	2006	
药物协同作用	2006	1.89	2006	2007	
自由基	2007	1.32	2007	2007	
指纹图谱	2008	3.02	2008	2009	
生物活性	2010	2.36	2010	2012	
抗癌药物	2010	1.32	2010	2010	
big data	2013	10.8	2013	2015	
大数据	2013	3.89	2013	2013	
data mining	2013	2.35	2013	2014	
breast cancer	2014	1.86	2014	2018	
cloud computing	2014	1.82	2014	2015	
paeonol (pubchem cid: 11092)	2015	2.8	2015	2017	
药理活性	2004	2.07	2016	2016	
paeoniflorin (pubchem cid: 442534)	2016	1.77	2016	2017	
三七总皂苷	2016	1.77	2016	2017	
动物模型	2012	1.91	2017	2017	
网络药理学	2020	9.33	2020	2025	
candida albicans	2020	2.04	2020	2022	
paeonol derivatives	2020	2.04	2020	2022	
oxidative stress	2018	3.19	2022	2025	
molecular docking	2022	2.5	2022	2025	
芍药苷	2006	2.3	2022	2022	
network analysis	2023	1.74	2023	2025	
network pharmacology	2022	2.9	2024	2025	
分子对接	2021	1.84	2024	2025	

图5 丹皮酚研究关键词突现图

Figure 5. Keyword burst diagram of Paeonol research

高效液相色谱法是一种可实现分离、分析和纯化的现代色谱技术。在丹皮酚相关研究领域，该技术发挥着重要作用，常被用于检测物质中不同化学成分的含量。例如，杨必浩等^[18]运用高效液相色谱法同时测定了妇舒丸中芍药苷、阿魏酸、黄芩苷和丹皮酚的含量。吕文龙^[19]也利用这一方法完成了对金匱肾气丸中丹皮酚含量的测定。与此同时，网络药理学作为探究药物治疗疾病作用机制的重要手段，也在丹皮酚研究中得到了应用。研究者通常会运用 TCMS、PubChem、STITCH 等数据库，筛选丹皮酚的核心药物靶点。以谢佳峰等^[20]研究者为例，其基于网络药理学研究发现，丹皮酚、槲皮素可能通过靶向调控蛋白激酶 B (Akt)、肿瘤坏死因子、血管内皮生长因子 A 和 TP53 介导的，晚期糖基化终末产物-受体信号通路，参与缺血性卒中的病理过程调节。

3 讨论

从文献计量学方面研究丹皮酚的文献变化情况，发现丹皮酚的研究处于稳步发展向迅猛发展变化的趋势，应用前景广阔。2013 年后英文文献数量超越中文并持续领先，这与国际学术评价体系及研究全球化密切相关。对丹皮酚的研究主要集中于中国，主要研发机构和推广机构也集中于中国；其研究方向主要是集中在丹皮酚的药理作用与活性，呈现化学、生物、材料等多学科交叉融合式的发展；Wang Y、Dai M 等学者聚焦血管、炎症抑制等方向形成合作网络；近年网络药理学、分子对接等技术成为热点；研究方法早期以高效液相色谱法成分分

析为主；在丹皮酚的应用前景方面，无论是医药、化妆品还是功能性食品方面均具有巨大的潜在应用价值。医药方面，在药理学成分筛选、机制研究等应用研究中，其抗炎、抗氧化和抗肿瘤等是其关注的热点；化妆品方面，其天然活性物质是功能类化妆品的活性成分之一；在功能性食品方面，其生物活性物质是主要关注成分。

丹皮酚作为目前公认的具有抗肿瘤、抗炎、抑菌杀菌等多种药理作用的生物活性物质，在抗癌方面，其还能抑制多种癌细胞增殖。首先，丹皮酚能够广泛抑制多种癌细胞的增殖，诱导其凋亡。具体而言，在 Eca-109 食管癌细胞中，丹皮酚通过下调 环氧合酶 2、存活蛋白的表达，有效抑制细胞生长^[21]；在抗宫颈癌的过程中，其则通过抑制 BACH1 (BTB 和 CNC 同源物 1)，调节糖酵解关键基因葡萄糖转运载体 1 和己糖激酶 2 的表达，进而阻断宫颈癌细胞的 Warburg 效应，达到抗癌目的^[22]。此外，针对胰腺癌 PANC-1 细胞，丹皮酚不仅能抑制其增殖和迁移，还能诱导细胞凋亡，这一作用机制可能与上调葡萄糖调节蛋白 78/肿瘤坏死因子受体相关因子信号通路密切相关^[23]。此外，丹皮酚还可通过下调 Akt/哺乳动物雷帕霉素靶蛋白通路诱导癌细胞自噬，不过此处的自噬在癌细胞中发挥的是细胞保护作用^[24]。在抗炎方面，丹皮酚通过作用于多个靶点发挥药效。在大鼠溃疡性结肠炎模型中，Zong 等^[25]通过建立 2,6-三硝基苯磺酸诱导的大鼠溃疡性结肠炎模型，发现 200~400 mg/kg 丹皮酚可降低病指，改善炎症参数，提高抗炎因子水平；张宇欣^[26]发现丹皮酚主要通过阻断核因子- κ B 信号通路来抑制核因子- κ B 信号通路的激活，从而达到抗炎效果。类似的抗炎作用在关节炎、牙周炎等疾病模型中也得到了验证^[27]。在抑菌杀菌方面，研究发现丹皮酚对革兰氏阳性菌、革兰染色阳性、阴性真菌均有抑菌作用。李鑫辰^[28]发现丹皮酚对白色念珠菌等真菌能破坏细胞膜，从而抑制生物被膜的形成；曾辰^[29]则发现盐酸小檗碱和芍药苷组合可显著提高对大多菌株的抑菌效果，对耐药菌也有一定的抑制作用。此外，沈涛等^[30]研究通过实验证实，不同浓度丹皮酚对牙龈卟啉单胞菌具有体外抗菌效果且呈浓度依赖性，有望作为治疗慢性牙周炎的药物成分。

本研究仍存在一定局限性。由于主要借助 CiteSpace 工具开展文献计量分析，该方法虽能高效

梳理研究领域的整体趋势、热点及合作网络等宏观特征，但受限于分析维度，难以完全捕捉实验研究中具体的分子机制、信号通路调控等微观细节，对丹皮酚药理作用的深度机制解析存在不足。此外，在文献纳入过程中，虽涵盖了英文文献，但未包含非英语国家（如日本、韩国等）以及本国语言发表的相关研究，这会导致部分区域的研究成果未被充分纳入分析，一定程度上影响了研究结论的全面性。

未来研究可从多维度深入推进丹皮酚研究体系。一方面，需结合实验数据验证文献计量分析结果并深入讨论其背后的作用原理，运用分离、纯化等现代技术，来进一步丰富丹皮酚的研究理论根基。另一方面要注重高质量的临床研究，积极开展多中心大样本随机对照研究，为丹皮酚的产业化应用提供更充分的证据。

参考文献

- 1 祁建宏, 董芳旭. 丹皮酚现代药理作用及其机制研究进展 [J]. 北京联合大学学报, 2023, 37(2): 72-78. [Qi JH, Dong FX. Research progress in modern pharmacological effects and mechanism of paeonol[J]. Journal of Beijing Union University(Natural Sciences), 2023, 37(2): 72-78.] DOI: 10.16255/j.cnki.lidxbz.2023.02.013.
- 2 刘建, 赵贵红, 王波, 等. 响应面法分析丹皮酚与常见酚类物质间的协同抗氧化作用 [J]. 农产品加工, 2023(10): 32-35, 39. [Liu J, Zhao GH, Wang B, et al. Study of synergistic antioxidant activity between paeonol and common phenols using response surface methodology[J]. Agricultural Products Processing, 2023(10): 32-35, 39.] DOI: 10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2023.05.036.
- 3 赖普辉, 田光辉, 赵桦. 一种丹皮酚衍生物的合成及其抗菌活性 [J]. 武汉大学学报 (理学版), 2010, 56(5): 523-526. [Lai PH, Tian GH, Zhao H. Synthesis and antimicrobial activity of a paeonol derivative[J]. Journal of Wuhan University (Natural Science Edition), 2010, 56(5): 523-526.] DOI: 10.14188/j.1671-8836.2010.05.010.
- 4 孙菁菁, 李张维, 王玉栋. 丹皮酚的抗肿瘤作用及机制研究进展 [J]. 中药新药与临床药理, 2025, 36(2): 288-293. [Sun JJ, Li ZW, Wang YD. Research progress on anti-tumor effect and mechanism of paeonol[J]. Traditional Chinese Drug Research and Clinical Pharmacology, 2025, 36(2): 288-293.] DOI: 10.19378/j.issn.1003-9783.2025.02.015.
- 5 Hu X, Ding L, Cao S, et al. Pharmacokinetics, tissue distribution and excretion of paeonol and its major metabolites in rats provide a further insight into Paeonol effectiveness[J]. Front Pharmacol, 2020, 11: 190. DOI: 10.3389/fphar.2020.00190.
- 6 邵作敏, 修效友, 汪维云. 牡丹皮中丹皮酚提取工艺优化研究 [J]. 安徽农业大学学报, 2015, 42(2): 299-304. [Shao ZM, Xiu XY, Wang WY. Optimization of the paeonol extraction process from Cortex moutan[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2015, 42(2): 299-304.] DOI: 10.13610/j.cnki.1672-352x.20150302.009.
- 7 董晓旭, 付京, 尹兴斌, 等. 牡丹皮中丹皮酚提取工艺及包合工艺的研究 [J]. 世界中西医结合杂志, 2015, 10(1): 37-39. [Dong XX, Fu J, Yin

- XB, et al. Study of paeonol extraction process and inclusion process from Cortex moutan[J]. World Journal of Integrated Traditional and Western Medicine, 2015, 10(1): 37–39.] DOI: [10.13935/j.cnki.sjzx.150112](https://doi.org/10.13935/j.cnki.sjzx.150112).
- 8 Vellasamy S, Murugan D, Abas R, et al. Biological activities of paeonol in cardiovascular diseases: a review[J]. Molecules, 2021, 26(16): 4976. DOI: [10.3390/molecules26164976](https://doi.org/10.3390/molecules26164976).
- 9 武凤震, 王明镜, 吕妍, 等. 基于 CiteSpace 知识图谱分析雄黄的研究热点与前沿 [J]. 中国中药杂志, 2024, 49(9): 2532–2543. [Wu FZ, Wang MJ, Lyu Y, et al. Research hotspots and frontiers of realgar based on CiteSpace knowledge graph analysis[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2024, 49(9): 2532–2543.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjmm.20240207.501](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjmm.20240207.501).
- 10 张雪岩, 李娜, 张国琴, 等. 基于 CiteSpace 知识图谱的中药旋覆花研究现状的可视化分析 [J]. 中国现代应用药学, 2024, 41(15): 2136–2146. [Zhang XY, Li N, Zhang GQ, et al. Visual analysis of research status of inula japonica (Chinese medicine) based on CiteSpace knowledge mapping[J]. Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy, 2024, 41(15): 2136–2146.] DOI: [10.13748/j.cnki.issn1007-7693.20231206](https://doi.org/10.13748/j.cnki.issn1007-7693.20231206).
- 11 孙博, 王梦晓, 刘玉洋, 等. 中药蟾酥研究进展的 CiteSpace 知识图谱分析 [J]. 中国现代中药, 2023, 25(12): 2625–2635. [Sun B, Wang MX, Liu YY, et al. CiteSpace knowledge map analysis of research progress of Bufonis venenum based on CiteSpace[J]. Modern Chinese Medicine, 2023, 25(12): 2625–2635.] DOI: [10.13313/j.issn.1673-4890.20221130002](https://doi.org/10.13313/j.issn.1673-4890.20221130002).
- 12 Xu H, Wu Z, Jin Z, et al. Paeonol suppresses vasculogenesis through regulating vascular smooth muscle phenotypic switching[J]. J Endovasc Ther, 2022, 29(1): 117–131. DOI: [10.1177/15266028211032956](https://doi.org/10.1177/15266028211032956).
- 13 Gong SW, Tian AX, Lang S, et al. Paeonol regulates autophagy through the PI3K–AKT–mTOR signaling pathway to inhibit apoptosis of osteocytes[J]. Eur J Pharm, 2025, 995: 177427. DOI: [10.1016/j.ejphar.2025.177427](https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2025.177427).
- 14 Yang J, Xu L, Wu M, et al. Paeonol derivative–6 attenuates inflammation by activating ZEB2 in acute liver injury[J]. Int Immunopharmacol, 2021, 94: 107410. DOI: [10.1016/j.intimp.2021.107410](https://doi.org/10.1016/j.intimp.2021.107410).
- 15 Wu H, Song A, Hu W, et al. The anti–atherosclerotic effect of Paeonol against vascular smooth muscle cell proliferation by up–regulation of autophagy via the AMPK/mTOR signaling pathway[J]. Front Pharm, 2018, 8: 948. DOI: [10.3389/fphar.2017.00948](https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00948).
- 16 Liu Y, Song A, Wu H, et al. Paeonol inhibits apoptosis of vascular smooth muscle cells via up–regulation of autophagy by activating class III PI3K/Beclin–1 signaling pathway[J]. Life Sci, 2021, 264: 118714. DOI: [10.1016/j.lfs.2020.118714](https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.118714).
- 17 Li Y, Bao J, Xu J, et al. Vascular dilation by paeonol—a mechanism study[J]. Vascular Pharm, 2010, 53(3): 169–176. DOI: [10.1016/j.vph.2010.07.001](https://doi.org/10.1016/j.vph.2010.07.001).
- 18 杨必浩, 周应硕, 曹朴琼. 高效液相色谱法同时测定妇舒丸中药药苷、阿魏酸、黄芩苷和丹皮酚的含量 [J]. 系统医学, 2017, 2(7): 127–130. [Yang BH, Zhou YS, Cao PQ. Simultaneous determination of contents of paeoniflorin of Fuyanshu Wan, ferulic acid, scutellaria root glucoside and paeonol by using the high–efficiency liquid chromatography[J]. Systems Medicine, 2017, 2(7): 127–130.] DOI: [10.19368/j.cnki.2096-1782.2017.07.127](https://doi.org/10.19368/j.cnki.2096-1782.2017.07.127).
- 19 吕文龙. HPLC 法测定金匱肾气丸中丹皮酚的含量 [J]. 内蒙古中医药, 2012, 31(20): 28–29. [Lyu WL. Determination of paeonol content in Jinkui Shenqi pills by HPLC[J]. Nei Mongol Journal of Traditional Chinese Medicine, 2012, 31(20): 28–29.] DOI: [10.16040/j.cnki.cn15-1101.2012.20.001](https://doi.org/10.16040/j.cnki.cn15-1101.2012.20.001).
- 20 谢佳峰, 王钜为, 蒋越, 等. 基于网络药理学和分子对接探讨桂枝茯苓丸“异病同治”脑病的作用机制 [J]. 浙江中医药大学学报, 2024, 48(5): 609–620. [Xie JY, Wang JW, Jiang Y, et al. Investigation on the mechanism of Guizhi Fuling pill in treating encephalopathy with "treating different diseases with same method" based on network pharmacology and molecular docking[J]. Journal of Zhejiang Chinese Medical University, 2024, 48(5): 609–620.] DOI: [10.16466/j.issn1005-5509.2024.05.016](https://doi.org/10.16466/j.issn1005-5509.2024.05.016).
- 21 宛新安, 孙国平, 徐淑萍, 等. 丹皮酚增强顺铂对人食管癌细胞 Eca–109 的抗肿瘤作用 [J]. 安徽医科大学学报, 2007, (3): 306–309. [Wan XA, Sun GP, Xu SP, et al. Synergistic anti–tumor effect of paeonol and cisplatin on human esophageal cancer cell line Eca–109[J]. Acta Universitatis Medicinalis Anhui, 2007, (3): 306–309.] DOI: [10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2007.03.022](https://doi.org/10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2007.03.022).
- 22 王亭亭. 丹皮酚抑制 BACH1 介导 Warburg 效应抗宫颈癌作用机制研究 [D]. 杭州: 浙江中医药大学, 2024. DOI: [10.27465/d.cnki.gzzyc.2024.000571](https://doi.org/10.27465/d.cnki.gzzyc.2024.000571).
- 23 沈惠琳, 李为民, 胡成琛, 等. 丹皮酚对胰腺癌 PANC–1 细胞凋亡及 GRP78/TRAF2 信号通路的影响 [J]. 浙江中医杂志, 2022, 57(4): 241–244. [Shen HL, Li WM, Hu CC, et al. Effects of paeonol on apoptosis of pancreatic cancer PANC–1 cells and GRP78/TRAF2 signaling pathway[J]. Zhejiang Journal of Traditional Chinese Medicine, 2022, 57(4): 241–244.] DOI: [10.3969/j.issn.0411-8421.2022.04.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.0411-8421.2022.04.004).
- 24 高利昆. Akt/mTOR 通路介导的丹皮酚诱导卵巢癌细胞保护性自噬的机制研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 2020. DOI: [10.27379/d.cnki.gwhdu.2020.002402](https://doi.org/10.27379/d.cnki.gwhdu.2020.002402).
- 25 Zong SY, Pu YQ, Xu BL, et al. Study on the physicochemical properties and anti–inflammatory effects of paeonol in rats with TNBS–induced ulcerative colitis[J]. Int Immunopharmacol, 2017, 42: 32–38. DOI: [10.1016/j.intimp.2016.11.010](https://doi.org/10.1016/j.intimp.2016.11.010).
- 26 张宇欣. 基于 LPS 诱导的 RAW264.7 细胞炎症模型研究低毒性多酚类化合物抗炎作用及其分子机制 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2023. DOI: [10.27787/d.cnki.ghrbs.2023.000578](https://doi.org/10.27787/d.cnki.ghrbs.2023.000578).
- 27 赵俊云, 杨向竹, 郭健. 丹皮酚对人类风湿关节炎滑膜成纤维细胞增殖与凋亡的影响 [J]. 中医药学报, 2019, 47(6): 27–30. [Zhao JY, Yang XZ, Guo J. Effect of paeonol on proliferation and apoptosis of human rheumatoid arthritis synovial fibroblasts[J]. Acta Chinese Medicine and Pharmacology, 2019, 47(6): 27–30.] DOI: [10.19664/j.cnki.1002-2392.190171](https://doi.org/10.19664/j.cnki.1002-2392.190171).
- 28 李鑫辰. 丹皮酚对白色念珠菌和新生隐球菌的抗真菌活性及其作用机制研究 [D]. 西安: 陕西科技大学, 2022. DOI: [10.27290/d.cnki.gxbqc.2022.000059](https://doi.org/10.27290/d.cnki.gxbqc.2022.000059).
- 29 曾辰. 盐酸小檗碱、丹皮酚的体外联合抗菌作用的实验研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2005. DOI: [10.7666/d.d019613](https://doi.org/10.7666/d.d019613).
- 30 沈涛, 徐远志, 彭前, 等. 丹皮酚对牙龈卟啉单胞菌体外抗菌性的研究 [J]. 中国医院用药评价与分析, 2020, 20(10): 1171–1174. [Shen T, Xu YZ, Peng Q, et al. Research on *in vitro* antibacterial effect of paeonol on porphyromonas gingivalis[J]. Evaluation and Analysis of Drug–Use in Hospitals of China, 2020, 20(10): 1171–1174.] DOI: [10.14009/j.issn.1672-2124.2020.10.005](https://doi.org/10.14009/j.issn.1672-2124.2020.10.005).

收稿日期: 2024 年 05 月 22 日 修回日期: 2025 年 07 月 01 日
本文编辑: 李 阳 钟巧妮