

我国中医学学科交叉领域研究热点可视化分析

徐 浩¹, 濮文渊², 钱爱兵³, 朱学芳^{1*}

1. 南京大学信息管理学院, 江苏 南京 210046

2. 南京中医药大学基础医学院, 江苏 南京 210023

3. 南京中医药大学经贸管理学院 信息管理系, 江苏 南京 210023

摘 要: 以信息可视化方式揭示我国中医学学科交叉研究热点。以《北京大学中文核心要目总览(2011 版)》所收录的 248 种医药卫生类核心期刊作为初始数据采集样本, 创建 CMSCI 引文索引数据库, 结合《中图分类号(第四版)》确定 2004—2012 年我国中医学学科交叉文献 13 259 篇, 抽取其 81 626 个关键词作为研究对象。通过高频词分析、可视化分析及共词聚类等方法分年度揭示我国中医学学科交叉研究领域研究热点, 并进行对比分析。以知识图谱方式识别出中药质量鉴定与化学成分研究、中药抗肿瘤机制及其效应成分研究、动物模型实验方法研究、高血脂及糖尿病的中医药疗法研究为 2004—2012 年我国中医学学科交叉研究领域的热点研究方向, 且具有较好的延续性, 发现该研究领域以高效液相色谱法等 3 种实验方法为重点实验方法, 以中医药疗法、中西医结合疗法为主要治疗方法。我国中医学与药学的学科交叉为领域内学者学科交叉行为的主要表现。

关键词: 中医学; 中医药; 学科交叉; 信息可视化; 研究热点

中图分类号: R28; G358 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2015)19-2966-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.19.024

Visualization analysis on research hotspots in interdisciplinary field of Chinese medicine

XU Hao¹, PU Wen-yuan², QIAN Ai-bing³, ZHU Xue-fang¹

1. School of Information Management, Nanjing University, Nanjing 210046, China

2. College of Basic Medicine, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

3. School of Economics and Management, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

Abstract: This paper applies information visualization method to reveal the research hotspots in interdisciplinary field of Chinese medicine. Take 248 core journals of medicine and health class which were indexed in *General Contents of Chinese Core Journal* (2011ed) to construct CMSCI database, and then base on *Chinese Library Classification* (4ed) to extract 81 626 keywords from 13 259 papers whose research hotspots focus on Chinese medicine interdisciplinary field during 2004—2012. It then adopts high-frequency words analysis, visualization analysis, and co-word analysis methods to explore the research hotspots in interdisciplinary field of Chinese medicine. The paper reveals that four directions remain to be hotspots with good continuity: quality identification and chemical composition of Chinese materia medica (CMM); antitumor by CMM and its active ingredient study; animal model and its application; and therapy of diabetes mellitus by traditional Chinese medicine (TCM) are hotspots in interdisciplinary field of Chinese medicine during 2004—2012. The paper also recognizes the importance of three experimental methods, such as HPLC, therapy of TCM, and the methods with integrated traditional Chinese and Western medicine therapy. The research in interdisciplinary field of Chinese medicine mainly focuses on the interdisciplinary between Chinese medicine and pharmacy, which is the main behavior of the scholars cross the field.

Key words: Chinese medicine; traditional Chinese medicine; interdisciplinary; information visualization; research hotspots

中医药是当今中国医药卫生事业中独具特色和 护人类健康, 产生积极的作用^[1]。新形势下, 我国优势的重要组成部分, 对于丰富世界医学宝库、保 中医药学领域的相关研究在注重继承经典的同时,

收稿日期: 2015-04-20

基金项目: 2010 年国家自然科学基金重大项目“图书、博物、档案数字化服务融合研究”(10 & ZD134); 江苏省 2015 年普通高校研究生科研创新计划项目“融合研究工具及方法的跨学科知识扩散规律研究”(KYLX15_0026)

作者简介: 徐 浩(1989—), 男, 博士在读, 主要研究方向为医学信息挖掘与分析。E-mail: xhnju2014@163.com

*通信作者 朱学芳(1962—), 男, 南京大学信息管理学院多媒体信息研究所教授, 博士生导师, 主要研究方向为多媒体信息处理。

同样注重与西方医学、药学、信息学、生物学等领域的交叉融合,形成新的学科增长点,在学术研究领域则表现为研究主题跨双学科或多学科的学术论文的发表。

在医学研究领域,领域内专家、学者通常基于定性的研究方法,在大量阅读文献的基础上,依据其研究经验及积累主观性地识别某领域或学科的研究热点,形成综述类文献或报告,以供借鉴。2003年,肖培根院士^[2]撰文指出:21世纪,基因技术与中药新药创制、信息技术与中药的发展、中药的可持续发展、中药现代化及国际化将成为领域内热点研究方向;2014年,李秀才^[3]指出,抗肿瘤血管生成成为中医治疗肿瘤的热点研究方向之一,并总结了抗肿瘤血管生成的动物类中药、植物类中药、中药复方及其有效成分;2011年,Guan等^[4]论述了质量控制、指纹图谱、多组分定性、定量研究等与中药研究相关的热点问题;2014年,旺建伟等^[5]总结了中医药动物模型的研究思路、造模方法,指出中医药动物模型的评价将趋于客观化、标准化、规范化,更多的病证结合动物模型将得到完善。此类文献对我国医学研究具有一定的推介作用,但此类研究多为前瞻性研究,需要文献著者具备敏锐的洞察力及较高的学术造诣,主观性较强。

近年来,部分学者借助文献计量学领域的理论及方法,从定量的角度识别医药卫生及其相关学科的研究热点,并以可视化的方式呈现。高雪等^[6]基于1995—2010年WOS数据库中有关蛋白质组学的文献信息,得出质谱技术为蛋白质鉴定的核心技术以及蛋白质翻译、修饰和相互作用为国际研究热点之一的结论。张明华等^[7]基于1986—2009年WOS数据库中认知神经科学领域的文献信息,识别出PET技术为认知神经科学研究的重要工具,以前额叶皮质、大脑、活化为主的神经科学以及以记忆、注意力为主的认知科学为该领域的研究热点。赵蓉英等^[8]以Web of Knowledge为数据源揭示出中医的基础理论研究、中西医结合研究、基因技术在新药研制方面的应用为国际中医研究的热点研究领域。黄卓泳等^[9]以1990—2009年WOS数据库中中医药类研究论文为研究对象,发现1990—1999年中医药的药理作用研究为中医药领域研究重点,2000—2009年侧重于中药作用的物质基础研究。沈建通等^[10]以Medline和CNKI数据库中循证医学相关文献的mesh主题词及关键词为研究对象,基于共词分析法、

PFNET算法及可视化技术发现国内外循证医学领域的7个研究主题。

综合以上学者所展开的研究,可以发现:(1)信息可视化分析方法已用于识别医药卫生领域内相关学科及领域的研究热点,但多局限于单一学科或单一研究方向,较少涉及我国中医学学科交叉研究领域;(2)在数据来源上,此类研究大多依赖于国外数据库生产商所提供的信息,此类数据在数据采集过程中对学者的检索技巧、领域知识及英语水平均提出了较高的要求,无法同时保证查全率及查准率。究其原因国内专门的医学引文数据库较少,部分数据库仅提供引文查询功能^[11],无法全面揭示我国中医学学科交叉领域研究热点。因此,笔者所在研究团队以《北京大学中文核心要目总览(2011版)》所收录的248种医药卫生类核心期刊作为初始数据采集样本,创建专门的引文索引数据库——中文医药科学引文索引数据库(Chinese Medicine Sciences Citation Index,以下简称CMSCI)。目前该数据库中包含2004—2012年来源文献855 669篇,参考文献8 079 116条,作者信息3 549 674条,数据量较大。

1 数据来源及研究方法

1.1 数据来源

揭示我国中医学学科交叉领域研究热点为本文的核心目标,因此识别中医学学科交叉文献为本文的首要问题。依据现有的期刊目录能较为直观地界定文献所属学科,诸多学者^[12-14]以此作为分类标准展开研究,但诸如大学学报类期刊通常刊载多个学科论文,难以归入某个特定的研究领域,因此笔者拟从描述文献分类信息的中图分类号入手,发现我国中医学学科交叉文献。《中国图书资料分类法(第4版)》^[15]中,医药卫生类学科分类号以英文字母“R”开头,我国中医学学科分类号以“R2”开头,据此笔者规定:文献分类号中至少包含2个医药卫生类中图分类号且其中至少有1个为我国中医学学科分类号的文献为中医学学科交叉文献。需要特别说明的是医药卫生类中,“R-0 一般理论”“R-1 现状与发展”“R-3 医学研究方法”3类文献综合性较强、难以归为某个特定的学科,为最大限度保证分析的客观性与准确性,笔者剔除了该部分数据,最终于CMSCI数据库中获得2004—2012年中医学学科交叉领域文献13 259篇,并收集文献关键词字段,得到2004—2012年中医学学科交叉研究领域内未经形式归并、语义识

别的初始关键词 81 626 个, 拟据此识别我国中医学学科交叉研究领域研究热点。

1.2 研究方法

信息可视化分析方法为本文的主要研究方法, 知识图谱为信息可视化的主要表达方式之一。近年来信息可视化领域的专家逐渐重视可视化工具的开发及应用, 主要有 CiteSpace、Ucinet、VosViewer、Bibexcel、SPSS^[16]等, 其中 CiteSpace 软件为一种多元、分时、动态的复杂网络分析工具, 所绘制的科学引文网络图谱能够展示某个学科最新的前沿领域及其演化进程^[17], 因此笔者借助该软件绘制中医学学科交叉研究领域关键词共现知识图谱, 以识别领

域内研究热点。

学科或领域研究热点往往与时间高度相关, 因此笔者将 2004—2012 年 9 年度的中医学学科交叉文献数据以时间片段等分为 3 个时间片段, 分年度识别中医学学科交叉研究领域的研究热点, 以期揭示中医学学科交叉研究领域的发展脉络。此外, CiteSpace 软件仅识别从 Web of Knowledge 中下载的文献格式^[16], 因此笔者借助 Visual Studio 2005 以 C# 为编程语言, 自编程序“CMSCI_TO_CITESPACE”以完成 CMSCI 数据库中数据格式的转化。我国中医学学科交叉领域研究热点识别过程见图 1。

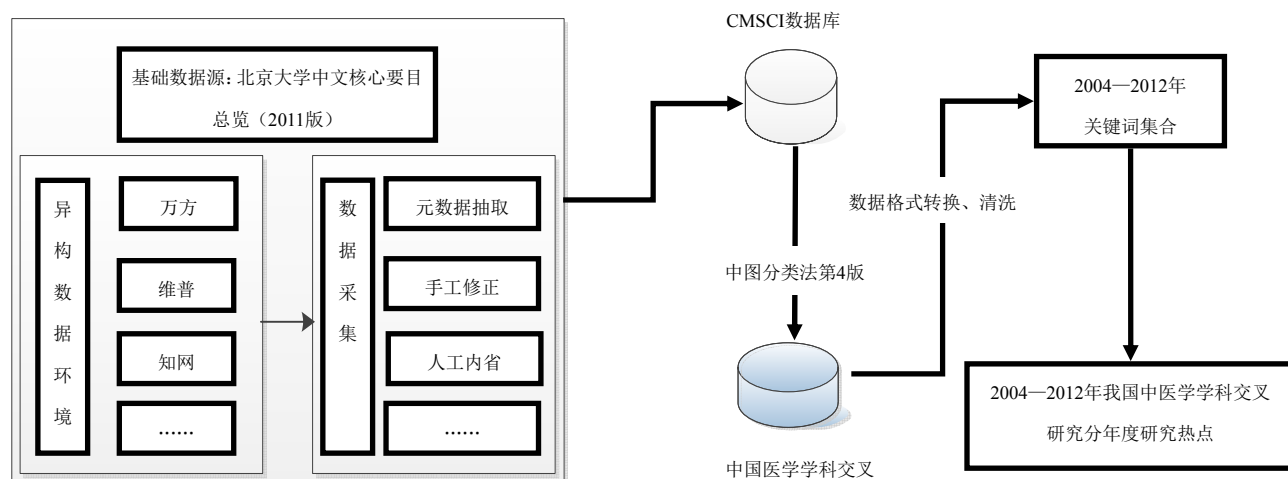


图 1 2004—2012 年我国中医学学科交叉研究领域研究热点识别过程图

Fig. 1 Process of revealing research hotshots in interdisciplinary field of Chinese medicine during 2004—2006

2 中医学学科交叉研究热点可视化分析

关键词通常由发文作者依据文章主要内容自行标注形成, 旨在高度概括文献的主要内容, 但同时存在着 (1) 关键词意义一致, 但表达方式不一致, 如“高效液相色谱法”同时存在着“HPLC 法”“hplc”“色谱”“高效液相”“HPLC 法测试浓度”等。(2) 关键词含义相近或相似而表达方式不一致, 如“胃癌”会被同时标注为“胃肿瘤”等, 因此笔者对关键词展开了数据清洗工作, 主要包括含义相同或者相似关键词的归并以及无实际分析意义关键词的剔除 2 个步骤, 以保证数据分析结果的可靠性。

2.1 2004—2006 年中医学学科领域研究热点分析

为揭示 2004—2006 年中医学学科交叉研究领域的研究热点, 采集此时间片段内经过初步清洗的关键词数据, 导入 CiteSpace III 软件中, 进行如下

设置: (1) 以文献关键词字段作为分析节点; (2) 2004—2006 年 3 年数据作为一个时间切片; (3) 选取 PFNETs^[18-19]为减枝算法; (4) 采用阈值插值组合 (threshold interpolation) 控制知识图谱中节点及连线数量 (在识别其他时间片段研究热点的过程中, 只修改时间切片字段, 若无特殊说明, 初始设置与此类似, 下文将不再赘述)。

需要说明的是设定阈值插值组合生成知识图谱的过程需要经过大量实验, 以得到聚类效果较好的知识图谱, 笔者通过大量实验, 最终发现设定阈值插值组合 (c, cc, ccv) 分别设定为 (1, 1, 1)、(1, 1, 1)、(15, 1, 5) 聚类效果较好, 所形成的知识图谱见图 2。

图 2 中, 节点的大小代表关键词频次的多少, 节点间连线的粗细代表关键词共现次数的多寡, 为

识别 2004—2006 年我国中医学学科交叉领域研究热点，笔者统计了 2004—2006 年词频位于前 15 位关键词词频及其中介中心度^[20]（betweenness centrality，以下简称中心度），见表 1。

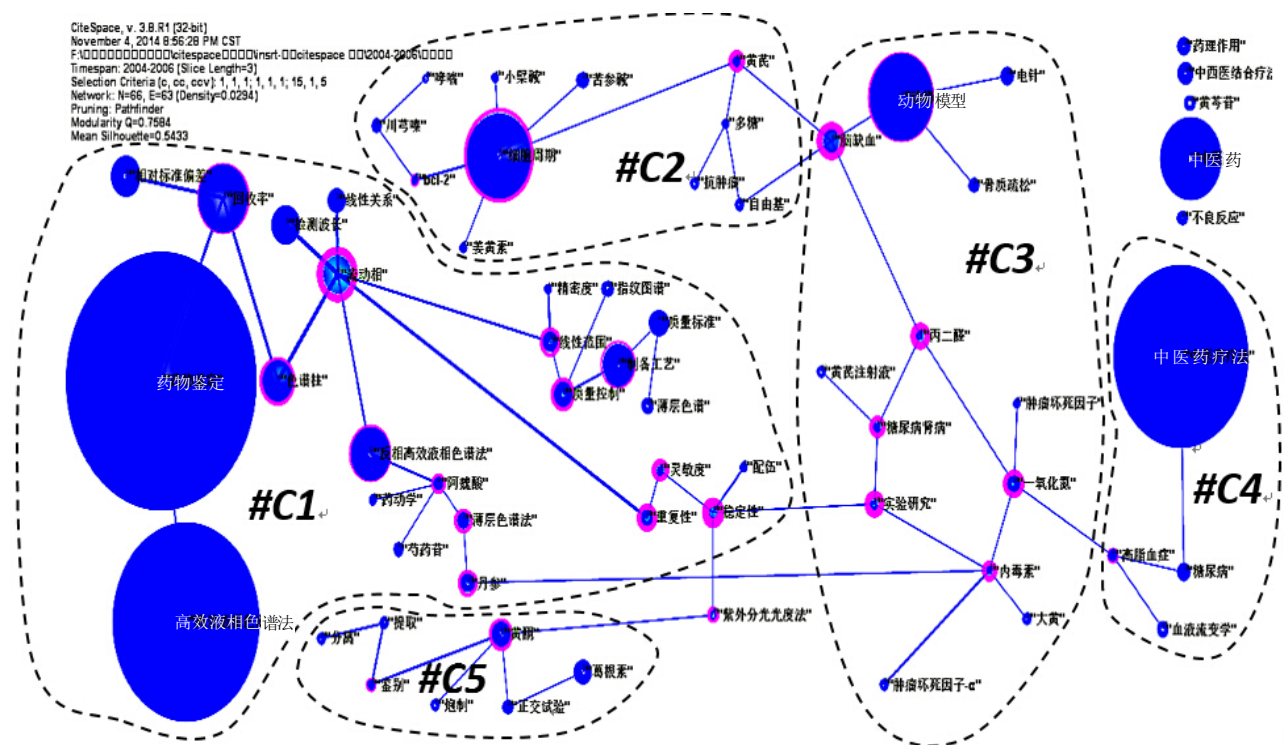


图 2 2004—2006 年中医学学科交叉领域关键词共现及聚类知识图谱

Fig. 2 Knowledge mapping of high frequency keywords in interdisciplinary field of Chinese medicine during 2004—2006

表 1 2004—2006 年中医学学科交叉领域热点关键词基本信息统计

Table 1 Statistics of high frequency keywords in interdisciplinary field of Chinese medicine during 2004—2006											
序号	关键词	词频	中心度	序号	关键词	词频	中心度	序号	关键词	词频	中心度
1	药物鉴定	396	0.06	6	中医药	130	0	11	色谱柱	63	0.22
2	高效液相色谱法	307	0	7	回收率	105	0.17	12	流动相	61	0.71
3	中医药疗法	282	0	8	反相高效液相色谱法	83	0.16	13	检测波长	61	0
4	动物模型	135	0.11	9	制备工艺	66	0.11	14	黄酮	42	0.32
5	细胞周期	132	0.32	10	相对标准偏差	63	0	15	质量标准	41	0.06

综合分析图 2 及表 1，可以看出“药物鉴定”“高效液相色谱法”“中医药疗法”“动物模型”“细胞周期”5 个关键词词频较高，构成 2004—2006 年中医学学科交叉领域主要研究方向，进一步解读图 2 归纳其研究主要集中于以下几类主题。

2.1.1 中药质量鉴定与化学成分研究 (#C1) 中药化学成分研究是中药现代化研究的基础，使用鉴别能力强、准确率高且快速的技术手段对中药化学成分的快速鉴定具有重要作用。采用高效液相色谱法、反相高效液相色谱法以及薄层色谱法 3 类方法依据回收率、相对标准偏差对药物质量及药物化学

成分进行鉴定，表明 2004—2006 年高效液相色谱法、反相高效液相色谱法以及薄层色谱法为中药化学成分研究的重要手段。

2.1.2 中药抗肿瘤机制及其效应成分研究 (#C2) 聚类#C2 中姜黄素^[21]、小檗碱^[22]、苦参碱^[23] 3 种物质为中药有效成分，均与“细胞周期”联系紧密，因为其抗肿瘤作用与调控细胞周期、影响细胞增殖有关。同样，黄芪因其主要提取物黄酮可诱导细胞凋亡，故与“细胞周期”共现次数较多。此外，bcl-2 基因作为近年来研究肿瘤细胞凋亡的热门原癌基因，在聚类#C2 中也与“细胞周期”共现次数较高。

2.1.5 中药黄酮类化合物的分离、提取、鉴别及不同中药炮制方法对其的影响 (#C5) 该聚类的形

结合图3及表2,对比2004—2006年关键词共现知识图谱,可知:中药质量鉴定与化学成分研究

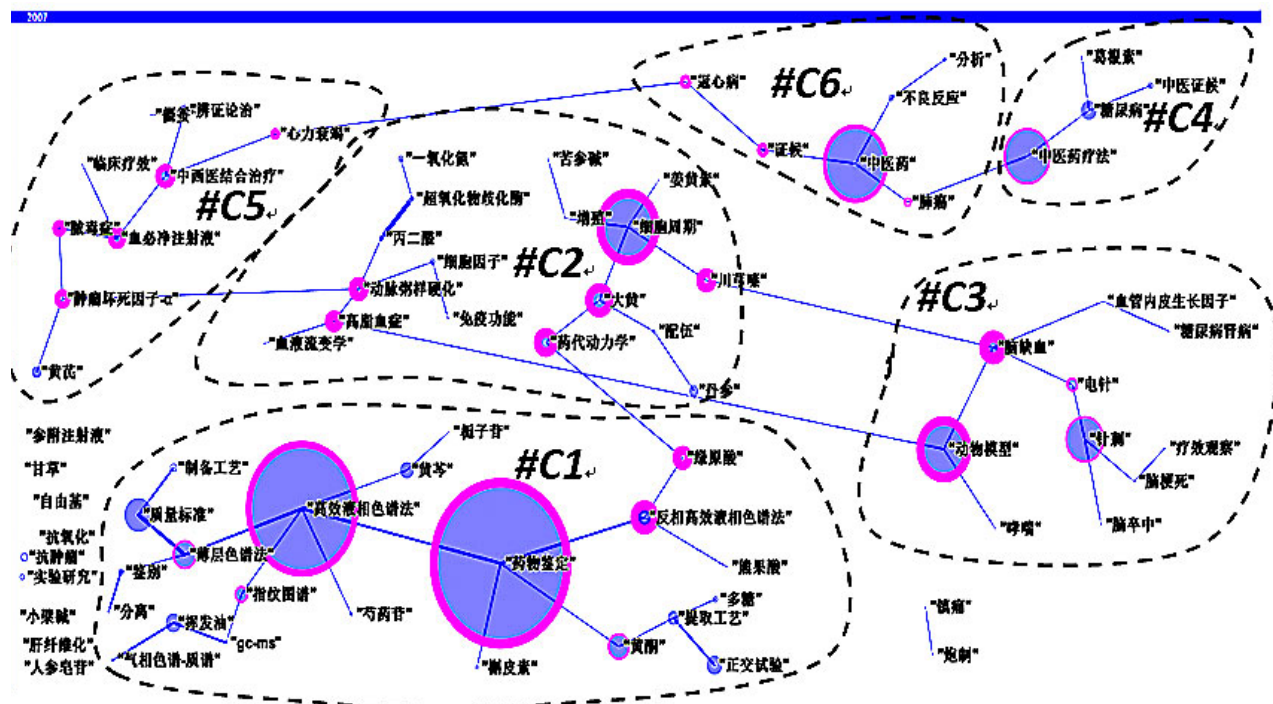


Fig. 3 Knowledge mapping of high frequency keywords in interdisciplinary field of Chinese medicine during 2007—2009

表2 2007—2009年中医学学科交叉领域高频关键词基本信息统计

Table 2 Statistics of high frequency keywords in interdisciplinary field of Chinese medicine during 2007—2009

序号	关键词	词频	中心度	序号	关键词	词频	中心度	序号	关键词	词频	中心度
1	药物鉴定	612	0.46	6	动物模型	192	0.48	11	正交试验	86	0
2	高效液相色谱法	494	0.59	7	针刺	174	0.10	12	糖尿病	85	0
3	中医药	283	0.10	8	质量标准	148	0.04	13	挥发油	82	0.04
4	细胞周期	235	0.71	9	薄层色谱法	108	0.37	14	反相高效液相色谱法	72	0.29
5	中医药疗法	211	0	10	黄酮	98	0.10	15	黄芩	72	0.30

(#C1)、中医药抗肿瘤机制及其效应成分研究(#C2)、动物模型实验方法研究(#C3)、高血糖症及糖尿病的中医药疗法研究(#C4)同样为2007—2009年中医学学科交叉研究领域的研究重点,但图3各聚类网络结构复杂度均有所增加,表明各研究方向的广度有所扩展。

此外,与2004—2006年相比,2007—2009年中医学学科交叉研究领域形成了新的重点研究方向:(1)聚类#C5中,关键词“中西医结合治疗”与“心力衰竭”直接相连,表明中西医结合治疗心力衰竭构成中医学学科交叉研究领域内重点研究方向。笔者通过查询CMSCI数据库原始文献发现,中西医结合疗法在防治心力衰竭具有较好的疗效,医者可依据患者心力衰竭症状选择合适的治疗策略^[25]。(2)药品不良反应是指合格药品在正常用法用量下出现的与用药目的无关的或意外的有害反应。随着中药新品种、新

剂型的不断开发, 中药引起的药物不良反应和药源性疾病也呈增加趋势^[26], 在聚类#C6 中表现为“中医药”与“不良反应”直接相连, 表明我国中医药学科交叉领域对中医药使用过程中的不良反应较为注重, 成为领域内另一个研究方向。

2.3 2010—2012 年中医学学科领域研究热点分析

为识别 2010—2012 年中医学学科交叉领域研究热点, 以期为领域内研究者确定研究方向提供思考, 笔者同样借助 CiteSpace III 软件识别该时间段领域内研究热点, 经过初始设置、多次模拟, 最终确定阈值插值组合为 (1, 1, 1)、(1, 1, 1)、(8, 1, 7), 得到 76 个关键词节点, 69 条关键词连线, 所形成聚类效果较好的知识图谱见图 4。

与前 2 个时间片段类似, 笔者对关键词的基本信息进行了相关统计, 得到词频位于前 15 位的关键词词频及其中心度, 见表 3。

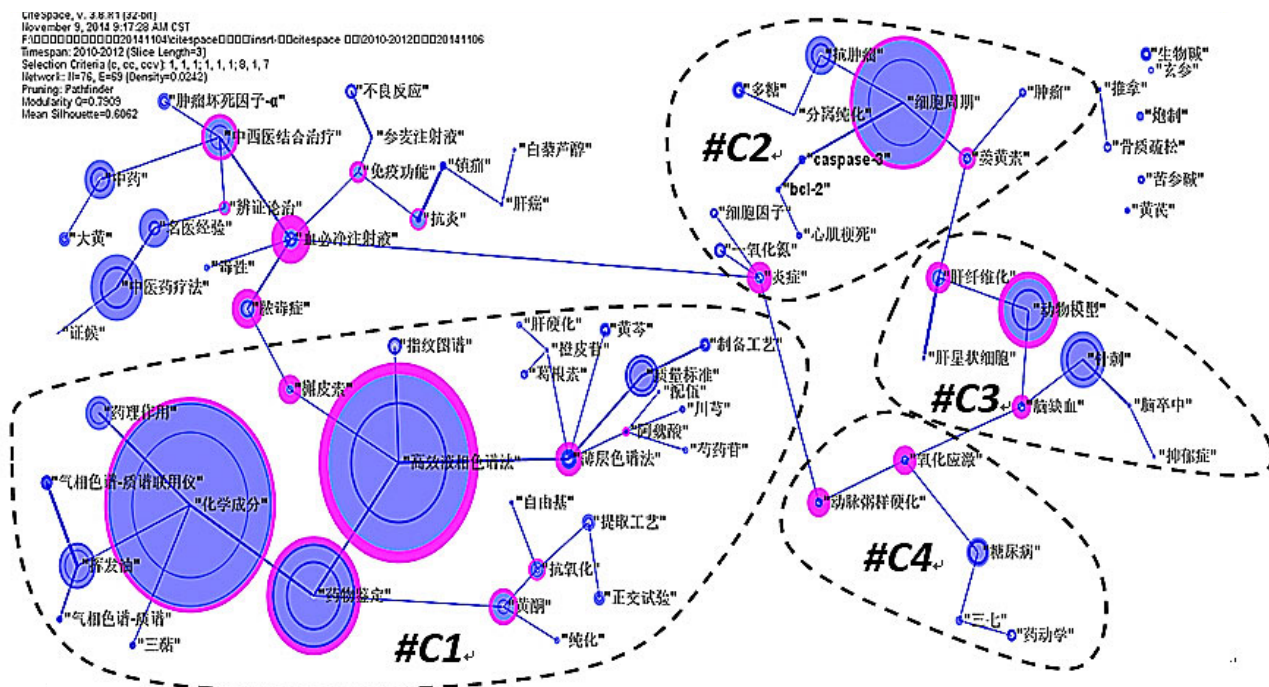


图 4 2010—2012 年中医学学科交叉领域关键词共现及聚类知识图谱

Fig. 4 Knowledge mapping of high frequency keywords in interdisciplinary field of Chinese medicine during 2010—2012

表 3 2010—2012 年中医学学科交叉领域高频关键词基本信息统计

Table 3 Statistics of high frequency keywords in interdisciplinary field of Chinese medicine during 2010—2012

序号	关键词	词频	中心度	序号	关键词	词频	中心度	序号	关键词	词频	中心度
1	化学成分	263	0.23	6	动物模型	82	0.45	11	名医经验	53	0.10
2	高效液相色谱法	226	0.90	7	针刺	75	0.10	12	中药	53	0.05
3	细胞周期	158	0.27	8	挥发油	64	0.10	13	中西医结合治疗	51	0.32
4	药物鉴定	136	0.51	9	质量标准	58	0.05	14	药理作用	48	0
5	中医药疗法	88	0.05	10	抗肿瘤	54	0.10	15	糖尿病	43	0.10

由图 4 及表 3, 与 2007—2009 年对比发现, 高效液相色谱法、细胞周期、药物鉴定、中医药疗法、动物模型仍然为 2010—2012 年高频关键词, 中药质量鉴定与化学成分研究 (#C1)、中药抗肿瘤机制及其效应成分研究 (#C2)、动物模型实验方法研究 (#C3) 三大研究方向延续性较好。

糖尿病的中医药治疗构成 2004—2006 年以及 2007—2009 年的主要研究方向之一, 聚类 #C4 中, 关键词“糖尿病”未与“中医药疗法”直接相连且位于不同聚类中, 但其与中药“三七”直接相连, 同样从属于糖尿病的中医药治疗, 可视为 2010—2012 年我国中医学学科交叉研究领域的主要研究方向之一, 侧面表明中医学学科交叉研究领域内采用中医药疗法治疗糖尿病, 在研究程度上得到了进一步深入。

图 4 中, 关键词“caspase-3”首次出现于关键词共现知识图谱中, 与“细胞周期”直接相连, 通过查证发现 caspase-3 是细胞凋亡过程中最主要的终末剪切酶, 与细胞周期关系紧密, 该共现关系的出现表明 2010—2012 年我国中医学学科交叉研究领域关于中医药作用细胞周期研究的进一步深入。此外, 聚类 #C2 中, 关键词“细胞周期”与“抗肿瘤”直接相连, 且二者均为高频关键词, 进一步研究现有文献, 笔者发现国内已有相关研究发现姜黄素、大黄、苦参碱能够对某些肿瘤细胞的增殖产生影响, 可能是其抗肿瘤作用的效应途径。综上, 中药作用于肿瘤细胞周期, 进而诱发细胞凋亡, 影响其增殖为近年来我国中医学学科交叉领域的研究热点。

3 结语

本文以《北京大学中文核心要目总览 (2011 版)》所列之 248 种我国医药卫生领域内中文核心期刊文献数据为基础数据, 基于《中图分类号 (第 4 版)》识别我国中医学学科与医药卫生领域内其他学科之间的交叉文献, 借助 CiteSpace III 可视化软件

对其关键词展开共现、聚类分析, 最终以 3 年为时间片分年度揭示 2004—2012 年我国中医学学科交叉研究领域研究热点, 得出以下结论: (1) 2004—2012 年, 中药质量鉴定与化学成分研究、动物模型实验方法研究、中药抗肿瘤机制及其效应成分研究以及高血脂症与糖尿病的中医药疗法研究一直为我国中医学学科交叉研究领域内的研究热点, 此类研究方向的形成说明在我国中医学学科交叉研究领域, 中医学与药学的学科交叉为领域内学者学科交叉行为的主要表现, 所形成的四大研究方向延续性较好, 不同时间片段研究重点有所侧重。(2) 2004—2012 年, 高效液相色谱法、反高效液相色谱法、薄层色谱法 3 种实验方法成为我国中医学学科交叉研究领域方法中的重要手段, 进一步表明在学科交叉研究领域内, 我国中医学与药学科交叉得到了广泛关注, 中药质量鉴定与化学成分研究为该领域内研究热点。(3) 2004—2012 年, 中医药疗法、中西医结合疗法构成学科交叉研究领域内的重点治疗方法。传统中医治疗在既有临床疗效的基础上, 运用现代科学技术探讨治疗某些中医优势疾病, 如中医药抗肿瘤、中医药防治高脂血症及糖尿病、电针治疗疾病的效应机制等。

采用信息可视化分析方法分析我国中医学学科交叉研究领域, 探索该领域研究热点, 但该研究仅限于中医学与医药卫生领域学科之间, 尚未囊括哲学、生物学等与中医学发展联系较为紧密的学科, 此为今后努力的方向之一, 以全面识别我国中医学学科交叉研究现状。

参考文献

- [1] 梁 娟, 王艳萍, 朱 军, 等. 我国产科出血的流行病学特征分析 [J]. 中国实用妇科与产科杂志, 2007, 23(6): 442-444.
- [2] 肖培根. 21 世纪中药研究的几个热点 [J]. 中药新药与临床药理, 2003, 14(2): 75-77.

- [3] 李秀才. 中药抗肿瘤血管生成的研究进展 [J]. 现代肿瘤医学, 2014, 22(8): 1993-1996.
- [4] Guan T Y, Liang Y, Li C Z, *et al.* Recent development in liquid chromatography/mass spectrometry and allied topics for traditional Chinese medicine research [J]. *Chin J Nat Med*, 2011, 9(5): 385-400.
- [5] 旺建伟, 叶虹玉, 胥风华, 等. 中医动物模型建立的研究进展及思路 [J]. 中医药信息, 2014, 31(4): 80-84.
- [6] 高雪, 薛晓芳, 郑俊杰, 等. 基于知识图谱的蛋白质组学发展研究 [J]. 军事医学, 2011, 35(11): 837-841.
- [7] 张明华, 雷二庆. 基于知识图谱的认知神经科学前沿与演化研究 [J]. 军事医学科学院院刊, 2010, 34(1): 71-75.
- [8] 赵蓉英, 王敏. 国际视野下中医研究的可视化分析 [J]. 医学信息学杂志, 2011, 32(7): 36-41.
- [9] 黄卓泳, 郑利荣, 贺莲. 国际中医药领域演进路径、研究热点与前沿的可视化分析 [J]. 广东科技, 2011, 20(21): 47-54.
- [10] 沈建通, 姚乐野, 李幼平, 等. 循证医学学科知识可视化研究之一: 循证医学研究主题图谱 [J]. 中国循证医学杂志, 2011, 11(6): 613-621.
- [11] 钱爱兵, 徐浩. 我国中医学期刊引用网络分析——基于CMSCI (2004—2012) 年度数据 [J]. 中国科技期刊研究, 2014, 25(10): 1286-1295.
- [12] 魏建香. 学科交叉知识发现及可视化 [M]. 南京: 南京大学出版社, 2011.
- [13] 闵超, 孙建军. 学科交叉研究热点聚类分析——以国内图书情报学和新闻传播学为例 [J]. 图书情报工作, 2014, 58(1): 109-116.
- [14] 闵超, 孙建军. 基于关键词交集的学科交叉研究热点分析——以图书情报学和新闻传播学为例 [J]. 情报杂志, 2014, 33(5): 76-82.
- [15] 中国图书馆分类法编辑委员会. 中国图书馆分类法 [M]. 第4版. 北京: 北京图书馆出版社, 1999.
- [16] 胡泽文, 孙建军, 武夷山. 国内知识图谱应用研究综述 [J]. 图书情报工作, 2013, 57(3): 131-137.
- [17] 刘则渊, 陈悦. 科学知识图谱: 方法与应用 [M]. 北京: 人民出版社, 2008.
- [18] Schvaneveldt R W. *Pathfinder Associative Networks: Studies in Knowledge Organization* [M]. Norwood: Ablex Publishing Corp, 1990.
- [19] Chen C, Morris S. Visualizing evolving networks: Minimum spanning trees versus pathfinder networks [A] // *Information Visualization* [C]. Piscataway: IEEE Symposium, 2003.
- [20] Freeman L C. A set of measures of centrality based on Betweenness [J]. *Sociometry*, 1977, 40(1): 35-41.
- [21] 王晓庆, 梁中琴, 顾振纶. 姜黄素抗肿瘤作用机制研究进展 [J]. 中草药, 2004, 35(3): 113-116.
- [22] 杨菁, 林菁. 小檗碱抗肿瘤作用机制的研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2007, 32(10): 881-883.
- [23] 陈晓峡, 向小庆, 叶红. 苦参碱及氧化苦参碱抗肿瘤作用的研究进展 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(11): 361-364.
- [24] 林彦君, 李佳川, 杨明, 等. 中医药防治高脂血症实验研究概况 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2008, 10(1): 103-106.
- [25] 赵益业, 林晓忠, 邹旭, 等. 心力衰竭防治的中西医契合点探讨 [J]. 辽宁中医杂志, 2007(10): 1390-1392.
- [26] 西娜, 侯连兵, 肖激文. 中药不良反应研究概述 [J]. 中药材, 2007, 30(9): 1188-1191.