

## 论 著

## Bibliometrics Analysis of Gem Energy Spectrum CT in Tumor Field Based on CNKI\*

CHEN Tao<sup>1</sup>, WANG Ling-li<sup>1</sup>, LING Miao-qian<sup>1</sup>, QI Xiang-jun<sup>1</sup>, HOU Ying-yue<sup>1</sup>, CHEN Guo-ming<sup>1</sup>, LI Zhi-cong<sup>1</sup>, LI Jia-ming<sup>1</sup>, XU Jie-ning<sup>1</sup>, LENG Xi<sup>1</sup>.

1.The First Clinical Medical College, Guangzhou University of TCM, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China

2.Department of Imaging, the First Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China

## 基于CNKI的宝石能谱CT在肿瘤领域的文献计量学分析\*

陈 涛<sup>1</sup> 王灵丽<sup>1</sup> 凌苗芊<sup>1</sup>  
慕向军<sup>1</sup> 侯颖跃<sup>1</sup> 陈国铭<sup>1</sup>  
李志聪<sup>1</sup> 李佳明<sup>1</sup> 徐浩宁<sup>1</sup>  
冷 西\*

1.广东省广州中医药大学第一临床医学院

(广东 广州 510000)

2.广州中医药大学第一附属医院

(广东 广州 510405)

【摘要】目的 分析近十年国内宝石能谱CT在肿瘤领域的研究现状，探索其中的一般规律与特殊内涵，为研究人员进一步研究该领域提供参考。方法 以中国知网(CNKI)为搜索引擎，中国学术期刊网络出版总库(CAJD)为数据库，检索2010—2020年宝石能谱CT在肿瘤领域的文献，采用CiteSpace软件进行数据清洗，提取作者、机构、关键词等进行可视化分析，呈现研究领域科学的关系结构、规律和分布情况。结果 2010—2020年CAJD数据库中收录国内宝石能谱CT与肿瘤相关文献696篇，涉及作者206位，其中高剑波、刘爱莲、陈克敏和林晓珠4位作者发文量位居前列。涉及机构67个，机构间合作文献较少，且合作关系主要发生在同一大学的附属医院之间。核心区期刊有7种，均属于医药卫生科技领域，其中6种收录于北大核心期刊。获基金资助文献共114篇，占16.38%。“能谱成像”，“体层摄影术”为早期热点词，关键词“影像组学”和“纹理分析”近年来逐渐进入研究领域成为研究热点。结论 宝石能谱CT已经在肿瘤领域广泛应用，临床上常用来反映肿瘤内部的异质性和治疗后的细微变化以及肿瘤存在的一些微观特征，并且纹理分析还可以比病灶增长时间更早更灵敏地区分放射性肺炎和肿瘤复发。但是，其研究重视程度较低，研究成果有待加强。

【关键词】宝石能谱CT；肿瘤；文献计量学；CiteSpace

【中图分类号】R445.3

【文献标识码】A

【基金项目】广东省自然科学基金  
(2018A030310621)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.12.065

## ABSTRACT

**Objective** To analyze the current research status of domestic gem energy spectrum CT in the field of tumors in the past decade, and to explore the general rules and special connotations, and to provide references for researchers to further study this field. **Methods** Use China Knowledge Network (CNKI) as the search engine and China Academic Journals Network Publishing Database (CAJD) as the database to search the literature on Gem Energy Spectrum CT in the field of tumors from 2010 to 2020, use CiteSpace software to clean the data, and extract authors and institutions Visual analysis of, keywords, etc., showing the relationship structure, law and distribution of scientific knowledge in the research field. **Results** From 2010 to 2020, the CAJD database included 696 domestic gemological energy spectrum CT and tumor-related documents, involving 206 authors, of which Gao Jianbo, Liu Ailian, Chen Kemin and Lin Xiaozhu were among the top four authors. There are 67 institutions involved, and there are few inter-institutional cooperation documents, and the cooperation relationship mainly occurs between affiliated hospitals of the same university. There are 7 journals in the core area, all of which belong to the field of medical and health science and technology, and 6 of them are included in the core journals of Peking University. A total of 114 papers were funded by the Fund, accounting for 16.38%. "Energy spectrum imaging" and "Tomography" are early hot words, and the keywords "Radiomics" and "Texture Analysis" have gradually entered the research field in recent years and become research hotspots. **Conclusion** Gem energy spectrum CT has been widely used in the field of tumors. It is often used clinically to reflect the heterogeneity of tumors, subtle changes after treatment, and some microscopic features of tumors. Texture analysis can also distinguish earlier and more sensitively than lesions. Radiation pneumonia and tumor recurrence. However, its research emphasis is low, and the research results need to be strengthened.

**Keywords:** Gem Energy Spectrum CT; Tumor; Bibliometrics; CiteSpace

宝石能谱CT自2009年进入临床以来，始终位居CT技术的前排，其通过单源高低双能(80kVp和140kVp)瞬时切换技术，在小于0.5毫秒的时间内采集完全匹配的两种能量数据，然后通过数学算法实现数据空间能谱解析。目前宝石能谱CT常用的参数和影像模式主要包括：基物质图像、单能量图像、能谱曲线和有效原子系数。此外，后处理工作站的能谱观察与分析系统(GSI Viewer)还向临床提供了最佳对比噪声比、散点图以及直方图等图像分析工具<sup>[1]</sup>。

由于任一物质的衰减均可转化为发生相同衰减的两种物质的密度，宝石能谱CT通过分离技术，获取相匹配的两组基物质如碘(水)物质对的密度图<sup>[2]</sup>，定量分析原始物质。除质量高的特点外，宝石能谱CT的单能量图像信噪比和对比噪声比更优，在避免硬化伪影干扰的同时更好地显示出病灶与正常组织间的差异<sup>[3]</sup>。能谱曲线则产生于各物质在不同能量水平X线下具有的特征性吸收衰减情况，可提示组织结构与病理类型。另外，当某元素的X线衰减系数与某物质相同时，该元素的原子序数便等同于该物质的有效原子序数<sup>[4]</sup>，从而令物质检测与鉴别得以实现。

鉴于技术上的各种优势，宝石能谱CT被广泛应用于肿瘤领域的研究，近些年来发展迅速并成为热点<sup>[5]</sup>，例如利用其强大的后处理重建出较传统CT更为清晰的头颈部肿瘤及其血管虚拟单色图像<sup>[2]</sup>；在各种肿瘤性病变的定性诊断、分级分期、预后疗效评价<sup>[6]</sup>以及鉴别诊断方面也有着突破性作用<sup>[2, 7-8]</sup>。

因此，本研究采用文献计量学的分析方法，利用CiteSpace软件对CNKI数据库2010-2020年间宝石能谱CT在肿瘤领域内研究的作者、年发文量、机构、关键词等文献特征进行分析和讨论，通过关键文献的筛选，了解近十年国内宝石能谱CT在肿瘤领域的研究现状，为研究人员进一步研究该领域提供参考。

## 1 资料与方法

**1.1 数据源** 本研究以中国知网(CNKI)为搜索引擎，检索中国学术期刊网络出版总库(CAJD)。CAJD始建于1999年，如今已发展成为集期刊杂志、学位论文、会议论文等多种资源为一体的数字化学习平台，期刊来源和引文数量多，范围极其广泛<sup>[9]</sup>，中文期刊

【第一作者】陈 涛，男，学生，主要研究方向：医学影像学。E-mail: chentao033@163.com

【通讯作者】冷 西，女，主治医师，主要研究方向：医学影像学。E-mail: lengxi1022@163.com

8810余种,日更文量超过5万篇,累计囊括国内外期刊文献总量2亿多篇,已成为最大的中文数据库服务平台<sup>[10]</sup>。

**1.2 检索方法** 本研究采用专业检索,构建表达式为:(SU='能谱CT' OR SU='CT能谱' OR SU='spectral ct' OR SU='宝石能谱' OR SU='CT能谱成像' OR SU='宝石CT' OR SU='HDCT能谱' OR SU='宝石HDCT' OR SU='能谱成像') AND (SU='肿瘤' OR SU='癌症' OR SU='瘤子' OR SU='瘤' OR SU='恶性肿瘤' OR SU='癌'),时间限定为2010年1月1日至2020年8月9日,限制数据库检索范围为医药卫生科技、基础科学和信息科技。

**1.3 数据处理** 本研究数据采用由陈超美教授开发的可视化知识图谱分析软件CiteSpace V 5.6进行分析。该软件是在数据可视化和科学计量学的背景下逐渐发展起来的引文分析软件,主要关注分析科学中蕴含的潜在知识,常用于分析其研究领域的社会关系,评价研究的学术影响力。因此本文运用CiteSpace软件,其主要原理为对知网数据清洗,提取关键词、作者、机构、基金、单位等,统计其出现频次,进行共现、聚类等可视化分析,呈现研究领域科学知识的关系结构、规律和分布情况。

**1.4 软件参数设置** 本研究的软件设置参数如下:时间设置为2010~2020年,时间分区为1年,节点类型分别选择为作者、机构和关键词,阈值选项为Top N=50,修剪选项为关键路径、修剪图形、修剪合并网络,其余为默认设置。

## 2 结果

**2.1 纳入情况** 本研究初步检索CNKI文献数据库共1024篇文献,经双人交叉筛选剔除会议论文、外文文献、与主题无关的文献后,共有696篇文献纳入研究,包含期刊文献458篇,硕士论文216篇,博士论文22篇。

**2.2 年度发文量** 文献的发文量在一定程度上可以呈现所研究领域的发展程度和概况<sup>[11]</sup>。2010年—2020年国内有关宝石能谱CT在肿瘤领域方面的文献数量变化情况见图1,自2010年—2017年上半年发文量呈明显上升趋势,以2012年至2013年上升幅度最大,年发文量由25篇增长到80篇,提示当时研究成果数量增加迅速,这一年间该领域研究进展较快。到2017年年发文量达到最大,可以看出2017年宝石能谱CT在肿瘤方面的研究较前几年达到顶峰。而后一年出现一个小波谷,2019年又急剧上升,至今仍波动较大,较易受影响而呈现波动趋势。总体来看,宝石能谱CT在肿瘤方面的研究在早期呈现较为明显的快速进展趋势。

**2.3 作者发文量情况** 作者发文量作为衡量研究者成果产出的一项重要指标<sup>[11]</sup>,对于某些领域的核心作者评估有着重要的参考意义。对于纳入的696篇文献的作者及其发表文章数量进行收集整理,2010年—2020年间,发文量前15位作者见表1。发文量超过10篇的作者有6位,分别为林晓珠、高剑波、刘爱连、陈克敏、严福华和刘义军,经统计,表中前15位的作者发文量占纳入研究文献总数的24.29%,在宝石能谱CT与肿瘤领域的研究方面起到了举足轻重的作用。

作者合作网络分析包含了作者在网络中的重要性指标和网络属性,可以提供领域中较有影响力的研究团队和具有潜在合作的作者信息,帮助研究者之间和研究小组建立合作关系<sup>[12]</sup>。

本研究借助CiteSpace对纳入文献作者进行合作网络分析,绘得图谱如图2。由图可知,高剑波、刘爱连、陈克敏和林晓珠4位作者发文量位居前列,且在近年来均有文章发表,在该研究领域有着“领跑”的作用,同时,4位作者均与其他作者有着一定程度的合作关系。此外,图中还形成了以黄丹、林华、廖丽萍、何川东、王晋秋、周莹和刘启榆;李琳、罗德红、赵燕凤、周纯武和林蒙;贾永军、于勇、段海峰和杨创勃为代表的作者合作网络,其他作者之间也存在一定的合作关系。

普赖斯定律<sup>[13]</sup>显示,研究中核心作者最少发文量m值应大于或等于3.26,取整数值为3,发文量达到3篇及以上的作者发表文献数量之和为311,占全部纳入文献总量的44.68%,低于总文献量的50%,表示尚未形成能谱CT与肿瘤领域的核心作者群,但近年来正在逐渐趋于完善。

**2.4 机构发文量分布** 从机构情况分析,单位主要为大学及其附

属医院。统计发文量前10位的机构作表2,发文量超过20篇的机构有5所,其中附属医院3所,学校2所,分别为郑州大学、上海交通大学医学院附属瑞金医院、安徽医科大学、大连医科大学附属第一医院、郑州大学第一附属医院,发文量依次为34篇、25篇、22篇、22篇、21篇。由表可知,前10位机构发文量占研究文献的28.16%,在该领域研究中也起着不可忽视的领导地位。

对纳入文献机构进行合作网络可视化分析,构建机构合作网络图3。由图可见共涉及67个机构,其中机构间合作文献15篇,且合作关系主要发生在同一大学的附属医院之间,密度低提示合作分布较分散,由图分析,发文量靠前的研究机构之间连线少,各机构间合作较少、交流贫乏,合作研究成果有待进一步加强。

**2.5 核心期刊分布** 分析该研究领域的核心期刊有利于为学者在后续研究提供重要的理论阵地<sup>[14]</sup>。据文献在刊登期刊中数量分布规律的总结:文献期刊来源分布遵守布拉德福定律<sup>[15]</sup>,即如果将科技期刊按其登载相关论文数量多寡以递减顺序排列,则可以大致分为:核心区、相关区、边缘区,每区刊论文数量相等,三区大致呈1:n:n<sup>2</sup>的关系。本文对纳入文献的期刊分布统计,共分析文献458篇,期刊来源153种。根据布拉德福定律,核心区、相关区、边缘区的文献数相等,均约为153篇,由此可求得三区期刊数分别为:7种,27种,119种,得出n值约等于4,符合布拉德福定律。7种核心区期刊属于医药卫生科技领域,其中6种收录于北大核心期刊,表明我国宝石能谱CT在肿瘤领域已有一定的研究成果,且研究水平整体较高,同时也有深入研究的空间。

**2.6 资助基金情况** 资助基金情况在一定程度上可以反映出研究的层次和水平,同时也可以反映相关部门的支持力度和重视程度<sup>[12,17]</sup>。2010年—2020年间,基金分布情况如下表3,宝石能谱CT在肿瘤领域的研究相关文献获基金共计114篇,占总纳入文献量的16.38%。其中获国家级基金最多,达52篇,占获助文献的45.61%,以国家级自然科学基金为主,余下各省部级和市厅级科研基金共计62篇。该领域论文基金比为0.16,远低于2019年中国科技期刊引证报告(核心版)公布0.47<sup>[16]</sup>,从获基金文献数量来看,宝石能谱CT在肿瘤领域相关的研究重视程度还有待进一步提高,相关科研成果也需加强。

**2.7 关键词分析** 关键词是从文章中精炼提取,频次较高的关键词可以反映该领域的主要研究方向和热点<sup>[12]</sup>。统计纳入文献关键词的出现频次和中介中心性,结果如表4所示,对所纳入的文献进行关键词共现网络分析,构建关键词共现网络图4,图中显示关键词间联系紧密,关联性较强。结合关键词频次表和共现网络,出现频次前10位的关键词结果如表4,依次为:能谱成像、体层摄影术、x线计算机、肺癌、原发性肝癌、胃癌、诊断、能谱曲线、鉴别诊断、淋巴结,其中大小排名前3位的节点所示关键词能谱成像、体层摄影术、X线计算机出现频次分别为:443次、318次、261次,且图中可以看出排名前列的关键词在近年来发表的文献中依然存在,热度不减。

根据关键词频次、相互联系及首次出现时间作Timezone图,通过Timezone图可以看出在关键词共现的基础上,更加直观地显示了关键词从集中到多样化的演变特点,同时也展示了研究热点随时间迁延的过程<sup>[18]</sup>。图中关键词出现的数据集中在首次出现的年份,如图所示关键词及研究热点迁徙过程:在早期的能谱成像、X线计算机、体层摄影术等代表影像技术方面的关键词的基础上,逐渐朝着诊断、淋巴结转移、肾透明细胞癌等代表各类肿瘤影像表现和诊断方面的关键词方向发展。近年来关键词影像组学和纹理分析逐渐进入研究领域,开辟出一条新的研究道路。

运用CiteSpace的突增算法对关键词进行处理得到突现值图谱,可以识别出主题在时间上的变化趋势,突然增加的关键词可以反映研究领域在时间上的变化趋势,一定程度上预示着研究热点和新兴趋势<sup>[19]</sup>。本研究前11位高突现值文献如图6,在2011年至2013年,突现词为鉴别诊断、胰腺肿瘤和单能量图像,连续三年都保持了较高的热度,其中单能量图像一直持续到2015年,成为当时重要的研究热点。突现词甲状腺结节、微血管密度、甲状腺微小癌、能谱曲线在2014至2018年间陆续出现,但持续时间较短,突然出现又突然消失,热点持续时间短。2019年到2020年,

关键词灌注成像、诊断价值、纹理分析、影像组学成为新的突现词，揭示了当下宝石能谱CT在肿瘤领域研究的相关热点和最新消息，有助于研究者们明确方向。

运用CiteSpace软件对纳入文献进行分析，得到关键词聚类图谱如图7。聚类视图体现聚类间的结构特征，将导出数据中表达内容相同的关键词合并，例如将能谱衰减曲线、体层摄影技术、宝石ct能谱曲线、x线计算机合并为能谱曲线；胃肿瘤、早期胃癌、胃间质瘤、胃肠道间质瘤合并为胃癌；将宝石ct、能谱ct成像、ct能谱成像等关键词合并为能谱成像。

运用LLR算法围绕关键词生成了12个聚类，分别为：#0淋巴瘤、#1ct灌注、#2肝肿瘤、#3纹理分析、#4鉴别诊断、#5肾上腺、#6胃癌、#7结直肠癌、#8甲状腺病变、#9图像处理、#10危险度分级、#11灌注成像。对上述聚类结果进行分类，主要分为以下几类：主要研究对象：#0淋巴瘤、#2肝肿瘤、#5肾上腺、#6胃癌、#7结直肠癌、#8甲状腺病变；主要研究方法：#1ct灌注、#3纹理分析、#9图像处理、#11灌注成像；主要研究指标：#4鉴别诊断、#10危险度分级。其中图中数字从0到11，数字越小，聚类中包含的关键词越多<sup>[20]</sup>。图中Q(聚类模块值)=0.8158>0.3，表示聚类结构显著，S(聚类平均轮廓值)=0.6324>0.5，意味着聚类的合理性较好。图中显示以能谱成像、体层摄影术、x线计算机、肺癌、胃癌、诊断等为节点的关键词连接多个聚类区块，具有较高的中介中心性，在整个聚类之间有着重要的联结作用。

在聚类视图的基础上进一步构建Timeline见图8，主要侧重于

勾画各聚类间的联系以及各聚类内部之间的历史跨度与时间特征。图中右侧显示聚类的名称，上方的时间轴表示关键词第一次出现的时间，同一聚类中节点按照时间顺序排列在同一水平线<sup>[21]</sup>，连线表示聚类中关键词出现在同一篇文章中，连线情况可以分析出相关的研究进展。从各研究关键词出现时间来看，2010年-2011年，x线计算机、体层摄影术、能谱成像、胃癌、胰腺肿瘤、鉴别诊断开始受到广泛关注，并且该时期出现了许多高被引频次文献，CT能谱在肿瘤领域的研究逐渐兴起；2012年，淋巴结、肺癌、碘浓度成为研究热点；2013年，肺结节、辐射剂量、鉴别、能谱曲线、诊断成为重点关注焦点；2015年病理分级成为新的关注点；2019年，准确性、影像组学、纹理分析、分期、良恶性肿瘤等逐渐受到广泛关注；2020年DSA开始成为新的词汇。预测未来将围绕能谱CT新技术的应用，如影像组学和纹理分析用于肿瘤类型、分期等的判断，以及进一步提高研究准确性为发展方向继续探究。

**2.8 被引频次** 文献计量学中，论文被引用的次数是衡量文献影响力和质量的基本指标，被引次数高的文献具有较高的学术参考价值<sup>[22]</sup>。对纳入文献的被引情况统计，得到前10位高被引频次表5，高被引文献主要集中在2010年至2013年，位于能谱CT发展的初期，此时间段为能谱CT初步建立并发展的阶段，出现了大量具有较高学术参考价值的文献，其中被引频次第1位的文献被引255次，主要介绍了宝石能谱CT兴起早期在肿瘤诊断方面的应用<sup>[23]</sup>，为能谱CT在肿瘤领域的应用开创了一个新的研究思路，同时也为后面的研究奠定了坚实的基础。

表1 前15位作者发文量统计表

排名	作者	作者单位	发文量(篇)	百分比(%)
1	林晓珠	上海交通大学医学院附属瑞金医院	19	2.73
2	高剑波	郑州大学第一附属医院	19	2.73
3	刘爱连	大连医科大学附属第一医院	19	2.73
4	陈克敏	上海交通大学医学院附属瑞金医院	17	2.44
5	严福华	上海交通大学医学院附属瑞金医院	14	2.01
6	刘义军	大连医科大学附属第一医院	10	1.44
7	周俊林	兰州大学第二医院	9	1.29
8	柴亚如	郑州大学第一附属医院	9	1.29
9	吕培杰	郑州大学第一附属医院	8	1.15
10	张静	上海交通大学医学院附属瑞金医院	8	1.15
11	张成琪	山东大学附属千佛山医院	8	1.15
12	田士峰	大连医科大学附属第一医院	8	1.15
13	梁盼	郑州大学第一附属医院	7	1.01
14	陈安良	大连医科大学附属第一医院	7	1.01
15	刘静红	大连医科大学附属第一医院	7	1.01

表2 国内前10位机构发文量统计表

排名	机构名称	发文量(篇)	百分比(%)
1	郑州大学	34	4.89
2	上海交通大学医学院附属瑞金医院	25	3.59
3	安徽医科大学	22	3.16
4	大连医科大学附属第一医院	22	3.16
5	郑州大学第一附属医院	21	3.02
6	山西医科大学	17	2.44
7	大连医科大学	16	2.30
8	兰州大学	14	2.01
9	山东大学附属千佛山医院	13	1.87
10	宁夏医科大学	12	1.72

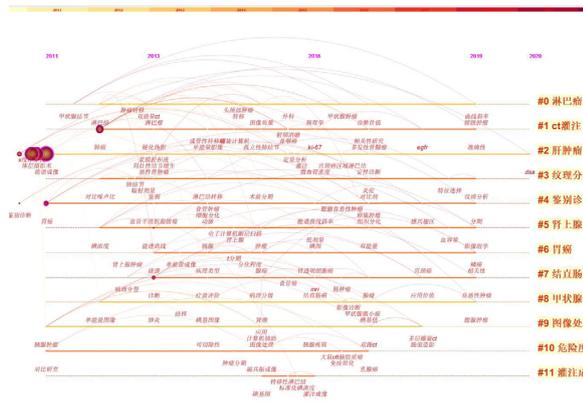
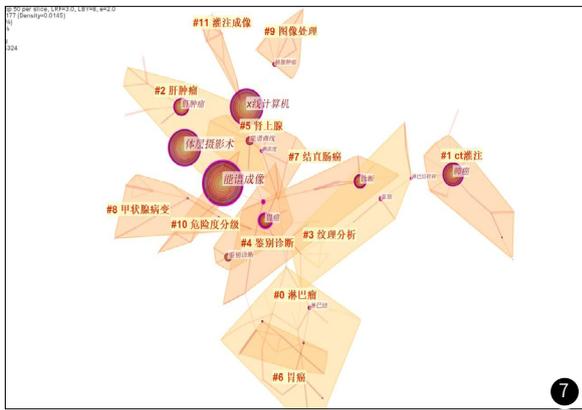
表3 国内获助基金级别及发文量分布情况

级别	基金资助名称	论文数量(篇)	占总发文量百分比(%)
国家级	国家自然科学基金	45	6.47
	国家科技支撑计划	3	0.43
	国家重点基础研究发展计划(973计划)	2	0.29
	国家高技术研究发展计划(863计划)	1	0.14
	国家重点研发计划	1	0.14
省部级	省市级科技攻关计划	24	3.45
	省级科技计划	4	0.57
	省级科学技术基金	4	0.57
	医学科学技术研究基金	2	0.29
市厅级	省级人才培养工程	1	0.14
	省市级自然科学基金	15	2.16
	医药卫生科技研究基金	4	0.57
	重点学科建设项目	2	0.29
	高等学校科学技术发展基金	1	0.14
	其他市厅级基金	5	0.72
	合计		114

表4 前10位高频关键词表

排名	关键词	出现频次(次)	中介中心性
1	能谱成像	443	0.72
2	体层摄影术	318	0.43
3	x线计算机	261	0.32
4	肺癌	130	0.42
5	原发性肝癌	80	0.2
6	胃癌	70	0.58
7	诊断	54	0.14
8	能谱曲线	40	0.17
9	鉴别诊断	36	0.27
10	淋巴结	26	0.12





**图1** 年发文量图, **图2** 作者合作网络共现图谱(参数显示: 节点N=206, 连线E=313, 密度Density为0.0148, 时间切片Slice Length为1年, 每个时间分区选择发文量前50名的作者。节点大小与该作者发文数量成正比, 节点颜色与发文时间相关。标尺的不同颜色表示不同年份, 从左至右依次为2010年至2020年。节点颜色对应标尺的颜色, 由内向外年份越近, 年轮宽度代表该作者每年的发文量。节点间连线表示作者之间存在合作关系, 连线粗细表示合作关系程度, 颜色对应首次合作发文的年份)。**图3** 机构合作网络图(参数显示: 节点N=67, 连线E=15, 密度Density为0.0068, 时间切片Slice Length为1年, 每个时间分区选择发文量前50名的机构。节点外圈紫色圆圈表示该文献中介中心性值高, 大于或等于0.1, 中心性反映机构在整个网络中的重要性)。**图4** 关键词共现网络图谱(参数显示: 节点N=159, 连线E=310, 密度Density为0.0247, 时间切片Slice Length为1年, 选择出现频次前50名的关键词。节点大小反映关键词的出现频次, 节点之间的连线显示共现关系<sup>[17]</sup>, 连线粗细表示共现强度)。**图5** 关键词Timezone视图(图上方颜色标尺的不同颜色表示不同年份, 从左至右表示2010至2020年。节点表示关键词, 节点在横轴上所处的位置与上方2010-2020年的时间轴相对应, 表示该关键词首次出现的时间。节点间连线代表两个关键词出现在同一篇文章, 连线越粗, 表示这两个时间段传承关系强, 连线颜色对应时间标尺, 表示首次出现在同一篇文章的时间)。**图6** 前11位关键词高突现图谱(从左至右年份递增, 连续红色格子代表该关键词在一定时期内被引频次突然增加)。**图7** 关键词聚类图谱(参数显示: 节点N=157, 连线E=177, 密度Density为0.0145, 时间切片Slice Length为1年, 每个时间分区选择出现频次前50名的关键词, 聚类模块值=0.8158, 聚类平均轮廓值=0.6324, 聚类标签大小与聚类规模成正比, 标签越小, 聚类中节点越多)。**图8** 关键词Timeline视图(图上方颜色标尺的不同颜色表示不同年份, 从左至右表示2010至2020年。节点表示关键词, 节点在横轴上所处的位置与上方2010-2020年的时间轴相对应, 表示该关键词首次出现的时间。节点间连线代表两个关键词出现在同一篇文章, 连线越粗, 表示在同一篇文章中次数越多, 连线颜色对应时间标尺, 表示首次出现在同篇文章时间)。

### 3 讨论

CiteSpace软件是陈超美教授开发的致力于文献分析、数据挖掘、提取的一款可视化分析软件, 可以将大量的文献数据转化为清晰的可视化图谱, 寻找研究领域热点, 为人们更加清楚地发现隐藏在数据背后的信息和相关性奠定了基础<sup>[24]</sup>, 近年来广泛应用于各种领域的研究。本研究运用CiteSpace对能谱CT在肿瘤领域方面的研究进行数据提取整理、可视化分析, 包括对所纳文献的作者、机构、基金、关键词、被引频次等方面数据使用可视化方式呈现, 分析能谱CT在肿瘤领域的研究现状和研究热点, 预测未来发展趋势, 为研究者提供一个可以参考的数据信息。

**3.1 研究现状** 本文纳入了近十年能谱CT与肿瘤相关研究文献, 从上述年发文量变化趋势情况可以看出, 能谱CT应用于肿瘤领域的研究发文量逐年增加, 目前正处于一个进展的阶段, 但近年来出现波动。从作者合作情况可以看出, 核心作者在近年来合作增多, 有助于推动本研究领域研究成果的产出。从发文机构情况来看, 发文量前5位分别为郑州大学、上海交通大学医学院附属瑞金医院、安徽医科大学、大连医科大学附属第一医院、郑州大学第一附属医院, 发文量均超过20篇, 发文量位于前列的作者也均来自上述机构, 表明能谱CT应用于肿瘤相关领域的研究是以大学及其附属医院为主要研究机构推动发展形成的。从基金获取情况分析, 该研究领域获基金比还有待提高, 政府在该领域的重视程度不高, 该领域研究成果还有待加强。

**3.2 研究热点** 突现词可以反映研究主题潜在的发展趋势, 可以表明当下研究的热点和前沿<sup>[18]</sup>。在图中共有11个关键词出现在高突现图谱中, 近年来灌注成像、诊断价值、纹理分析、影像组学等关键词具有高突现值, 逐渐发展为研究热点。CT灌注成像是反映肿瘤组织内血流动力学变化的功能成像方式, 为观察肿瘤内部组织微观病理变化判断提供了途径, 也在肿瘤的诊断、鉴别、评价疗效及预后的判断上具有重要的价值<sup>[25]</sup>。近年来, 随着肿瘤性疾病发病率的攀升, 影像组学已逐渐成为一门新兴学科在肿瘤性病变中应用广泛<sup>[26]</sup>, 利用影像组学特征间接判断肿瘤异质性已经成为新的研究热点<sup>[27]</sup>。有研究表明纹理分析通过量化组织不均质性及评估纹理粗糙程度等提供有关肿瘤表型和预后的重要信息<sup>[28]</sup>, 临床上常用来反映肿瘤内部的异质性和治疗后的细微变化以及肿瘤存在的一些微观特征, 并且纹理分析还可以比病灶增长时间更早更灵敏地区分放射性肺炎和肿瘤复发<sup>[27]</sup>。因此, 基于以上肿瘤诊断、疗效评价技术的快速发展, 更多方便、无创、准确度高的技术在CT上应用, 成为近年来学者们研究的热点。

**3.3 研究趋势** 作者发文情况以及机构发文情况可以看出, 近年来核心作者仍存在合作发文, 各学者之间交流不断有助于新的研究成果的产

出, 一定程度上促进着本研究领域的发展, 而合作关系以同种机构内合作居多, 大范围内的机构间合作仍然缺乏, 不利于不同机构研究成果的交流。但本文的研究数据仅来源于中国知网数据库, 缺乏国外相关文献, 且所纳入文献中博士、硕士论文占比较大, 文献数量不高, 质量参差不齐, 故本研究结论仅能起到一定的参考作用, 需要扩大数据库的查找范围, 纳入外文文献等方法来提高参考价值。总体来说, CT能谱已经在肿瘤领域广泛应用, 针对肿瘤的诊断、鉴别、预后判断均有一定的参考价值, 且近年来也有影像组学和纹理分析等CT新技术应用于肿瘤领域, 使其逐渐朝着方便、快捷、创伤小、准确度高的方向发展。

### 参考文献

- [1] 鲍丽君, 刘斌. 能谱CT成像的临床应用[J]. 安徽医科大学学报, 2012, 47(03): 320-322.
- [2] 王晓霜, 吕艺, 韩芳, 等. 能谱CT在肿瘤中的应用研究进展[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2020, 26(01): 81-84.
- [3] 雷立昌, 陈建宇. 能谱CT的临床应用与研究进展[J]. 中国医学影像技术, 2013, 29(01): 146-149.
- [4] 韩文艳. CT能谱成像的基本原理与临床应用优势[J]. 中国医疗设备, 2015, 30(12): 90-91+94.
- [5] 包如意, 李梦琳, 葛莹, 等. 能谱CT成像中碘(Ct)图在肿瘤化疗疗效评估中的应用[J]. 实用医学杂志, 2013, 29(12): 1941-1943.
- [6] 欧阳爱梅, 苏新友, 魏兆龙. 宝石能谱CT成像在肿瘤诊疗中的应用进展[J]. 中国临床医学影像杂志, 2015, 26(8): 602-604.
- [7] 陈文哲, 汪秀玲. 能谱CT曲线判断乳腺浸润性导管癌分化程度的初步研究[J]. 临床放射学杂志, 2019, 38(12): 2295-2298.
- [8] 郝剑文, 彭影珠, 赵金坤, 等. 能谱CT定量分析对不同亚型肾细胞癌的鉴别诊断[J]. 国际医学放射学杂志, 2020, 43(3): 282-287.
- [9] 靳光明, CNKI, 万方, 维普数据库的特点对比与中国数据建设现状[J]. 中国市场, 2017(15): 299-300.
- [10] 涂佳琪, 杨新涯, 王彦力. 中国知网CNKI历史与发展研究[J]. 图书馆论坛, 2019, 39(9): 1-11.
- [11] 胡亚洁, 赵晓峰, 陈聪, 等. 基于CNKI数据库的百合地汤方文献计量学分析研究[J]. 山东中医药大学学报, 2019, 43(3): 217-223.
- [12] 韦妮娜, 徐曼曼, 潘菊华, 等. 基于CiteSpace脑白质病的相关文献分析[J]. 中国医药导报, 2020, 17(17): 9-14+20.
- [13] 胡利勇. 基于普赖斯定律的图书情报领域高被引论文核心要素测评[J]. 图书馆研究, 2016, 46(4): 113-117.
- [14] 于波. 基于CiteSpace III计量的我国校园足球研究: 动态、热点与趋势[J]. 北京体育大学学报, 2018, 41(5): 40-45+51.
- [15] 徐敏捷, 兰月新, 张秋波, 等. 基于数学建模的我国网民情感文献计量分析[J]. 中国公共安全(学术版), 2016(4): 90-95.
- [16] 2019版中国科技期刊引证报告相关数据——《中国医学影像技术》[J]. 中国介入影像与治疗学, 2020, 17(8): 467.
- [17] 张鑫, 李克杰, 杨全, 等. 基于知识图谱的我国中药鉴定研究热点与前沿分析[J]. 中华中医药学刊, 2019, 37(9): 2116-2120+2312.
- [18] 孙璇, 田春颖, 王东军, 等. 国内亚健康研究的知识图谱可视化分析——基于CNKI(2010-2019)数据库[J]. 中国医药信息, 2020, 37(4): 26-30.
- [19] 李秀霞, 胡凡刚, 袁林, 等. 基于加权中值相关和半阈值策略的突发关键词监测[J]. 情报理论与实践, 2015, 38(3): 53-58.
- [20] 谭新宁, 吴文如, 宋慧丽, 等. 分子生物学研究的计量学及可视化分析[J]. 中华中医药学刊, 2020, 38(1): 1-5.
- [21] 石晶晶, 石树青, 胡元会, 等. 基于CiteSpace的心肾相交知识图谱可视化分析[J]. 河南中医, 2020, 40(7): 1042-1046.
- [22] 李文双, 肖刚, 李逸波, 等. 基于CNKI数据的国内农民分化研究知识图谱分析[J]. 农村经济与科技, 2020, 31(9): 268-273.
- [23] 林晓珠, 李卫侠, 朱延波, 等. 宝石能谱CT在肿瘤诊断中的初步应用[J]. 诊断学理论与实践, 2010, 9(2): 155-160.
- [24] 李慧, 杨宇峰, 曲超, 等. 基于CiteSpace的中药治疗糖尿病肾病知识图谱可视化分析[J]. 中华中医药学刊, 2020, 38(8): 52-55+262-263.
- [25] 马晓璇, 时惠平. CT灌注成像用于胰腺癌研究进展[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(7): 1101-1104.
- [26] 刘佳, 崔磊. 原发性肿瘤影像组学可重复性研究进展[J]. 中华放射学杂志, 2020, 54(8): 808-811.
- [27] 周林凤, 冯峰. CT纹理分析对吉非替尼治疗肺腺癌疗效评估的应用[J]. CT理论与应用研究, 2020, 29(4): 473-480.
- [28] 黄裕存, 曹治, 陆少飞, 等. 基于CT增强图像纹理特征预测可切除胃癌患者预后[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(7): 1046-1050.

(收稿日期: 2021-01-22) (校对编辑: 姚丽娜)