DOI: 10.14188/j.1671-8852.2023.0439　　**文章编号** 1671-8852(2025)01-0060-08

基于CiteSpace的放疗摆位误差研究知识图谱可视化分析

廖映红[1,2]　翟萌曦[1]　燕　虹[1]
[1]武汉大学公共卫生学院　湖北　武汉　430071；
[2]中南大学湘雅医院肿瘤科　湖南　长沙　410008

摘要　目的：探讨近二十年放疗摆位误差领域的研究热点和前沿趋势。方法：检索2001—2021年Web of Science（WOS）数据库相关文献，以“setup error” or “set-up error” or “set up error” and “radiotherapy”为主题词，运用CiteSpaceV6.1R3和Excel 2013软件对国家、机构、作者和关键词进行了文献计量学分析。结果：共检索到659篇文献，显示发文量总体上呈现稳定增长的趋势，高产作者是D. YAN，发文最多的国家是美国，高产机构是William Beaumont Hosp和Univ Toronto；研究热点是以调强放疗和图像引导放疗为主，且质子治疗、立体定向放疗和乳腺癌是今后的研究趋势。结论：本研究通过对放疗摆位误差的深入了解，为研究者提供了新的视角和潜在的价值信息。

关键词　摆位误差；放射治疗；肿瘤；知识图谱
中图分类号　R730.5
文献标识码　A　　**开放科学（资源服务）标识码（OSID）：**

Visual analysis of radiotherapy setup error using CiteSpace

LIAO Yinghong[1,2], ZHAI Mengxi[1], YAN Hong[1]
[1]*School of Public Health of Wuhan University, Wuhan 430071, Hubei, China;*
[2]*Dept. of Oncology, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008, Hunan, China*

Abstract

Objective: To investigate the research hotspots and frontiers in radiotherapy setup error field in the past two decades. **Methods:** The literature related to the Web of Science (WOS) database from 2001 to 2021 is retrieved using "setup error" or "set-up error" or "setup error" and "radiotherapy" as the headline. Using CiteSpaceV6.1R3 and Excel 2013 software, the metrological methods were adoped to analyze the literature according to the country, institution, author, and keywords. **Results:** A total of 659 literature items were retrieved, and the number of publications showed a stable growth trend overall; the author of high yield is D. YAN; the country with the most articles is the United States; prolific institutions are William Beaumont Hosp and Univ Toronto. Meanwhile, intensity-modulated and image-guided radiotherapy are the main research hotspots; proton therapy, stereotactic radiotherapy, and breast cancer are the future research trends. **Conclusion:** This study provides insight into the setup errors of radiotherapy, offering new perspectives and potentially valuable information to researchers.

Key Words　Setup Error; Radiation Therapy; Tumor; CiteSpace

随着放疗技术、现代影像技术和计算机技术的迅速发展，放射治疗已经进入精确放疗时代。摆位

作者简介：廖映红，女，1989—，医学硕士，主要从事肿瘤放疗技术的研究，E-mail:liaoyinghong89@163.com
通信作者：燕虹，女，1971—，教授，主要从事流行病与卫生统计学的研究，E-mail:yanhmjxr@whu.edu.cn

误差是患者治疗体位射野和计划体位射野之间的差别，放疗实施过程中存在的不同程度的摆位误差会影响靶区及周围正常组织剂量，增加肿瘤复发率和相关并发症，降低治疗效果。通过光学表面系统(optical surface monitoring system，OSMS)监测和锥形束 CT(cone beam computed tomography，CBCT)扫描配准后，患者在各方向上均可出现位移误差[1,2]。因此，控制摆位误差是实施精确放疗的关键。本研究基于 CiteSpace 软件[3]对近二十年放疗摆位误差领域研究的热点和前沿方向进行了探讨，以期为该领域未来研究提供科学参考。

1　材料与方法

1.1　数据来源　基于 Web of Science(WOS)中的三大主要数据库 SSCI、SCI 和 A&HCI，检索主题词“setup error” or “set-up error” or “set up error” and “radiotherapy”，文献类型为“article”和“review”，时间跨度为 2001 年 1 月至 2021 年 12 月，检索地区设为全球范围内所有国家，共检索到文献 659 篇。

1.2　分析方法　本文采用 CiteSpace 软件对检索到的文献中的国家、机构、作者和关键词进行共现网络图谱分析，从中挖掘放疗摆位误差领域研究的发文情况、热点和前沿趋势。

2　结果

2.1　发文量趋势　文献发文量的变化能反映一个领域的发展状况及未来的研究趋势。2001—2021 年，放疗摆位研究领域共发表 659 篇相关文献，近 20 年总体上呈现出一个稳定增长的趋势(图 1)。2001—2003 年为该领域的起步阶段，2004—2012 年发文数量稳步上升。随着研究方法和内容的丰富，2012 年出现了发文量最高峰(64 篇)。2013—2018 年发文量曲折向下，2012—2021 年为该领域的波动发展期，相关研究已趋于成熟。

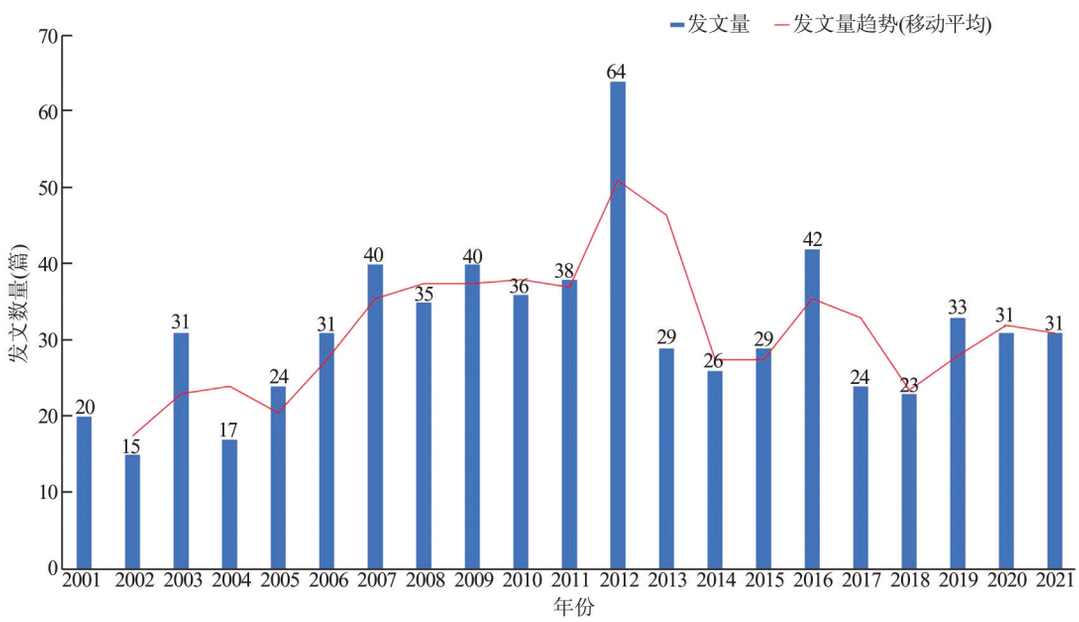


图 1　WOS 数据库近 20 年放疗摆位研究领域发文量趋势图

2.2　作者合作网络　结果所示(图 2)，共有 706 个节点和 1 149 条连线，整体网络密度为 0.004 6，其中字体和节点大小代表作者发表论文的数量，节点间的连线表示不同作者间的合作关系，连线的粗细代表合作紧密程度。通过分析研究领域的作者发文数量和作者间的联系可以发现高产作者及高影响力作者，最显著的是以 D. YAN 为中心的合作网络，作者间合作较强；D. YAN、H. SHIRATO 和 K. MIYASAKA 是发文量最多的作者。从研究作者的合作度上看，主要作者 H. SHIRATO 和 K. MIYASAKA 的合作度较高，已形成紧密成熟的合作网络。

2.3　研究机构网络　图 3 所示，研究中包含 472 个节点，连线有 450 条，网络密度为 0.004。通过深层次分析、挖掘研究机构成果及合作关系的数据，发表文献的研究机构主要集中在医院、高校和癌症中心。研究机构在美国、加拿大、中国、日本、丹麦均有分布，合作网络和发文最多的机构集中在 William Beaumont Hosp、Univ Toronto 和 Princess Margaret Hosp(图 3)。

2.4　国家和地区分布　如图 4 所示，共有 39 个节点

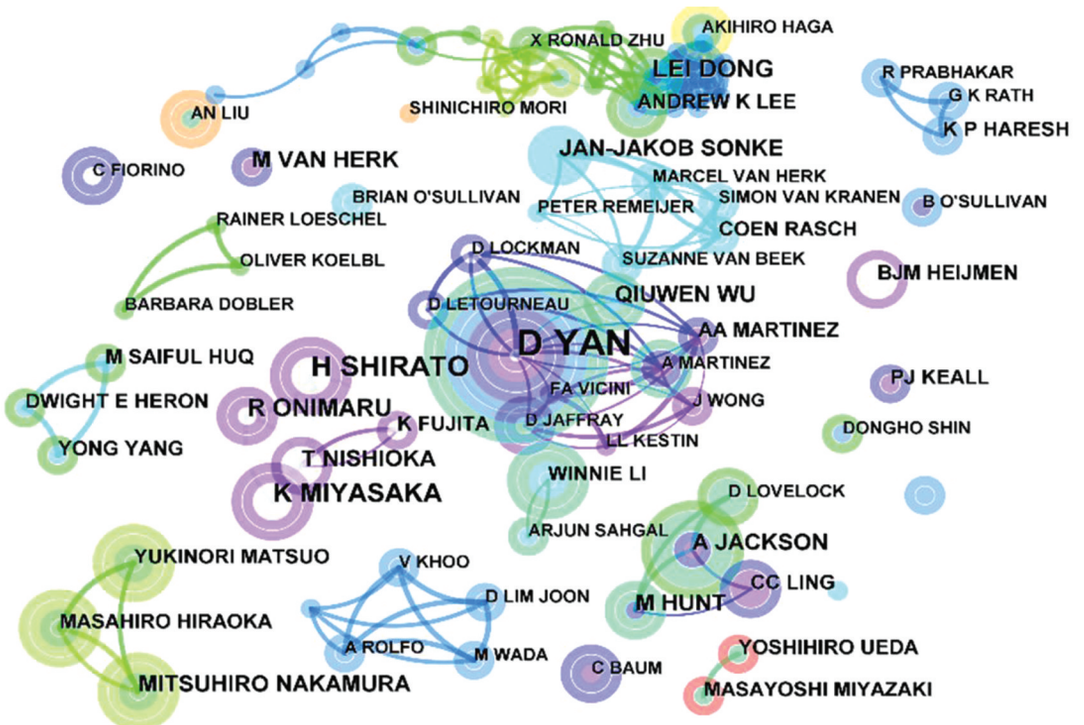


图2 WOS数据库近20年放疗摆位研究领域相关文献作者及合作网络知识图谱

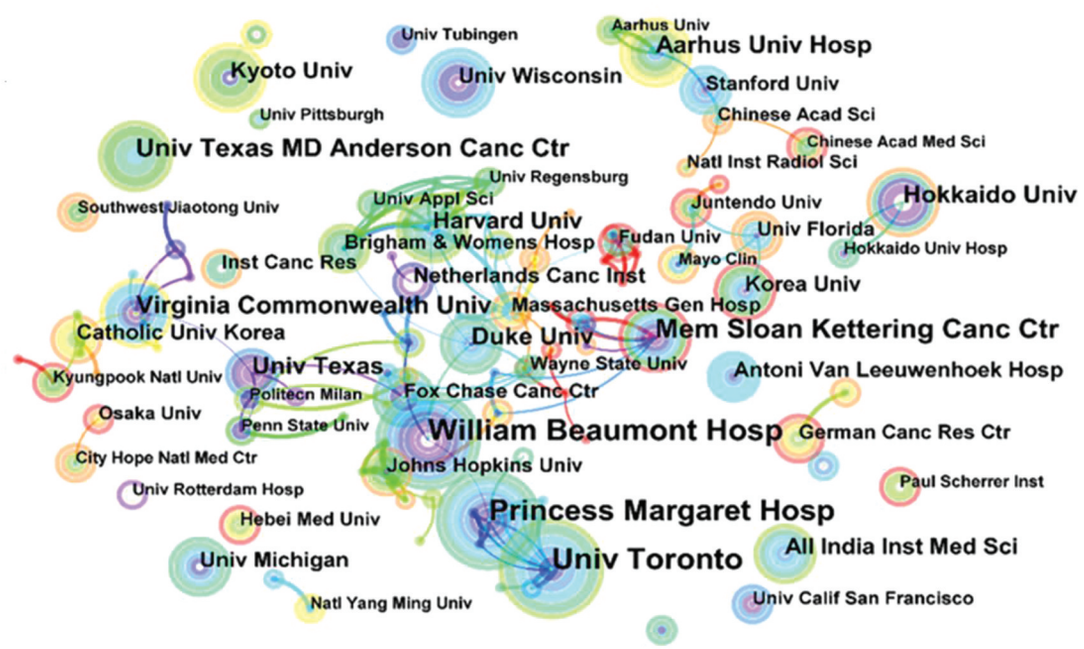


图3 WOS数据库近20年放疗摆位研究领域研究机构及合作网络知识图谱

和70条连线,整体网络密度为0.0 945。通过对不同国家发文量进行统计,得到国家文章产出量排名前10名(表1)。其中美国发表论文最多(245篇),中国和日本次之;中心性是判断领域研究热点的重要指标,结果表明研究热点国家为美国(0.67)和荷兰(0.21),其中心度均大于0.1。

2.5 关键词共现 关键词作为学术论文的一个重要组成部分,凝练着论文的精髓。通过对高频关键词的分析,可以挖掘出一段时间内某个领域研究的热点。本文根据设置好的阈值,提取作者关键词,共发现高频关键词356个,形成408条连线。节点和文字大小代表关键词出现的频次,节点间的连线表示

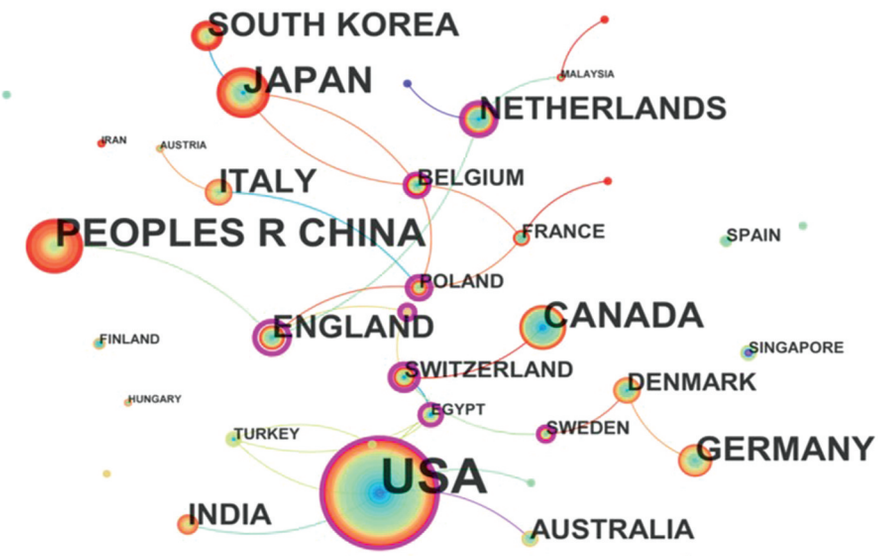


图 4　WOS 数据库近 20 年放疗摆位研究领域主要国家和地区及合作网络知识图谱

表 1　WOS 数据库近 20 年放疗摆位研究领域高产国家和地区前 10 位列表

名次	国家	发文量	中心性
1	USA	245	0.67
2	PEOPLES R CHINA	77	0.01
3	JAPAN	58	0.02
4	CANADA	50	0.00
5	GERMANY	41	0.01
6	ITALY	37	0.01
7	SOUTH KOREA	35	0.00
8	NETHERLANDS	33	0.21
9	ENGLAND	30	0.10
10	INDIA	23	0.00

不同时期内建立的联系，连线的粗细和密度表示关键词共现的强度，关键词中心性是判断该研究领域研究热点的重要指标，也是判断学者们关注焦点的重要依据。图 5 结果显示，setup error（摆位误差）是最大的节点，intensity modulated radiation therapy（IMRT，调强放疗）和 cone beam computed tomography（CBCT，锥形束 CT）次之。代表节点促进作用的中心性指标表明（表 2），image-guided radiation therapy（IGRT，图像引导放疗）和 radiotherapy 与其他热点关键词之间的通信较强，说明调强放疗和图像引导放疗其经常处于和其他关键词通信的路径中，对文献之间的互引关系产生积极作用，重要程度高。

2.6　关键词聚类　如图 6 所示，色块代表聚类的区域，色块内部包含聚类关键词。节点 N=356，连线数 E=455，网络密度 Density=0.007 2。模块值 Q 大小与节点的疏密情况相关，Q 值越大聚类效果越好，可以用来进行科学的聚类分析。平均轮廓值 S 大小可以用来衡量聚类的同质性，S 值越大说明网络的同质性越高，表示该聚类具有高可信度。Q=0.635 5，说明该网络结构聚类效果好；S=0.870 7，同质性较高，不同聚类划分较好。以下十大聚类中，以 # 0 organ motion（器官运动）、# 1 SBRT（stereotactic body radiation therapy，立体定向体部放疗）和 # 2 tomotherapy（螺旋断层放疗）为首。最大的聚类为 # 0 organ motion，共包含 41 个关键词。

2.7　关键词突现　突现词是指一定时期内出现频次比较高的词，突现强度和突现持续时间能清晰地展现该领域研究的热点，也是该领域演化发展趋势的判断依据。Strength 是突现强度，指一个关键词在突现的时间内频次突然增加的程度，通常与研究热度相伴，Key words 代表突现关键词，Begin 和 End 是突现词持续的起始时间。近 20 年来研究领域的突现词显示（表 4），organ motion 和 conformal radiotherapy（适形放疗）开始时间最早，出现在 2001 年，为早期研究的热点所在；从突现持续时间来看，head and neck cancer（头颈部肿瘤）和 adaptive radiotherapy（自适应放疗）等的突现时间较长，说明其在相当长的一段时间内是研究的热点，主要体现在 2009—2016 年；根据突现强度发现，organ motion、IGRT 及 proton therapy（质子治疗）突现强度非常高，分别为 5.65、4.28、3.98，说明其出现频次大幅变动的情况。proton therapy、SBRT 和 breast cancer 不仅突现强度高，而且距离时间近，可以认为是最新涌现的研究热点和研究趋势。

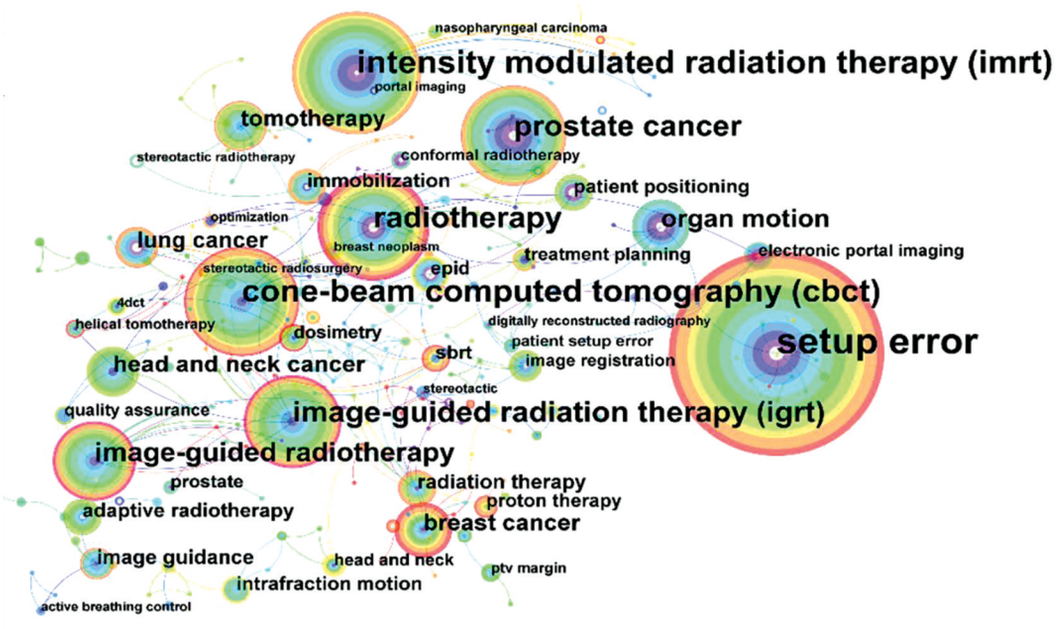


图5 WOS数据库近20年放疗摆位研究领域关键词共现图谱

表2 WOS数据库近20年放疗摆位研究领域关键词中心性前10位

名次	关键词	频次	中心性
1	image-guided radiation therapy (IGRT)	46	0.31
2	radiotherapy	48	0.27
3	image-guided radiotherapy	33	0.23
4	catalyst	2	0.21
5	cone-beam computed tomography (CBCT)	61	0.20
6	organ motion	25	0.19
7	body-related factor	1	0.17
8	adaptive radiotherapy	11	0.14
9	intensity modulated radiation therapy (IMRT)	65	0.14
10	4D CT	2	0.13

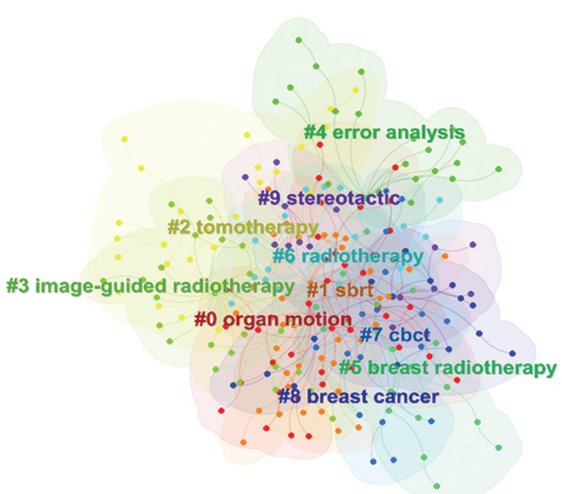


图6 WOS数据库近20年放疗摆位研究关键词聚类图谱

3 讨论

3.1 发文量趋势分析 根据2001—2021年发文量的统计结果,摆位误差在放疗领域从2001年开始被关注,并持续成为放疗领域的研究重点,在一定程度上反映了摆位误差研究对放疗效果产生的重要影响。2012年出现了最高峰,推测可能与新设备和新技术不断发展和更新有关,如调强放疗、图像引导放疗以及立体定向放疗等新技术的应用;放射治疗技术从经典的2D方法向基于图像衍生的3D模型设计治疗的3D技术的演变[4],为放射肿瘤学开创出一片新领域,促使该领域学术成果不断增多,关注度得到明显增加。

3.2 作者、机构和国家合作网络分析 在放疗摆位误差相关领域内,Yan等[5]对自适应图像引导放射治疗等问题进行了研究;Kimura等[6]对实时肿瘤跟踪放疗进行了一系列的应用研究。综合高产研究机构和国家分布情况来看,说明全球对放疗摆位误差领域都较为重视并且研究成果质量较高;成果排名前三机构William Beaumont Hosp、Univ Toronto和Princess Margaret Hosp合作网络关系较为显著,说明高产研究单位与其他研究机构有密切的合作关系;单位的合作度表明主要机构的合作密度较高,在研究领域具有经典性。领域研究的国家数量较多且国家间的合作较为紧密,综合分析中心性和发文量,美国领先于其他国家,在摆位误差领域具有关键的影响力。

表 3　WOS 数据库近 20 年放疗摆位研究领域关键词聚类团

聚类	数量	关键词
0# organ motion	41	organ motion; prostate cancer; treatment planning; CRT; electronic portal imaging
1#SBRT	37	SBRT; EPID; immobilization; setup error; portal imaging
2# tomotherapy	30	tomotherapy; total body irradiation; IGRT; helical tomotherapy; 4D CT
3# image-guided radiotherapy	27	IGRT; cone beam CT; scatter correction
4 #error analysis	22	error analysis; nasopharyngeal carcinoma; IMRT; dose escalation

EPID：electronic portal imaging device，电子射野影像系统；CRT：comformal radiotherapy，适形放射治疗

表 4　WOS 数据库近 20 年放疗摆位研究领域相关文献中关键词突现情况（前 20 位排名）

Keywords	Strength	Begin	End	2001—2021
organ motion	5.65	2001	2008	
conformal radiotherapy	2.65	2001	2004	
patient positioning	2.10	2001	2004	
electronic portal imaging	1.51	2001	2008	
CT planning	1.25	2001	2004	
prostate cancer	2.45	2003	2008	
lung cancer	1.56	2007	2010	
intrafraction motion	2.76	2009	2012	
cone beam computed tomography	2.41	2009	2012	
head and neck cancer	2.33	2009	2016	
adaptive radiotherapy	1.81	2009	2016	
image-guided radiation therapy	4.28	2011	2016	
prostate	2.92	2011	2012	
CBCT	2.76	2013	2020	
tomotherapy	2.19	2013	2016	
proton therapy	3.98	2015	2021	
breast cancer	2.37	2015	2021	
setup error	1.81	2015	2020	
SBRT	3.14	2017	2021	
stereotactic radiosurgery	2.14	2017	2021	

红色格：突现起始和结束的年份，蓝色格：未突现的年份

3.3　关键词分析　图 5 中 setup error 是最大的节点，贯穿整个研究过程，次频关键词是 IMRT、IGRT 和 CBCT。1994 年美国首先开始临床应用 IMRT 治疗恶性肿瘤，随后全世界各大肿瘤中心陆续开展，它能达到靶区中及靶区边缘适形剂量分布的需求，精准高效实现对靶区的高剂量打击，最大限度地减少对邻近正常组织的照射剂量，减少放疗不良反应[7]；CBCT 是近年来应用广泛的图像引导技术，提供了可视化日常治疗摆位，能利用图像配准技术对患者体位、靶区等进行监测校正，控制摆位误差；日常图像引导是目前减少误差的最佳方法，可重复、准确摆位和严格的质量控制是精确放疗成功实施的关键[8,9]，而最佳的图像引导频率，研究者应进一步的前瞻性研究，重点权衡与患者依从性、疾病部位、接受剂量等相关因素。基于 CBCT 技术的 IGRT 是继三维适形放疗和调强放疗后的新技术，核心是图像的配准。研究发现，IGRT 与非 IGRT 针对头颈部肿瘤的两种治疗方法，颈部脊髓接受高于计划剂量的频率较低，IGRT 在治疗中更有优势[10,11]。

最大的聚类为 # 0 organ motion（表 3），围绕前列腺癌、治疗计划、适形放疗等相关问题展开；# 1 SBRT 主要集中于电子射野成像和摆位误差的研究；# 2 tomotherapy 主要集中于全身放疗、图像引导放疗和四维 CT 等问题的研究；# 3 image-guided radiotherapy 主要集中在锥形束计算机断层扫描和散射校正等问题的研究；# 4 error analysis 主要集中于鼻咽癌、调强放疗、剂量等问题的研究。

突现最早的关键词是 organ motion 和 conformal radiotherapy（CRT），且 organ motion 是突现最强和最

大的聚类(表4和图6)。放疗过程中的器官的变形、自主和不自主运动所造成的靶区不确定性是放疗计划准确实施的最主要的影响因素,胃肠道及膀胱状态、患者体质量变化、体位固定技术、四肢位置的改变、皮肤牵拉、呼吸和心脏跳动对肿瘤均有不同程度的影响,导致靶区位置的改变会造成靶区和计划剂量出现偏差,因此,了解不同器官的运动规律,研究控制其运动的方法至关重要[12]。2001—2004年,CRT这一关键词持续突现4年,分析其原因是调强适形放疗具有更好的适形性,逐步取代传统的适形放疗成为主流的放射治疗手段。2009—2016年,研究热点倾向于head and neck cancer和adaptive radiotherapy(ART)。研究发现,头颈部肿瘤患者接受ART,23%的患者绝对剂量降低大于5%,1年随访吞咽疼痛发生率是1.2%[13],ART可改善靶区剂量分布,有效保护脊髓、脑干和腮腺等健康组织受照射剂量,优化疗效[14]。然而,ART与系统治疗、与先进肿瘤诊疗策略的最佳组合,如何深入整合到整个放疗流程仍需要进一步研究。2015年至今的关键词突现显示,proton therapy、SBRT和breast cancer可能是今后的研究趋势。proton therapy是一种先进的治疗技术,与调强放疗相比,质子治疗的精度和准确性大幅度提高,可增加肿瘤层面的剂量适形性,能通过降低对敏感正常结构的剂量和提高对靶向肿瘤组织的剂量来改善治疗效果[15,16],首选质子治疗的群体是儿童[17];但是质子射束有限的射程和陡峭的剂量跌落,致使质子射束对位置和组织密度的变化极其敏感;摆位误差、照射剂量、分割次数和靶区位移等因素会导致实际射束射程与计划射束射程不同,影响质子治疗的安全性和有效性,这些都是未来质子治疗要解决的主要问题[18]。SBRT能够治疗不能手术的早期肺肿瘤、原发性或转移性肝肿瘤以及胰腺、肾脏和脊柱肿瘤,与常规放疗相比,它具有高剂量、疗程短、大分割、精确的优势,减少治疗时间,从而带来更显著的抗肿瘤效果,然而它对摆位精度要求更高,尤其是靶体积外放范围;目前提高SBRT精确性的技术有限制呼吸运动(如腹部加压、深吸气屏气、呼吸门控、实时肿瘤跟踪技术)和治疗前CBCT验证等,在临床上值得大范围推广和应用[19,20]。领域热点疾病breast cancer在全球女性中发病率占恶性肿瘤首位,由于乳腺复杂的外形轮廓,不同的外科手术方式、年龄因素、体膜牵拉等易造成体位的改变,从而出现摆位误差,导致皮肤反应加重、肺部和心脏受到辐射影响等[21,22],深吸气屏气技术是目前治疗乳腺癌热门使用技术之一,能有效控制呼吸,保护危及器官尤其是心脏,且该技术重复性和稳定性已得到证实[23],但深吸气屏气技术仍有一定的局限性有待解决,包括呼吸运动不一致,治疗时间的增加,患者的配合度等。综上,控制摆位误差避免危及器官造成损伤尤为重要,这是未来一段时间内主要的研究部分。

根据近二十年发文量的统计结果来看,总体产出是稳定增长;从研究的国家机构作者来看,高产作者和合作密度和力度有着明显的联系,主要的合作网络较为密集,成就了较为成熟的合作网络,主要的合作网络以美国为中心展开,发文量最多的国家是美国;结合高频关键词和中心性,领域的研究方向图像引导放疗、锥形束计算机扫描和调强放疗关联紧密,处于中心地位,这是目前的研究热点;关键词聚类主要围绕器官运动、立体定向治疗、螺旋断层放疗和图像引导放疗等研究方向展开;质子治疗、立体定向治疗和乳腺癌可能是今后的研究趋势。精准放疗已成为这个时代放疗技术努力发展的方向,推进放疗新技术与设备的临床开展和广泛应用,同时进一步深入研究减少摆位误差的技术和方法,将会使放疗更准确,安全和有效。

参考文献

[1] Hattel SH, Andersen PA, Wahlstedt IH, et al. Evaluation of setup and intrafraction motion for surface guided whole‐breast cancer radiotherapy[J]. J Applied Clin Med Phys, 2019, 20(6): 39-44.

[2] Delishaj D, Ursino S, Pasqualetti F, et al. Set-up errors in head and neck cancer treated with IMRT technique assessed by cone-beam computed tomography: A feasible protocol[J]. Radiat Oncol J, 2018, 36(1): 54-62.

[3] Chen CM. Searching for intellectual turning points: Progressive knowledge domain visualization[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2004, 101(Suppl 1): 5303-5310.

[4] Korreman S, Rasch C, McNair H, et al. The European Society of Therapeutic Radiology and Oncology-European Institute of Radiotherapy (ESTRO-EIR) report on 3D CT-based in-room image guidance systems: A practical and technical review and guide[J]. Radiother Oncol, 2010, 94(2): 129-144.

[5] Yan D, Chen SP, Krauss DJ, et al. Tumor voxel dose-response matrix and dose prescription function derived using ^{18}F‐FDG PET/CT images for adaptive dose painting by number[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2019, 104(1): 207-218.

[6] Kimura S, Miyamoto N, Sutherland KL, et al. Fundamental study on quality assurance (QA) procedures for a

real-time tumor tracking radiotherapy (RTRT) system from the viewpoint of imaging devices[J]. J Applied Clin Med Phys, 2021, 22(7): 165-176.

[7] Sauter C, Peeken JC, Borm K, et al. Influence of radiation treatment technique (IMRT *vs*. 3D-RT) on acute toxicity and prognostic factors for survival for anal cancer[J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 19914.

[8] Xiao AN, Jutzy J, Hubert G, et al. A study of the dosimetric impact of daily setup variations measured with cone-beam CT on three-dimensional conformal radiotherapy for early-stage breast cancer delivered in the prone position[J]. J Applied Clin Med Phys, 2020, 21(12): 146-154.

[9] Bhatia JV, Digambar Kothavade V, Ramachandran VK. Impact of different image guidance schedules in head and neck irradiation: A retrospective analysis[J]. Precis Radiat Oncol, 2021, 5(1): 34-42.

[10] Schwarz M, Giske K, Stoll A, et al. IGRT versus non-IGRT for postoperative head-and-neck IMRT patients: Dosimetric consequences arising from a PTV margin reduction[J]. Radiat Oncol, 2012, 7: 133.

[11] You X, Hou FY. Clinical efficacy of image-guided radiation therapy for cervical cancer and its impact on patients′ serum tumor markers and KPS scores[J]. J Oncol, 2022, 2022: 8536554.

[12] Savanovic M, Strbac B, Jaros D, et al. Impact of lung tumor motion on dose delivered to organ at risk in lung stereotactic body radiation therapy[J]. J Radiat Oncol, 2020, 9(3): 191-198.

[13] Avgousti R, Antypas C, Armpilia C, et al. Adaptive radiation therapy: When, how and what are the benefits that literature provides?[J]. Cancer Radiother, 2022, 26(4): 622-636.

[14] Weppler S, Quon H, Schinkel C, et al. Patient-reported outcomes-guided adaptive radiation therapy for head and neck cancer[J]. Front Oncol, 2021, 11: 759724.

[15] Ding X, Li X, Zhang JM, et al. Spot-scanning proton arc (SPArc) therapy: The first robust and delivery-efficient spot-scanning proton arc therapy[J]. Int J Radiat Oncol, 2016, 96(5): 1107-1116.

[16] Li XQ, Kabolizadeh P, Yan D, et al. Improve dosimetric outcome in stage Ⅲ non-small-cell lung cancer treatment using spot-scanning proton arc (SPArc) therapy[J]. Radiat Oncol, 2018, 13(1): 1-9.

[17] Mizumoto M, Fuji H, Miyachi M, et al. Proton beam therapy for children and adolescents and young adults (AYAs): JASTRO and JSPHO guidelines[J]. Cancer Treat Rev, 2021, 98: 102209.

[18] Sørensen BS, Pawelke J, Bauer J, et al. Does the uncertainty in relative biological effectiveness affect patient treatment in proton therapy? [J]. Radiother Oncol, 2021, 163: 177-184.

[19] Mercier SL, Moore SM, Akurang D, et al. Stereotactic body radiotherapy (SBRT) in very limited-stage small cell lung cancer (VLS-SCLC)[J]. Curr Oncol, 2022, 30(1): 100-109.

[20] Wang SW, Wang XX, Zhou Q, et al. Stereotactic ablative radiotherapy versus lobectomy for stage I non-small cell lung cancer: A systematic review[J]. Thorac Cancer, 2018, 9(3): 337-347.

[21] Virani SS, Alonso A, Aparicio HJ, et al. Heart disease and stroke statistics-2021 update: A report from the American heart association[J]. Circulation, 2021, 143(8): e254-e743.

[22] Bartelink H. Regional nodal irradiation for early breast cancer; clinical benefit according to risk stratification[J]. Breast, 2019, 48(Suppl 1): S65-S68.

[23] Reitz D, Walter F, Schönecker S, et al. Stability and reproducibility of 6013 deep inspiration breath-holds in left-sided breast cancer[J]. Radiat Oncol, 2020, 15(1): 121.

（2023-08-10 收稿）
编辑　袁　靓