

· 临床论著 ·

基于文献分析红外热成像临床研究应用现状和前景

刘逸南¹ 王佳丽¹ 宋昌梅² 杨雪丽² 白特玛喀² 杨新宇² 张景² 肖世雄²
陈峰² 王纯良² 张在文² 雷燕^{1,2}

摘要 目的 基于临床研究文献分析国内外红外热成像技术临床应用研究现状及趋势,为其进一步的临床应用提供研究思路。**方法** 通过检索国内外 5 个数据库获得从建库到 2021 年 3 月所有以红外热成像为主题词的临床应用文献,收集文献的基本信息,按照疾病领域进行分类,通过 Excel 软件对信息进行统计学描述和分析。**结果** 最终纳入 1 151 篇文献,其中英文、意大利文、俄文等外文文献 589 篇,中文文献 562 篇;现代医学研究 820 篇,中医药研究 331 篇;诊断类研究 848 篇,疗效评价类文献 303 篇。国内外文献均呈现逐年增长的发表趋势,并且在 2000—2003 年、2005—2009 年、2010—2012 年及 2013—2020 年这四个时间段发文量明显增加。现代医学的红外研究热点主要集中在骨关节肌肉疾病、内分泌代谢疾病、乳腺疾病、皮肤疾病、神经疾病、外周血管疾病、疼痛疾病等领域。中医研究方面,外文文献主要分布在针刺及针灸疗效等方面;中文文献在此基础上还涉及到穴位热成像、中药疗效、灸法疗效及证型辨识等方面。除此之外,无论现代医学还是中医研究,舌部、面部及眼部热成像正在逐渐受到关注。但是目前尚缺少多中心的研究。**结论** 除了局部热成像的观察外,还可以运用红外热成像整体观察的优势,对疾病进行多角度综合考量,为疾病的诊治及中医的客观化提供新的研究思路。

关键词 红外热成像;临床研究;中医;文献计量分析

Bibliometric Analysis of Current Status and Prospects of Infrared Thermal Imaging Clinical Research Applications LIU Yi-nan¹, WANG Jia-li¹, SONG Chang-mei², YANG Xue-li², BAI Temaka², YANG Xin-yu², ZHANG Jing², XIAO Shi-xiong², CHEN Feng², WANG Chun-liang², ZHANG Zai-wen², and LEI Yan^{1, 2} *1 Experimental Research Center, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing Key Laboratory of Research of Chinese Medicine on Preventional and Treatment for Major Diseases, Beijing (100700); 2 Beijing iHawk Intelligent Health Technology Co., Ltd, Beijing (100000)*

ABSTRACT Objective Based on clinical research literature, to analyze the current status and trends of clinical research of infrared thermal imaging technology at home and abroad, so as to provide ideas for its further clinical application. **Methods** Through searching 5 domestic and foreign databases the clinical application literature with infrared thermal imaging as the subject term from the establishment of the database to March 2021 were obtained, the characteristics of the literature were collected and classified according to the disease, then the characteristics was analyzed through Excel software. **Results** Totally 1 151 articles were finally included, among them were 589 articles in English, Italian, Russian and other foreign languages, 562 articles in Chinese. And 820 articles on modern medicine, 331 articles on Chinese medicine, 848 articles on diagnostics, and 303 articles on efficacy evaluation. Both domestic and foreign documents showed a trend of increasing publication year by year, and the number of publications in the four time periods of 2000-2003, 2005-2009, 2010-2012 and 2013-2020 had increased significantly. The infrared research hotspots of modern medicine mainly focused on

基金项目:国家自然科学基金面上项目(No. 81673822);中国中医科学院自主选题项目(No. ZZ2019012);北京市自然科学基金项目(No. 7182120)

作者单位:1 中国中医科学院医学实验中心,北京市中医药防治重大疾病基础研究重点实验室(北京 100700);2 北京鹰之眼智能健康科技有限公司(北京 100000)

通讯作者:雷燕, Te: 010-64089556, Email: 13651217893@163.com

DOI: 10. 7661/j. cjm. 20210514. 081

bone, joint and muscle diseases, endocrine and metabolic diseases, breast diseases, skin diseases, nerve diseases, peripheral vascular diseases, pain diseases and other fields. In terms of Chinese medicine research, foreign language documents were mainly distributed in acupuncture and moxibustion curative effect. On this basis, Chinese documents also involved thermal imaging of acupoints, curative effect of Chinese medicine, curative effect of moxibustion and syndrome identification. In addition, regardless of modern medicine or Chinese medicine research, thermal imaging of the tongue, face and eyes was gradually attracting attention. However, there was still a lack of multi-center research. **Conclusion** In addition to the observation of local thermal imaging, the advantages of the overall observation of infrared thermal imaging can also be used to comprehensively consider the disease from multiple angles, and provide new research ideas for the diagnosis and treatment of diseases and the objectification of Chinese medicine.

KEYWORDS infrared thermal imaging technology; clinical research; Chinese medicine; bibliometric analysis

红外热成像是一项非侵入性的快速摄影成像方法。它基于物体表面发射的红外辐射来测量成像物体表面的温度分布,它能实时揭示皮肤表面的微循环动力学,已广泛应用于乳腺疾病、骨骼肌肉损伤、肿瘤等疾病的诊断及疗效评价^[1-5]。红外热成像通过采集人体表面温度分析健康状况,与中医学“有诸内必行诸外”“司外揣内”的诊断思想相契合,能够将中医学“望、闻、问、切”四诊所采集的信息以数字化的形式呈现出来,在中医诊断与理论研究等方面有很大的应用前景和研究价值^[6-8]。鉴于此,笔者通过检索中外文数据库,挖掘和总结国内外红外热成像的临床应用现况和趋势,为红外热成像的临床深入研究提供文献学依据。

资料与方法

1 文献纳入及排除标准 纳入标准:使用红外热成像的临床应用研究文献。排除标准:重复发表的论文、会议论文、评论论文、综述类文献。

2 检索策略 通过检索数据库:中国知网(CNKI)、万方、PubMed、Embase、Web of science (v.5.35)从建库至2021年3月的所有文献。检索题目/关键词,中文检索词设定为“红外热像仪”或“红外热成像”或“红外热像技术”,英文检索词设定为“Thermography”或“telethermographic”或“thermal imaging”。

3 文献筛选及基本信息采集 由3位研究者(刘逸南,王佳丽,杨雪丽)严格按照纳入、排除标准对文献进行独立筛选,若遇见意见分歧,则请第4位研究者(雷燕)进行裁定。之后由2位研究者(宋昌梅,张景)独立完成纳入文献信息的提取,采集的信息包括:发表时间、题目、作者、摘要及关键词,将结果导入至Excel表格。文献分类由3位研究者(白特玛喀,杨新宇,肖世雄)独立完成,根据文献主题进行分类,

分类包括现代医学研究及中医学研究。其中现代医学研究根据疾病类型再分为:心血管疾病、呼吸系统疾病、乳腺疾病、皮肤疾病等,非疾病类研究则命名为其他类型并根据其文献分为:手术及药物评价、血液动力学、亚健康状态、康复、血液透析及面部热成像等;中医研究则根据其应用分为:针刺疗效、灸法疗效、中药疗效、穴位热成像、中医诊断、中医学理论研究、证型辨识及体质辨识等;若出现交叉情况,则以中医学、现代医学,疾病类型、其他类型的优先级进行分类。如果出现意见分歧,则通过讨论或寻找第4位研究者(雷燕)进行裁定。由1位研究者(陈峰)对分类文献进行整理,并使用“频数”或“百分比”进行描述。

结 果

1 文献筛选流程(图1)

2 文献一般情况(图2) 通过对5个数据库的检索,初步获得6 832篇文献,依照纳入排除标准进行筛选,最终纳入中文文献562篇,外文文献589篇,共计1 151篇。在语种方面,除汉语外,英语占比95.9%,意大利语占比1.7%,俄语占比1.19%,波兰语、西班牙语及德语均占比0.34%,剩余0.17%为日语文献。在临床研究方面,现代医学研究820篇,中医药研究331篇。论文发表年份为1975—2021年,国内外文献的发表篇数呈现逐年递增的趋势,并在2000—2003年、2005—2009年、2010—2012年及2013—2020年呈现出较明显的发文量上升点。

3 不同时间点的红外热成像医学文献发表特征

3.1 不同年代的文献发表特征(表1) 1970年代,文献研究热点主要分布在乳腺、肿瘤及中医针刺方面;1980年代的文献分布增加了内科疾病(如消化系统、心血管系统及内分泌系统等)、妇科疾病及心理学疾病等方面;1990年代,新增了疼痛研究、

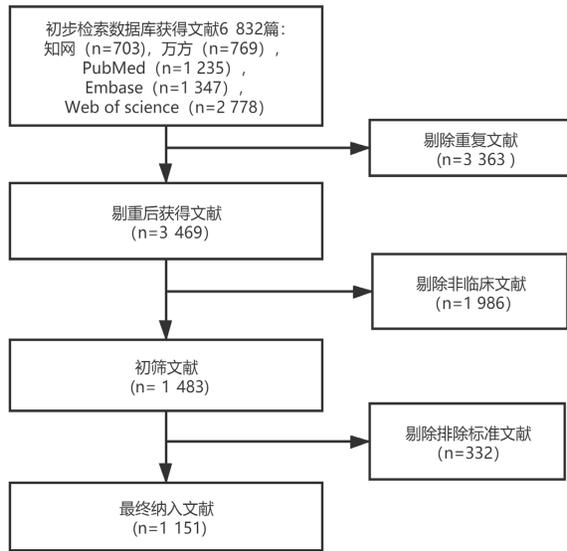


图 1 文献筛选流程图

儿科及面部热成像研究; 2000 年至 2009 年, 除了内外科疾病外, 还新增了危急重症、亚健康、中医气功、中医证候研究、眼部疾病等方面; 2010 年至今, 增加了中医体质、传染病、中医学理论及肛肠疾病等研究。

3.2 不同时期的文献发表特征 (图 2) 1975—1999 年, 红外文献的发表量呈现平缓的趋势, 从 1999 年起逐年增加, 并且在 2000—2003 年、2005—2009 年、2010—2012 年及 2013—2020 年这四个时间段呈现明显的上升趋势。2000—2003 年: 共纳入 53 篇文献, 其中外文文献 20 篇, 中文文献 33 篇。外文文献的主题主要集中在神经疾病和心血管疾病等方面; 中文文献主要集中在经络循行研究、肿瘤研究及外周血管研究等方面。2005—2009 年: 共纳入 140 篇文献, 其中外文文献 70 篇, 中文文献 70 篇。外文文献主要集中在神经疾病、皮肤疾

病、外周血管疾病和心血管疾病等方面; 中文文献主要集中在经络研究、中药研究、骨关节肌肉疾病、肿瘤研究及乳腺疾病等方面。2010—2012 年: 共纳入 139 篇文献, 其中外文文献 69 篇, 中文文献 70 篇。外文文献主要集中在内分泌代谢疾病、骨关节肌肉疾病及皮肤疾病等方面; 中文文献主要集中在针灸、穴位、艾灸治疗和骨关节疾病等方面。2013—2020 年: 共纳入 726 篇文献, 其中外文文献 359 篇, 中文文献 367 篇。外文文献主要集中在皮肤疾病、内分泌代谢疾病及骨关节肌肉疾病方面; 中文文献主要集中在穴位、体质、中药疗效研究和骨关节肌肉疾病方面。

4 现代医学文献检索结果

4.1 总体分布情况 (图 3) 通过对纳入的 820 篇现代医学红外研究进行分类和整理, 发现外文文献 575 篇, 占比 68.8%, 中文文献 245 篇, 占比 31.2%。其中学科分布及占比分别为: 骨关节肌肉疾病 15.98%、内分泌代谢疾病 10.00%、乳腺疾病 9.63%、皮肤疾病 9.51%、其他类型 8.05%、神经疾病 7.93%、外周血管疾病 7.56%、疼痛疾病 4.51%、心血管疾病 4.15%、肿瘤疾病 3.66%、眼部疾病 2.93%、风湿免疫疾病 2.93%、呼吸系统疾病 2.56%、口腔疾病 2.07%、儿科疾病 1.83%、消化系统疾病 1.58%、耳鼻喉疾病 1.22%、精神及心理疾病 1.22%、妇产科疾病 1.10%、泌尿外科疾病 0.85%、急危重症 0.73%。

4.2 不同疾病的主题词分布情况 (表 2, 图 3) 发文量前十的疾病为: 骨关节肌肉疾病、内分泌代谢疾病、乳腺疾病、皮肤疾病、神经疾病、外周血管疾病、疼痛疾病、心血管疾病、肿瘤疾病及眼部疾病。而在内分泌代谢疾病、皮肤疾病、眼部疾病等方面, 国外的文献发表量明显多于国内文献。因此, 为对比

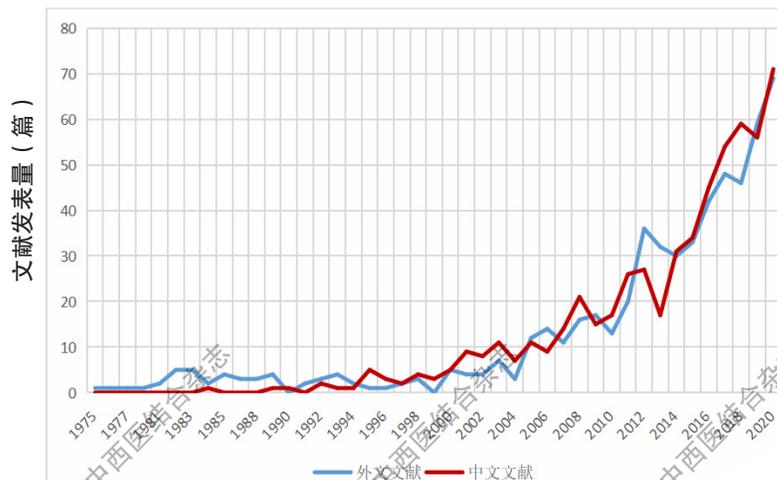
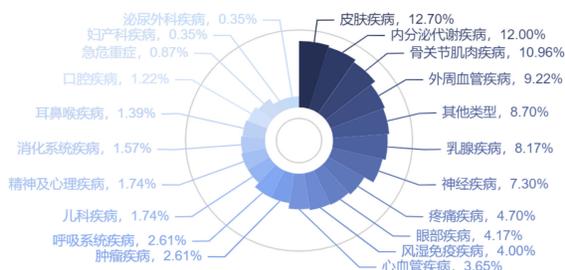


图 2 1975—2020 年红外热成像临床应用中外文献的发表概况

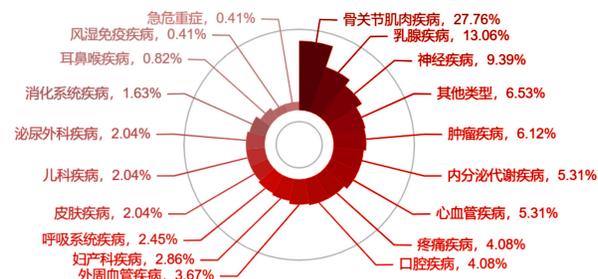
表 1 不同年代文献主题分类差异表

年份	主题分类变化
1970—1979 年	主要为肿瘤, 乳腺, 周围血管疾病及中医针刺研究
1980—1989 年	增加了中医经络穴位、消化系统、心血管疾病、骨关节肌肉疾病、妇科疾病、口腔疾病、风湿免疫疾病、神经疾病、皮肤疾病、手术及药物评价、心理学、内分泌—代谢疾病及泌尿外科的研究
1990—1999 年	补充了中医痹症、疼痛类病、儿科、面部热成像研究
2000—2009 年	扩展了气功、艾灸、中药研究、胸痹、舌像、证型、推拿、耳鼻喉疾病、精神病、呼吸系统、眼部疾病、急危重症及亚健康的研究内容
2010—2020 年	新添了中医体质研究、中医与传染性疾病的研究、中医理论研究、火罐疗效、八段锦、足温研究及肛肠疾病的研究

A



B



注: A 为外文文献; B 为中文文献

图 3 不同学科红外热成像临床文献发表情况

中外文文献的主题词差异, 笔者对纳入文献又根据疾病类型进行了细分和总结, 见表 2。

4.3 其他类型 (图 4) 除了上述结果中疾病外, 还有手术及药物评价、面部热成像、血液动力学等 66 篇其他领域的文献也纳入本次研究。外文文献在手术及药物评价和面部热成像方面发文量较高, 而中文文献除手术及药物评价外, 在亚健康及康复方面有一定的呈现。

5 中医文献检索结果 (图 5)

5.1 总体分布情况 检索获得中医文献 331 篇, 发表年限从 1979—2021 年, 外文文献 14 篇, 中文文献 317 篇。经过频数计量统计, 纳入的文献中, 针刺疗效 21.15%、穴位热成像 11.18%、中药疗效

9.37%、灸法疗效 9.06%、证型辨识 8.16%、经穴热成像 7.86%、中医治疗疗效 6.04%、体质辨识 5.74%、推拿疗效 4.53%、中医理论研究 3.93%、面部热成像 2.42%、针灸疗效 2.42%、中医诊断 2.11%、气功疗效 1.51%、舌部温度 1.21%、穴位埋线疗效 0.91%、八段锦疗效 0.60%、穴位贴敷疗效 0.60%、导引疗效 0.30%、火罐疗效 0.30%、亚健康辨识 0.30% 和针刀疗效 0.30%。中医研究的主题词总体分布见图 5。外文文献发表量较少, 主要分布在针刺及针灸疗效等方面; 中文文献发文量较多, 主要分布在针刺疗效、穴位热成像、中药疗效、灸法疗效及证型辨识等方面。

5.2 不同主题词的分布情况 (表 3) 从图 5 的结果可以看出, 红外热成像技术在中医学的应用除了针灸、中药疗效及证型辨识外, 还涉及到中医理论研究、面部热成像等方面。为了进一步研究红外成像在中医学领域的研究特点, 笔者对不同主题的中医学研究进行了分类和整理。

讨 论

近 20 年来, 红外热成像的性能、技术标准化和临床研究都取得了相当大的进展, 这使得医学研究者对体表温度分布的生理机制有了更清晰的认知, 也为热成像在定义和诊断疾病方面提供了足够的临床数据 [9]。本研究通过中外数据库红外热成像临床应用的文献检索与挖掘, 统计和分析了红外热成像在现代医学和中医研究的应用现状。

自 1961 年, Lawson、Lloyd-Williams 和 Handley 拍摄了第一张乳腺癌红外热图 [10], 红外热成像的应用开始步入医学领域。与红外技术发展历程相似, 本次纳入的红外热成像临床文献从 1975—2020 年, 也呈现出逐年增加的趋势。并且在 2000—2003 年、2005—2009 年、2010—2012 年及 2013—2020 年这四个时段呈现明显的上升趋势。尤其是中文文献, 从 1999 年起呈现爆发性的增长, 这与我国红外热成像学科快速发展过程密切相关。20 世纪 60 年代我国先后由瑞典、日本、美国、德国引进红外热像扫描仪、医用红外热成像仪, 因价格昂贵未能推广。1976 年, 我国第一台医用红外热成像研制成功, 揭开了国内医用红外热像技术的序幕 [11, 12]。直至 20 世纪 90 年代, 我国逐步建立医学红外热成像科研、生产、临床、教学体系, 红外热成像医学学科逐渐形成。国内相继开展了大量的红外热成像的临床研究, 这也是自 2000 年开始中文文献爆发性增长的原因。

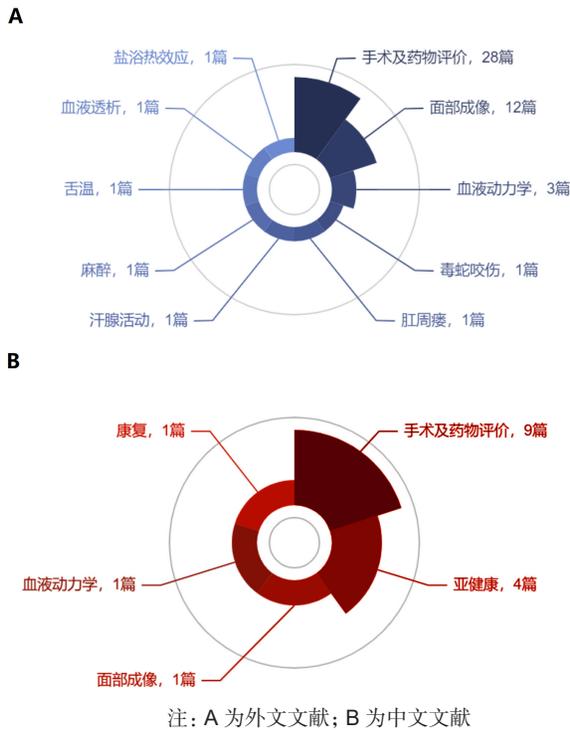
本次研究发现, 骨关节肌肉疾病、皮肤疾病、内

表 2 不同疾病类型文献发表情况

疾病类型	发表年份	外文文献	中文文献
骨关节肌肉疾病	1988—2020 年	63 篇, 主题词: 骨性关节炎、椎间盘突出、颈椎病、颞下颌关节紊乱、肩周炎、肌电触发点研究、肌肉萎缩、腕管综合症、膝关节病变等	68 篇, 主题词: 骨性关节炎、椎间盘突出、颈椎病、颞下颌关节紊乱、肩周炎、膝关节病变及背肌筋膜炎等
内分泌代谢疾病	1982—2020 年	69 篇, 主题词: 糖尿病及其并发症(糖尿病诊断、糖尿病足、糖尿病下肢血管病变、糖尿病周围神经病变、糖尿病视网膜病变及与棕色脂肪的相关性)、棕色脂肪研究、甲状腺疾病、肥胖症及营养不良等	13 篇, 主题词: 糖尿病及其并发症(糖尿病诊断、糖尿病足、糖尿病下肢血管病变)、棕色脂肪研究、甲状腺疾病、代谢综合征等
乳腺疾病	1975—2020 年	47 篇, 主题词: 乳腺癌、乳腺疾病筛查、乳房重建、乳腺增生、乳腺炎、乳房囊肿、乳房放射性治疗、与直肠温度的关联等	32 篇, 主题词: 乳腺癌、乳腺疾病筛查、乳房重建、乳腺增生、乳腺炎、乳房囊肿、与月经周期的关联等
皮肤疾病	1983—2020 年	73 篇, 主题词: 烧伤、压力性溃疡、黑色素瘤、蜂窝织炎、表皮创伤、带状疱疹、皮肤热动态、过敏反应、疱疹及银屑病等	5 篇, 主题词: 烧伤、压力性溃疡及带状疱疹等
神经疾病	1981—2021 年	42 篇, 主题词: 脑卒中、外周神经病变、神经阻滞、颅内热成像研究、面瘫、面神经功能损伤、烟雾病、阿尔兹海默、交感神经研究、帕金森、神经性厌食症、急性瓦伦堡综合征及颅神经损伤等	23 篇, 主题词: 脑卒中、外周神经病变、神经阻滞、面神经炎、面瘫、面神经功能损伤及交感神经研究等
外周血管疾病	1976—2021 年	53 篇, 主题词: 雷诺现象、深静脉血栓、外周动脉疾病、血管畸形、动脉闭塞性疾病、淋巴水肿、慢性静脉功能不全、血管性溃疡及血管内成像等	9 篇, 主题词: 深静脉血栓、动脉闭塞性疾病、下肢动脉硬化症及血栓闭塞性脉管炎等
疼痛疾病	1985—2020 年	27 篇, 主题词: 疼痛综合征、偏头痛、头痛、疼痛评价、疼痛诱导点、疼痛治疗、腰痛及肘部疼痛等	10 篇, 主题词: 疼痛综合征、偏头痛、头痛、疼痛评价、跟痛症、急性慢性疼痛、软组织疼痛及腰腿疼痛等
心血管疾病	2000—2020 年	21 篇, 主题词: 冠心病、房颤、冠脉斑块、心血管内热成像、动脉壁热成像等方面	13 篇, 主题词: 冠心病、冠脉斑块、冠脉移植、高血压病、心肌缺血等方面
肿瘤疾病(除乳腺癌)	1982—2020 年	15 篇, 主题词: 软组织肉瘤、放化疗评估、肿瘤评估、皮肤癌、肠癌及甲状腺癌等方面	15 篇, 主题词: 肿瘤评估、肠癌及甲状腺癌、鼻咽癌等方面
眼部疾病	2007—2020 年	24 篇, 主题词: 干眼症、Graves 眼病、青光眼、光化性角化病及过敏性结膜炎	无
风湿免疫疾病	1988—2020 年	23 篇, 主题词: 类风湿性关节炎、系统性硬化症、系统性红斑狼疮、过敏性紫癜、结缔组织病与痛风等	1 篇, 主题词: 类风湿性关节炎
呼吸系统疾病	2004—2021 年	15 篇, 主题词: 流行性感胃发热筛查、肺部疾病检查、哮喘肺结核、呼吸道热态研究、气胸及阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征	6 篇, 主题词: 流行性感胃发热筛查、慢性支气管炎及呼吸道热态研究
口腔疾病	1989—2017 年	7 篇, 主题词: 口腔组织分布、牙龈热成像、唾液腺功能、牙合面龋及牙周炎	10 篇, 主题词: 根管治疗、口腔颌面部疾病、龋齿及唾液腺功能检测
儿科疾病	1995—2021 年	10 篇, 主题词: 婴儿血管瘤、胎儿脑缺氧、骨髓炎、特发性血小板减少性紫癜、肢体创伤疗效、肢体缺血及周围神经病变	5 篇, 主题词: 小儿腹痛、支气管炎、新生儿外周血管穿刺、血小板减少症及脑性瘫痪
消化系统疾病	1986—2020 年	9 篇, 主题词: 急性阑尾炎、肠缺血、胆囊切除、肝病、肝纤维化、食管切除术后及脂肪肝	4 篇, 主题词: 急性阑尾炎、胃肠疾病、胆囊炎及肝硬化
耳鼻喉疾病	2001—2020 年	8 篇, 主题词: 鼻窦炎、鼻窦疾病筛查、鼻部毛细血管扩张、鼻腔隔膜穿孔、耳温监测及急性扁桃体炎	2 篇, 主题词: 鼻窦疾病、口咽炎
妇产科疾病	1984—2019 年	2 篇, 主题词: 不孕症、月经周期	7 篇, 主题词: 妊娠检测、慢性盆腔炎、原发性痛经、子宫肌瘤及子痫前期
精神及心理疾病	2003—2020 年	10 篇, 主题词: 精神分裂、心理活动变化、弗雷综合征及焦虑状态	无
泌尿外科疾病	1984—2016 年	2 篇, 主题词: 慢性前列腺炎、精索静脉曲张及阴囊疾病	5 篇, 主题词: 慢性前列腺炎
急危重症	2008—2020 年	5 篇, 主题词: 脓毒性休克、败血症、癫痫发作、急性烧伤及急性肾缺血	1 篇, 主题词: 脓毒性休克

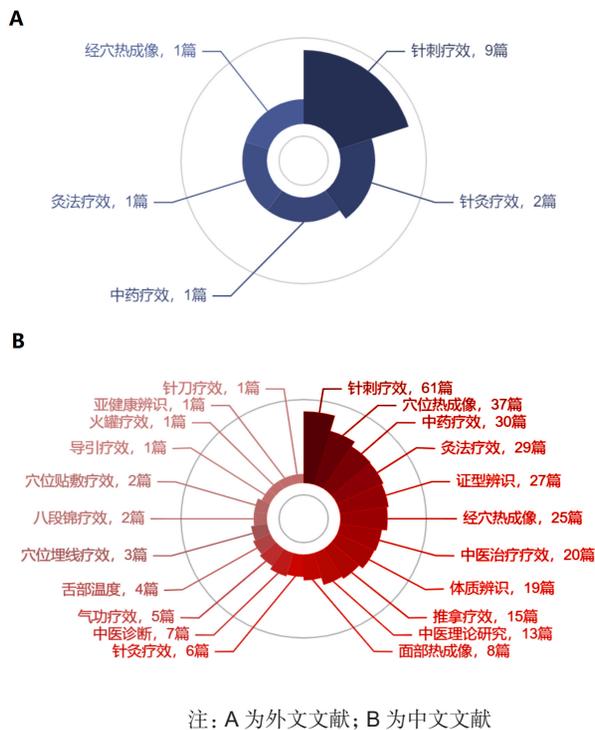
分泌代谢疾病、乳腺疾病、外周血管疾病、神经疾病、疼痛疾病及心血管疾病的占比较高, 这可能与疾

病的特点及设备技术的革新有关。红外热成像系统检测的是人体表面温度, 因而发现浅表器官的病变是



注: A 为外文文献; B 为中文文献

图 4 其他研究的红外文献发表特征



注: A 为外文文献; B 为中文文献

图 5 中医研究总体分布情况

其优势。所以在 20 世纪 60 年代, 红外热成像主要应用于乳腺癌、肿瘤、关节炎、皮肤疾病、软组织损伤等浅表及炎症疾病的研究^[13-17]。而到 1970 年之后, 随着红外技术的革新, 心脑血管疾病、内分泌代谢疾病及疼痛等内科疾病研究开始兴起^[18-20]。红外

热成像的临床应用逐渐由浅表组织到内脏的热成像, 带动了红外研究的深化发展。以心血管疾病为例, 血管内导管热成像的研发, 使得心血管疾病的研究有了质的进展^[21, 22]。Stefanadis C 等^[23]于 1999 年首次通过导管热成像技术绘制了人体的冠状动脉热成像。Moreno PR 等^[24]通过导管热成像技术直观的证明了糖尿病患者的冠状动脉粥样硬化斑块有更严重的炎症。Crozier I 等^[25]研究发现, 通过导管红外线热成像可以提供房颤射频消融期间的高分辨率食管温度贴图, 防止射频消融引起的食管热损伤。本次研究也发现在内分泌代谢疾病、皮肤疾病、外周血管疾病、手术及药物评价、眼部疾病、风湿免疫疾病、呼吸系统疾病及精神疾病, 国内的发文量远低于国外, 可能是由于我国学者对于这些领域的红外热成像研究关注度不高。尤其在眼部疾病、精神及心理疾病、毒蛇咬伤、舌温、肛周瘻等方面, 本次研究未检索到相关的中文文献。而在亚健康状态的研究方面, 未见外文文献的报导。由此可以看出, 国外对于红外的研究由整体向局部逐渐精细, 而国内的研究更偏于整体的观察。

在中医学研究方面, 红外热成像技术因其无创而直观的展示人体寒热的变化, 而受到中医学者的广泛关注。本次检索纳入的文献数量最多的也是中医研究, 并且中文的文献数量呈现压倒性的优势。外文文献主题词主要集中在针刺、针灸及经络的研究, 这可能与中医学在红外热成像的发展进程有关。中国中医科学院王本显研究员在 1984 年出版的《国外对经络问题的研究》^[26]中指出: 1970 年, 法国的 Borsarello J 首次将红外热像技术应用于经络研究。自此, 红外热成像便逐渐应用于中医的研究。1979 年, Ceffa GC 等^[27]通过红外热成像评估了针灸在纤维囊性乳突症疼痛期的影响。由于红外热成像能直观的显示出沿经脉循行分布的穴位区域热成像的轨迹, 因此针灸、经络及穴位一直以来都是国内外中医研究的热点^[28-30]。与外文文献不同的是, 国内的研究领域更多元化。以高血压病研究为例, 张世亮等^[31]发现阳亢型高血压患者的面部平均温度明显高于阳虚型; 宋立毅等^[32]通过对照组与观察组双颊及腹部的红外热成像, 对柴胡桂枝干姜汤治疗“胆热脾寒型”原发性高血压病的疗效进行了评价; 郑霞等^[33]通过红外热像诊断系统阐释了高血压常用药左归丸与右归丸的药物治疗靶向性; 贾维丽^[34]研究发现, 高血压病前期阴虚血瘀质人群与健康人群在前额部和左右掌心红外热成像图像特征有显著差异。中医学对于疾病的认知有其独到的见解, “整体思想, 辨证论治”为中医

表 3 红外热成像中医学临床研究的发表情况

研究方面	发表年代	研究主题
针刺疗效	1979—2020 年	70 篇, 外文文献 9 篇, 主题为经络温度变化、针刺点温度、针刺效果、背痛、急性腰扭伤、面瘫、外周性急性疲劳、纤维囊性发育不良及血管识别评估 中文文献 61 篇, 主题为经络温度变化、穴位温度变化、腰椎间盘突出、面瘫、腰痛、背痛、面部热成像、膝骨关节炎、功能性便秘、急性腰扭伤、肩周炎、颈椎病、慢性软组织疼痛、脑中风、腰部温度变化、原发性痛经、痤疮、耳鸣、功能性腹泻等
穴位热成像	2006—2020 年	37 篇, 均为中文文献, 主题为艾滋病、支气管哮喘、乙肝、穴位温度变化、胆囊切除术、冠心病、慢性阻塞性肺病、腰椎间盘突出、2 型糖尿病、肺结核及高血压病等
中药疗效	2006—2021 年	31 篇, 外文文献 1 篇, 主题为血流改善 中文文献 2 篇, 主题为药物靶向、冠心病、中药热效应、感冒后咳嗽、高血压病等
灸法疗效	2003—2020 年	30 篇, 外文文献 1 篇, 主题为面神经麻痹 中文文献 29 篇, 主题为经络温度变化、过敏性鼻炎、面部热成像、穴位温度变化、腰椎间盘突出等
证型辨识	2008—2020 年	27 篇, 均为中文文献, 主题为腰椎间盘突出症、胃痛、膝关节炎、不孕症、痤疮、高血压病、五脏寒热等
经穴热成像	2001—2020 年	26 篇, 外文文献 1 篇, 主题为经络结构, 中文文献 25 篇, 主要分布在经络温度变化、肺结核、颈腰椎病、乙肝、胞宫生理状态及雌激素周期波动等
中医治疗疗效	2004—2020 年	20 篇, 均为中文文献, 主题为盆腔炎、颈椎病及膝骨关节炎腰椎间盘突出症等
体质辨识	2012—2020 年	19 篇, 均为中文文献, 主题为阳虚质特征、体质差异、高血压前期及睡眠呼吸暂停综合征等
推拿疗效	2009—2020 年	15 篇, 均为中文文献, 主题为颈椎病、背肌筋膜炎、失眠及肩周炎等
中医理论研究	2007—2020 年	13 篇, 均为中文文献, 主题为“肠病及肺”、“肝开窍于目”、“脾开窍于口, 其华在唇”、经络现象研究、人体四时变化规律、人体阴阳本体结构、三焦研究、三阴三阳开阖枢机红外热像图模型、太阴虚寒证、脏象学说及证的本质的本质
面部热成像	2000—2020 年	8 篇, 均为中文文献, 主题为睡眠剥夺、高血压病、面部腭穴、面口特异性、中风及睡眠呼吸暂停低通气综合征
针灸疗效	2011—2020 年	8 篇, 外文文献 2 篇, 主题为不良反应预测及改善肤色 中文文献 6 篇, 主题为面瘫、膝关节滑膜炎、腰痛、亚健康、乳腺增生及局部组织温度
中医诊断	1998—2020 年	7 篇, 均为中文文献, 主题为痹症、胸痹及厥阴病
气功疗效	2001—2018 年	5 篇, 均为中文文献, 主题为手部温度、经络温度变化、体质干预及劳宫穴
舌部温度	2008—2013 年	4 篇, 均为中文文献, 主题为高血压病、肝病及心病
穴位埋线疗效	2016—2019 年	3 篇, 均为中文文献, 主题为减肥、非酒精性脂肪肝及非糜烂性反流病
八段锦疗效	2017 及 2018 年	2 篇, 均为中文文献, 主题为经络温度变化及新功能评价
穴位贴敷疗效	1996 及 2003 年	2 篇, 均为中文文献, 主题为穴位温度变化及乳腺增生
导引疗效	2019 年	1 篇, 中文文献, 主题为人体经络脏腑气血
火罐疗效	2014 年	1 篇, 中文文献, 主题为背痛
亚健康辨识	2012 年	1 篇, 中文文献, 主题为亚健康辨识
针刀疗效	2019 年	1 篇, 中文文献, 主题为肩周炎

学的基本理论, 其对于疾病能够站在整体的角度从证型、体质及中药疗效等多方面进行分析和研究, 这也是我国中医学相对于现代医学的优势所在。但是本次研究发现, 纳入文献中多中心的红外研究报导较少, 更多的是围绕穴位、经络、证型、面部热成像、局部热成像等单方面进行研究。因此除了局部热成像的观察外, 还可以运用红外热成像整体观察的优势, 对疾病进行多角度综合考量。

值得一提的是, 本次研究发现, 无论现代医学还是中医研究, 舌部、面部及眼部热成像正在逐渐受到关注。在舌部成像方面, Baek SW 等^[35]在研究中指出, 使用红外热成像评估的舌温与年龄和性别有关, 并且舌根与舌尖的温度有明显差异。

Thirunavukkarasu U 等^[36]研究发现, 在糖尿病、冠心病等疾病上, 患者的舌部热成像有明显差异。而在面部成像方面, Denise SH 等^[37]通过对面部热梯度区域的研究发现内侧脸连合、唇连合、颧、滑上和外声孔为高强度点, 而下唇、外侧脸连合和鼻唇为低强度点。Mauriz E 等^[38]研究发现, 额头、上颌和眶周区域的温度变化与焦虑量表及标准质量复苏参数具有相关性。秦钰等^[39]研究发现, 中风患者两侧额头及面颊部红外热像图分布及温度差较健康人存在明显差异。随着眼部疾病研究的兴起, 疾病与眼部温度的变化也进入了研究者的视线, 如 Shiloh R 等^[40, 41]发现精神分裂症患者的角膜温度升高, 并且其温度与精神状态有密切的关系。因此, 笔者认为舌部、面部及眼

部的热成像在将来的临床研究中,可能会成为红外热成像的热点趋势。

随着红外热成像技术及智能化的发展,其研究领域正在从浅表组织向深层脏器逐渐深入,对于疾病的早期诊断和筛查有明显的优势。不仅如此,红外热成像可以为中医的经络图像化、证型客观化、体质辨识及中医理论等研究提供证据。相信在不久的将来,红外热成像不仅可以作为临床疾病筛查和健康管理的重要手段,也将为中医的传承与发展提供一个更为广阔的科技平台。

利益冲突: 本文的基金支持来源于国家自然科学基金、北京市自然科学基金项目及中国中医科学院自主选题项目,无其他支援基金;本文作者与合作单位均属学术合作关系,并且本文未涉及任何红外热像技术的品牌及生产厂家,不存在财务赞助关系。

参 考 文 献

- [1] Manfredini D, Guarda-Nardini L, Winocur E, et al. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: a systematic review of axis I epidemiologic findings[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2011, 112 (4): 453-462.
- [2] de Melo DP, Bento PM, Peixoto LR, et al. Is infrared thermography effective in the diagnosis of temporomandibular disorders? A systematic review[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 2019, 127 (2): 185-192.
- [3] Tavares IM, Vardasca R, Cera N, et al. A review of infrared thermography as applied to human sexual psychophysiology[J]. *Int J Psychophysiol*, 2018, 133: 28-40.
- [4] Sanchis-Sánchez E, Vergara-Hernández C, Cibrián RM, et al. Infrared thermal imaging in the diagnosis of musculoskeletal injuries: a systematic review and meta-analysis[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2014, 203 (4): 875-882.
- [5] Vreugdenburg TD, Willis CD, Mundy L, et al. A systematic review of elastography, electrical impedance scanning, and digital infrared thermography for breast cancer screening and diagnosis[J]. *Breast Cancer Res Treat*, 2013, 137 (3): 665-676.
- [6] 付俊, 章莹, 肖微, 等. 基于红外热成像技术对“肝开窍于目”中医理论的研究[J]. *中医临床研究*, 2019, 11 (20): 1-3.
- [7] Álvarez-Prats D, Carvajal-Fernández O, Valera Garrido F, et al. Acupuncture points and perforating cutaneous vessels identified using infrared thermography: a cross-sectional pilot study[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2019, 2019: 7126439.
- [8] 魏璠, 诸凯, 何坚, 等. 生物传热学在中医舌诊量化中的应用研究[J]. *中西医结合学报*, 2003, 1 (2): 135-137, 163.
- [9] Ring EFJ, Ammer K. Infrared thermal imaging in medicine[J]. *Physiol Meas*, 2012, 33 (3): R33-R46.
- [10] Draper JW, Jones CH. Thermal patterns of the female breast[J]. *Br J Radiol*, 1969, 42 (498): 401-410.
- [11] 杨子彬. 医用热像图的理论基础和临床应用[J]. *生物医学工程研究*, 2003, 22 (3): 1-8.
- [12] 赵明媛, 曹向阳, 翟远坤, 等. 红外热成像技术在骨伤科中的应用进展[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2015, 23 (8): 78-80.
- [13] Corrado EM, Passaretti U, Messori L, et al. Thermographic diagnosis of glomus tumour[J]. *Hand*, 1982, 14 (1): 21-24.
- [14] Fischer AA, Chang CH. Temperature and pressure threshold measurements in trigger points[J]. *Thermology*, 1986, (1): 212-216.
- [15] Collins AJ, Cosh JA. Temperature and biochemical studies of joint inflammation. A preliminary investigation[J]. *Ann Rheum Dis*, 1970, 29 (4): 386-392.
- [16] Varjú G, Pieper CF, Renner JB, et al. Assessment of hand osteoarthritis: correlation between thermographic and radiographic methods[J]. *Rheumatology (Oxford)*, 2004, 43 (7): 915-919.
- [17] Bharara M, Cobb JE, Claremont DJ. Thermography and thermometry in the assessment of diabetic neuropathic foot: a case for furthering the role of thermal techniques[J]. *Int J Low Extrem Wounds*, 2006, 5 (4): 250-260.
- [18] Anburajan M, Sivanandam S, Bidyarasi S, et al. Changes of skin temperature of parts of the body and serum asymmetric dimethylarginine(ADMA) in type-2 diabetes mellitus Indian patients[J]. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*, 2011, 2011: 6254-6259.
- [19] Herrick A, el-Hadidy K, Marsh D et al. Abnormal thermoregulatory responses in patients with reflex sympathetic dystrophy syndrome.[J]. *J Rheumatol*, 1994, 21: 1319-24.
- [20] Stefanadis C, Toutouzas K, Vajna S, et al. Thermography of the cardiovascular system[J]. *J*

- Interv Cardiol, 2002, 15 (6): 461-466.
- [21] Hummel JP, Kadado AJ, Baker M, et al. Atrial fibrillation thermographic and endoscopic monitoring of patients: safety algorithm for the esophagus: AF TEMP-SAFE Study[J]. Circ Arrhythm Electrophysiol, 2018, 11 (12): e006814.
- [22] Casscells W, Hathorn B, David M, et al. Thermal detection of cellular infiltrates in living atherosclerotic plaques: possible implications for plaque rupture and thrombosis[J]. Lancet, 1996, 347 (9013): 1447-1451.
- [23] Stefanadis C, Diamantopoulos L, Vlachopoulos C, et al. Thermal heterogeneity within human atherosclerotic coronary arteries detected *in vivo*: a new method of detection by application of a special thermography catheter[J]. Circulation, 1999, 99 (15): 1965-1971.
- [24] Moreno PR, Fuster V. New aspects in the pathogenesis of diabetic atherothrombosis[J]. J Am Coll Cardiol, 2004, 44 (12): 2293-2300.
- [25] Crozier I, Daly M, Lim G, et al. Esophageal infrared thermography during atrial fibrillation ablation[J]. Heart Rhythm, 2015, 12 (11): 2362-2363.
- [26] 王本显主编. 国外对经络问题的研究 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1984: 28.
- [27] Ceffa GC, Gandini G. Telethermographic evaluation of the use of acupuncture in fibrocystic dysplasia in the painful phase[J]. Minerva Med, 1979, 70 (24): 1745-1754.
- [28] 辜祖谦, 陈卫民, 叶平, 等. 应用红外热像仪观察穴位针刺前后的温度变化初步报告 [J]. 针刺研究, 1989, 14 (Z1): 277.
- [29] 周鑫, 王平. 医用红外热成像技术在中医学研究中的应用 [J]. 中国中西医结合外科杂志, 2018, 24 (2): 258-260.
- [30] Yang HQ, Xie SS, Hu XL, et al. Appearance of human meridian-like structure and acupoints and its time correlation by infrared thermal imaging[J]. Am J Chin Med, 2007, 35 (2): 231-40.
- [31] 张世亮, 张蕴慧, 庄欣. 红外成像技术对不同证型高血压患者面部温度的研究 [J]. 山东中医药大学学报, 2000, 24 (5): 359-360.
- [32] 宋立毅, 陈建. 柴胡桂枝干姜汤治疗“胆热脾寒型”原发性高血压病的效果 [J]. 慢性病学杂志, 2021, 22 (3): 420-422, 425.
- [33] 郑霞, 邓延莉, 李启佳, 等. 应用红外热像诊断系统评价左归丸、右归丸及其拆方药物靶向性的研究 [J]. 中国中西医结合杂志, 2014, 34 (4): 446-449.
- [34] 贾维丽. 高血压前期阴虚血瘀质人群红外热成像特征研究 [D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2017.
- [35] Baek SW, Lee JMoo, Park YB, et al. Relationship between tongue temperature estimated by infrared thermography, tongue color, and cold-heat pathological patterns: a retrospective chart review study. [J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2018, 2018: 6841460.
- [36] Thirunavukkarasu U, Umapathy S, Krishnan PT, et al. Human tongue thermography could be a prognostic tool for prescreening the type II diabetes mellitus[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2020, 2020: 3186208.
- [37] Haddad DS, Brioschi ML, Baladi MG, et al. A new evaluation of heat distribution on facial skin surface by infrared thermography[J]. Dentomaxillofac Radiol, 2016, 45 (4): 20150264.
- [38] Mauriz E, Caloca-Amber S, Vázquez-Casares AM. Effect of facial skin temperature on the perception of anxiety: a pilot study. [J]. Healthcare (Basel), 2020, 8 (3): 206.
- [39] 秦钰, 张文征, 陈颖, 等. 中风患者头面部红外热像图特征初探 [J]. 中国中医基础医学杂志, 2018, 24 (1): 54-55, 76.
- [40] Shiloh R, Schapir L, Bar-Ziv D, et al. Association between corneal temperature and mental status of treatment-resistant schizophrenia inpatients[J]. Eur Neuropsychopharmacol, 2009, 19 (9): 654-658.
- [41] Shiloh R, Munitz H, Portuguese S, et al. Corneal temperature in schizophrenia patients[J]. Int J Neuropsychopharmacol, 2005, 8 (4): 537-547.

(收稿: 2021-04-14 在线: 2021-06-11)

责任编辑: 汤 静