博士导师新论

DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2026.06.001

应用人工智能技术分析循经感传的客观表征

许金森[1,2],唐广发[3],朱小香[1,2],卢子枕[3],董亚琴[1,2],高慧敏[4],叶笑然[1,2],周丽莉[1,2],刘淑如[1,2]
(1.福建省中医药科学院经络研究所,福建 福州 350003;2.福建省经络感传重点实验室,福建 福州 350003;
3.东莞中科云计算研究院,广东 东莞 523000;4.福建中医药大学针灸学院,福建 福州 350108)

摘要:以针刺或电脉冲等方法刺激人体穴位时,受试者会产生一种酸、胀、麻等特殊的感觉,从被刺激的穴位开始,沿着古典的经络循行路线传导,这种现象称为循经感传现象。从生理学的角度来看,它的形成必然包括从外周感受器、传入神经以及中枢神经系统各个环节活动的全过程。循经感传是一种主观感觉现象,针灸治病非常重要的手段就是做到"气至病所",而循经感传能否被激发出来则是"气至病所"的关键所在,也是针灸中所阐述"气致病所"的主要表现形式,目前尚难以用客观的表征将其展现出来,从而影响了临床上的应用和推广。随着我国科学技术突飞猛进的发展,人工智能图像识别技术和数据分析为中医经络研究提供了很好条件。以此为切入点,应用人工智能红外图像识别技术及数据分析明确循经感传的客观表征,为提高针灸临床的疗效及作用机制提供科学依据。

关键词:循经感传;人工智能技术;客观表征
中图分类号:R245.31 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2026)06-0001-07

Applying Artificial Intelligence Technology to Analyze Objective Manifestations of Propagated Sensation Along Meridians

XU Jinsen[1,2],TANG Guangfa[3],ZHU Xiaoxiang[1,2],LU Zizhen[3],DONG Yaqin[1,2],
GAO Huimin[4],YE Xiaoran[1,2],ZHOU Lili[1,2],LIU Shuru[1,2]
(1. Fujian Academy of Chinese Medical Sciences, Fuzhou 350003, Fujian, China;
2. Key Laboratory of Propagated Sensation along Meridian of Fujian Province, Fuzhou 350003, Fujian, China;
3. Dongguan Cloud Computing Center of Chinese Academy of Sciences, Dongguan 523000, Guangdong, China;
4. College of Acupuncture and Moxibustion of Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou 350108, Fujian, China)

Abstract: When stimulating human acupoints with methods such as acupuncture or electrical pulses, the subjects experience a special sensation of sourness, fullness and numbness, which starts from the stimulated acupoints and can be transmitted along the classical meridian pathways, which is called propagated sensation along the meridian (PSM). From a physiological point of view, its formation must include the whole process of activities from peripheral receptors, afferent nerves and various links of the central nervous system. However, as the PSM is a subjective sensation phenomenon, although a very important means of acupuncture treatment is how to get the goal of "Qi arrival at affected area", whether PSM can be stimulated is the key to "Qi arrival at affected area" and it is also the main manifestation of "Qi arrival at affected area" in traditional Chinese acupuncture and moxibustion. At present, it is currently difficult to show it with objective representation. Thus, it affects the clinical application and promotion. With the rapid development of science and technology in China, artificial intelligence (AI) image recognition technology and data analysis provide excellent conditions for the study of meridians in traditional Chinese medicine. This article took this as a starting point, applying AI infrared image recognition technology and data analysis to clarify the objective manifestations of PSM, providing a scientific basis for improving the clinical efficacy and mechanism of action of acupuncture.

Keywords: PSM; AI technology; objective manifestations

经络研究一直是我国科学研究中的一项重大课题。1956年就被列为第一次全国自然科学研究规划的重点项目,之后,又相继被列入国家科委(现国家科技部)的七五重点攻关项目,八五、九五国家攀登计划,以及科技部973计划及各类重点项目。经过几十年的努力,我国学者在循经感传等经络现象及其形成机理;经脉脏腑相关及其联系途径;穴位敏化规律等多个方面取得了显著成绩,也得到了一些可靠的实验数据,肯定了部分经络现象,掌握了部分经脉规律,但其本质尚未阐明,尤其是理论研究与临床运用相脱节,缺乏以经脉理论为指导的临床新策略。总体来说"有进展,无突破"。

众所周知,经络学说是中医理论的一个重要组成部分,由于它对人体机能调节的许多重要描述与现代医学概念有较大的分歧,涉及人体机能调节这一带有根本性的问题,因而多年来始终受到国内外学者的深切关注。目前我国学者已经拥有大量的研究资料,证明经络学说中的3个最关键的问题是确实可靠的:第一,经络现象是客观存在的,其中,循经感传尤为多见,它是普遍存在于人群之中的一种正常生命现象[1-3]。第二,人体体表可以观察到与古典经脉循行路线基本一致的某种

基金项目:国家自然科学基金面上项目(82274413)
作者简介:许金森(1963-),男,福建莆田人,研究员,博士研究生导师,硕士,研究方向:经络感传与针灸作用机制。

路线或轨迹,它与人体功能的调节密切相关,目前,已经可以用几种客观的方法把它检测或显示出来;第三,经脉和脏腑之间确有相对的特异性联系,人体的功能调节过程中存在着某些循经的特征。以上研究结果不仅证明古人创立经络学说确有充分的根据,而且也为进一步阐明它的实质奠定了可靠的基础。但我们也不能不看到,人们对经络学说的认识,长期以来就一直存在较大的争议。因此,研究循经的规律,探讨循经的机理,并力求弄清与其相应的物质基础[4-12],也是经络研究能否取得原创性成果的关键所在。循经感传现象是中医经络学说的重要内容之一,在我国最早的医学著作《黄帝内经》中就有循经感传现象的记载,历代医家也有不少生动的描述,它是古人创立经络学说的一个重要依据,由于它具有双向传导,路线基本循经,病理情况下常趋向病所等特点,因而被广泛应用于临床针灸治疗[13-19]。由于循经感传是人的主观感觉,无法拿出直接的证据证明,它"看不见、摸不着",因此往往不被人们所认可,或被认为是人为的暗示或诱导出来。因此,应用现代科学技术,尤其是近几年来高速发展的人工智能技术等手段,明确循经感传是否客观存在,乃是针灸界当务之急。

1 循经感传理论的形成

循经感传理论体系形成经历了一个漫长阶段,起源于新石器时代,砭石是最早的针刺工具,公元前3—4世纪的《阴阳十一脉灸经》中初步描述了经脉走行及病候,分为"是动则病"及"主治其所生病"[20]两段,是"循经感传"形成的雏形。公元前2—3世纪,《黄帝内经》的问世标志着针灸发展的新阶段,特别是《灵枢》的问世更是对针灸的发展起到了关键的作用。《灵枢·九针十二原》中提到"刺之而气至,乃去之,勿复针…刺之要,气至而有效"[21],首次提出循经感传中针刺起效的关键在于"气至"。在灵枢中不仅提到了气至与疗效的关系,其亦在原文中大量提到"气至"时的表现。《灵枢·邪气脏腑病形》中把针刺穴位的感觉传导形容为"针游于巷",同时将循经感传现象描述为象虫爬那样"若行若止,如蚊虻止"。《素问·宝命全形论篇》将循经感传现象比喻为象鸟飞那样迅速,"见其乌乌,见其稷稷,从见其飞,不知其谁"[22]。东汉时期的名医华佗在《三国志》亦云:"下针言,'当引某许,若至,语人',病者言,'已到,便拔针,病亦',应便拔针,并亦行差"[23],强调了针刺时促进感传对针刺疗效影响的重要性。

新中国成立以来,中医得到了国家的认可,针灸疗法也得到了飞速的发展,经络现象的生物学基础成为我国医学科学研究的一个热点。针麻及针刺镇痛的发展在全世界更是掀起了一股针灸热,促进了针灸疗法的发展,其对循经感传及"气至病所"的研究具有很重要的指导作用。尤其是对循经感传进行了大规模调查研究,以大量的第一手资料证实了它是普遍存在于人群中的一种正常生命现象,发现了循经感传的一些特征和影响因素,掌握了激发、控制循经感传的部分方法,初步发现循经感传与针刺疗效关系密切。但其作用机制缺乏充足的实证证据支持,假说观点不一致,导致临床应用受限。

2 循经感传研究概况

2.1 国外研究 以循经感传为指导的针灸疗法也备受国际的认可。日本针灸学家柳谷素在《针灸医术入门》一书中提到在针刺穴位时,出现循经感传的现象为"沿经络出现,像通了电流似的感觉不断向前传导"。柳谷素认为循经感传是像通了电流似的感觉在经络上传导,指明了针刺过程中出现导电样的感觉也是循经感传的一种表现形式。韩国苏光燮研究小组发表了系列文章,声称重新发现"金凤汉经络系统",认为这是血液循环、淋巴循环以外的第3循环系统[24-27]。但经中国学者反复验证发现,这种结构并无经络功能,与针刺效应之间无密切联系[28-32]。2016年巴西里约奥运会赛场上,著名游泳名将菲尔普斯身带"中国神器"(针灸火罐印迹)吸引了全世界目光,全球各大媒体对这一事件进行了广泛报道,再次引起了空前的"针灸热";2018年针灸首次进入美国联邦政府层面的法律文件,具有划时代的意义。近些年,西方国家开展了大量体表刺激疗法的研究,如美国NIH主持SPARC计划,利用体表神经电刺激的方法,治疗多种慢性病症,减少药物的使用,旨在做到精准、绿色[33-40],但西方的体表刺激疗法缺乏系统理论的指导。由此可见,国外学者对经络研究一直保持着浓厚的兴趣,尽管由于东西方文化背景的不同和语言方面的障碍,给国外学者研究经络造成不少困难,认识上也难免有这样或那样的局限性,但针灸治疗的卓越疗效和世界各地有关经络现象的报道也屡见不鲜,他们在现代化科学技术方面有着明显的优势,一旦把先进的技术和中医的经络学说紧密地结合起来,有计划地开展一些系统的研究工作,认真进行探索,在某些方面取得一些突破也未尝不可,应引起足够重视。

2.2 国内研究 通过大量实验探索,发现穴位的三维位置均处于各种"结缔组织结构"之中。在这类结构中,除了胶原纤维及多糖水凝胶网络外,还存在微血管网络、植物神经网络和淋巴网络,因而它是一种十分复杂的特异性组织结构[41];发现胶原纤维呈液晶态结构,具有高效传输红外光的功能和黏弹性;穴位的结缔组织结构中富集有钙、磷等8种元素,发现穴位区域富集肥大细胞以及平行的毛细血管网络,后者的平行方向与经脉方向一致,从而发现了一种组织液沿着经脉作长程输运的通道[42];基于多糖水凝胶体系的流变力学特性,发现该体系可以十分灵敏地将穴位处的各种物理刺激转换为各种电信号,它有可能通过透明质酸的长链分子传至相关脏器的细胞膜上[43];发现肥大细胞膜受到力、热、红外光的刺激后,膜上钙离子通道上起开关作用的TRPV蛋白分子即行打开,钙离子进入膜内,随即诱发肥大细胞释放组胺,从而导致微血管的扩张和血流量的增加,使得该处组织液的液量和液压也随之增加[44];发现肥大细胞膜上存在阴离子(Cl^-)通道,参与调节肥大细胞脱颗粒和胞内Ca^{2+}浓度的活动[45]。针麻及针刺镇痛的发展在全世界更是掀起了一股针灸热,促进了针灸疗法的发展,其对循经感传及"气至病所"的研究具有很重要的指导作用。尤其是对循经感传进行了大规模调查研究,以大量的第一手资料证实了它是普遍存在于人群中的一种正常生命现象,发现了循经感传的一些特征和影响因素,掌握了激发、控制循经感传的部分方法,初步发现循经感传与针刺疗效关系密切。但其作用机制缺乏充足的实证证据支持,假说观点不一致,导致临床应用受限。

3 实现中医与人工智能技术的有机结合,为突破经络研究的瓶颈提供思路

3.1 中医与人工智能技术的有机结合 中医结合人工智能是社会需求和政府引导共同促成的一项利国利民的项目,2017年工信部发布《促进新一代人工智能产业发展3年行动计划(2018—2020年)》以及2016年国务院印发《中医药发展战略规划纲要2016—2030》为智能中医、智能中药制造的发展带来新的契机。经络理论是中华民族的先辈在大量临床经验的基础上总结出来的关于人体内外联系、信息物质传输和机体功能调整的系统理论。以经络气血运行理论为核心的中医基础理

论指导着包括针灸在内的几乎所有的中医临床实践。临床辨证论治离不开气血藏象与经络，对症下药也离不开药物归经，特别是在经络理论指导下，针灸作为一种独特的对某些病症疗效明确的治疗手段，几千年历久不衰，又以其安全有效、无污染、无不良反应、费用低廉等特点，正被越来越多的国家所认识和接受，成为西方发达国家补充与替代医学中的重要支柱。但由于历史的缘故，中医典籍记载的经络理论带有明显的经验与技能的色彩，它包括了许多现代科学已经认识清楚的生理与病理规律（如针刺镇痛机理），并在一定程度上带有理论的超前性。在医学科学发展日新月异的今天，人们尚不能明确解释基于复杂人体系统上的诸多经络现象，这就为人工智能与中医结合提供了千载难逢的机遇。

3.2 *应用人工智能技术分析循经感传的客观表征是研究循经感传的一个很好切入点* 随着我国科学技术突飞猛进的发展，人工智能图像识别技术和数据分析为中医经络研究提供了很好条件。人工智能虽有很多种表现形式，如深度学习与识别，认知自然文字或语音，处理视频或图像，推理问题、建立模型等[46-48]，但最基本的模式也是模拟人类学习信息与使用信息的过程，与中医学的实践思路是相匹配的。此外，本实验室的经络研究积累了大量的数据，但都缺乏一些客观的分析方法加以阐释，也期待能够通过一定方法学习数据进行分析。因此，通过经络红外热像智能识别和验证则为经络感传的客观表征打开了一扇窗户，将融合粒子群算法和遗传算法融合，可实现经络红外热图的重构，拟合新的经络路径，对经络热像特征进行精准识别[49]，探讨智能经络红外热像识别算法与循经感传的关系。

具体算法流程见图1。

运用人工智能技术将实验室所获得经络红外图像进行二次处理，可实现红外经络图像的噪声去除，图像增强以及经络重建拟合，最终目标使经络更清晰，经络和穴位的定位更为准确可靠，能有效在复杂背景干扰下提取目标，为提取经络红外热像图的精确度提供有力的保证。

插页Ⅰ图2是红外成像仪采集的原图的胸腔部分截图，可见明显的噪点，插页Ⅰ图3为采用本文的改进的中值滤波算法进行去噪后的效果。

通过插页Ⅰ图4和插页Ⅰ图5的对比可看出，噪声被有效地削弱，图像变得更加平滑。经过图像增强算法处理后，原本模糊的边界变得更清晰，特征更明显突出。

插页Ⅱ图6、插页Ⅱ图7、插页Ⅱ图8、插页Ⅱ图9是通过经络红外热成像深度学习算法识别经络并提取所获得的结果。

插页Ⅲ图10是微弱红外信号热图，经本文的遗传算法处理后拟合生成的经络路径图。

此外，过强红外信号热图容易干扰经络路径的定位，经本文的遗传算法处理后拟合生成的经络路径图（见插页Ⅲ图11）。

综上所述，通过人工智能技术对人体经络的红外热像进行分析，大大提高了经络路线及经络感传的识别率，为下一步阐明经络感传机制提供了可靠的基础。

4 总结与展望

随着云计算、大数据、大模型等智能技术的飞速发展与普及，经络研究也亟待从基于电生理时代转向结合大数据与人工智能识别技术的时代。虽然应用红外热像技术在自然状态下可以直观地显示人体体表与古典十四经脉相一致的循经红外辐射轨迹。但由于红外热像数据来源多为图像数据，类型比较单一，远不能满足对循经感传、经络穴位等精确定位的需求。因此，可借助深度相机、医学影像以及电学、力学等多传感器参数搭建多模态数据训练模型，实现包括人体的生理特征、解剖结构、穴位的特征形状和相对位置的识别，从而提高穴位定位的精度和准度，AI技术就是实现该目标有效方法之一。

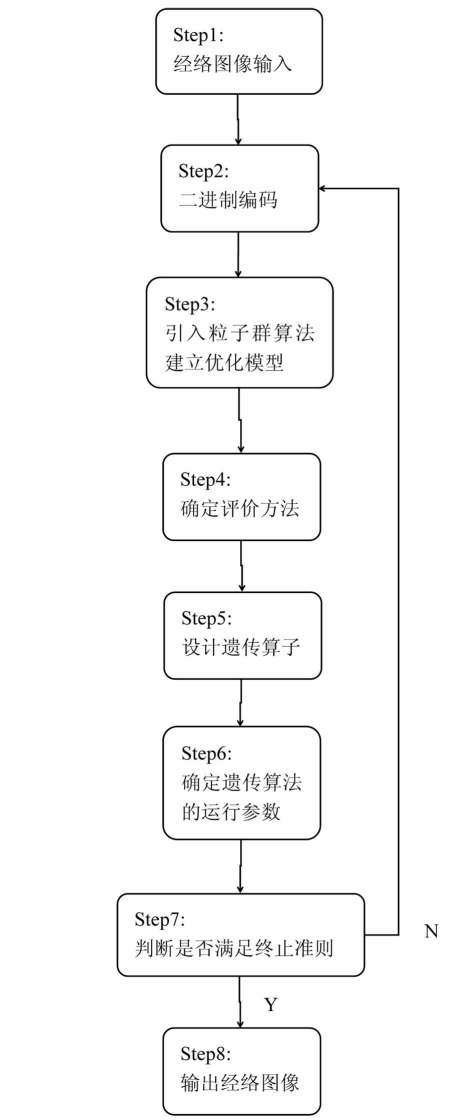


图1 具体算法流程

当然，循经感传如何客观表征是一项复杂而具有挑战性的任务，并非一蹴而就，需要综合考虑多种因素，并结合先进的人工智能、计算机视觉技术等来解决瓶颈问题。尽管人工智能技术有许多潜在优势，但在实际运用及临床实践中仍需要科研人员和专业医生的密切配合，不断地在临床实践中积累、发展并完善，才有望成为中医经络研究领域的重要辅助工具，推动中医经络研究的跨领域发展。

参考文献

[1] 胡勇，杨传标. 关于循经感传现象机制的初步探讨[J]. 世界中医药，2010，5(5)：349-350.
[2] 耿连岐. 浅探循经感传的影响因素[J]. 甘肃中医，2010，23(8)：45-46.
[3] 王永红. 经络的实质探析[J]. 世界中医药，2010，5(4)：

236－237.
[4] 胡翔龙. 中医经络现代研究[M]. 北京：人民卫生出版社，1990.
[5] 丁沙沙，尚秀葵. 健康人足三里穴灸感感传现象的初步研究[J]. 针灸临床杂志，2011，27(12)：24－26.
[6] 郑绍华，陈国栋，林伟明，等. 人体经络循经感传的三维虚拟仿真研究与实现[J]. 计算机仿真，2008，25(11)：251－255.
[7] 孙万刚. 循经感传机理的神经—体液—低流阻假说[J]. 河南中医，2008，28(7)：13－15.
[8] 陈日新，康明非. 腧穴热敏化及其临床意义[J]. 中医杂志，2006，47(12)：905－906.
[9] HU X L. Research on meridians in China[J]. J Acupunct Tuina Sci，2008，6(5)：257－258.
[10] 胡翔龙. 经络阻滞现象的探讨[J]. 科技成果管理与研究，2008(12)：67－74，102.
[11] 沈金志，陈新. 人体皮肤经络定位与成像系统的研究[J]. 计算机工程与应用，2012，48(6)：60－62，93.
[12] 卓廉士. 对"循经感传实验"的反思[J]. 中国针灸，2011，31(11)：1045－1048.
[13] ZHU X X，XU J S，WANG J，et al. Analysis of the mechanism of propagated sensation along meridians based on gene expression profiles[J]. J Tradit Complement Med，2023，13(3)：236－244.
[14] 胡颖，邓雅方，许金森，等. 电针心俞穴对急性心肌缺血大鼠心肌细胞自噬的影响[J]. 山西中医药大学学报，2023，24(2)：149－152.
[15] 王婧雯，郑淑霞，林晟，等. 基于16SrDNA高通量测序研究电针对腹泻型肠易激综合征大鼠肠道菌群的调节作用[J]. 环球中医药，2023，16(5)：846－851.
[16] 萨喆燕，潘晓华，黄倩茹，等. 基于激光散斑技术观察电针对认知障碍大鼠大脑皮层血流量的影响[J]. 山西中医药大学学报，2023，24(10)：1083－1088.
[17] 阚雨红，许金森，萨喆燕，等. "标本配穴"电针内关、足三里对慢性心肌缺血大鼠炎性损伤的影响[J]. 山西中医药大学学报，2024，25(8)：887－892，901.
[18] 邓雅方，胡颖，许金森，等. 电针对急性心肌缺血大鼠"心俞"穴区伤害性感受器P2X3、TRPV1、SP表达的影响[J]. 中国中医基础医学杂志，2024，30(8)：1376－1379.
[19] 萨喆燕，潘晓华，朱小香，等. 电针对急性心肌梗死大鼠心肌电重构的影响及其机制研究[J]. 针刺研究，2024，49(2)：155－163.
[20] 王宏才. 中国针灸交流通鉴[M]. 西安：西安交通大学出版社，2012：35.
[21] 张新渝，马烈光. 黄帝内经·灵枢[M]. 成都：四川科学技术出版社，2008：2－36.
[22] 王冰. 黄帝内经素问[M]. 鲁兆麟，主校. 沈阳：辽宁科学技术出版社，1997：47.
[23] 王启才，燕宪仪. 王启才新针灸学[M]. 北京：中医古籍出版社，2008：9.
[24] LEE B C，JHANG S U，CHOI J H，et al. DiI staining of fine branches of Bonghan ducts on surface of rat abdominal organs[J]. J Acupunct Meridian Stud，2009，2(4)：301－305.
[25] OGAY V，BAE K H，KIM K W，et al. Comparison of the characteristic features of Bonghan ducts，blood and lymphatic capillaries[J]. J Acupunct Meridian Stud，2009，2(2)：107－117.
[26] SOH K S. Bonghan circulatory system as an extension of acupuncture meridians[J]. J Acupunct Meridian Stud，2009，2(2)：93－106.
[27] LEE B C，YOO J S，BAIK K Y，et al. Novel threadlike structures (Bonghan ducts) inside lymphatic vessels of rabbits visualized with a Janus Green B staining method[J]. Anat Rec B New Anat，2005，286(1)：1－7.
[28] 王祖远. 中国科学史上的一次集体沉默[J]. 粤海风，2018(1)：108－110.
[29] 林栋，黄晓真，庄婉玉，等. 从"风汉系统"到"原始管道系统"——对经穴实质研究的思考[J]. 中国针灸，2017，37(1)：95－101.
[30] 夏培肃，李华. 关于经络系统研究的评述和建议[J]. 中国科学院院刊，2014，29(3)：383－388.
[31] 杜帅，陈少宗. 经络研究的回顾与反思[J]. 中医文献杂志，2013，31(5)：31.
[32] 李强. "风汉学说"沉浮的启示[J]. 中国针灸，2011，31(3)：263－268.
[33] FRANÇOIS M，QUALLS－CREEKMORE E，BERTHOUD H R，et al. Genetics－based manipulation of adipose tissue sympathetic innervation[J]. Physiol Behav，2018，190：21－27.
[34] MALESKER M A，CALLAHAN－LYON P，IRELAND B，et al. Pharmacologic and nonpharmacologic treatment for acute cough associated with the common cold：chest expert panel report[J]. Chest，2017，152(5)：1021－1037.
[35] SONG A H，KUCYI A，NAPADOW V，et al. Pharmacological modulation of noradrenergic arousal circuitry disrupts functional connectivity of the locus ceruleus in humans[J]. J Neurosci，2017，37(29)：6938－6945.
[36] KULKARNI S，MICCI M A，LESER J，et al. Adult enteric nervous system in health is maintained by a dynamic balance between neuronal apoptosis and neurogenesis[J]. Proc Natl Acad Sci USA，2017，114(18)：182－185.
[37] TANG S C，JESSUP C F，CAMPBELL－THOMPSON M. The Role of accessory cells in Islet Homeostasis[J]. Curr Diab Rep，2018，18(11)：117.
[38] MARYANOVICH M，ZAHALKA A H，PIERCE H，et al. Adrenergic nerve degeneration in bone marrow drives aging of the hematopoietic stem cell niche[J]. Nat Med，2018，24(6)：782－791.
[39] PAN X H，HAO L，YANG C，et al. SWD1 epigenetically chords fungal morphogenesis，aflatoxin biosynthesis，metabolism，and virulence of Aspergillus flavus[J]. J Hazard Mater，2023，455：131542.
[40] 吴宝华，许金森，胡翔龙，等. 循经感传过程中体觉系统中枢部位机能活动特点的观察[J]. 针刺研究，1993，18(2)：123－127.
[41] 高俊虹，王玉敏，崔晶晶，等. 穴位不同组织结构决定和影响经穴－内脏效应特异性的科学基础[J]. 中国针灸，2010，30(4)：293－295.
[42] 沈雪勇，党瑞山，陈尔瑜，等. 胃经腧穴与结缔组织结构和钙元素富集的关系[J]. 中国针灸，1998，18(10)：102－109.
[43] 汪丽娜，WOLFGANG SCHWARZ，顾全保，等. 用于针刺穴位研究的结缔组织片模型[J]. 针刺研究，2009，34(5)：291－296.
[44] 朱海宁，张迪，黄猛，等. 肥大细胞对针灸治疗过程中的物理刺激的敏感性机制研究[J]. 复旦学报(自然科学版)，2013，52(5)：681－687，711.
[45] 罗明富. 免疫＋血管＋神经交互联系网络及与针刺效应的相关性[J]. 中国针灸，2015，35(2)：155－159.
[46] 周政尹. 基于医疗大数据的数据挖掘方法研究[J]. 经贸实践，2017(23)：7－8.
[47] 杜明超，洪建，颜雨春，等. 健康医疗大数据的应用范围与价值分析[J]. 中国卫生信息管理杂志，2017，14(5)：652－654.
[48] CHEN J H，ASCH S M. Machine learning and prediction in medicine－beyond the peak of inflated expectations[J]. N Engl J Med，2017，376(26)：2507－2509.
[49] 李颖，唐广发，陈立，等. 基于人工智能的中医经验传承辅助诊疗[J]. 科技探索与应用，2023(526)：160－162.

应用人工智能技术分析循经感传的客观表征

（正文见 1－4 页）

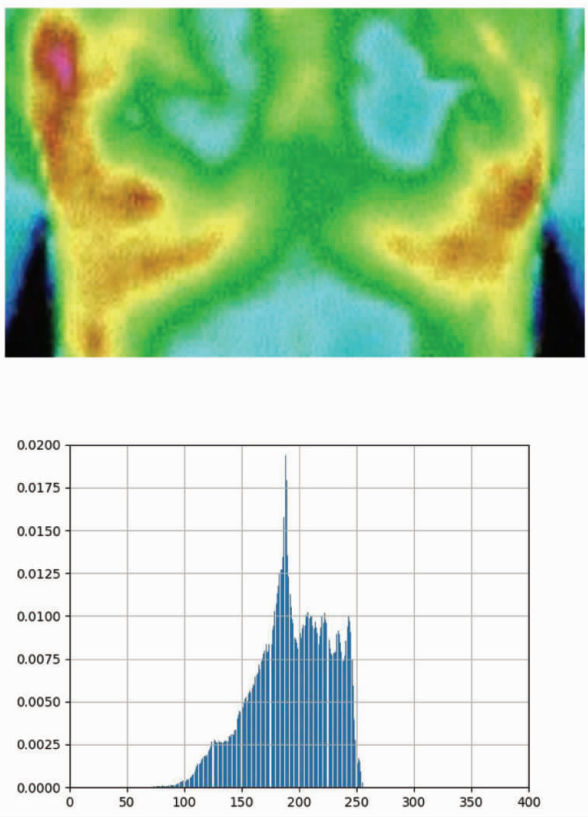


图 2　红外原图

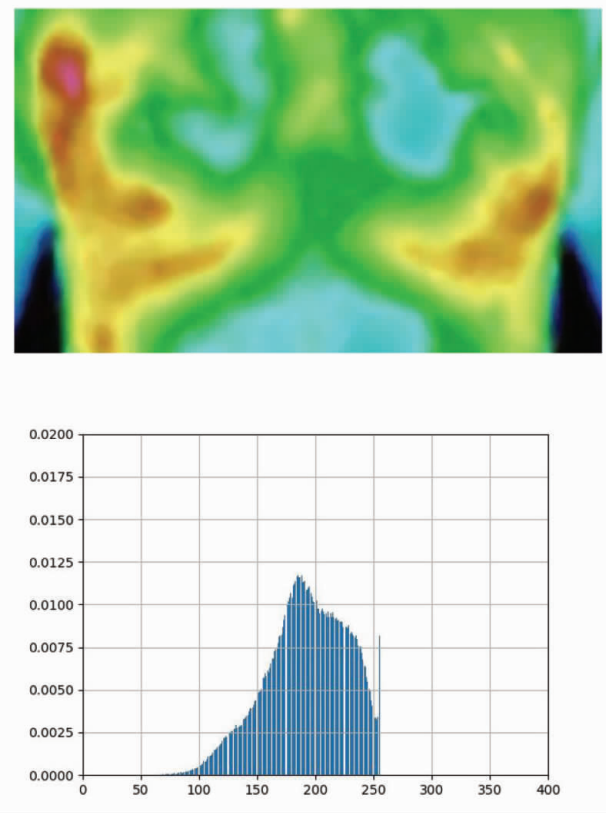


图 3　滤波去燥

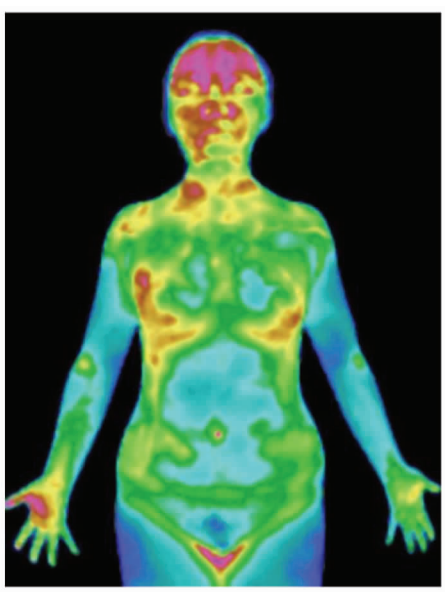


图 4　原图灰度垂直投影

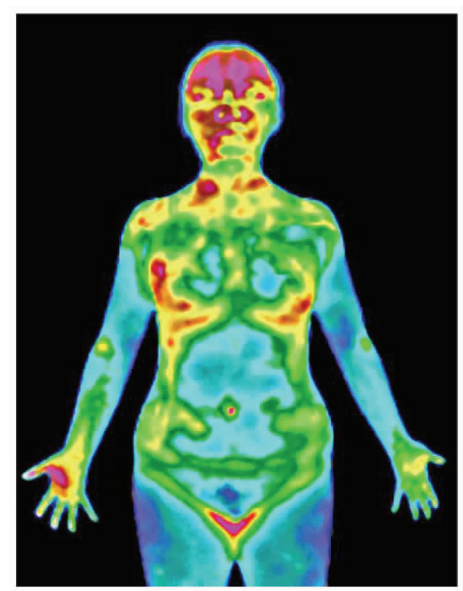


图 5　去燥后灰度垂直投影

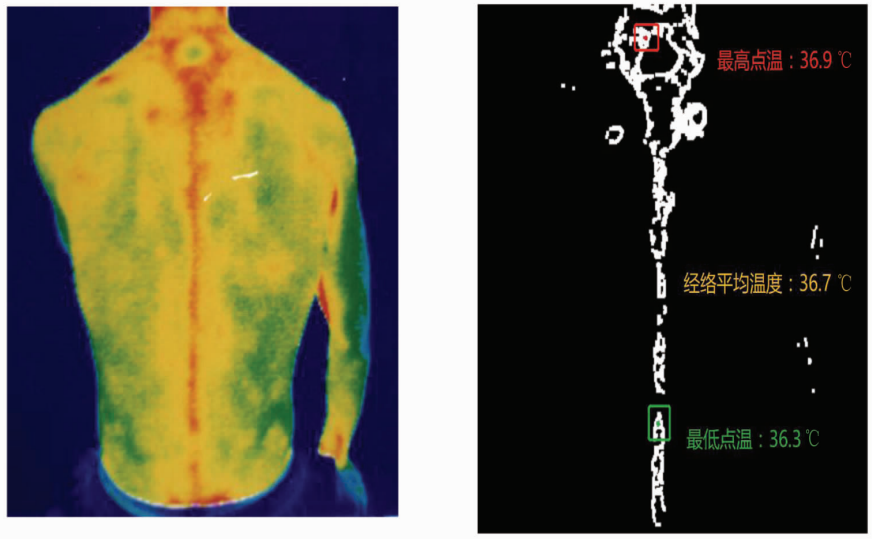


图 6　本文提出的增强算法效果图

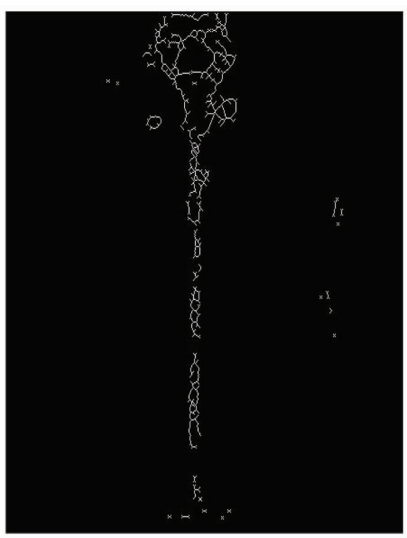


图 7　经络化算法处理效果图



图 8　经络温度测量



图 9　最小二乘法拟合经络主轴线

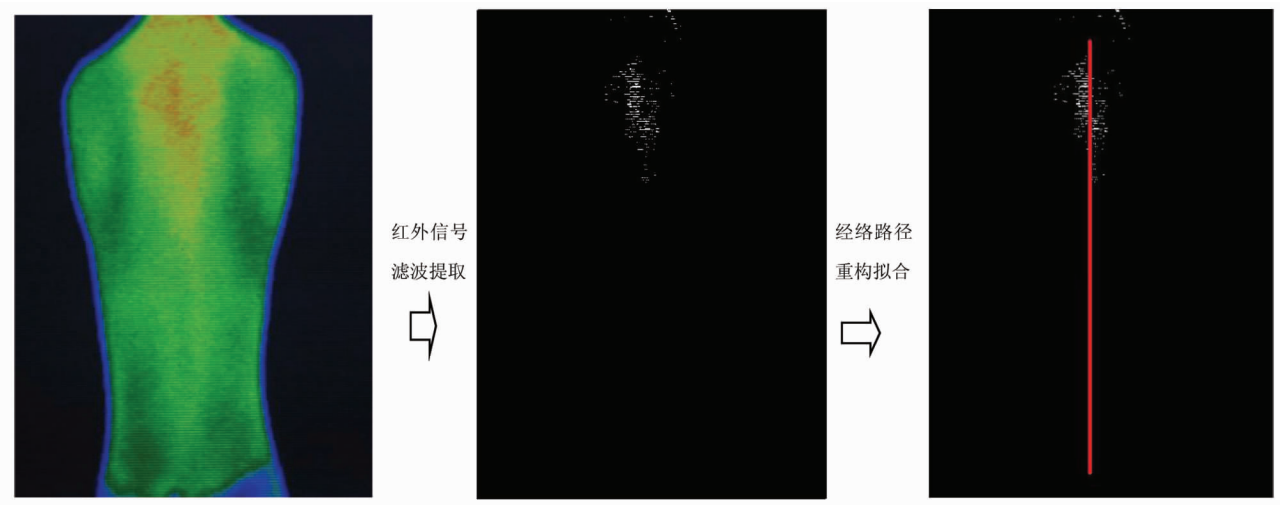


图10 遗传算法处理后拟合生成的经络路径图

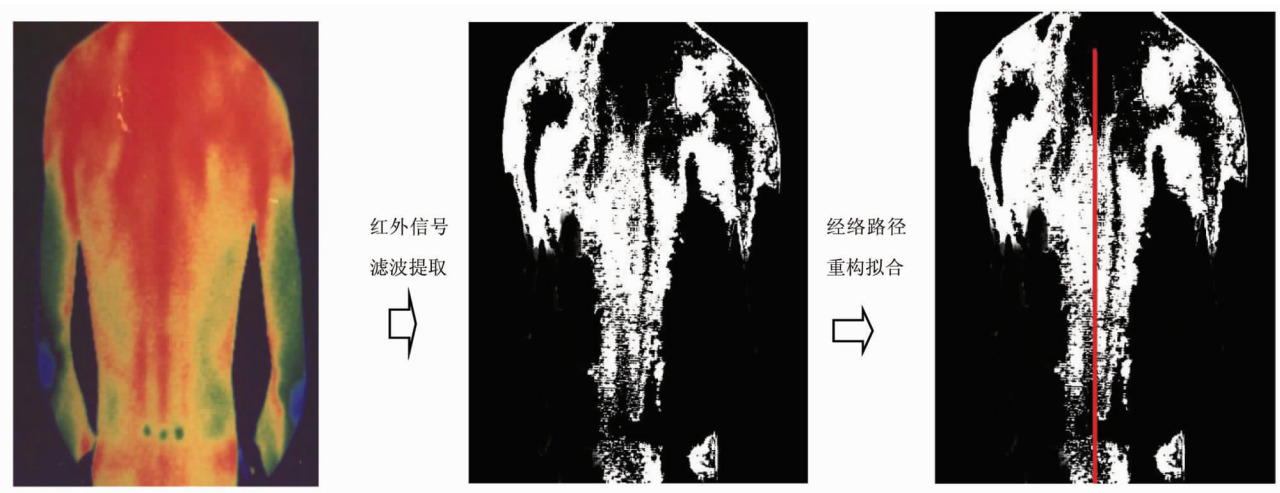


图11 遗传算法处理后拟合生成的经络路径图