

引用:袁颖宸,李慧杰.舌诊与结直肠癌相关性研究及AI辅助下舌象图像分析技术应用进展[J].中医导报,2026,32(5):131-136.

# 舌诊与结直肠癌相关性研究及AI辅助下舌象图像分析技术应用进展\*

袁颖宸<sup>1</sup>,李慧杰<sup>2</sup>

(1.山东中医药大学,山东 济南 250014;  
2.山东中医药大学附属医院,山东 济南 250011)

[摘要] 结直肠癌作为全球高发的消化系统恶性肿瘤,其舌诊宏观表象在疾病诊疗中具有重要临床意义,既可为中医辨证分型(如湿热瘀毒等证型)提供直观依据,又能通过形质特征变化反映疾病分期、微观病理改变及术前术后演变规律,对预后判断具有提示作用。人工智能技术的引入显著提升了舌诊分析的科学性,通过多模态影像识别与深度学习算法,AI系统能够客观、精准地提取舌色、苔质、形质等复合特征,实现复杂表型的可量化评估,更通过数据挖掘揭示出舌象与肿瘤病理进展的内在关联规律,为建立结直肠癌标准化的舌诊评估体系提供技术支撑,推动舌诊的客观化、标准化与系统化研究。

[关键词] 结直肠癌;舌诊;人工智能;舌象图像分析;客观化;综述

[中图分类号] R241.24 [文献标识码] A [文章编号] 1672-951X(2026)05-0131-06

DOI: 10.13862/j.cn43-1446/r.2026.05.021

## Research on the Correlation Between Tongue Diagnosis and Colorectal Cancer and the Application Progress of AI-Assisted Tongue Image Analysis Technology

YUAN Haochen<sup>1</sup>, LI Huijie<sup>2</sup>

(1.Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Ji'nan Shandong 250014, China; 2.The Affiliated Hospital of Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Ji'nan Shandong 250011, China)

[Abstract] Colorectal cancer, as a highly prevalent malignant tumor of the digestive system worldwide, has its macroscopic manifestations in tongue diagnosis that hold important clinical significance in disease diagnosis and treatment. It can not only provide an intuitive basis for TCM syndrome differentiation (such as damp-heat stasis toxin syndrome, etc.), but also reflect disease stage, microscopic pathological changes, and preoperative and postoperative evolution patterns through changes in morphological characteristics, thus offering clues for prognosis assessment. The introduction of artificial intelligence (AI) technology has significantly improved the scientificity of tongue diagnosis analysis. Through multimodal image recognition and deep learning algorithms, AI systems can objectively and accurately extract composite features such as tongue color, fur texture, and morphology, enabling quantifiable assessment of complex phenotypes. Furthermore, data mining reveals the intrinsic correlation between tongue manifestations and tumor pathological progression, providing technical support for establishing a standardized tongue diagnosis evaluation system for colorectal cancer and promoting the objective, standardized, and systematic study of tongue diagnosis.

[Keywords] colorectal cancer; tongue diagnosis; artificial intelligence; tongue image analysis; objectification; review

结直肠癌发病率与死亡率位居各癌种前列,中国的结直肠癌发病率和死亡率持续增加,2020年新发病例占全球所有

\*基金项目:中国中医科学院科技创新工程项目(CI2023C012YL)

通信作者:李慧杰,女,主任医师,研究方向为中西医结合防治肿瘤

新发病例的28.8%，相关死亡占全球所有结直肠癌相关死亡的30.6%，防治形势十分严峻<sup>[1-2]</sup>。中医药治疗结直肠癌历史悠久，优势明显，联合西医治疗能起到显著的增效减毒作用，现代药理研究亦有大量数据佐证其有效性和科学性，但缺乏更高级别的循证证据。人工智能(artificial intelligence, AI)在中医诊断领域发展迅速，以舌诊和脉诊为代表，自20世纪60年代起，现代测量仪器逐步应用到到中医四诊中<sup>[3]</sup>。20世纪90年代以北京中医药大学为首开展了舌诊的数字化研究和舌象采集设备，2015年后国内开始研发制造结合AI算法的人工智能舌诊设备。2016年《中医药信息化发展规划》提出，“鼓励中医四诊信息的数字化采集与智能分析”。近三年来，AI舌诊运用计算机算法如计算机视觉、深度学习和图像处理技术分析数字彩色舌图像，完成对舌象的自动识别、辨证诊断，大大提高了中医诊断客观化研究疾病证型特点，国内多家高校已经建立了舌象数据库，企业研发了多重类型的AI舌诊智能诊断系统和设备，在线上 and 线下应用，但精度更高、稳定性更强、适用于移动端和开放环境下的校正方法和设备仍有待于进一步挖掘<sup>[4]</sup>。基于此，笔者探讨分析中医舌诊客观化及AI辅助证型判断在中医辨治结直肠癌方面的研究现状及应用前景。基于中医舌诊总结结直肠癌患者常见证型及其治疗方案，将舌诊宏观表象与结直肠癌微观病理、疾病分期、术前术后演变规律进行相关性分析，促进结直肠癌诊疗舌诊客观化、标准化、系统化，将有助于梳理临床诊疗思路，提高疗效，为该病的AI舌诊研究提供循证和标准化依据。

### 1 结直肠癌的中医辨治逻辑及证候分类现状

结直肠癌属于中医学“锁肛痔”“积聚”“肠覃”等范畴，核心病机为“脾气亏虚，湿热瘀毒”，关键病理因素为热、湿、瘀、毒、虚<sup>[5]</sup>。NONG F F等<sup>[6]</sup>研究发现，结直肠癌分冷体质和热体质，冷性和热性结直肠癌的恶性进展不同，其机制尚不清楚。周红光<sup>[7]</sup>指出肠癌的发生、发展与机体的“正虚邪盛、阴阳俱损、癌毒顽劣猖獗”密切相关，“阴阳俱损、癌毒未尽及旁窜”是肠癌复发和转移的根本。王坤等<sup>[8]</sup>基于“阳遏阴积”理论，指出结直肠癌乃一体两面、阴阳同病，“阳遏”为癌变之本、“阴积”为病变之标，二者合病致使瘀、毒、痰、浊等病理产物蓄结肠道，日久酿生癌变。

魏小曼等<sup>[9]</sup>基于癌毒病机理论探讨结直肠癌分期辨治规律，提出结直肠癌癌前病变期证型分为湿热蕴结证、脾气亏虚证，协同治疗期证型分为湿热毒蕴证、瘀毒内阻证、湿热瘀毒证、脾气亏虚证，临床康复期证型分为湿热瘀毒证、脾气亏虚证、脾肾两虚证，其中脾虚证贯穿结直肠癌三阶段。脾虚证(spleen deficiency syndrome, SDS)是结直肠癌发展的关键证候类型之一，YAN Y Z等<sup>[10]</sup>发现晚期结直肠癌患者的SDS评分显著高于早期结直肠癌患者，体现了结直肠癌不同分期的证型差异。SUN L等<sup>[11]</sup>使用TCM-SDS结直肠癌量表进行的临床研究亦验证了这一点，结果显示与健康对照组相比，结直肠癌患者的脾虚评分明显升高，且患有IV期疾病的患者得分高于I~III期患者。吴密侠<sup>[12]</sup>分析不同舌象在大肠癌患者中的分布，发现I~II期大肠癌患者以黄腻苔、淡红舌和裂纹舌最为多见，III~IV期以白腻苔、紫色舌和胖大舌最为常见，提

出了通过患者的舌象特点进行中医分期，可辅助临床分期的观点。LU Y Y等<sup>[13]</sup>对原发结直肠癌患者的肿瘤细胞进行单细胞RNA测序分析，发现缺陷综合征(deficiency syndrome, DS)是结直肠癌患者中最常见的证候类型，不同中医证候肿瘤内细胞亚群的分布不同，提示中医证候分类可能与结直肠癌中肿瘤细胞亚群和肿瘤微环境(tumor microenvironment, TME)的异质性有关。

### 2 结直肠癌患者舌象的宏观表象特征

中医是全球四大医疗体系之一，其中舌象在中医理论中是能够反映患者全身健康状况的征象，在中医辨证论治中有极为广泛的应用，观察内容包括舌头的颜色、大小和形状及舌苔的颜色、厚薄和水分含量等。对不同证型结直肠癌患者的舌象特征进行分析，有助于研究其与中医辨证及病程的关系，借助舌象与病程、病因、病理、病情进行分析，客观描述结直肠癌不同分期舌象的改变和趋势，临床价值较高。2023年张彤等<sup>[14]</sup>发布的《转移性结直肠癌中医诊疗指南》列举了临床常见转移性结直肠癌的分型，并指出了各分型的常见舌象。(1)脾肾阳虚证：舌质淡胖有齿痕，苔薄白；(2)肝肾阴虚证：舌红少苔；(3)气血两亏证：舌质淡，苔薄白；(4)湿热下注证：舌质红，苔黄腻；(5)瘀毒内阻证：舌质紫暗或有瘀点、瘀斑。

2.1 舌苔与结直肠癌的相关性研究 CHEN Q B等<sup>[15]</sup>采用液相色谱-串联质谱法，使用非靶向方法分析了30名结直肠腺瘤(colorectal adenoma, CRA)、32名结直肠癌患者和30名健康对照者(healthy controls, HC)的舌苔脂质组成，发现与HC/CRA组相比，结直肠癌组舌苔脂质组成具有长链不饱和甘油三酯(triglyceride, TG)水平增加，磷脂酰乙醇胺缩醛磷脂(phosphatidylethanolamine acetal phospholipid, PE-P)水平降低等显著变化，结直肠癌患者舌苔样品中的脂质代谢失调很明显。宏基因组测序(metagenomic sequencing, MGS)研究亦证明了结直肠癌患者和健康对照者存在舌苔微生物群的差异，Atopobium rimae(龈裂奇异菌)可能是结直肠癌研究的潜在生物标志物，表明舌苔诊断可能为癌症提供潜在的筛查和早期诊断方法<sup>[16]</sup>。屈德春等<sup>[17]</sup>临床研究发现，结直肠癌患者舌苔以腻苔为主，黄腻苔患者舌苔菌群丰富度和多样性低于健康人和白腻苔患者，白腻苔孪生球菌属相比于黄腻苔显著富集，黄腻苔奇异菌属相对于健康人舌苔和白腻苔显著富集。然而，对于结直肠癌患者舌苔的外在表现仍缺乏客观化探讨，结直肠癌患者常见舌苔图像及特征少见归纳，临床应用舌苔诊断辅助判断结直肠癌仍有待进一步研究。

2.2 舌象与结直肠癌的相关性研究 曹炳章《辨舌指南》中论述：“凡舌质坚敛而苍老，不论苔色白、黄、灰、黑，病多属实；舌质浮胖娇嫩，不拘苔色灰、黑、黄、白，病多属虚。”通过患者的舌象特征，辨别其疾病虚实，有助于评价患者一般情况，予以适当的治疗方案。目前对舌态的研究较少，其原因可能是舌所呈现的动态变化较难获取，但舌象形态能够补充舌色、形反映信息的不足，提取患者舌象形态特征有重要的临床意义<sup>[18]</sup>。结直肠癌患者舌象与疾病的特点、病程变化及手术前后均具有明显相关性，现分析如下。

2.2.1 舌象与结直肠癌特点的相关性 舌象能够反映患者

的证候特点,是中医辨证的重要参考,能够反映疾病病因病机及其症状特点。阳玉婷等<sup>[19]</sup>进行流行病学研究发现,我国结肠直肠癌发病就诊率在40岁后呈明显上升趋势,并在60~69岁达到顶峰,中医证型以瘀毒内阻证最多见,其余依次为湿热内蕴证、脾肾阳虚证、脾虚气滞证及气血两虚证,不同证型患者舌象特征有所差异。陈小春等<sup>[20]</sup>认为气滞血瘀是结肠直肠癌患者的常见证型,舌象表现为舌质暗,舌下络脉迂曲或有瘀斑,此证型患者在临床上多有凝血指标异常升高,同时伴有血液动力异常、微循环障碍、血凝状态异常等变化,故其证型特点与结肠直肠癌的血液高凝状态具有高度的相关性,且与肿瘤的大小、浸润深度呈正相关,显示了结肠直肠癌患者证型及舌象特点与肿瘤特质的关联。张烨等<sup>[21]</sup>认为湿热瘀毒证为结肠直肠癌核心证型,基本病机为湿热瘀毒、脾气亏虚,主要病理因素为“湿、热、瘀、毒、虚”,研究该证型结肠直肠癌患者代谢特征和分子机制,纳入患者舌象为舌质紫暗或有瘀斑,苔黄腻或黄厚腻,结肠直肠癌湿热瘀毒证的发生发展可能与精氨酸-脯氨酸代谢通路的过度激活关联密切。

**2.2.2 舌象与结肠直肠癌病程的相关性** 目前包含舌象的研究多集中于晚期结肠直肠癌患者。徐钰莹等<sup>[22]</sup>对3384例晚期结肠直肠癌患者舌象进行临床研究发现,晚期结肠直肠癌患者舌象与发病部位、转移部位、初诊状态、基因突变状态及微卫星状态均相关,左半结肠癌以暗红舌、黄苔、厚苔、腻苔为主,右半结肠癌以淡暗舌、齿痕舌与白色苔为主,初诊为晚期的结肠直肠癌患者舌苔以嫩舌、润苔、水滑苔及无苔为多,而对于肝转移患者,以暗红舌、嫩舌、瘦薄舌、黄苔、厚苔及腻苔为主。陈洁等<sup>[23]</sup>进行健脾解毒方联合西医标准治疗对晚期结肠直肠癌患者的疗效观察,纳入脾虚证患者,舌象参照《恶性肿瘤中医诊疗指南》《中药新药临床研究一般原则》(2015版),取舌体胖大或有齿痕,舌苔薄白。

**2.2.3 舌象与结肠直肠癌手术的相关性** 目前西医对于结肠直肠癌治疗主要采取冷冻疗法、热凝疗法及手术切除等手段,手术前后患者舌象的改变对于指导中医辨证施治有重要意义。袁晨越等<sup>[24]</sup>对结肠直肠癌术后各中医证候之间的舌象进行客观化分析,发现相较于正常人,结肠直肠癌术后患者舌色、苔色明度及厚薄指数有所下降,饱和度及润燥指数、剥苔指数、裂纹指数、点刺指数均有所上升,不同证型结肠直肠癌术后患者舌象具有较明显特征。结肠直肠癌患者本属本虚之体,手术消耗气血进一步导致机体气血两亏,脏腑功能失调,脾胃失常,引起术后脾虚不运,故结肠直肠癌术后患者以脾虚证最为常见,舌象应以舌体胖大或有齿痕,舌苔薄白为多<sup>[25]</sup>。马婷等<sup>[26]</sup>认为结肠直肠癌术后痰瘀毒聚症状基本难以见到,主要特点为“以虚为主”,主要表现为“脾虚”,参照《中药新药临床研究指导原则》纳入结肠直肠癌术后证属气血亏虚患者,参照舌象为淡舌。对于结肠直肠癌术后患者舌象是否与脾虚证舌象对应,其舌象在不同结肠直肠癌分期、不同年龄及一般情况患者中分布及表现的区别仍有待临床进一步统计分析。

### 3 舌象图像分析技术在结肠直肠癌中的应用

AI辅助下的舌象图像采集、分析研究推动了舌诊客观化的进程,其中包含了舌象采集、舌象图片的计算机自动识别、

舌象图像自动分析等一系列技术,为中医客观化诊断提供了技术与数据支持。然而,为了进一步完善相关算法及仪器外形设计,实现数据采集、分析标准化,仍需要集合现有技术,进行多地区、大样本的采集与分析,并建立相关数据库。只有经过广泛的数据收集、严格的数据清洗,正确的统计分析及多维解读,才能产生可靠的循证依据,为系统、客观分析结肠直肠癌各阶段中医证型提供依据。

**3.1 舌象图像智能分析技术的研究现状** AI技术已逐渐被应用于中医药诊疗领域,常用于专家医疗系统,主要是利用专家临床诊断的原理和方法设计的计算机程序,以模拟中医从业者的诊断过程<sup>[27]</sup>。中医四诊图像的采集与分析亦被认为能够应用AI技术,其中舌象分析依赖多维信息的采集、识别、处理,中医舌诊技术的发展有赖于多维信息的融合,AI技术的发展使得机器分析成为可行的舌象分析手段<sup>[28]</sup>。近年来,舌诊仪已逐渐应用于临床诊断,进一步推动了舌诊客观化的发展。数码舌诊仪应用于中医舌诊客观化研究已遍布多种类型疾病,包括内分泌系统疾病、心脑血管疾病、消化系统疾病、肿瘤疾病、妇科疾病等<sup>[29]</sup>。AL-HAMMURI K等<sup>[30]</sup>评估发现,组合运用机器学习和传统技术以获得患者舌象的方式最为有效且准确,且使用传统算法可以通过在训练和后处理阶段使用交互式用户细分工具来增强机器学习模型的输出。HU Y等<sup>[31]</sup>构建了带有疾病位置标签的舌头图像数据集,并提出了一种新的全通道区域注意力网络,用于对局部细节舌特征进行建模,提高了建模效率。AI在标准化和量化中医实践方面做出了一定贡献,对患者舌象进行AI分析被认为是一种可行的中医证候诊断、研究方案,能够一定程度上弥补中医医生,尤其是高级中医专家数量不足的问题,减轻中医医生的工作量<sup>[32]</sup>。

深度学习算法是机器学习算法的一个分支,卷积神经网络(convolutional neural network,CNN)通过核心技术卷积层、池化层、激活函数和全连接层组合,可显著提高图像学习处理技术的准确性和效率,已被广泛应用于图像分割、图像分类,其中VGG系列模型与ResNet系列模型是如今深度学习领域常用的分类模型<sup>[33]</sup>。舌象自动分割和舌象分类是中医舌象识别的两项关键技术。XU Q等<sup>[34]</sup>通过共享底层参数和增加两个不同的任务损失函数,提出了一种用于舌图像分割和分类的MTL方法。LI J等<sup>[35]</sup>运用舌象分析技术分类糖尿病患者舌象,采用舌头诊断分析系统(tongue diagnosis analysis system,TDAS)提取舌头图像的TDAS特征用于描述集群之间的差异,矢量化变分自动编码器(vector quantized variational autoencoder,VQ-VAE)从舌头图像中提取VQ-VAE特征,并基于此使用K-means聚类舌头图像,利用视觉变压器(vision transformer,ViT)结合梯度加权类激活映射(grad-weighted class activation mapping,Grad-CAM)验证聚类结果并计算定位诊断信息。现有对于中医舌诊的深度学习方法大多依赖于大量有标注的数据用于训练,而新兴的半监督中医舌象图像分类方法能够在标注数据上进行微调,在未标注样本的弱增强下生成伪标签,在未标注样本的强增强下进行预测并与伪标签进行一致性学习,具有较好的发展前景<sup>[36]</sup>。深度学习法性能评

价有两个重要指标是准确度和敏感度,正负样本均衡时准确度评判是整体模型效果的重要参考指标,但如果漏掉正类出现率增多,敏感度就成为更好的参考指标,甚至需要增加Recall(召回率)、F1值、Accuracy(准确率)等指标综合评价,优化其准确度和敏感度数据。随着研究逐步深入,更多能够提升采集、分析准确率及敏感度的机器学习技术被尝试应用于中医舌诊客观化,AI与传统医学的结合为诊断、治疗恶性肿瘤等难治性疾病提供了更多的可能性。

**3.2 舌象图像智能分析技术在结直肠癌中的应用** TME包括非癌性实体瘤的所有成分,它是一个由多种细胞类型组成的复杂生态系统,在肿瘤发展中起着不同的作用,并且具有高度异质性。LU Y Y等<sup>[13]</sup>认为,中医证候分类可能与结直肠癌中肿瘤细胞亚群和TME的异质性有关。TME中脂肪酸合成酶的摄取和合成增加可能与水液运化受阻、化生痰浊的特点相关,而肿瘤细胞分泌的脂质代谢产物的累积诱导的免疫抑制可能与气机阻滞有关,气机阻滞则易酿生痰浊<sup>[7]</sup>,于舌象则多有舌苔黏腻、舌体胖大等表现。慢性炎症和免疫抑制是TME的核心特征,最近的研究表明肿瘤免疫微环境可提供独立的预后信息,其与中医的“元气虚”密切相关,从中医四诊及辨证施治角度分析并予以治疗有助于调控调节肿瘤宿主微环境,让正常免疫细胞履行其职责,使肿瘤细胞没有生存环境,并引起细胞凋亡或自噬<sup>[8]</sup>。故运用舌象图像智能分析技术分析结直肠癌患者舌象特征,从中医辨证论治角度予以治疗,能够调控TME从而控制肿瘤发展进程,有助于指导中医药在结直肠癌治疗中的联合应用。

深度学习的出现拓展了AI分析在医学诊断领域的研究进展,通过舌象判断癌症患者的体质类型并用于癌症诊断、治疗有较好的临床意义,但其判断方法仍包含大量的随机性。YUAN L L等<sup>[19]</sup>建立AI深度学习模型,评价舌象和舌苔微生物组在胃癌(gastric cancer,GC)诊断中的价值,发现舌象可以作为GC诊断的稳定方法,并且明显优于常规血液生物标志物,AI模型在癌症筛查和诊断中显示了良好的应用价值和前景。SHI Y等<sup>[40]</sup>使用智能舌诊分析仪收集了非小细胞肺癌(non-small cell lung cancer,NSCLC)患者、阴虚证患者和健康对照者的舌象,发现气虚证与阴虚证舌诊断的显著差异指标为舌色参数(T-A)、舌苔饱和度(TB-S)、舌苔色度(TB-Cr)、舌质亮度(TC-a)、舌质饱和度(TC-S)、舌质色度(TC-Cr)、整体舌象参数(perAll),舌涂层质感指数为TC-COIN、TC-ASM、TC-MEAN、TC-ENT,受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic,ROC)下面积和准确率分别为0.940 1和0.880 6,证明了神经网络模型对症状和舌象数据集具有较好的分类性能,基于机器学习的舌象数据可作为NSCLC气虚证和阴虚证的客观诊断依据之一。恶性肿瘤患者的舌苔微生物与舌象特征之间被认为存在深层次关联,通过观察舌苔微生物生态菌群的变化预先对癌前病变进行干预,有助于尽早阻断结直肠癌等恶性肿瘤的发生发展进程<sup>[41]</sup>。另外,肠道菌群的改变可诱发肠道微环境的紊乱,进而参与结直肠癌的发生发展<sup>[42]</sup>。关于溃疡性结肠炎(ulcerative colitis,UC)患者薄白苔、黄腻苔对应肠道菌群特征的研究结果显示,黄腻苔患者肠道中具

有保护作用的菌群更少,产生有害代谢产物的菌群更多,反映了黄腻苔UC患者肠道菌群失调更加严重,对结直肠癌患者不同舌象可能对应不同的肠道菌群情况具有参考意义,为舌诊现代化研究提供了更多的信息<sup>[43]</sup>。对其他恶性肿瘤患者舌象进行机器采集和AI分析在疾病诊断、中医体质判断等方面的应用亦显示了舌诊客观化在恶性肿瘤中的良好应用前景,为其应用于结直肠癌提供了研究基础。将舌诊与图像处理 and 机器学习相结合,可减少环境因素对舌象的干扰,避免医生因主观因素导致判断不准确,从而达到客观舌诊的效果,这能够使得中医诊断更加定量、客观和标准化,同时有助于客观评价中医的治疗效果<sup>[44-45]</sup>,应用于结直肠癌患者诊治过程中有助于阶段性反应临床疗效与疾病转归。

目前对于舌诊断仪的研究已产生了不同类型的采集仪器及分析系统,然而应用时仍具有较多问题,如不同受试者不同的舌头暴露会导致测量结果不一致,无法保证采集的舌象完整清晰等<sup>[46]</sup>。且现有的舌诊技术仅局限于二维可见光图像,需要进一步研发红外、高光谱、结构光三维立体视觉等综合多维度信息集成的舌诊仪器,以提高舌诊信息的广度<sup>[47]</sup>。尽管经典图像分析方法能够数据化表达舌色,但对于齿痕、点刺、裂纹、厚薄、腐腻、剥苔等复杂的舌象形质特征的综合识别分析仍是当前舌诊研究面临的瓶颈问题<sup>[48]</sup>。在AI辅助中医诊断客观化的研究进程中,中医四诊中除舌诊外的望诊、闻诊和问诊虽有相关研究,但都没有形成主流研究方向,脉诊和舌诊客观化为此领域的研究重点,具有更好的可行性和研究价值<sup>[49]</sup>。此外,在应用于恶性肿瘤的疾病筛查时,实际纳入的正常样本数量往往远多于患病样本数量,存在样本数据不平衡问题,若不加以处理,易增高漏诊率,极大削弱AI舌诊模型的实际应用价值<sup>[50]</sup>。舌象数据的积累是AI舌诊的基础,大规模的舌象数据库建立收集统计,可促进其在结直肠癌诊断辨证治疗方面的应用,将微观病理改变与宏观舌象有机结合,找到解决疾病的契合点。

#### 4 小结与展望

AI的应用使中医诊疗更加量化、客观化、规范化,极大地推动了中医理论的发展,然而,中医四诊信息的客观化和数字化还处于探索阶段,四诊信息采集、辨证论治专用模型算法和深度学习的AI技术还存在诸多不足<sup>[51]</sup>。传统的研究仍然采用色板区分患者舌头的颜色,用于人工判断中医体质和证候类型<sup>[52]</sup>。数据标准化是中医智能诊疗的基石,随着人工智能技术的不断迭代更新,标准化预处理的智能化程度不断加强,为数据标准化的自动化、后台化和高效化提供了更多可能性<sup>[53]</sup>。随着社会主义现代化进程的推进,以现代科学技术研究舌诊等中医四诊技术,使其更加科学、客观、精准已成为中医药发展的必然要求<sup>[54]</sup>。结直肠癌作为临床常见恶性肿瘤,在各种肿瘤分期及不同中医证型患者舌象往往有明显差异且有一定规律可循。中医四诊客观化的临床应用近年来不断被研究,其中舌诊作为中医四诊的重要组成部分,已被证明对多种疾病的诊断有效,同时也是中医四诊在易于获取、统计分析的诊断形式。诸多研究已提出基于不同技术背景的舌诊仪方案,且多被证明对某种疾病的进展情况及中医证型分析有效。然

而,其形制仍无法统一,不同仪器的准确度难以横向对比,不同疾病舌象数据库的建立有待进一步研究。

综上所述,中医舌诊客观化在结直肠癌诊断中已取得一定成果,但仍存在一些不足。临床应用舌诊仪辅助结直肠癌证型及分期诊断有良好的研究前景,AI等新技术的协助将在中医诊断客观化及中医现代化发展进程中发挥独特的作用,为中医有效诊疗提供循证科学依据。另外,四诊客观化的联合应用仍然是目前的研究热点,结合更多中医四诊客观化采集分析技术并加以优化和结合,将有助于扩大研究病种范围,增强客观化分析的准确性和有效性,对促进中医四诊的现代化发展进程具有积极作用。

### 参考文献

- [1] SUNG H, FERLAY J, SIEGEL R L, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2021, 71(3): 209-249.
- [2] LI N, LU B, LUO C Y, et al. Incidence, mortality, survival, risk factor and screening of colorectal cancer: A comparison among China, Europe, and northern America[J]. *Cancer Lett*, 2021, 522: 255-268.
- [3] 廉坤, 王学琴, 谭朵廷, 等. 基于人工智能探讨中医诊断的现代化发展[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2026, 32(9): 336-346.
- [4] 陈恩纳, 李圣焯, 胡毓亲, 等. 中医舌诊图像采集与色彩信息分析研究进展[J]. *中华中医药杂志*, 2024, 39(7): 3586-3589.
- [5] 张东, 倪明欣, 魏小曼, 等. 中医药防治结直肠癌随机对照试验的证据图谱分析[J]. *中国中药杂志*, 2024, 49(23): 6512-6520.
- [6] NONG F F, LIANG Y Q, XING S P, et al. Analysis of colorectal carcinogenesis paradigm between cold constitution and heat constitution: Earlier ECM collagen deposition[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2021, 2021: 5547578.
- [7] 周红光. 温滋解毒法辨治肠癌[J]. *湖北中医杂志*, 2023, 45(11): 50-55.
- [8] 王坤, 邵驰运, 李京波, 等. 基于阳遏阴积病机探析结直肠癌辨证论治[J]. *环球中医药*, 2025, 18(2): 303-307.
- [9] 魏小曼, 耿雪尘, 李柳, 等. 基于癌毒病机理论的结直肠癌全程防治体系构建[J]. *中华中医药杂志*, 2023, 38(2): 572-575.
- [10] YAN Y Z, YANG Y F, NING C H, et al. Role of traditional Chinese medicine syndrome type, gut microbiome, and host immunity in predicting early and advanced stage colorectal cancer[J]. *Integr Cancer Ther*, 2023, 22: 15347354221144051.
- [11] SUN L Y, MAO J J, YAN Y Z, et al. Patient reported traditional Chinese medicine spleen deficiency syndrome (TCM-SDS) scale for colorectal cancer: Development and validation in China[J]. *Integr Cancer Ther*, 2021, 20: 15347354211020105.
- [12] 吴密侠. 不同舌象在大肠癌患者中的分布及其意义[J]. *中国中西医结合外科杂志*, 2016, 22(6): 528-531.
- [13] LU Y Y, ZHOU C G, ZHU M D, et al. Traditional Chinese medicine syndromes classification associates with tumor cell and microenvironment heterogeneity in colorectal cancer: A single cell RNA sequencing analysis[J]. *Chin Med*, 2021, 16(1): 133.
- [14] 张彤, 刘建平, 许云, 等. 转移性结直肠癌中医诊疗指南[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2023, 29(21): 24-31.
- [15] CHEN Q B, LIN F Y, LI W H, et al. Distinctive lipid characteristics of colorectal cancer revealed through non-targeted lipidomics analysis of tongue coating[J]. *J Proteome Res*, 2024, 23(6): 2054-2066.
- [16] CHEN Q B, HUANG X T, ZHANG H Y, et al. Characterization of tongue coating microbiome from patients with colorectal cancer[J]. *J Oral Microbiol*, 2024, 16(1): 2344278.
- [17] 屈德春, 吕琨, 朱跃坤, 等. 结直肠癌患者舌苔变化与舌苔菌群和肠道菌群的相关性研究[J]. *世界中医药*, 2024, 19(12): 1802-1810.
- [18] 徐安迎, 杨涛, 王天舒, 等. 中医望诊形态特征提取研究思路与方法[J]. *南京中医药大学学报*, 2024, 40(12): 1315-1322.
- [19] 阳玉婷, 吴东升, 邹博, 等. 1030例结直肠癌流行病学及中医证型特征分析[J]. *中医药临床杂志*, 2024, 36(8): 1542-1548.
- [20] 陈小春, 赵秋萍, 江威, 等. 加味活络效灵丹联合常规化疗治疗气滞血瘀型结直肠癌疗效观察[J]. *江西中医药大学学报*, 2024, 36(5): 50-53, 57.
- [21] 张焯, 范旻旻, 程海波. 基于代谢组学与转录组学的结直肠癌湿热瘀毒证的代谢特征和分子机制研究[J]. *中华中医药杂志*, 2024, 39(5): 2147-2154.
- [22] 徐钰莹, 杨宇飞, 张雪雪, 等. 3384例晚期结直肠癌患者中医舌象特征研究[J]. *世界中西医结合杂志*, 2024, 19(3): 433-440.
- [23] 陈洁, 龚亚斌, 朱衍菲, 等. 健脾解毒方联合西医标准治疗晚期肠癌的临床疗效观察[J]. *中医肿瘤学杂志*, 2024, 6(5): 40-45.
- [24] 袁晨越, 焦文, 刘湘君, 等. 结直肠癌术后患者舌象特征参数与中医证型分布研究[J]. *中华中医药杂志*, 2024, 39(8): 4443-4449.
- [25] 周健, 沈永红, 方芳, 等. 结直肠癌术后脾虚证患者肠功能恢复中医护理方案的应用研究[J]. *护理管理杂志*, 2024, 24(4): 277-281, 309.
- [26] 马婷, 涂瑞沙, 黄良玖, 等. 加味八珍颗粒联合营养支持对结直肠癌术后患者的临床疗效[J]. *中成药*, 2023, 45(10): 3256-3261.

- [27] LI N, YU J R, MAO X B, et al. The research and development thinking on the status of artificial intelligence in traditional Chinese medicine[J]. Evid Based Complement Alternat Med,2022,2022:7644524.
- [28] 汪莉,姜楠,程斌,等.基于CiteSpace多维舌诊技术发展可视化分析[J].陕西中医药大学学报,2025,48(4):152-158.
- [29] 田鸽,张月林,王可仪,等.数码舌诊仪在中医疾病诊断中的应用进展[J].世界科学技术-中医药现代化,2024,26(6):1638-1643.
- [30] AL-HAMMURI K, GEBALI F, THIRUMARAI CHELVAN I, et al. Tongue contour tracking and segmentation in lingual ultrasound for speech recognition: A review[J]. Diagnostics (Basel),2022,12(11):2811.
- [31] HU Y, WEN G H, LUO M N, et al. Fully-channel regional attention network for disease-location recognition with tongue images[J]. Artif Intell Med,2021,118:102110.
- [32] TIAN D C, CHEN W H, XU D C, et al. A review of traditional Chinese medicine diagnosis using machine learning: Inspection, auscultation-olfaction, inquiry, and palpation[J]. Comput Biol Med,2024,170:108074.
- [33] 童依姮,赵一帆,严国映,等.基于深度学习的溃疡性结肠炎舌象分类研究[J].世界科学技术-中医药现代化,2025,27(9):2646-2653.
- [34] XU Q, ZENG Y, TANG W J, et al. Multi-task joint learning model for segmenting and classifying tongue images using a deep neural network[J]. IEEE J Biomed Health Inform,2020,24(9):2481-2489.
- [35] LI J, HUANG J B, JIANG T, et al. A multi-step approach for tongue image classification in patients with diabetes[J]. Comput Biol Med,2022,149:105935.
- [36] 郭承湘,李鸿玲,岳桂华,等.基于半监督学习的中医舌象分类研究[J/OL].计算机应用与软件,1-9[2025-10-17]. <https://link.cnki.net/urlid/31.1260.tp.20250905.1407.002>.
- [37] 招金娣,廖凌虹.基于脂质代谢重编程探讨健脾化痰法调节结直肠癌肿瘤微环境[J].河南中医,2024,44(9):1454-1458.
- [38] ZHANG Y, LOU Y N, WANG J B, et al. Research status and molecular mechanism of the traditional Chinese medicine and antitumor therapy combined strategy based on tumor microenvironment[J]. Front Immunol,2020,11:609705.
- [39] YUAN L, YANG L, ZHANG S C, et al. Development of a tongue image-based machine learning tool for the diagnosis of gastric cancer: A prospective multicentre clinical cohort study[J]. E Clinical Medicine,2023,57:101834.
- [40] SHI Y L, LIU J Y, HU X J, et al. A new method for syndrome classification of non-small-cell lung cancer based on data of tongue and pulse with machine learning[J]. Biomed Res Int,2021,2021:1337558.
- [41] 陈前,任健,张云桐,等.中医舌诊客观化在慢性萎缩性胃炎诊断中的应用进展[J].时珍国医国药,2024,35(2):432-434.
- [42] 马欢,张飞,张贤雨,等.结直肠癌肝转移患者的肠道菌群及代谢成分的变化分析[J].胃肠病学和肝病杂志,2025,34(5):679-687.
- [43] 李丹,姚颖棹,戴彦成,等.溃疡性结肠炎薄白苔和黄腻苔患者的肠道菌群特征分析[J].上海中医药杂志,2020,54(12):15-20,58.
- [44] YAN J J, CAI J X, XU Z, et al. Tongue crack recognition using segmentation based deep learning[J]. Sci Rep,2023,13(1):511.
- [45] WANG Y L, SHI X M, LI L, et al. The impact of artificial intelligence on traditional Chinese medicine[J]. Am J Chin Med,2021,49(6):1297-1314.
- [46] FENG L, HUANG Z H, ZHONG Y M, et al. Research and application of tongue and face diagnosis based on deep learning[J]. Digit Health,2022,8:20552076221124436.
- [47] 江涛,屠立平,许家佗.中医舌象智能诊断技术研究述评及展望[J].中国中医药信息杂志,2024,31(7):182-187.
- [48] XU J T, JIANG T, LIU S. Research status and prospect of tongue image diagnosis analysis based on machine learning[J]. Digital Chinese Medicine,2024,7(1):3-12.
- [49] 韩冰玉,刘源,王一涵,等.基于人工智能技术的中医四诊客观化知识图谱可视化分析[J].现代中医药,2024,44(4):18-25.
- [50] 张景慧,王娟,赵玉洁,等.基于机器学习的胃肠道疾病舌诊模型构建[J].山东大学学报(医学版),2024,62(1):38-47,70.
- [51] 林瑞华,张雨恬,王学成,等.基于互联网模式下的中医药个性化智慧诊疗服务模式研究[J].中草药,2022,53(13):4223-4232.
- [52] PO C, JING T. Research and development of wpaps based on the modern technology of traditional chinese medicine[DB/OL].(2022-12-20)[2024-11-08]. [https://clinicaltrials.gov/search?id=AREA\[NCTId\]\(NCT05815654\)](https://clinicaltrials.gov/search?id=AREA[NCTId](NCT05815654)).
- [53] 李新龙.中医智能诊疗研究中的数据标准化瓶颈和处理策略[J].中华中医药杂志,2024,39(3):1123-1126.
- [54] 田琪,吕琴,任健,等.舌象采集及其特征分析的客观化研究进展[J].中医药导报,2023,29(3):119-123.

(收稿日期:2025-04-02 编辑:刘国华)