

• 专论:人工智能辅助诊疗 •

编者按:随着机器学习、自然语言处理、计算机视觉、大数据技术的不断进步,人工智能在医疗健康领域的应用快速发展,为提高患者满意度、优化医疗资源配置、改善医疗质量和管理效率提供了新途径。得益于人工智能算法的突破性进展、高质量医学影像数据库的建立以及临床转化需求的持续推动,人工智能在疾病诊疗领域的研究与应用日渐广泛。在疾病诊断方面,人工智能可辅助医生收集患者信息、识别或预测疾病、提高诊断精度、解答患者疑问等。在疾病治疗方面,人工智能有助于提高手术精确度和准确性、提高放射治疗精度、辅助设计和开发新药等。人工智能与医疗结合,促进了临床、基因、放射学和组织病理学数据的融合,进一步提升了诊断的准确性和可解释性。本期专论着眼于人工智能辅助诊疗,所载论文包括人工智能在消化内镜领域的应用进展与趋势,以及机器学习和深度学习技术在疾病诊断与预测方面的创新探索,以期为人工智能辅助诊疗相关研究提供有益参考。

人工智能赋能消化内镜: 临床现状、挑战、对策与未来展望

薛沁菲¹ 宗 辉² 吴蓉蓉² 刘行云² 沈百荣² 李 锐¹

(¹ 苏州大学附属第一医院消化内科 苏州 215006 ² 四川大学华西医院系统遗传研究院 成都 610041)

【摘要】 目的/意义 总结人工智能在消化内镜领域的应用进展,剖析关键挑战,展望未来趋势,为临床和研究提供指导。**方法/过程** 检索 PubMed、Web of Science、中国知网等国内外文献数据库,梳理人工智能在消化内镜辅助诊断、流程优化、治疗精确化等方面的应用研究。**结果/结论** 尽管人工智能在消化内镜领域有显著临床价值,但其应用仍面临重大挑战,前景和局限性有待进一步探讨。

【关键词】 人工智能; 消化内镜; 深度学习; 卷积神经网络

【中图分类号】 R-058 **【文献标识码】** A **【DOI】** 10.3969/j.issn.1673-6036.2025.09.001

Artificial Intelligence Empowers Digestive Endoscopy: Clinical Status, Challenges, Countermeasures and Future Prospects

XUE Qinfei¹, ZONG Hui², WU Rongrong², LIU Xingyun², SHEN Bairong², LI Rui¹

¹ Department of Gastroenterology, The First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, China; ² Frontiers Science Center for Disease-related Molecular Network, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China

【Abstract】 Purpose/Significance To summarize the application progress of artificial intelligence (AI) in the field of digestive endoscopy, to analyze the key challenges and look forward to future trends, so as to provide guidance for clinical practice and research. **Method/Process** Domestic and international literature databases such as PubMed, Web of Science, and CNKI are retrieved. The application research of AI in the auxiliary diagnosis, process optimization and treatment precision of digestive endoscopy is sorted out.

【修回日期】 2025-06-24

【作者简介】 薛沁菲, 硕士研究生, 住院医师; 通信作者: 李锐, 主任医师, 教授, 博士生导师。

【基金项目】 国家自然科学基金资助项目 (项目编号: 32270690)。

Result/Conclusion Although AI has significant clinical value in the field of digestive endoscopy, its application still faces major challenges, and its prospects and limitations need to be further discussed.

[Keywords] artificial intelligence (AI); digestive endoscopy; deep learning; convolutional neural network (CNN)

1 引言

消化内镜技术是消化系统疾病诊疗体系的核心，在疾病早期筛查和临床诊断中发挥着不可替代的作用。该技术不仅用于常规检查，在多种高级内镜治疗中也优势显著，包括内镜黏膜下剥离术 (endoscopic submucosal dissection, ESD)、内镜黏膜切除术等早期消化道肿瘤治疗技术^[1]，以及内镜下逆行胰胆管造影术等胆胰系统疾病诊疗手段^[2]。然而，受部分病变体积微小、病灶形态隐匿及医师操作视觉疲劳等因素影响，常规消化内镜检查存在一定漏诊风险^[3]。人工智能 (artificial intelligence, AI) 通过计算机算法模拟、扩展或替代人类智能，实现感知、推理、学习和决策等认知功能，有助于解决当前消化内镜临床应用的局限性^[4]。

2001 年 Norton I D 等^[5]首次利用神经网络区分胰腺恶性肿瘤和胰腺炎，标志 AI 初步应用于消化系统疾病诊疗。近年来，随着 AI 快速发展，其在消化内镜诊疗中的应用日益广泛。日本学者^[6]开发的计算机辅助检测和诊断 (computer-aided diagnosis, CAD) 系统在胃癌浸润深度评估中展现临床价值。该系统对 T 分期 (T₁—T₄) 的诊断准确率分别为：T₁ 期 77.2%、T₂ 期 49.1%、T₃ 期 51.0%、T₄ 期 55.3%。此外，AI 被证实可有效识别早期胃癌的病变边界，助力内镜医师完整切除^[7]。Kume K 等^[8]报道了手术机器人 ESD 的临床应用研究。2018 年 Saumoy M 等^[9]将机器人辅助技术应用于胃肠道间质瘤诊疗，拓展了该技术在消化系统肿瘤治疗中的应用范围。2020 年 Repici A 等^[10]通过多中心随机对照试验证实实时 CAD 系统在结直肠肿瘤筛查中的临床价值。2024 年 Furube T 等^[11]开发了一种基于深度神经网络的自动化系统，可实时识别食管 ESD 手术阶段，为内镜手术辅助技术提供创新解决

方案。

依托深度学习、自然语言处理 (natural language processing, NLP) 与计算机视觉技术，AI 在消化内镜领域的应用进一步拓展，涵盖病灶检测、诊断、复杂内镜手术与手术机器人等。AI 技术推动了消化内镜技术的发展，尤其是提升了医疗效率与精准度，推动其向个性化治疗方向发展，显著革新了消化系统疾病诊疗模式。本文通过检索 PubMed、Web of Science、中国知网等国内外权威文献数据库，梳理人工智能在消化内镜辅助诊断、流程优化、治疗精确化等方面的应用研究，系统综述 AI 技术在消化内镜领域的应用现状，深入分析当前存在的技术瓶颈与临床转化挑战，提出针对性优化策略与未来研究方向，为推动消化内镜技术的智能化发展提供理论依据和实践指导，见图 1。

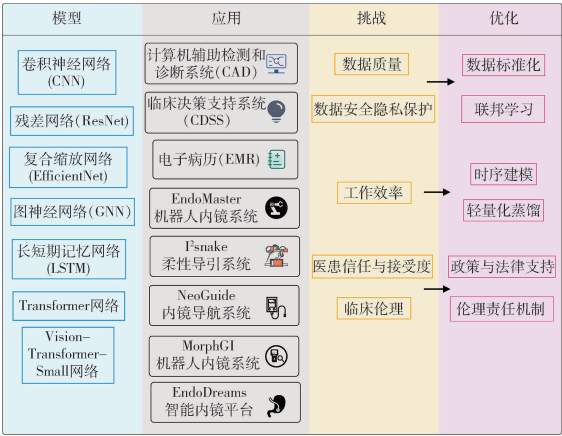


图 1 人工智能在消化内镜领域的模型、应用、挑战及优化方案

2 人工智能在消化内镜领域的临床应用现状

2.1 智能图像视觉技术在消化内镜诊断中的应用

AI 可识别输入的图像数据，通过深度学习目标检测算法进行多模态特征融合，筛查与诊断病变，

可协助医师完成内镜检查, 病变检出率与诊断准确度超内镜专家水平, 尤其在边界模糊、体积微小的早期恶性病变中表现突出, 广泛应用于 Barrett 食管、早期食管癌、早期胃癌及癌前病变、肠道息肉腺瘤恶性肿瘤诊断^[12]。其中, CAD 借助卷积神经网络 (convolutional neural network, CNN) 捕捉内镜下黏膜颜色、纹理、形状等多维特征, 实时分析并可视化呈现, 精准定位可疑病变区域。结直肠息肉 CAD 已在临床成熟应用, 上消化道 CAD 系统处于临床应用探索阶段。一项多中心随机对照研究^[13]显示, CAD 对于近端息肉和腺瘤的检出率分别为 58.0% 和 44.7%, 均高于常规组 (46.7% 和 34.6%)。CAD 在识别病变基础上可分析病变性质, 实现病灶病理类型精确分类与浸润深度评估, 辅助医师制定治疗决策^[14]。一项中国的多中心、前瞻性研究^[15]显示, AI 系统预测早期胃癌侵袭深度和分化程度的准确率分别为 78.57% 和 71.43%, 略高于内镜医师 (63.75% 和 64.41%)。在复杂病变 (如结肠扁平腺瘤或侧向扩展型肿瘤) 评估中, AI 系统表现优于单纯依赖医师经验的评估模式。此外, 研究者通过多模态数据融合、三维重建等技术持续优化模型性能, 现有 AI 模型在消化内镜领域已展现出较好的诊断能力^[16]。

2.2 自然语言处理模型为临床质量控制与临床决策提供支持

NLP 是 AI 的重要分支, 常用于分析医学文本数据 (如电子病历^[17]、临床记录、科学文献等), 提取有用信息和知识, 为医学研究、临床决策和医疗保健提供支持^[18]。在消化内镜领域, NLP 技术有助于内镜操作质量评估^[19]、自动生成检查报告、提高数据分析效率^[20], 为优化操作流程、个性化筛查与精准医疗提供支持。利用 NLP 技术可提取关键质量指标, 如筛查指征、家族史、盲肠插管率、肠道准备充分性及息肉位置, 准确性超过 90%。研究^[21]表明, NLP 工具分析 12 748 例结肠镜报告, 最终腺瘤检出率达 91.3%, 高于传统方法 (87.8%)。基于 NLP 的临床决策支持系统 (clinical decision support system, CDSS) 在消化内镜病理学

领域展现出重要的临床应用价值。其能评估病理医师对腺瘤和锯齿状息肉解读的差异, 分析医师操作量与检出率的关联及影响, 为临床决策提供支持, 为大样本研究提供高效工具。

2.3 人工智能辅助的内镜微创治疗

AI 在内镜微创治疗中的核心作用包括术前决策、术中导航与风险管理。术前决策包括病变检测与边界识别, 主要任务是识别病变并进行良恶性分类。常见基本架构为 CNN 及其优化方案, 如引入残差连接优化 CNN 架构的 ResNet^[22] 和引入复合缩放方法优化模型精度的 EfficientNet。以此类架构构建的代表性应用 CADx 已成为主流。近年来, 引入自注意力机制的 Transformer 架构逐步应用于消化道内镜图像分析, 有报道^[23]显示, 基于 Vision - Transformer - small 架构的模型表现优异, 将内镜图像识别与分类性能提高了 3.55%, 预示 Transformer 在图像识别、病变分割、区域提取等任务上有超越 CNN 的潜力。手术相位识别利用长短期记忆网络 (long short - term memory network, LSTM) 和 CNN - LSTM 等深度学习模型, 实现术中导航。AI - Endo^[24]是该领域的代表性系统, 可实时监控手术进程, 辅助医师决策和操作。风险管理方面, 可利用图神经网络 (graph neural network, GNN) 和基于注意力机制的模型预测术中并发症风险, 如穿孔和出血。这些 AI 辅助系统临床应用标志着内镜手术正从传统经验操作向智能化、精准化诊疗模式转变。目前, AI 在内镜微创治疗领域已实现实时病变检测、手术阶段智能识别和并发症风险预测。随着深度学习算法持续优化和多模态数据融合分析技术深入发展, 内镜微创治疗体系的手术精确度、操作安全性和治疗效率将显著提升。

2.4 机器人内镜系统

机器人内镜系统在临床诊疗中优势显著, 代表系统有 EndoMaster EASE^[25]、I²snake^[26]、Mag-Caps^[27]、MorphGI^[28]、EndoDreams^[29] 等, 见表 1。部分 AI 辅助系统最初针对腹腔镜手术和经自然腔道内镜手术开发, 凭借智能路径规划、精准运动控

制和实时手术导航等优势，在操作精度和稳定性方面表现卓越，在消化道内镜微创治疗领域有重要应用价值和发展潜力。这些技术的跨领域应用拓展了传统内镜手术的功能边界，为更安全、精准的微创治疗提供新支撑。EndoMaster EASE 机器人系统采用柔性机械臂设计，具有较高精确性和安全性，已成功用于结直肠癌 ESD 治疗^[30]。I²snake 机器人具备在消化道狭窄部位（如胃底、十二指肠）精确操作的潜力。MagCaps 多功能磁力驱动胶囊内镜机器人采用磁性软复合材料和双层结构的软阀，提高了胶囊内镜密闭性和标点定位的精准性，能够完成药

物释放和活检取样等任务。MorphGI 结合实时影像反馈与 AI 控制，适应不同解剖结构，提高在消化道弯曲部位的操控性和稳定性。EndoDreams 机器人系统通过协同控制两个机械臂，提高 ESD 术和经口内镜下肌切开术等消化道微创手术操作的稳定性。OverStitch 内镜缝合系统^[31]的内镜下连续缝合技术有助于提高创面闭合稳固性，用于胃肠道病灶切除后创面修复、瘘口闭合及术后并发症管理。这些系统标志着内镜手术精准化和智能化革新，为复杂消化道病变诊治提供全新方案。

表 1 代表性机器人内镜开发进展

机器人内镜名称	开发机构	核心功能	使用场景	当前阶段
EndoMaster EASE	新加坡国立大学、南洋理工大学等	配备高自由度的柔性微型机械臂，集成 AI 技术辅助决策	消化道病变的内镜黏膜下剥离术	早期临床应用
I ² snake	帝国理工学院哈姆林中心	蛇形设计，灵活性强，三维影像支持实时导航	狭窄部位的手术（如经口内镜肌切开术、十二指肠间质瘤切除术）	实验阶段
MagCaps	华中科技大学武汉国家强磁场中心	磁软机器人技术与胶囊设计结合，使用多模态方法驱动，完成药物靶向输送、活检取样等远程任务	复杂肠道检查与治疗	动物离体实验、动物在体实验
MorphGI	伦敦国王学院	仿生自推进式，依靠超液压驱动	结直肠复杂解剖区域的内镜检查	动物离体实验
EndoDreams	ROBO 医疗公司	双柔性机械臂协同的自然腔道机器人内镜	消化道病变的内镜黏膜下剥离术	动物实验

3 人工智能应用于消化内镜领域的挑战与对策

3.1 挑战

AI 在消化内镜领域的临床应用及推广面临多重障碍，主要可归纳为数据、算法和应用层面问题。在数据层面，数据质量与标注一致性是核心挑战，包括内镜图像采集标准不统一、多中心数据异质性显著、采集设备型号不同以及专业标注资源匮乏导致的标注不足，均限制了 AI 模型的泛化能力和鲁棒性^[32]。一项基于 CNN 识别早期胃癌的临床研究^[33]显示，AI 模型诊断敏感度和准确率分别达 88.08% 和 88.60%，但其训练和验证数据完全来源于单一品牌内镜设备。这种设备特异性开发模式引

发临床适用性质疑：在配备不同品牌内镜的医疗中心，图像采集参数（如白平衡算法、光谱特性、图像增强模式）差异显著，诊断效能可能下降。

在算法层面，算法性能的临床适用性有待优化，如实时病变检测延迟、复杂解剖环境下边界分割精度不足及深度学习模型罕见病变识别表现欠佳^[34]。一项单中心研究^[35]表明，多数 AI 系统开发时对图像质量要求较高，实际应用中模糊、干扰图像容错性差，如 CADx 系统在真实临床环境中，肠道病变检测准确率比经验丰富的内镜医师低 5.1%，且在近端结肠等高漏检风险区域未有效提高检出率。术中环境下，因镜头模糊、血液遮挡等情况频发，常导致模型失效或误判。

在临床应用层面，部分 AI 系统仅通过静态图像进行开发和验证，然而，真实工作环境中内镜医师主

要依赖动态实时视频进行检查和诊断^[36]。一项研究^[37]表明，基于放大内镜开发的 AI 辅助识别系统实际应用中面临关键性功能局限：尽管在回顾性分析中展现良好诊断性能，但其“离线”工作模式无法实现实时视频流的分析，导致临床实用性受阻。

3.2 对策

针对数据层面问题，应构建标准化、多中心内镜影像数据库，统一采集参数与标注规范，采用联邦学习技术实现数据隐私保护下的多机构协作建模，通过域适应和图像归一化算法减少设备间差异对模型性能的影响^[38]。

针对算法层面问题，应优化轻量化网络架构（如 MobileNet、EfficientNet）满足实时视频分析需求，引入时序建模方法（如 3D - CNN、Transformer）提升动态特征捕捉能力。对于罕见病变识别，可采用小样本学习和数据增强技术扩充训练样本。强化学习^[39]通过智能体与环境交互优化决策策略，可根据实际反馈调整模型参数，适应不同临床操作情境。如消化道肿瘤内镜诊断中，强化学习算法能根据实时反馈优化病灶分类和分级策略，提高诊断精准性和一致性。

针对应用层面问题，应开发符合临床工作流的人机交互系统，通过增强现实导航和智能语音辅助等功能提升医师使用体验，建立基于真实世界证据的持续优化机制。轻量化 AI 模型通常通过模型压缩、量化及移动设备适配等技术降低计算负担。知识蒸馏^[40]技术可降低计算复杂度，解决基层医疗机构内镜设备性能低且缺乏高性能计算平台支持的问题。以 YOLO 为代表的检测器基于一级检测算法，省略区域提议阶段，检测速度更快。远程医疗场景中，轻量化 AI 模型与无线传输技术结合，为偏远地区提供高质量诊疗服务。以胶囊内镜为例，轻量化模型能在低带宽条件下快速处理图像并传输诊断结果，提升诊疗效率。通过轻量化模型开发及适配性算法优化，可泛化 AI 在消化内镜中的应用。

此外，应推动多学科协作，制定 AI 辅助诊断的临床验证标准，明确责任认定，为技术落地提供制度保障。未来，随着边缘计算和 5G 技术的发展，嵌入式 AI 系统有望实现更低延迟的术中辅助，多模态数据融合将进一步增强诊断模型的鲁棒性。只有技术创新与临床实践紧密结合，才能突破现有瓶颈，推动 AI 在消化内镜中广泛应用，见表 2。

表 2 AI 应用于消化内镜领域的挑战与对策

层面	主要挑战	对策
数据层面	数据标准化不足，缺乏统一采集参数与标注规范	构建标准化、多中心内镜影像数据库，统一采集参数与标注规范
	数据隐私保护需求	采用联邦学习技术实现多机构协作建模，保护数据隐私
	数据异质性	通过域适应和图像归一化算法减少设备间差异对模型性能的影响
算法层面	罕见病变样本量不足	采用小样本学习和数据增强技术扩充训练样本
	实时视频分析的计算复杂度高	优化轻量化网络架构，采用模型压缩和知识蒸馏技术降低计算负担
	动态特征捕捉能力不足	引入时序建模方法提升动态特征捕捉能力
	临床操作情境适应性不足	引入强化学习优化病灶分类和分级策略，适应动态临床需求
应用层面	人机交互与临床工作流融合不足	开发符合临床工作流的人机交互系统，集成增强现实导航和智能语音辅助
	基层医疗机构设备性能有限	适配轻量化 AI 模型，支持本地处理或云端计算，结合 YOLO 等快速检测算法
	远程医疗与低带宽环境支持不足	结合轻量化模型与无线传输技术，提升胶囊内镜等场景的诊断效率

4 数据隐私与医患信任的协同

4.1 数据共享与隐私保护

医疗数据是 AI 模型训练和优化的基础，鉴于

医疗数据的高度敏感性，其隐私保护已成为 AI 模型训练与应用的关键议题。传统数据共享方式易存在隐私泄漏风险，联邦学习^[41]和差分隐私^[42]等技术为解决此问题提供了有效途径。联邦学习允许多个医疗机构不交换原始数据协同训练 AI 模型，有

效降低数据泄漏风险,提升模型泛化能力。例如,在胃肠道疾病多中心研究中,通过联邦学习技术整合不同医院内镜数据,可显著提高模型诊断一致性。但是该技术存在数据质量不可控、跨中心算法协作难度大等局限。差分隐私通过在数据中引入随机噪声,确保共享数据时无法重建患者个人信息,为医疗数据共享中 AI 模型开发提供更多合规性保障。技术之外,还须完善数据隐私保护政策支持和监管框架。《欧盟通用数据保护条例》为医疗数据采集与使用提供明确法律指导。制定符合本地需求的隐私保护法规,推动医疗机构与技术开发商深度合作,是 AI 技术推广的重要保障。

4.2 医患信任与接受度

医师与患者对 AI 技术的接受程度决定了其在临床应用的广度。因 AI 的“黑箱”特性和潜在误诊风险,医患双方态度均偏谨慎。在消化系统疾病诊断中,医师常对 AI 结果持怀疑态度,尤其是与自身经验判断不一致时。而过度依赖 AI 则会导致医师操作技能退化,进一步影响其对 AI 系统的接受度。解决此问题的关键在于开发可解释性强的 AI 模型,提供明确诊断依据,增强医师对输出结果的信任。患者主要担忧诊断准确率和误诊时责任归属不明,这反映 AI 技术实际使用中的伦理困境。未来可通过伦理委员会介入,建立责任划分机制,加强 AI 技术开发者、医疗机构与监管机构协作等手段,减少伦理争议,保障患者权益。

5 结语

AI 在消化内镜领域的应用显著提升了消化系统疾病的诊疗效果。然而,其广泛推广仍面临多重挑战:技术瓶颈包括数据质量与可解释性问题,以及模型在复杂解剖环境中的适应能力不足。伦理与监管障碍包括数据隐私、责任界定等伦理考量及监管框架缺失构成的应用壁垒。未来,AI 在消化内镜领域的发展将聚焦以下几个方面。一是算法深度优化:提升模型的准确性、鲁棒性和实时动态分析能力。二是多模态数据融合:整合内镜影像、病理、

基因组学等多源信息,为精准个体化诊疗提供更强支撑。三是多学科协同创新:AI 技术与临床的深度融合是技术临床转化与持续优化的核心驱动力。最终目标在于构建高效、安全、可靠且符合伦理规范的 AI 辅助诊疗体系,革新消化系统疾病的传统诊治模式。

作者贡献:薛沁菲负责资料收集与整理、论文撰写;宗辉、吴蓉蓉、刘行云负责资料收集与整理;沈百荣、李锐负责提供指导。

利益声明:所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- 1 柏愚,杨帆,马丹,等.中国早期结直肠癌筛查及内镜诊治指南(2014年,北京)[J].胃肠病学,2015,20(6):345-365.
- 2 李鹏,王拥军,王文海.ERCP 诊治指南(2018版)[J].中国实用内科杂志,2018,38(11):1041-1072.
- 3 KATAI H, ISHIKAWA T, AKAZAWA K, et al. Five-year survival analysis of surgically resected gastric cancer cases in Japan: a retrospective analysis of more than 100 000 patients from the nationwide registry of the Japanese gastric cancer association (2001—2007)[J]. Gastric cancer, 2018, 21(1): 144-154.
- 4 HAMET P, TREMBLAY J. Artificial intelligence in medicine [J]. Metabolism, 2017, 69 (S1): 36-40.
- 5 NORTON I D, ZHENG Y, WIERSEMA M S, et al. Neural network analysis of EUS images to differentiate between pancreatic malignancy and pancreatitis [J]. Gastrointestinal endoscopy, 2001, 54 (5): 625-629.
- 6 KUBOTA K, KURODA J, YOSHIDA M, et al. Medical image analysis: computer-aided diagnosis of gastric cancer invasion on endoscopic images [J]. Surgical endoscopy, 2012, 26 (5): 1485-1489.
- 7 KANESAKA T, LEE T C, UEDO N, et al. Computer-aided diagnosis for identifying and delineating early gastric cancers in magnifying narrow-band imaging [J]. Gastrointestinal endoscopy, 2018, 87 (5): 1339-1344.
- 8 KUME K, KUROKI T, SHINGAI M, et al. Endoscopic submucosal dissection using the endoscopic operation robot [J]. Endoscopy, 2012, 44 (S2): 399-400.
- 9 SAUMOY M, GUENTHART B, MADANAT L, et al. Ro-

- botic – assisted endoscopic full – thickness resection of a gastrointestinal stromal tumor; the tip of the iceberg [J]. *Endoscopy*, 2018, 50 (8): 216 – 217.
- 10 REPICI A, BADALAMENTI M, MASELLI R, et al. Efficacy of real – time computer – aided detection of colorectal neoplasia in a randomized Trial [J]. *Gastroenterology*, 2020, 159 (2): 512 – 520.
- 11 FURUBE T, TAKEUCHI M, KAWAKUBO H, et al. Automated artificial intelligence – based phase – recognition system for esophageal endoscopic submucosal dissection (with video) [J]. *Gastrointestinal endoscopy*, 2024, 99 (5): 830 – 838.
- 12 KIKUCHI R, OKAMOTO K, OZAWA T, et al. Endoscopic artificial intelligence for image analysis in gastrointestinal neoplasms [J]. *Digestion*, 2024, 105 (6): 419 – 435.
- 13 LUI T K L, HANG D V, TSAO S K K, et al. Computer – assisted detection versus conventional colonoscopy for proximal colonic lesions: a multicenter, randomized, tandem – colonoscopy study [J]. *Gastrointestinal endoscopy*, 2023, 97 (2): 325 – 334.
- 14 HASSAN C, RIZKALA T, MORI Y, et al. Computer – aided diagnosis for the resect – and – discard strategy for colorectal polyps: a systematic review and meta – analysis [J]. *Lancet gastroenterology and hepatology*, 2024, 9 (11): 1010 – 1019.
- 15 WU L, WANG J, HE X, et al. Deep learning system compared with expert endoscopists in predicting early gastric cancer and its invasion depth and differentiation status (with videos) [J]. *Gastrointestinal endoscopy*, 2022, 95 (1): 92 – 104.
- 16 NIE M Y, AN X W, XING Y C, et al. Artificial intelligence algorithms for real – time detection of colorectal polyps during colonoscopy: a review [J]. *American journal of cancer research*, 2024, 14 (11): 5456 – 5470.
- 17 HOSSAIN E, RANA R, HIGGINS N, et al. Natural language processing in electronic health records in relation to healthcare decision – making: a systematic review [J]. *Computers in biology and medicine*, 2023, 155 (3): 106649.
- 18 ZONG H, WU R, CHA J, et al. Advancing Chinese biomedical text mining with community challenges [J]. *Journal of biomedical informatics*, 2024, 157 (9): 104716.
- 19 MA H, MA X, YANG C, et al. Development and evaluation of a program based on a generative pre – trained transformer model from a public natural language processing platform for efficiency enhancement in post – procedural quality control of esophageal endoscopic submucosal dissection [J]. *Surgical endoscopy*, 2024, 38 (3): 1264 – 1272.
- 20 NEHME F, FELDMAN K. Evolving role and future directions of natural language processing in gastroenterology [J]. *Digestive diseases and sciences*, 2021, 66 (1): 29 – 40.
- 21 RAJU G S, LUM P J, SLACK R S, et al. Natural language processing as an alternative to manual reporting of colonoscopy quality metrics [J]. *Gastrointestinal endoscopy*, 2015, 82 (3): 512 – 519.
- 22 COGAN T, COGAN M, TAMIL L. MAPGI: accurate identification of anatomical landmarks and diseased tissue in gastrointestinal tract using deep learning [J]. *Computers in biology and medicine*, 2019, 111 (8): 103351.
- 23 BOERS T G W, FOCKENS K N, VAN DER PUTTEN J A, et al. Foundation models in gastrointestinal endoscopic AI: impact of architecture, pre – training approach and data efficiency [J]. *Medical image analysis*, 2024, 98 (12): 103298.
- 24 CAO J, YIP H C, CHEN Y, et al. Intelligent surgical workflow recognition for endoscopic submucosal dissection with real – time animal study [J]. *Nature communications*, 2023, 14 (1): 6676.
- 25 CHIU P W Y, YIP H C, CHU S, et al. Prospective single – arm trial on feasibility and safety of an endoscopic robotic system for colonic endoscopic submucosal dissection [J]. *Endoscopy*, 2025, 57 (3): 240 – 246.
- 26 BERTHET – RAYNE P, GRAS G, LEIBRANDT K, et al. The i²snake robotic platform for endoscopic surgery [J]. *Annals of biomedical engineering*, 2018, 46 (10): 1663 – 1675.
- 27 SUN Y, ZHANG W, GU J, et al. Magnetically driven capsules with multimodal response and multifunctionality for biomedical applications [J]. *Nature communications*, 2024, 15 (1): 1839.
- 28 BERNTH J E, ZHANG G, MALAS D, et al. MorphGI: a self – propelling soft robotic endoscope through morphing shape [J]. *Soft robot*, 2024, 11 (4): 670 – 683.
- 29 杨笑笑, 高沪昕, 付士宸, 等. 消化内镜微创手术机器人系统的研发及其辅助离体猪胃内镜黏膜下剥离术的可行性评估 [J]. *中华消化内镜杂志*, 2023, 40 (3): 182 – 188.
- 30 CHIU P W Y, HO K Y, PHEE S J. Colonic endoscopic submucosal dissection using a novel robotic system (with video)

- [J]. Gastrointest endoscopy, 2021, 93 (5): 1172 – 1177.
- 31 KEIHANIAN T, ZABAD N, KHALAF M, et al. Safety and efficacy of a novel suturing device for closure of large defects after endoscopic submucosal dissection (with video) [J]. Gastrointest endoscopy, 2023, 98 (3): 381 – 391.
- 32 KUDO S E, MORI Y, MISAWA M, et al. Artificial intelligence and colonoscopy: current status and future perspectives [J]. Digestive endoscopy, 2019, 31 (4): 363 – 371.
- 33 FENG J, YU S R, ZHANG Y P, et al. A system based on deep convolutional neural network improves the detection of early gastric cancer [J]. Frontiers in oncology, 2022 (12): 1021625.
- 34 BARUA I, VINSARD D G, JODAL H C, et al. Artificial intelligence for polyp detection during colonoscopy: a systematic review and meta – analysis [J]. Endoscopy, 2021, 53 (3): 277 – 284.
- 35 TANI Y, ISHIHARA R, INOUE T, et al. A single – center prospective study evaluating the usefulness of artificial intelligence for the diagnosis of esophageal squamous cell carcinoma in a real – time setting [J]. BMC gastroenterol, 2023, 23 (1): 184.
- 36 BYRNE M F, CHAPADOS N, SOUDAN F, et al. Real – time differentiation of adenomatous and hyperplastic diminutive colorectal polyps during analysis of unaltered videos of standard colonoscopy using a deep learning model [J]. Gut, 2019, 68 (1): 94 – 100.
- 37 LIU L, DONG Z, CHENG J, et al. Diagnosis and segmentation effect of the ME – NBI – based deep learning model on gastric neoplasms in patients with suspected superficial lesions – a multicenter study [J]. Frontiers in oncology, 2022, 12 (1): 1075578.
- 38 ZHANG L, ZHANG Y, WANG L, et al. Diagnosis of gastric lesions through a deep convolutional neural network [J]. Digestive endoscopy, 2021, 33 (5): 788 – 796.
- 39 BOTVINICK M, RITTER S, WANG J X, et al. Reinforcement learning, fast and slow [J]. Trends in cognitive sciences, 2019, 23 (5): 408 – 422.
- 40 ZHANG Q, CHENG X, CHEN Y, et al. Quantifying the knowledge in a DNN to explain knowledge distillation for classification [J]. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2023, 45 (4): 5099 – 5113.
- 41 YURDEM B, KUZLU M, GULLU M K, et al. Federated learning: overview, strategies, applications, tools and future directions [J]. Heliyon, 2024, 10 (19): e38137.
- 42 DYDA A, PURCELL M, CURTIS S, et al. Differential privacy for public health data: an innovative tool to optimize information sharing while protecting data confidentiality [J]. Patterns, 2021, 2 (12): 100366.

2026 年《医学信息学杂志》征订启事

《医学信息学杂志》是国内医学信息领域创刊最早的国家级期刊。主管单位：国家卫生健康委员会；主办单位：中国医学科学院。中国科技核心期刊（中国科技论文统计源期刊），美国《化学文摘》、《乌利希期刊指南》及 WHO 西太区医学索引（WPRIM）收录，并收录于国内 3 大数据库。主要栏目：专论，医学信息研究，医学信息技术，医学信息资源管理与利用，医学信息教育等。读者对象：医学信息领域专家学者、管理者、实践者，高等院校相关专业的师生及广大医教研人员。

《医学信息学杂志》国内外公开发行人，每册定价：20 元（月刊），全年 240 元。邮发代号：2 – 664，全国各地邮局均可订阅。也可到编辑部订购：北京市朝阳区雅宝路 3 号（100020）中国医学科学院医学信息研究所《医学信息学杂志》编辑部；电话：010 – 52328686，52328687。

《医学信息学杂志》编辑部