

## 显微内镜技术在消化道疾病诊治中的应用进展

陈昊昊<sup>1</sup> 何佳滢<sup>2</sup> 高野<sup>1</sup> 陈哲涵<sup>2</sup> 王伟<sup>1</sup> 王洛伟<sup>1</sup> 王立强<sup>2</sup>

<sup>1</sup>海军军医大学第一附属医院消化内科, 上海 200433; <sup>2</sup>浙江大学光电科学与工程学院, 杭州 310027

通信作者: 王伟, Email: smmuww1981@163.com; 王洛伟, Email: wangluoweimd@126.com; 王立强, Email: wangliqiang@zju.edu.cn

**【摘要】** 当前消化内镜已步入显微内镜时代, 典型的代表为细胞内镜技术和共聚焦激光显微内镜技术。这两项技术通过实现细胞层面的成像, 为消化道癌的早期诊断开辟了新的可能性。本文探讨了细胞内镜和共聚焦激光显微内镜成像技术在食管、胃和结直肠病变诊治中的临床应用进展。现有研究表明, 细胞内镜和共聚焦激光显微内镜成像技术在消化道癌早期诊断、术前评估和治疗监测中具有良好应用前景。

**【关键词】** 内窥镜检查, 消化系统; 细胞内镜; 共聚焦激光显微内镜

### Application advances of endomicroscopy technology for the diagnosis and treatment of gastrointestinal diseases

Chen Wuhao<sup>1</sup>, He Jiaying<sup>2</sup>, Gao Ye<sup>1</sup>, Chen Zhehan<sup>2</sup>, Wang Wei<sup>1</sup>, Wang Luowei<sup>1</sup>, Wang Liqiang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Gastroenterology, The First Affiliated Hospital of Naval Medical University, Shanghai 200433, China; <sup>2</sup>College of Optical Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

Corresponding author: Wang Wei, Email: smmuww1981@163.com; Wang Luowei, Email: wangluoweimd@126.com; Wang Liqiang, Email: wangliqiang@zju.edu.cn

消化道癌症诊断的金标准是组织病理学, 但传统的病理学依赖于侵入性的组织活检, 这不仅给患者带来不适, 还可能因为取样误差导致诊断不准确。近年来, 内镜成像技术的迅速发展, 增强了它对消化道黏膜病变的识别和检测能力, 使得医师能够实时观察消化道黏膜, 有助于发现微小的病变, 在某些情况下减少了活检需要。细胞层面的内镜技术能够提供与组织病理学相似的图像, 从而可能预测病理结果<sup>[1-2]</sup>。目前存在两种主要技术来实现细胞层面的内镜成像技术: 第一种是细胞内镜技术, 它通过微型探头直接观察细胞和亚细胞结构; 第二种是共聚焦激光显微内镜 (confocal laser endomicroscopy, CLE), 它利用激光扫描和共聚焦成像技术来提供清晰的细胞和亚细胞结构图像。这些技术的进步对消化道疾病的诊断能力产生了一定的促进作用, 医师能够在不显著增加患者风险的情况下, 对消化道黏膜的病变情况进行更准确地识别和评估<sup>[3-4]</sup>。

本文将对细胞内镜技术和 CLE 在消化道 (食管、胃肠道) 疾病诊治中的临床应用进展作一综述。

#### 一、细胞内镜的临床应用发展

##### 1. 细胞内镜技术原理

细胞内镜技术自 2004 年首次由 Kumagai 等<sup>[5]</sup>报道以来, 已经经历了几代的发展。第一代细胞内镜作为导管式附件, 能够在 19 英寸显示器上提供 570 倍或 1 400 倍的上皮表面超高倍率成像图像 (或在 14 英寸显示器上提供 450 倍和 1 125 倍的图像), 但存在操作复杂和检查耗时的问题<sup>[5]</sup>。第二代细胞内镜将放大功能集成到内镜本身, 实现了在 80 倍和 450 倍之间自由切换的观察方式, 增强了使用的灵活性。这一设计增强了耐用性, 但也带来了一些限制, 例如显示器只能显示单一视图<sup>[6]</sup>。第三代细胞内镜引入了连续变焦技术, 消除了固定放大倍数的限制, 通过手柄杆实现从常规观察到 380 倍放大的连续调节, 实现了从传统视角到高分辨率观察的平滑过渡<sup>[7]</sup>。然而, 其放大倍率尚不足以

DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20250605-00080

收稿日期 2025-06-05 本文编辑 钱程

引用本文: 陈昊昊, 何佳滢, 高野, 等. 显微内镜技术在消化道疾病诊治中的应用进展[J]. 中华消化内镜杂志, 2026, 43(3): 174-181. DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20250605-00080.



评估细胞核异常,成像质量仍需进一步提升<sup>[8]</sup>。第四代细胞内镜在前一代的基础上,进一步将放大倍数提升至 500 或 520 倍,并将内镜直径减小至 9.7 mm,提高了操作的精度和便捷性<sup>[9-10]</sup>。

细胞内镜的原理是接触式内镜,在用甲苯胺蓝和结晶紫染色后,将内镜头端应用于病变的目标区域,通过手柄上的模式切换开关,可以立即获得超放大的细胞内镜图像<sup>[10]</sup>。从细胞内镜程序中可识别的特征包括上皮表层腺体形态、用甲苯胺蓝染色的上皮细胞核形状,以及用结晶紫染色的上皮细胞质形状<sup>[11-12]</sup>。普通观察和超放大(最大放大倍率)观察之间的切换通过操作部变焦机构移动来完成。在最大放大倍率观察时,需要将内镜前端的物镜与观察对象的生物黏膜接触,为此,设计上前端外径细,并且从侧面看内镜前端时,物镜面位于最前面。

## 2. 细胞内镜在消化道疾病诊治中的应用进展

(1) 食管疾病:在食管疾病的诊断领域,细胞内镜的应用研究不断深入。2004 年, Kumagai 等<sup>[5]</sup>首次报道了使用亚甲蓝染色的体内食管鳞状上皮和鳞状细胞癌的观察结果。通过细胞内镜观察到正常细胞的均匀染色和细胞核规律性等特征,以及癌变区域细胞密度的显著增加和核的不规则性<sup>[5]</sup>。同年, Inoue 等<sup>[1]</sup>报告了 38 例患者食管细胞内镜观察的结果,细胞内镜能够清晰地区分病变部位与正常组织细胞核的特征。然而, Pohl 等<sup>[13]</sup>使用细胞内镜对 16 例巴雷特食管患者黏膜进行了分析,发现仅凭细胞内镜图像难以准确识别肿瘤区域。

为进一步验证细胞内镜在食管病变中的诊断价值, Kumagai 等<sup>[7]</sup>使用细胞内镜检查了 24 例正常和 11 例食管癌患者,揭示了正常鳞状上皮的上皮下毛细血管网络和静脉关系,以及食管癌病变的微血管结构和血流特征,这项研究显示, 81.8% 的食管癌患者可以不进行组织学活检。2017 年, Kumagai 等<sup>[9]</sup>使用细胞内镜观察了 32 例食管鳞状细胞癌,拍摄的细胞图像更明亮清晰,便于识别核异常。在另一项研究中, Shimamura 等<sup>[14]</sup>回顾性分析了 57 例患者的 2 548 张食管黏膜细胞内镜图像,发现专家在诊断鳞状细胞癌的灵敏度和特异度分别为 82.5% 和 83.0%,非专家的灵敏度和特异度分别为 90.1% 和 75.0%,专家和非专家的诊断准确性相似。2022 年, Wang 等<sup>[15]</sup>系统回顾荟萃分析了细胞内镜对早期食管癌的诊断效能,共纳入 7 项研究,包括 520 个病变,结果显示细胞内镜诊断早期食管癌的灵敏度和特异度分别为 95% 和 92%,这表明细胞内镜在诊断食管病变的应用中有着良好的前景。

随着人工智能的不断发展,人工智能辅助细胞内镜诊断食管疾病的相关应用研究逐渐深入。2019 年, Kumagai 等<sup>[16]</sup>基于 GoogLeNet 开发了基于卷积神经网络(convolutional neural networks, CNN)的人工智能模型,显示出高灵敏度(92.6%)和特异度(89.3%),准确率达到 90.9%。2022 年, Kumagai 等<sup>[17]</sup>基于 DeiT 模型开发了人工智能辅助诊断系统,分析了 114 张细胞内镜图片,准确率达到

91.2%,与病理学家相当,甚至高于内镜医师。2023 年, van der Laan 等<sup>[18]</sup>开发了基于 CNN 的模型,并建立了在线模块培训医师,培训后的医师灵敏度和准确率分别提高了 32.67% 和 13.0%。人工智能辅助的细胞内镜技术在食管病变的诊断中展现出较高的诊断效能,其通过高分辨率的静态图像分析,能够有效识别早期病变和细微的形态学改变。然而,现有技术主要局限于静态图像的解析,尚未实现对动态视频的实时分析与处理,这在一定程度上限制了它在临床实践中的广泛应用。

基于细胞内镜观察,研究人员建立了食管鳞状上皮分类系统。2006 年, Kawada 等<sup>[19]</sup>提出了基于细胞内镜的三级分类。Inoue 等<sup>[6]</sup>根据核密度和核异常提出了五个层次的细胞内镜分类。2020 年, Abad 等<sup>[20]</sup>将分类系统简化为三级细胞内镜分类,细胞内镜 1a 型(正常)表现为规则排列的大斜方体细胞;细胞内镜 1b 型(食管炎)表现为钝化的边缘和更圆润的细胞;细胞内镜 2 型(上皮内瘤变)表现为细胞密度增加,但仍然具有可识别的细胞结构;细胞内镜 3 型(食管鳞状细胞癌)表现为细胞密度明显增加,细胞结构丧失。

(2) 胃疾病:与食管相比,胃部的黏液分泌功能更为活跃,同时胃上皮缺乏肠道上皮的吸收功能,这使得胃部检查过程变得更加复杂。胃部丰富的黏液对于实现理想的染色效果和获取高质量的细胞内镜图像构成了挑战。2004 年, Inoue 等<sup>[1]</sup>首次使用细胞内镜对 18 例患者的胃部进行观察。然而,在 4 例胃病病变中,由于胃黏膜的分泌特性,未能获得满意的细胞水平图像。随着内镜技术的不断发展,2013 年, Isomoto 等<sup>[21]</sup>报告了 17 例胃恶性淋巴瘤的细胞内镜应用情况,发现细胞内镜能够将淋巴瘤细胞在腺体间的浸润可视化,表现为细胞核体积较小且染色加深。2014 年, Kaise 等<sup>[22-23]</sup>对细胞内镜在胃癌诊断中的性能进行了大规模评估,通过两项研究阐明了细胞内镜在胃癌诊断中的应用价值。胃癌诊断的总体准确度介于 78.4%~86%,特异度则高达 93.3%~100%。2017 年, Kumagai 等<sup>[9]</sup>使用细胞内镜观察了 11 例胃癌,其中 10 例成功实现了癌细胞的可视化,这使得通过细胞内镜对胃病开展“光学活检”成为现实。

2019 年,一项回顾性研究报告了使用细胞内镜观察 43 例患者胃黏膜的细胞内镜图像,诊断胃癌的灵敏度、特异度和准确性分别为 87.0%~91.3%、75.0%~80.0% 和 83.7%<sup>[24]</sup>。2022 年, Noda 等<sup>[25]</sup>开发了基于 CNN 的系统辅助细胞内镜诊断早期胃癌,该系统在准确性、灵敏度和特异度(86.1%、82.1% 和 90.9%)方面均优于 3 名内镜医师(82.4%、79.5% 和 85.9%)。同年, Wang 等<sup>[26]</sup>使用细胞内镜进行观察,证实细胞内镜可用于区分早期胃癌和非癌性病变,具有实时“光学活检”能力。2023 年, Yoo 等<sup>[27]</sup>对 24 例胃肿瘤患者进行细胞内镜检查,发现与传统成像技术相比,细胞内镜在诊断早期胃癌方面具有更高的灵敏度和准确性。2024 年,一项纳入了 4 项研究共 245 例患者的 Meta 分析探讨了细胞内镜在胃癌检测中的潜力,显示出高灵敏度、特异度和准确性(83.5%、91.7% 和 89.2%),且风险相对较低<sup>[28]</sup>。

细胞内镜以其高诊断准确性和对细胞特征的观察能力,在早期胃癌诊断,尤其是分化型腺癌方面,显示出潜在的应用价值<sup>[29]</sup>。

(3) 结肠疾病:在结肠镜筛查中,小型结肠息肉(直径 $\leq 5$  mm)通常很少合并重度异型增生或癌变。根据现行指南,一旦发现这类息肉,医师会进行切除并送至病理科检查,以确定其类型(腺瘤性或增生性),进而决定后续的结肠镜筛查间隔。如果能通过“光学活检”技术在体内直接评估这些息肉的病理类型,可能会改变现有的诊断和治疗策略,降低医疗成本,同时保证结肠癌预防的有效性<sup>[30-31]</sup>。

2004年,Inoue等<sup>[1]</sup>首次报告了35例患者结肠的细胞内镜观察结果,病例均获得了高质量的图像。基于上述研究,Sasajima等<sup>[32]</sup>和Kudo等<sup>[33]</sup>进一步使用细胞内镜对206例患者进行检查,并建立了结肠病变的细胞内镜分类系统,将病变分为细胞内镜1型(非肿瘤性)、细胞内镜2型(腺瘤)、细胞内镜3型(癌),并进一步细分为细胞内镜1a型(正常黏膜)、细胞内镜1b型(增生性息肉)、细胞内镜2型(异型增生)、细胞内镜3a型[高级别上皮内瘤变(high-grade intraepithelial neoplasia, HGIN)或黏膜层浸润癌]、细胞内镜3b型(肌层浸润癌或更深浸润)。随着细胞内镜技术的更新迭代,2013年,Mori等<sup>[34]</sup>通过随机对照试验比较了第二代、第三代细胞内镜与标准活检的诊断效果,结果显示细胞内镜对结肠肿瘤的诊断准确率为94.1%,灵敏度为97.6%,特异度为100%,与标准活检相当。在另一项研究中,Utsumi等<sup>[35]</sup>使用细胞内镜对39例患者的63处结肠息肉进行了观察,细胞内镜2型的灵敏度、特异度、准确度和阴性预测值分别为98.0%、92.3%、96.8%、98.0%和92.3%,显示出高诊断性能。2022年,Inoue等<sup>[36]</sup>对40例结肠标本进行了细胞内镜图像分析,与常规组织病理学诊断的一致性达到了100%,观察者间一致性也为100%,这表明细胞内镜图像在诊断结肠病变方面具有较高的可靠性和准确性。同年,Toyoshima等<sup>[37]</sup>研究了使用细胞内镜和窄带光成像(narrow band imaging, NBI)技术识别锯齿状息肉中的棕色裂缝,以诊断腺瘤。在62例患者的108个病变中,棕色裂缝对腺瘤的灵敏度为94.9%,特异度为98.0%,准确性为96.3%,阳性预测值为98.2%,阴性预测值为94.1%。2023年,一项纳入了8项研究的Meta分析对人工智能辅助的细胞内镜准确性进行了报告,该Meta分析共涉及2 984例患者(4 241个病变),分析表明人工智能在检测结肠病变方面的准确性、灵敏度和特异度分别为95%、93%和94%,与专家的诊断准确性相当<sup>[38]</sup>。

这些研究结果表明,细胞内镜技术在诊断精度上展现出了良好的表现,与病理学诊断结果具有可比性。该技术使医师能够直接观察到结肠病变的细胞层面细节,这可能有助于结肠癌的早期诊断和治疗。

### 3. 细胞内镜总结

细胞内镜,作为一项基于超高放大倍率的显微内镜成像技术,为消化道(涵盖食管、胃、肠道等器官)组织提供了

高分辨率的图像,通过活体染色实现体内评估。该技术的优势主要体现在以下几个方面:①超高放大倍率:能够呈现细胞级别的精细图像;②实时动态评估:支持术中能对染色后黏膜进行实时病理级观察,显著缩短诊断-治疗决策周期;③非活检依赖特性:通过活体“光学活检”减少重复取材风险,尤其适用于凝血功能障碍或高危部位病变;④染色增强可视化:联合甲苯胺蓝、结晶紫等黏膜染色剂,可特异性增强细胞边界、细胞内代谢产物及异常血管显影。细胞内镜在临床上的应用包括:①消化道早期癌诊断:通过观察细胞的微观结构变化,有助于及早发现癌症;②炎症性肠病评估:量化杯状细胞缺失程度及隐窝结构破坏范围,辅助鉴别克罗恩病与溃疡性结肠炎活动期;③内镜切除术导航:通过实时判定病变边界及浸润深度,指导内镜黏膜下剥离术(endoscopic submucosal dissection, ESD)或者内镜黏膜切除术(endoscopic mucosal resection, EMR)的精准切除范围;④治疗效果监测:监测治疗效果,例如评估化疗后的组织反应。

尽管细胞内镜在消化道病变的诊断中显示出了良好的准确性,但仍面临着染色和分类标准化的挑战,并且它不能实现表层外的可视化。评估病变深度的能力还需进一步研究。目前,临床数据主要来自亚洲地区,需要在全球范围内进行更广泛的验证。随着技术的持续进步,细胞内镜技术有潜力在消化道疾病的诊断和治疗中扮演更重要的角色,促进个性化和精准医疗的进一步发展。

## 二、CLE的临床应用发展

### 1. CLE技术发展

与传统的宽场显微成像相比,CLE除了提高横向和轴向分辨率外,CLE还能通过使用共聚焦针孔显著地拒绝焦外光,从而有选择地在深度上进行成像。这种光学断层扫描能力使得无需进行传统的组织切除、固定和切片处理,就能对厚的生物样本(如体内组织)进行高分辨率成像。

CLE自1957年发明以来获得了迅速发展<sup>[39]</sup>。这项技术通过使用针孔来排除焦平面前后的散射光,提升了图像的信噪比和轴向分辨率。CLE在体内临床成像领域的一个主要进展是采用单模光纤来替代传统的共聚焦微孔。这种方法已被证实,能够使显微镜系统维持与传统共聚焦成像相同的光学切片特性。通过运用光纤充当成像系统的光源和探测器微孔,实现了成像组件与照明及探测单元的有效分离,从而提升了共聚焦显微镜在活体内成像的灵活性和应用范围。此外,这种设计简化了系统结构,便于自动校准共聚焦的两个光圈<sup>[40]</sup>。CLE主要分为两大类,区别在于是近端扫描还是远端扫描,以及所使用的光导类型。近端扫描通常是在光导的系统端进行,通过一个相干的图像导引器来传递扫描图案到组织。这种方法的优点是扫描组件不需要集成在内窥探头内,从而不受尺寸限制。但是,其分辨率受限于纤维束中单根纤维之间的间隔,以及纤维束中纤维的总数,像素总数通常在10 000到100 000个元素之间。为了克服这一限制,可以采用单根光纤,并将扫描技术应用

在光导的远端,即靠近组织的位置<sup>[40]</sup>。CLE 技术提供了高达 1 000 倍的放大率,这一特性使它能够对消化道组织进行细胞层面的观察。这种高分辨率的成像能力为消化道组织的成像提供了重要的工具,有助于医师更细致地评估和诊断消化道疾病<sup>[41]</sup>。

## 2. CLE 在消化道疾病诊治中的应用进展

(1) 食管疾病:2008 年,Pohl 等<sup>[42]</sup>的研究报告中,38 例巴雷特食管患者接受了标准白光内镜 (white light endoscopy, WLE) 和 CLE 检查。研究结果显示,2 名观察者在灵敏度方面均达到了 75%,而特异度方面分别达到了 89% 和 91%。Sharma 等<sup>[43]</sup>对 101 例巴雷特食管患者进行了高清白光内镜 (high definition white light endoscope, HDWLE)、NBI 和 CLE 检查,并与活检结果进行了对比。研究发现,HDWLE 的灵敏度和特异度分别为 34.2% 和 92.7%,而 HDWLE 结合 CLE 的灵敏度和特异度分别提升至 68.3% 和 87.8%,HDWLE 结合 NBI 的灵敏度和特异度分别为 45.0% 和 88.2%,HDWLE 结合 NBI 和 CLE 则进一步将灵敏度和特异度分别提高至 75.8% 和 84.2%。这表明 CLE 与 HDWLE 的结合增强了对巴雷特食管患者肿瘤的检测能力。基于上述研究,Wallace 等<sup>[44]</sup>提出了“迈阿密分类”,用来描述正常鳞状上皮、巴雷特食管合并异型增生、HGIN 和巴雷特食管腺癌的 CLE 图像特征的分类方法。2018 年,Xiong 等<sup>[45]</sup>评估巴雷特食管患者中,使用 NBI 和 CLE 诊断 HGIN 和食管腺癌的准确性,研究系统回顾和荟萃分析了 5 项研究,共纳入 251 例患者。NBI 的综合灵敏度为 62.8%,CLE 的综合灵敏度为 72.3%,两者的特异度分别为 85.3% 和 83.8%。2020 年,Krajciová 等<sup>[46]</sup>评估了 ESD、射频消融后,使用 CLE 监测和活检的诊断性能。这项研究纳入了 56 例患者,结果发现 CLE 和活检在诊断食管肠上皮化生的灵敏度、特异度、阳性和阴性预测值上差异无统计学意义,CLE 的诊断准确性达到了 100%,而活检的诊断准确性为 94.6%。

2022 年,一项纳入了 9 项使用 CLE 检测巴雷特食管患者异型增生和早期食管腺癌研究的 Meta 分析显示,CLE 的灵敏度、特异度、阳性和阴性预测值分别为 82%、90%、75%、95%,整体准确率达到 90%<sup>[47]</sup>。CLE 作为一种辅助手段,在巴雷特食管的检测中显示出潜在的有效性,检测率提高了 1 倍<sup>[48]</sup>。与 WLE 和 NBI 相比,CLE 检测到的病变数量是其 1.7 倍<sup>[43]</sup>。该技术通过提供更清晰的细胞变化图像,可增加诊断的产量和准确性,并辅助医师在关键区域进行更精确的活检。对外科医师而言,CLE 的使用可能有助于减少对非肿瘤性疾病的非必要治疗,从而改善患者的并发症情况,并有助于优化监测的间隔时间<sup>[49]</sup>。

(2) 胃疾病:CLE 技术因为其高分辨率成像特性,被广泛应用于胃癌肿瘤性病变和癌前病变的检测。2010 年,吴巍等<sup>[50]</sup>在国内率先采用 CLE 技术研究胃黏膜病变,其结果显示与传统活检具有高度一致性。随后,Bok 等<sup>[51]</sup>的研究发现,CLE 在诊断胃癌方面的准确度高于普通内镜 (90.7% 比 85.2%),两者联合使用可将诊断准确度提升至 98.1%。

2017 年,Chen 等<sup>[52]</sup>对 CLE 技术在诊断上消化道病变中的性能进行了评估,通过 2014—2016 年在中国一家三甲医院接受 CLE 检查的疑似上消化道病变的门诊患者的回顾性研究,比较了 CLE 的诊断结果与组织病理学报告,结果显示 CLE 具有高灵敏度 (72.4%)、特异度 (93.1%)、阳性预测值 (72.4%)、阴性预测值 (93.1%) 和准确性 (88.9%),在 380 例患者中有 322 例被诊断出不同类型的胃病变。研究认为 CLE 是提高胃病变诊断准确性的有效工具。2019 年,马盼盼等<sup>[53]</sup>的研究评估了 CLE 在胃癌及癌前病变诊断中的应用,共纳入 119 例患者,研究结果显示,CLE 在诊断萎缩性胃炎、胃黏膜肠上皮化生 (gastric intestinal metaplasia, GIM)、低级别上皮内瘤变 (low-grade intraepithelial neoplasia, LGIN) 和 HGIN 方面的灵敏度分别为 94.34%、84.47%、85.29% 和 95.83%;特异度分别为 91.09%、92.16%、87.50% 和 97.17%。CLE 在诊断胃癌及癌前病变方面表现出色,能对胃黏膜肠上皮化生进行初步分型,提供了一种高准确性的诊断工具。

Chu 等<sup>[54]</sup>回顾性比较了 2015—2017 年的 226 例患者接受 CLE 检查的数据,评估了丙泊酚镇静与非镇静下 CLE 诊断早期胃癌和癌前病变的效果。在镇静组中,诊断早期胃癌的灵敏度和特异度分别为 88.1% 和 98.6%。2022 年,另一项汇总了 7 项临床研究 (567 例患者的 611 处胃部病变) 的 Meta 分析显示 CLE 诊断胃癌的灵敏度、特异度和准确率分别为 87.9%、96.5% 和 94.7%<sup>[55]</sup>。同年,Zhou 等<sup>[56]</sup>分析了 2020 年 11 月 5 日前的文献,研究表明 CLE 在检测胃癌局灶性癌前病变的灵敏度和特异度分别为 90% 和 87%,略高于 NBI (87% 和 85%)。CLE 系统通过实时提供组织显微图像,辅助医师进行胃肠道疾病的诊断、胃癌的检测和手术切除边缘的评估、识别分化和未分化的胃癌细胞<sup>[57]</sup>。然而,CLE 技术在实际应用中面临一些挑战。例如,它可能需要使用造影剂,成像质量可能受到呼吸运动的干扰,且荧光素钠在清晰显示细胞核结构方面存在局限。尽管如此,CLE 技术作为诊断工具的一部分,为胃癌的诊断和治疗决策提供了额外的信息和指导。

(3) 结直肠疾病:CLE 技术已被广泛应用于结直肠息肉的鉴别与分类过程,它通过提供更详细的组织和细胞结构图像,有助于医师进行早期诊断。2007 年,Meining 等<sup>[58]</sup>使用 CLE 对 47 例疑似或已知消化道肿瘤患者的内镜检查情况进行了研究,结果显示病理学专家在下消化道图像诊断的准确率达到 94.1% (灵敏度 100%,特异度 91.3%),而胃肠病学专家的准确率为 91.7% (灵敏度 92.3%,特异度 91.3%),这一结论证实了 CLE 在内镜检查中诊断肿瘤的可行性。随后,Rispo 等<sup>[59]</sup>使用 CLE 对 51 例溃疡性结肠炎患者进行监测性结肠镜检查,发现 CLE 在检测发育不良方面的灵敏度、特异度、阳性和阴性预测值分别为 100%、90%、83%、100%。2013 年,Su 等<sup>[60]</sup>通过系统回顾 2000—2012 年间的文献,研究评估了 CLE 技术在区分结直肠肿瘤性病变与非肿瘤性病变中的有效性。研究共分析了 15 项研究,涉

及 719 例患者和 2 290 个样本。结果显示,在实时 CLE 中,基于内镜的系统比基于探针的系统具有更高的灵敏度(96% 比 89%)和特异度(99% 比 82%)。CLE 与传统的放大虚拟染色内镜和放大色素染色内镜在准确性上相当。另一项纳入了 22 项研究(涉及 1 491 例患者,4 674 个息肉,539 个肿瘤)的 Meta 分析显示,CLE 在区分肿瘤与非肿瘤病变方面的灵敏度为 91%,特异度为 97%<sup>[61]</sup>。

2018 年,Liu 等<sup>[62]</sup>利用 CLE 技术来评估低位直肠癌患者的病变部位远端切缘,共纳入了 18 例患者,结果显示 CLE 检测远端边缘的灵敏度达到 85.71%,特异度为 100%,准确率为 94.44%。同年,日本一项研究表明,CLE 可用于评估结肠直肠癌的病变浸润深度。研究发现,所有黏膜下深层(SM2)或更深的癌症都观察到隐窝结构的缺失,而这一特征仅在 1 个黏膜层(M)-黏膜下浅层(SM1)病变中观察到。WLE、放大窄带光成像(magnifying narrow band imaging, M-NBI)和放大染色内镜(magnifying chromoendoscopy, M-CE)的灵敏度分别为 60%、60% 和 80%;特异度均为 94%;准确性分别为 86%、86% 和 91%。CLE 的灵敏度、特异度和准确性分别为 80%、94% 和 91%<sup>[63]</sup>。在最近一项研究中, Lee 等<sup>[64]</sup>使用 CLE 和基于染料的细胞内镜检查 110 例胃肠道病变的患者,发现 CLE 的灵敏度为 100%,特异度为 78.57%,阳性预测值为 95.59%,阴性预测值为 100%,整体准确性为 96.20%。相比之下,细胞内镜显示灵敏度为 47.69%,特异度为 85.71%,阳性预测值为 93.94%,阴性预测值为 26.09%,准确性为 54.43%。

CLE 利用先进的成像技术对结肠直肠病变进行检测和监测。在 CLE 的帮助下,医师能够更准确地检测 EMR 术后的残留肿瘤,并据此调整再治疗策略。然而,CLE 的操作依赖于检查者的技能,并且需要专门的培训。技术成本和程序时间也是实施过程中面临的挑战。目前,CLE 主要被应用于研究领域,展现出在多个方面的潜在用途。在临床应用方面,CLE 可能具有广泛的应用前景,特别是在评估黏膜炎症、监测疾病进展以及分析结肠炎相关的结肠病变等场景中。然而,临床实践中的确切作用和效果仍需进一步研究和验证<sup>[65]</sup>。

### 3. CLE 总结

CLE 技术基于激光扫描和共聚焦显微成像原理,提供了一种在体内进行高分辨率成像的方法。医师可以实时观察组织的细胞结构,这使得他们能够做出更为精确的诊断和治疗决策。CLE 的高放大倍率(高达 1 000 倍)允许医师在体内进行“光学活检”,识别切除边缘和最佳病变区域,从而减少了活检的次数。CLE 的优势:①高分辨率成像:提供细胞级别的高分辨率图像,可以清晰地观察到组织和细胞的微观结构;②实时体内成像:能在体内实时成像,无需等待实验室分析;③荧光标记:通过使用荧光染料,能够突出显示特定的细胞和组织结构,增强图像对比度;④微创性:非侵入性成像,减少患者的创伤和不适。CLE 的临床应用涵盖:①消化道早期癌诊断:CLE 能够帮助医师在早期阶段

发现食管、胃和结肠等部位的癌症。②炎症和溃疡的评估:通过观察黏膜下层的微血管和细胞结构,评估炎症性肠病和其他黏膜病变。③手术导航:指导医师识别病变边界,实现更精确的切除。④治疗效果监测:监测治疗效果,评估肿瘤对治疗的反应。

CLE 技术虽然强大,但也存在一些局限性:①操作依赖性:CLE 的图像解读需要医师具备专业的培训和经验。②设备成本:CLE 设备的成本通常较高,这可能限制了它在更广泛范围内的普及。③染色剂限制:荧光素钠是常用的染料,但对其他组织的特异度染色仍在进一步研究之中。

随着技术的不断进步和成本效益的提高,CLE 技术预期将在未来消化道疾病的诊断和治疗中扮演更加关键的角色,为患者提供更优质的医疗服务。

### 三、结论

消化道癌是全球范围内严峻的健康挑战,其早期发现对于提升治疗效果、提高患者生存率极为关键。细胞内镜和 CLE 是两种能够在细胞层面成像的技术,在消化道疾病诊断中展现出巨大的应用潜力。细胞内镜凭借超高放大倍率的内镜技术,让医师能够直接观察到细胞层面的细节,借助微型探头,细胞内镜可获取高分辨率的组织表面图像,有助于实时评估消化道病变并呈现组织学图像。然而,细胞内镜技术无法对深层组织成像。CLE 则通过激光扫描和共聚焦成像技术,实现对体内组织高分辨率的成像,提供清晰的细胞和亚细胞结构图像。CLE 技术在早期癌症检测、炎症性肠病评估以及手术导航等方面具有重要应用,通过使用荧光染料,CLE 能够增强图像对比度,使微小病变得以清晰显现。

大量研究表明,细胞内镜和 CLE 技术能够区分正常与癌前或恶性病变,其诊断结果与传统靶向活检相近,并且在准确性上优于 WLE。通过微观靶向的“智能”活检,细胞内镜和 CLE 技术不仅减少了所需的样本量,还提高了检测效率。早期发现消化道的癌前或恶性病变对于改善患者预后、降低发病率和死亡率意义重大。尽管先进的显微内镜技术提高了异型增生病变的检测精度,但它们并不能完全替代传统的组织学诊断。在实施这些技术时,需要考虑时间和成本因素,不过它们在诊断方面具有重要的临床价值。CLE 技术在荧光成像方面具备独特优势,而细胞内镜技术则提供了超高放大倍率的观察能力。

随着技术持续发展,细胞内镜和 CLE 技术的应用范围和精确度有望进一步拓展与提升,在个性化和精准医疗领域将具备更高的应用价值。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

### 参 考 文 献

- [1] Inoue H, Kazawa T, Sato Y, et al. In vivo observation of living cancer cells in the esophagus, stomach, and colon using catheter-type contact endoscope, "Endo-Cytoscopy system"[J]. *Gastrointest Endosc Clin N Am*, 2004, 14(3): 589-594. DOI:

- 10.1016/j.giec.2004.03.013.
- [2] Ueyama H, Hirasawa T, Yano T, et al. Advanced diagnostic endoscopy in the upper gastrointestinal tract: review of the Japan Gastroenterological Endoscopic Society core sessions[J]. *DEN Open*, 2024,4(1):e359. DOI: 10.1002/deo2.359.
- [3] 中华医学会消化病学分会消化医学影像协作组. 中国显微内镜消化系统疾病临床应用共识意见[J]. *中华消化杂志*, 2023, 43(1): 3-17. DOI: 10.3760/cma.j.cn311367-20221126-00586.
- [4] 夏佳薇. 消化道早癌筛查技术的研究进展[J]. *重庆医学*, 2019, 48(6):1014-1017. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8348.2019.06.030.
- [5] Kumagai Y, Monma K, Kawada K. Magnifying chromoendoscopy of the esophagus: in-vivo pathological diagnosis using an endocytoscopy system[J]. *Endoscopy*, 2004, 36(7):590-594. DOI: 10.1055/s-2004-814533.
- [6] Inoue H, Sasajima K, Kaga M, et al. Endoscopic in vivo evaluation of tissue atypia in the esophagus using a newly designed integrated endocytoscope: a pilot trial[J]. *Endoscopy*, 2006, 38(9):891-895. DOI: 10.1055/s-2006-944667.
- [7] Kumagai Y, Kawada K, Yamazaki S, et al. Prospective replacement of magnifying endoscopy by a newly developed endocytoscope, the 'GIF-Y0002'[J]. *Dis Esophagus*, 2010, 23(8):627-632. DOI: 10.1111/j.1442-2050.2010.01074.x.
- [8] Kumagai Y, Kawada K, Yamazaki S, et al. Current status and limitations of the newly developed endocytoscope GIF-Y0002 with reference to its diagnostic performance for common esophageal lesions[J]. *J Dig Dis*, 2012, 13(8): 393-400. DOI: 10.1111/j.1751-2980.2012.00612.x.
- [9] Kumagai Y, Takubo K, Kawada K, et al. A newly developed continuous zoom-focus endocytoscope[J]. *Endoscopy*, 2017, 49(2):176-180. DOI: 10.1055/s-0042-119267.
- [10] Misawa M, Kudo SE, Takashina Y, et al. Clinical efficacy of endocytoscopy for gastrointestinal endoscopy[J]. *Clin Endosc*, 2021, 54(4):455-463. DOI: 10.5946/ce.2021.165.
- [11] Ichimasa K, Kudo SE, Mori Y, et al. Double staining with crystal violet and methylene blue is appropriate for colonic endocytoscopy: an in vivo prospective pilot study[J]. *Dig Endosc*, 2014, 26(3):403-408. DOI: 10.1111/den.12164.
- [12] Minami H, Inoue H, Yokoyama A, et al. Recent advancement of observing living cells in the esophagus using CM double staining: endocytoscopic atypia classification[J]. *Dis Esophagus*, 2012, 25(3): 235-241. DOI: 10.1111/j.1442-2050.2011.01241.x.
- [13] Pohl H, Koch M, Khalifa A, et al. Evaluation of endocytoscopy in the surveillance of patients with Barrett's esophagus[J]. *Endoscopy*, 2007, 39(6): 492-496. DOI: 10.1055/s-2007-966340.
- [14] Shimamura Y, Inoue H, Rodriguez de Santiago E, et al. Diagnostic yield of fourth-generation endocytoscopy for esophageal squamous lesions using a modified endocytoscopic classification[J]. *Dig Endosc*, 2021, 33(7): 1093-1100. DOI: 10.1111/den.13914.
- [15] Wang L, Tang BF, Liu FF, et al. The diagnostic utility of endocytoscopy for the detection of esophageal lesions: a systematic review and meta-analysis[J]. *Gastroenterol Endosc*, 2023, 1(1): 12-17. DOI:10.1016/j.gande.2023.01.002.
- [16] Kumagai Y, Takubo K, Kawada K, et al. Diagnosis using deep-learning artificial intelligence based on the endocytoscopic observation of the esophagus[J]. *Esophagus*, 2019, 16(2):180-187. DOI: 10.1007/s10388-018-0651-7.
- [17] Kumagai Y, Takubo K, Sato T, et al. AI analysis and modified type classification for endocytoscopic observation of esophageal lesions[J]. *Dis Esophagus*, 2022, 35(9): doac010. DOI: 10.1093/dote/doac010.
- [18] van der Laan J, van der Putten JA, Zhao X, et al. Optical biopsy of dysplasia in Barrett's oesophagus assisted by artificial intelligence[J]. *Cancers (Basel)*, 2023, 15(7):DOI: 10.3390/cancers15071950.
- [19] Kawada K, Momma K, Kawachi H, et al. Endoscopic diagnosis of iodine unstained areas observed by endo-cytoscopy system [J]. *Stomach and Intestine (Tokyo)*, 2006, 41(2): 225-232. DOI: 10.11477/mf.1403100277.
- [20] Abad M, Shimamura Y, Fujiyoshi Y, et al. Endocytoscopy: technology and clinical application in upper gastrointestinal tract[J]. *Transl Gastroenterol Hepatol*, 2020, 5: 28. DOI: 10.21037/tgh.2019.11.12.
- [21] Isomoto H, Matsushima K, Hayashi T, et al. Endocytoscopic findings of lymphomas of the stomach[J]. *BMC Gastroenterol*, 2013, 13:174. DOI: 10.1186/1471-230X-13-174.
- [22] Kaise M, Kimura R, Nomura K, et al. Accuracy and concordance of endocytoscopic atypia for the diagnosis of gastric cancer[J]. *Endoscopy*, 2014, 46(10): 827-832. DOI: 10.1055/s-0034-1377524.
- [23] Kaise M, Ohkura Y, Iizuka T, et al. Endocytoscopy is a promising modality with high diagnostic accuracy for gastric cancer[J]. *Endoscopy*, 2015, 47(1): 19-25. DOI: 10.1055/s-0034-1377965.
- [24] Abad M, Inoue H, Ikeda H, et al. Utilizing fourth-generation endocytoscopy and the 'enlarged nuclear sign' for in vivo diagnosis of early gastric cancer[J]. *Endosc Int Open*, 2019, 7(8):E1002-E1007. DOI: 10.1055/a-0957-2866.
- [25] Noda H, Kaise M, Higuchi K, et al. Convolutional neural network-based system for endocytoscopic diagnosis of early gastric cancer[J]. *BMC Gastroenterol*, 2022, 22(1): 237. DOI: 10.1186/s12876-022-02312-y.
- [26] Wang WL, Wang HP, Han ML, et al. New-generation endocytoscopy for optical characterization of elevated-type early gastric cancer[J]. *Endoscopy*, 2022, 54(9): E472-E473. DOI: 10.1055/a-1625-5320.
- [27] Yoo IK, Park JC, Lee H, et al. A comparative study of magnifying endoscopy with narrow-band image and endocytoscopy in the diagnosis of gastric neoplasm: a pilot study[J]. *Eur J Gastroenterol Hepatol*, 2023, 35(5): 530-536. DOI: 10.1097/MEG.0000000000002539.
- [28] Canakis A, Bomman S, Twery B, et al. The diagnostic utility of endocytoscopy for the detection of gastric cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. *Minerva Gastroenterol (Torino)*, 2024, 70(2):225-230. DOI: 10.23736/S2724-5985.22.03172-2.
- [29] Fujiyoshi M, Inoue H, Fujiyoshi Y, et al. Endoscopic classifications of early gastric cancer: a literature review[J]. *Cancers (Basel)*, 2021, 14(1): 100. DOI: 10.3390/cancers14010100.
- [30] ASGE Technology Committee, Abu Dayyeh BK, Thosani N, et al. ASGE Technology Committee systematic review and meta-analysis assessing the ASGE PIVI thresholds for adopting real-time endoscopic assessment of the histology of diminutive colorectal polyps[J]. *Gastrointest Endosc*, 2015, 81(3):502.e1-502.e16. DOI: 10.1016/j.gie.2014.12.022.
- [31] 金鹏, 尹馥梅, 盛剑秋. 结肠早癌和癌前病变内镜诊治的现状与展望[J]. *中华医学杂志*, 2022, 102(46): 3650-3653. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20220402-00685.

- [32] Sasajima K, Kudo SE, Inoue H, et al. Real-time in vivo virtual histology of colorectal lesions when using the endocytoscopy system[J]. *Gastrointest Endosc*, 2006, 63(7): 1010-1017. DOI: 10.1016/j.gie.2006.01.021.
- [33] Kudo SE, Wakamura K, Ikehara N, et al. Diagnosis of colorectal lesions with a novel endocytoscopic classification: a pilot study[J]. *Endoscopy*, 2011, 43(10): 869-875. DOI: 10.1055/s-0030-1256663.
- [34] Mori Y, Kudo S, Ikehara N, et al. Comprehensive diagnostic ability of endocytoscopy compared with biopsy for colorectal neoplasms: a prospective randomized noninferiority trial[J]. *Endoscopy*, 2013, 45(2): 98-105. DOI: 10.1055/s-0032-1325932.
- [35] Utsumi T, Sano Y, Iwatate M, et al. Prospective real-time evaluation of diagnostic performance using endocytoscopy in differentiating neoplasia from non-neoplasia for colorectal diminutive polyps ( $\leq 5$  mm)[J]. *World J Gastrointest Oncol*, 2018, 10(4): 96-102. DOI: 10.4251/wjgo.v10.i4.96.
- [36] Inoue F, Hirata D, Iwatate M, et al. New application of endocytoscopy for histopathological diagnosis of colorectal lesions[J]. *World J Gastrointest Endosc*, 2022, 14(8): 495-501. DOI: 10.4253/wjge.v14.i8.495.
- [37] Toyoshima O, Nishizawa T, Yoshida S, et al. Brown slits for colorectal adenoma crypts on conventional magnifying endoscopy with narrow band imaging using the X1 system[J]. *World J Gastroenterol*, 2022, 28(24): 2748-2757. DOI: 10.3748/wjg.v28.i24.2748.
- [38] Zhang H, Yang X, Tao Y, et al. Diagnostic accuracy of endocytoscopy via artificial intelligence in colorectal lesions: a systematic review and meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2023, 18(12): e0294930. DOI: 10.1371/journal.pone.0294930.
- [39] Wang JF, Yang M, Yang L, et al. A confocal endoscope for cellular imaging[J]. *Engineering*, 2015, 1(3): 351-360. DOI: 10.15302/J-ENG-2015081.
- [40] Jabbour JM, Saldua MA, Bixler JN, et al. Confocal endomicroscopy: instrumentation and medical applications[J]. *Ann Biomed Eng*, 2012, 40(2): 378-397. DOI: 10.1007/s10439-011-0426-y.
- [41] Pilonis ND, Januszewicz W, di Pietro M. Confocal laser endomicroscopy in gastro-intestinal endoscopy: technical aspects and clinical applications[J]. *Transl Gastroenterol Hepatol*, 2022, 7: 7. DOI: 10.21037/tgh.2020.04.02.
- [42] Pohl H, Rösch T, Vieth M, et al. Miniprobe confocal laser microscopy for the detection of invisible neoplasia in patients with Barrett's oesophagus[J]. *Gut*, 2008, 57(12): 1648-1653. DOI: 10.1136/gut.2008.157461.
- [43] Sharma P, Meining AR, Coron E, et al. Real-time increased detection of neoplastic tissue in Barrett's esophagus with probe-based confocal laser endomicroscopy: final results of an international multicenter, prospective, randomized, controlled trial[J]. *Gastrointest Endosc*, 2011, 74(3): 465-472. DOI: 10.1016/j.gie.2011.04.004.
- [44] Wallace M, Lauwers GY, Chen Y, et al. Miami classification for probe-based confocal laser endomicroscopy[J]. *Endoscopy*, 2011, 43(10): 882-891. DOI: 10.1055/s-0030-1256632.
- [45] Xiong YQ, Ma SJ, Hu HY, et al. Comparison of narrow-band imaging and confocal laser endomicroscopy for the detection of neoplasia in Barrett's esophagus: a meta-analysis[J]. *Clin Res Hepatol Gastroenterol*, 2018, 42(1): 31-39. DOI: 10.1016/j.clinre.2017.05.005.
- [46] Krajcivova J, Kollar M, Maluskova J, et al. Confocal laser endomicroscopy vs biopsies in the assessment of persistent or recurrent intestinal metaplasia/neoplasia after endoscopic treatment of Barrett's esophagus related neoplasia[J]. *J Gastrointest Liver Dis*, 2020, 29(3): 305-312. DOI: 10.15403/jgld-2467.
- [47] Demeester S, Wang K, Ayub K, et al. High-definition probe-based confocal laser endomicroscopy review and meta-analysis for neoplasia detection in Barrett's esophagus[J]. *Tech Innovat Gastrointest Endosc*, 2022, 24(4): 340-350. DOI: 10.1016/j.tige.2022.06.001.
- [48] Richardson C, Colavita P, Dunst C, et al. Real-time diagnosis of Barrett's esophagus: a prospective, multicenter study comparing confocal laser endomicroscopy with conventional histology for the identification of intestinal metaplasia in new users[J]. *Surg Endosc*, 2019, 33(5): 1585-1591. DOI: 10.1007/s00464-018-6420-9.
- [49] Al-Mansour MR, Caycedo-Marulanda A, Davis BR, et al. SAGES TAVAC safety and efficacy analysis confocal laser endomicroscopy[J]. *Surg Endosc*, 2021, 35(5): 2091-2103. DOI: 10.1007/s00464-020-07607-3.
- [50] 吴巍, 吴云林, 蔡盛健, 等. 微探头共聚焦显微内镜诊断胃黏膜病变的初步应用[J]. *内科理论与实践*, 2010, 5(3): 225-227.
- [51] Bok GH, Jeon SR, Cho JY, et al. The accuracy of probe-based confocal endomicroscopy versus conventional endoscopic biopsies for the diagnosis of superficial gastric neoplasia (with videos)[J]. *Gastrointest Endosc*, 2013, 77(6): 899-908. DOI: 10.1016/j.gie.2013.01.018.
- [52] Chen Q, Cheng HH, Deng S, et al. Diagnosis of superficial gastric lesions together with six gastric lymphoma cases via probe-based confocal laser endomicroscopy: a retrospective observational study[J]. *Gastroenterol Res Pract*, 2018, 2018: 5073182. DOI: 10.1155/2018/5073182.
- [53] 马盼盼, 蔡利军, 吕宾, 等. 探头式激光共聚焦显微内镜在胃癌及癌前病变临床诊断中的作用[J]. *浙江大学学报(医学版)*, 2019, 48(5): 504-510. DOI: 10.3785/j.issn.1008-9292.2019.10.07.
- [54] Chu L, Zhao J, Sheng C, et al. Confocal laser endomicroscopy under propofol-based sedation for early gastric cancer and pre-cancerous lesions is associated with better diagnostic accuracy: a retrospective cohort study in China[J]. *BMC Anesthesiol*, 2021, 21(1): 97. DOI: 10.1186/s12871-021-01312-x.
- [55] Canakis A, Deliwala SS, Kadiyala J, et al. The diagnostic performance of probe-based confocal laser endomicroscopy in the detection of gastric cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ann Gastroenterol*, 2022, 35(5): 496-502. DOI: 10.20524/aog.2022.0741.
- [56] Zhou YW, Zhang LY, Ding SN, et al. Hesitate between confocal laser endomicroscopy and narrow-band imaging: how to choose a better method in the detection of focal precancerous state of gastric cancer[J]. *Am J Transl Res*, 2022, 14(1): 55-67.
- [57] Zhang HP, Yang S, Chen WH, et al. The diagnostic value of confocal laser endomicroscopy for gastric cancer and precancerous lesions among Asian population: a system review and meta-analysis[J]. *Scand J Gastroenterol*, 2017, 52(4): 382-388. DOI: 10.1080/00365521.2016.1275770.
- [58] Meining A, Saur D, Bajbouj M, et al. In vivo histopathology for detection of gastrointestinal neoplasia with a portable,

- confocal miniprobe: an examiner blinded analysis[J]. Clin Gastroenterol Hepatol, 2007,5(11):1261-1267. DOI: 10.1016/j.cgh.2007.05.019.
- [59] Rispo A, Castiglione F, Staibano S, et al. Diagnostic accuracy of confocal laser endomicroscopy in diagnosing dysplasia in patients affected by long-standing ulcerative colitis[J]. World J Gastrointest Endosc, 2012,4(9):414-420. DOI: 10.4253/wjge.v4.i9.414.
- [60] Su P, Liu Y, Lin S, et al. Efficacy of confocal laser endomicroscopy for discriminating colorectal neoplasms from non-neoplasms: a systematic review and meta-analysis[J]. Colorectal Dis, 2013,15(1):e1-12. DOI: 10.1111/codi.12033.
- [61] Lord R, Burr NE, Mohammed N, et al. Colonic lesion characterization in inflammatory bowel disease: a systematic review and meta-analysis[J]. World J Gastroenterol, 2018,24(10):1167-1180. DOI: 10.3748/wjg.v24.i10.1167.
- [62] Liu Z, Luo X, Jiang W, et al. Real-time in vivo optical biopsy using confocal laser endomicroscopy to evaluate distal margin in situ and determine surgical procedure in low rectal cancer [J]. Surg Endosc, 2019, 33(7): 2332-2338. DOI: 10.1007/s00464-018-6519-z.
- [63] Abe S, Saito Y, Oono Y, et al. Pilot study on probe-based confocal laser endomicroscopy for colorectal neoplasms: an initial experience in Japan[J]. Int J Colorectal Dis, 2018,33(8): 1071-1078. DOI: 10.1007/s00384-018-3059-x.
- [64] Lee AY, Seo JY, Kim SH, et al. Comparison of diagnostic accuracy of endocytoscopy and probe-based confocal laser endomicroscopy[J]. Endoscopy, 2024, 56(S2): S159. DOI: 10.1055/s-0044-1783039.
- [65] Zammarchi I, Santacroce G, Iacucci M. Next-generation endoscopy in inflammatory bowel disease[J]. Diagnostics (Basel), 2023,13(15):2547. DOI:10.3390/diagnostics13152547.

## 胃肠上皮化生内镜检查前预测和检查后癌变风险评估研究进展

章华臻 殷洁 安方梅

南京医科大学附属无锡人民医院消化内科 南京医科大学无锡医学中心 国家消化系统疾病临床医学研究中心(西安)江苏省分中心,无锡 214023

通信作者:安方梅,Email:fangmeian@njmu.edu.cn

**【摘要】** 胃肠上皮化生(gastric intestinal metaplasia, GIM)是肠型胃癌的癌前病变,监测其发病及进展对预防胃癌发生意义重大。目前内镜及活组织检查是发现、诊断并评估GIM的主要手段,针对高危人群的内镜检查具有较高的成本效益比。内镜检查后GIM癌变风险评估及分层管理可早期预防肠型胃癌的发生。本文就目前GIM的内镜检查前预测及检查后评估管理研究进展作一综述,为胃癌的早期预防研究提供思路。

**【关键词】** 内窥镜检查; 胃肠上皮化生; 肠型胃癌; 生物标志物; 风险因素

**基金项目:**国家消化系统疾病临床医学研究中心(西安)江苏省分中心项目(JSZX202301);江苏省自然科学基金(BK20211039);无锡市“双百”中青年医疗卫生拔尖人才项目(BJ2023008);无锡市重大项目(Z202208);南京医科大学无锡医学中心专病队列项目(WMCC202502);南京医科大学无锡医学中心重点项目(WMCM202305)

### Research advances in gastric intestinal metaplasia for pre-endoscopy prediction and post-endoscopy cancer risk assessment

Zhang Huazhen, Yin Jie, An Fangmei

Department of Gastroenterology, Affiliated Wuxi People's Hospital of Nanjing Medical University, Wuxi Medical Center, Nanjing Medical University, Jiangsu Branch of National Clinical Research Center for Digestive Diseases (Xi'an), Wuxi 214023, China

Corresponding author: An Fangmei, Email: fangmeian@njmu.edu.cn

DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20250811-00059

收稿日期 2025-08-11 本文编辑 钱程

引用本文:章华臻,殷洁,安方梅. 胃肠上皮化生内镜检查前预测和检查后癌变风险评估研究进展[J]. 中华消化内镜杂志, 2026, 43(3): 181-185. DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20250811-00059.

