DOI: 10.12235/E20250573
文章编号：1007-1989（2026）05-0073-10

综 述

内镜新技术及肠道准备质量降低结直肠息肉漏诊率的研究进展*

张津[1] 综述，熊英[2] 审校[1]

[1.承德医学院 研究生学院，河北 承德 067000；2.保定市第一中心医院（保定市胃肠动力相关疾病诊治重点实验室） 消化内科，河北 保定 071000]

摘要：结直肠癌（CRC）是全球常见的消化道恶性肿瘤之一，其发生率和死亡率在许多地区呈现持续升高的趋势。目前，结肠镜检查和治疗是预防CRC发生和发展的关键措施。结肠镜检查和治疗可对发现的息肉等癌前病变进行切除，是预防结直肠癌发生，降低其死亡率的关键措施，但在临床应用过程中，存在遗漏部分息肉的情况。影响息肉漏诊率（PMR）的因素有很多，如：患者自身状况、操作设备、操作者经验、肠道准备情况和息肉特征等。因此，改善结直肠PMR的方法也层出不穷。内镜新技术主要包括：人工智能（AI）、远端辅助装置、图像增强内镜和新式镜头等。其中，AI和远端辅助装置的应用越来越广泛，在降低PMR方面显示出明显优势。另外，良好的肠道准备质量是降低漏诊率的关键之一。随着人们对药物质量和口味的追求，肠道清洁剂的种类越来越多。肠道准备质量不仅与肠道清洁剂有关，还受患者年龄和慢性病史等多方面的综合影响。该文将围绕内镜新技术及肠道准备质量作一综述。

关键词：结肠镜检查；结直肠息肉；漏诊率；人工智能（AI）；计算机辅助检测；肠道准备

中图分类号：R574

Study progress on the reduction of colorectal polyp miss rates through new endoscopic techniques and the quality of bowel preparation*

Zhang Jin[1], Xiong Ying[2]

[1.Graduate School, Chengde Medical University, Chengde, Hebei 067000, China; 2.Department of Gastroenterology, Baoding No.1 Central Hospital (Baoding Key Laboratory of Diagnosis and Treatment of Gastrointestinal Motility Related Diseases), Baoding, Hebei 071000, China]

Abstract: Colorectal carcinoma (CRC) is a prevalent form of malignant neoplasm within the digestive tract on a global scale. Many regions have observed a persistent upward trend in both the incidence and mortality rates of this condition. Colonoscopy examination and treatment are key measures in preventing the occurrence and development of CRC. However in clinical practice, there are situations where some polyps are missed. It is widely recognized that the removal of precancerous lesions, such as polyps detected during a colonoscopy, is a key measure for the prevention of CRC and the reduction of its mortality rate. There are many factors which affect the polyp miss rate (PMR), such as the patient's own constitution and operating equipment and operator, and bowel preparation and

收稿日期：2025-10-17
* 基金项目：2024年度河北省医学科学研究课题计划（20240539）
[通信作者] 熊英，E-mail：xy_spring@163.com

polyp condition. Consequently, there has been a proliferation of methodologies designed to address colorectal PMR: new endoscopic technologies mainly include artificial intelligence (AI), distal assist devices, image-enhanced endoscopy and newer lenses, etc. Among these, AI and distal assist devices are becoming more widely used and has shown significant benefits in reducing PMR. In addition, a good quality bowel preparation is one of the foundations for reducing miss rates. With the quest for quality and taste in medicines, the variety of bowel cleansers is increasing. Bowel preparation is not only related to bowel cleansers, but is also influenced by the patient's age, chronic medical history and many other factors. This article provides a review of new endoscopic techniques and the quality of bowel preparation.

Keywords: colonoscopy; colorectal polyps; miss diagnosis rate; artificial intelligence (AI); computer-aided detection; bowel preparation

结直肠癌（colorectal carcinoma，CRC）在全球常见恶性肿瘤中的发病率位居第三，死亡率位居第二，并且正逐步向年轻化趋势发展[1]。随着人们饮食结构和生活模式的变化，我国CRC的发病率和死亡率呈上升趋势。在我国，35岁以上人群CRC发病率高，40岁以上人群CRC死亡率高[2]。2024年发布的2022年的流行病学调查数据[3]显示，CRC新发病例约占全球全部癌症新发病例的10.70%，死亡病例占9.30%。我国CRC年龄标准化发病率和年龄标准化死亡率均高于世界平均水平[4]。由此可见，CRC是我国癌症负担中不容忽视的一部分。大部分CRC经“结肠息肉-结肠腺瘤-结肠癌”途径演变而来。由于腺瘤存在组织结构和细胞学上的双重异型性，被公认为是CRC的癌前病变[5]。结肠镜下早期发现和切除腺瘤性息肉，是降低结直肠癌发病率的关键[6]。然而，一项系统回顾和Meta分析[7]显示，常规结肠镜检查中腺瘤漏诊率（adenoma miss rate，AMR）达26.00%，也直接解释了为何患者在结肠镜检查后，仍有发生间期CRC的风险。有研究[8]表明，27.00%的间期癌（首次检查结果正常或已清除所有息肉的结肠镜检查，至下一次结肠镜检查前发生的CRC）可能来源于结肠镜检查中遗漏的病变。随着间期癌发病率的升高，人们对结肠镜检查中息肉漏诊率（polyp miss rate，PMR）的重视程度越来越高。因此，结直肠PMR作为评估结肠镜检查质量的指标，具有重要意义[9-10]。在临床实践中，诸多因素会影响结直肠PMR，如：患者情况（肠道准备质量、结肠镜检查次数和肠道解剖结构等）、息肉特征（息肉大小、形状、部位和病理类型等）、设备及操作者因素（计算机辅助息肉检测系统、远端辅助装置、光学模式、退镜时间、内镜医师资历和疲劳程度等）等因素[11]，本文将重点综述内镜新技术和肠道准备质量。

1 内镜新技术的辅助系统

近年来，人工智能（artificial intelligence，AI）辅助内镜检查，已成为国内外研究的热点。AI辅助内镜检查，是利用AI的机器学习、深度学习等技术，对结肠镜检查的全过程进行监测，自动识别结直肠息肉样病变，有助于CRC的筛查和监测。AI辅助结肠镜，必须利用内镜医师所提供的图像和视频进行二次观察，而不是独立的“决策者”[12]。

1.1 常见的AI辅助系统

AI辅助结肠镜检查系统主要分为两个领域，分别是：计算机辅助检测（computer-aided detection，CADe）系统和计算机辅助诊断（computer-aided diagnosis，CADx）系统，两者在识别和诊断结直肠息肉方面具有很高的准确性。美国美敦力（Medtronic）公司研发的GI Genius系统，目前，有两个版本，第二代于2021年更新。该系统可兼容窄带成像技术，在结肠镜检查过程中，将发现的息肉用绿色框标记，并判断息肉性质[13-14]。由日本东京富士胶片公司（Fujifilm）开发的CAD EYE系统，是可结合LCI（Linked color imaging）模式的AI[15]。其操作便捷，只需按下内镜手柄上的按钮即可激活，当系统检测到可疑息肉时，会利用外框将病变标记，并发出声音信号提示内镜医师[16]。由奥林巴斯公司研发的Endo-AID，有标准模式和目标模式两种。前者在检测到病变时，出现警示标志，引起内镜医师的重视；后者则直接利用方框对病变部位进行标记[17]。ENDOMIND-Advanced系统，是ENDOMIND的升级版本，应用卷积神经网络（convolutional neural network，CNN）和

实时鲁棒高效后处理（real-time robust and efficient post-processing，RT-REPP）进行图像分析[18]。与ENDOMIND系统相比，其增加了RT-REPP处理，即对CNN发现病变的图像再次分析，以排除视野模糊、反光和粪便等干扰，进一步提高了息肉的检出率。国产的内镜精灵系统，在胃肠镜检查中均可应用。其在检测结直肠息肉的同时，还可预测肠道清洁度，提高结肠镜检查质量[19]。AI系统多种多样，其对结直肠PMR产生直接或间接的影响，值得临床关注。

1.2　AI辅助结肠镜检查的优势

1.2.1　降低结直肠PMR　在一项多中心的研究[20]中，将916名患者随机分配到标准结肠镜检查（standard colonoscopy，SC）组（先行SC，后行CADe）和CADe组（CADe检查后行SC），CADe组AMR明显低于SC组（19.00%和36.00%）。

1.2.2　不受内镜医师操作水平、疲劳程度和注意力的影响　日本一项采用串联结肠镜检查的研究[21]发现，CADe可降低AMR（13.80%和36.70%），对内镜医师的水平进行亚组分析发现，任何级别的内镜医师，均可在CADe系统中获益。

1.2.3　降低不同部位和病理类型的PMR　NAKASHIMA等[22]将415名患者随机分配到CADe组和SC组，检查完毕后，再用SC二次检查直肠和乙状结肠，发现：CADe组直肠乙状结肠的AMR明显低于SC组（11.90%和26.00%）。美国的另一项多中心研究[23]发现，CADe可明显降低无蒂锯齿样PMR，先行CADe组检出14枚无蒂锯齿状病变（sessile serrated lesion，SSL），漏诊1枚；先行高清白光结肠镜检查组共检出19枚SSL，漏诊8枚，CADe组SSL漏诊率明显降低，但该研究样本量相对较少，仍需进一步的数据支持。有研究[24]报道，AI辅助结肠镜检查可降低直径小于5 mm的结直肠病变的漏诊率和假阴性率（即在第一次检查时未发现腺瘤或癌，在第二次结肠镜检查中发现的患者）。WALLACE等[25]让230名患者同日接受两次结肠镜检查，结果发现：AI组的假阴性率明显降低（6.80%和29.60%），在一定程度上减少了间期癌的发生。

1.2.4　评估肠道准备质量　目前，评估肠道准备质量大多是使用波士顿肠道准备评分量表（Boston bowel preparation scale，BBPS）。其结果容易受到内镜医师对肠道准备的不同理解和自身经验等方面的影响，存在较强的主观性。然而，AI可根据BBPS评分对肠道进行规范、高效且客观的评定。LEE等[26]通过AI分析结肠镜视频进行肠道准备评分，准确率达95.30%，与内镜医师评分结果一致性为85.30%。一项前瞻性研究[27]纳入了392名患者，利用AI对肠道准备质量进行评估，发现：AI评估不合格患者较合格患者的AMR（直径>5 mm的腺瘤）明显升高（35.71%和13.19%）。然而，PELLEGRINO等[28]利用Chat GPT-4与内镜医师分别对663张图片进行肠道准备评分，发现：Chat GPT-4将62.90%的图片评定为准备充分，而内镜医师评定比率为89.30%，一致性很小。虽然关于AI的衍生产品层出不穷且褒贬不一，但利用好成熟的AI辅助系统所给出的反馈意见，可获得更精确的肠道准备质量评估结果，从而降低结肠镜检查过程中的PMR。

2　内镜新系统的辅助装置

包括：透明帽辅助结肠镜（cap-assisted colonoscopy，CAC）、袖口状结肠镜辅助装置（Endocuff assisted colonoscopy，EAC）、G-EYE气囊内镜、EndoRings和妙手帽（Embrella，EAC）。

2.1　CAC

CAC是由柔软且具有生物相容性的聚合物材料制成的短管，大部分是透明的。CAC的核心原理是：通过挤压结肠皱襞增大视野，有助于发现隐藏在皱襞中的病变；还可以在拉直弯曲结肠段的过程中将皱襞“钩住”，有效地拉回结肠皱襞，尽可能地减少盲区，从而降低结直肠PMR[29]。我国一项前瞻性研究[30]将150名患者随机分入A组（先CAC检查后常规检查）和B组（两次均为常规结肠镜检查），均由同一名高资质的内镜医师完成检查，发现：CAC辅助肠镜检查的PMR为12.00%和12.20%，明显低于常规检查的PMR（34.00%和29.20%）。但目前，临床关于CAC与PMR的相关报道较少，需要更多大样本量和多中心的前瞻性研究来加以验证，以提供更高等级的循证医学证据。

2.2　EAC

EAC是一种于2012年问世的一次性辅助装置。进镜时与镜身平齐，不产生阻力[31]，既不会影响进镜速度，又不会增加患者不适感。退镜时，利用周身的

两排条状柔性“链翼”，压平肠壁皱褶，以减少盲区。Endocuff vision colonoscopy（EVC）是一种聚丙烯装置，与EAC相比，其仅有一排，且有更长、更平滑的“链翼”。EAC和EVC均可降低PMR。VAN KEULEN等[32]将661名患者随机分为4组，第2组和第3组分别交替使用EVC和常规结肠镜检查，两组间比较发现：应用EVC使AMR降低了11.70%（29.60%和17.90%），PMR降低了10.90%。一项研究[23]表明，EVC在PMR和AMR方面，较CAC更有优势，尤其是对于直径小于5 mm的息肉，EVC组的漏诊率更低。但实际应用时，由于安装EVC后镜身会加长1至2 mm，导致其进入乙状结肠的成角或弯曲部位摩擦力更大，相对于CAC，患者不适感更强，甚至难以忍受而导致退镜。因此，应用EVC时，需予以充分的润滑，配合温和的进镜手法[33]。

2.3 G-EYE气囊内镜

G-EYE是一种在结肠镜前端装有的可重复使用球囊。在退镜时，内镜医师充气，使球囊膨胀，辅助拉直结肠褶皱，以减少结肠镜检查时的视野盲区[34]。美国一项研究[35]中，将纳入的58名患者随机分为两组，先后行常规结肠镜检查和G-EYE气囊内镜检查，发现：常规结肠镜检查总体PMR为60.00%，G-EYE气囊内镜检查总体PMR明显降低。由于该研究样本量较小，只能提示G-EYE气囊内镜有降低PMR的趋势。

2.4 EndoRings

EndoRings是安装在内镜前端的两个高分子聚合物环。其原理与Endocuff相似，在退镜时将肠腔褶皱拉开，以提供更好的视野来观察黏膜，减少病变的漏诊[36]。在一项多中心的研究[37]中，患者在检查当天接受连续EndoRings结肠镜检查和标准结肠镜检查，根据腺瘤特征和患者的一般情况进行亚组分析，结果显示：在直径小于5 mm的腺瘤（17.00%和38.00%）、6～9 mm的腺瘤（8.00%和44.00%）、无蒂腺瘤（16.00%和37.00%）、扁平腺瘤（9.00%和52.00%）、管状腺瘤（15.00%和38.00%）和无蒂锯齿状腺瘤（7.00%和50.00%），以及年龄大于50岁的患者中，EndoRings辅助结肠镜检查AMR明显降低。

2.5 妙手帽

妙手帽是国内首创用于结肠镜检查的一次性先端帽。采用单层、周身六个软翼的设计，使其在进镜时贴合镜身向后折叠，且不影响进镜速度和患者舒适度；退镜时向前拉，缓慢释放结直肠皱襞，提供诊断和治疗所需的特殊观察空间和角度。根据治疗目的，可选择检查款的“S”型或治疗款的“C”型。我国一项多中心的随机对照试验[38]中，将1 179名患者分为妙手帽组和SC组，发现：SC组AMR明显升高（34.20%和24.60%），且妙手帽组进镜时间更短（6.52 min和6.68 min），该研究证实了妙手帽在AMR中的有效性。

3 肠道准备质量

肠道准备质量是结肠镜检查效果良好与否的重要条件。良好的肠道准备可清除结肠内的粪便残渣、气泡和浑浊液体，明显提高结肠黏膜的可见度，为内镜医师提供一个清晰的视野，从而降低结直肠病变的漏诊率。有研究[39]显示，BBPS评分为6分与BBPS评分为7～9分相比，漏诊了更多的息肉和腺瘤。因此，肠道准备质量可视为提高结肠镜检查效果的基础环节。

3.1 常用口服肠道清洁剂

在肠道准备过程中，口服肠道清洁剂是实现高质量肠道清洁的主要方法之一。选择合适的肠道清洁剂，直接关系到后续检查或治疗的准确性与安全性[40]。目前，常用的肠道清洁剂类型多样，主要包括：渗透性药物、刺激性药物、促分泌药物、祛泡剂和肠道准备专用胶囊制剂等[41]。这些药物通过不同的作用机制，达到清洁肠腔的目的。

3.1.1 *渗透性药物* 渗透性药物是临床常用的一类肠道清洁剂，代表性药物，如：聚乙二醇（polyethylene glycol，PEG）电解质散和硫酸盐等[41]，其机制是借助离子形浓度差增加肠腔水分，软化粪便，同时，促进肠蠕动，加快肠内容物的排空[42]。目前，临床认为分次服用4 L PEG方案是肠道准备的金标准[43]。但由于服用PEG电解质散摄入液体量较多，腹胀、恶心和呕吐等不良反应的发生率明显升高。临床多采用低剂量PEG联合辅助剂的方案来减少液体的摄入量。低剂量PEG联合单种辅助剂（芦比前列酮、利那洛肽和抗坏血酸等）和两种辅助剂（西甲硅油和抗坏血酸，比沙可啶和抗坏血酸等）等方案，与

4 L PEG肠道准备质量相当，且患者依从性和耐受性更高，口服泻药的恐惧感更低[44]。复方口服硫酸盐溶液（oral sulphate solution，OSS），其核心优势在于：在有效清洁肠道的同时，能主动补充钠和钾等关键电解质，降低发生水电解质紊乱的风险，且较传统PEG方案，其摄入液体量明显减少[41]，既能保证安全性，又提高了患者满意度。我国一项研究[45]中，比较了OSS和3 L PEG方案，两组方案肠道准备合格率相当（98.22%和97.66%），OSS有较高的患者满意度评分，但头晕发生率较PEG高[46]。新型口味聚乙二醇和硫酸盐溶液是一种包含硫酸盐和聚乙二醇3350的新型肠道准备清洁剂。美国一项多中心的研究[47]发现，其与OSS肠道准备合格率相当，不良反应发生率无差异，且口感更好。磷酸钠盐口服溶液利用渗透作用，增加肠道水分和神经反射，刺激肠道蠕动，实现肠道清洁[48]。我国一项针对65岁以上非糖尿病患者的临床研究[49]显示，磷酸钠盐较PEG电解质散肠道清洁效果更好，BBPS评分为（7.53 ± 1.44）和（7.11 ± 1.42）分，但降低了电解质的整体水平。由于磷酸钠盐的高渗透性，低钾、低钙和肾功能不全患者应慎用[50-51]。

3.1.2　刺激性肠道清洁药物　刺激性肠道清洁药物是直接或间接地刺激肠壁神经丛或肠黏膜上皮细胞，从而增强结肠的蠕动能力，促进肠腔内液体分泌，主要包括：二苯甲烷衍生物（比沙可啶和复方匹可硫酸钠等）和蒽醌衍生物（番泻叶和芦荟等提取物）。我国一项多中心研究[52]发现，复方匹可硫酸钠与3 L PEG两种不同肠道准备方案的BBPS评分和可接受的肠道准备质量比例相似，但应用复方匹可硫酸钠的患者，可接受性和耐受性明显升高。

3.1.3　促分泌药物　如：利那洛肽和芦比前列酮，均可用于肠道准备。利那洛肽是通过激活环磷酸鸟苷级联反应来增加氯化物和碳酸氢盐的分泌，实现加速肠道蠕动。一项研究[53]将266名患者随机分到4 L PEG组和2 L PEG联合利那洛肽组，结果显示：两组肠道准备质量相似，利那洛肽组患者腹胀和腹痛等不良反应发生率更低。芦比前列酮可选择性激活2型氯离子通道，增加氯离子的转运，促进肠液分泌，提高粪便含水量。SIRINAWASATIEN等[54]对比了4 L PEG和2 L PEG + 24 μg芦比前列酮的效果，两组BBPS评分无明显差异，联合方案患者重复肠道准备的意愿较高（94.00%和88.60%），两组中约有四分之一的患者出现恶心和腹胀等不良反应，亦无明显差异。因此，PEG联合促分泌药物方案，为实现高质量肠道准备提供了一种新选择。

3.1.4　祛泡剂　祛泡剂降低了泡沫表面张力，使泡沫破裂排出，以西甲硅油和二甲硅油（又称“聚二甲基硅氧烷”）最为常见。有研究[52]显示，无论3 L PEG还是复方匹可硫酸钠方案，加入二甲硅油均可以改善肠道清洁效果。而且，PEG联合西甲硅油的肠道准备质量最好[43]。

3.1.5　胶囊制剂　肠道准备专用的胶囊制剂包括：硫酸钠片剂（sodium sulfate-based tablets，SUTAB）、柠檬酸镁胶囊和比沙可啶（magnesium citrate capsules and bisacodyl，MCCB）。SUTAB是一种含西甲硅油的新制剂，SUTAB与2 L PEG联合抗坏血酸的方案，清洁肠道的效果相当，但SUTAB患者发生恶心的概率更低（14.90%和38.10%）[55]。然而，由于其价格昂贵，患者接受度较低，难以普及[56]。美国一项随机对照研究中纳入了51例患者，发现MCCB与4 L PEG肠道准备效果相当，且MCCB患者满意度更高[57]。

3.1.6　肠溶缓释片　亚甲蓝肠溶缓释片（Methylene Blue MMX，MB-MMX）是首个提高结肠镜检查质量的口服片剂制剂。其机制是：通过将结直肠黏膜染色，使病变在正常黏膜背景下更加突出地展现，染色后息肉的形态、边界和表面结构更易于识别，有助于减少PMR。有研究[58]表明，服用200 mg MB-MMX组腺瘤检出率高于常规结肠镜检查组（56.29%和47.81%），且前者发现小于5 mm病变的比例较高（37.11%和30.90%）。DI STEFANO等[59]研究发现，服用200 mg MB-MMX后，最常见的不良事件是多尿症。另一项研究[60]纳入了10名接受200 mg MB-MMX的患者，比较活检结直肠黏膜前后DNA损伤情况，结果显示：MB-MMX未导致DNA的损伤[60]，但对于缺乏葡萄糖-6磷酸脱氢酶，接受氟西汀或选择性血清素再摄取抑制剂治疗的患者应慎用。目前，该药物的染色效果及可控性仍需进一步加强，对结直肠病变漏诊率的影响，仍需行大样本的前瞻性研究进一步评估。

总而言之，肠道清洁剂种类多样，尚无“完美”产品。因此，追求价格适中、高效高质量、不良反应发生率低和患者接受度高的肠道清洁剂是未来研究的方向。肠道清洁剂各有千秋并无好坏之分，对于不同患者，即便同一方案，肠道准备质量也不尽相同。因此，充分了解患者相关情况，有的放矢，实施肠道准备个体化，根据患者情况，个体化选择肠道准备方案，才能有效地提高肠道准备质量，降低结直肠PMR。

3.2 患者自身因素

3.2.1 年龄 年龄是影响肠道准备质量的一个重要因素。一方面，随着年龄的增长，人们肠壁的弹性和肠道蠕动能力均下降。年龄每增长10岁，肠道准备不足的概率就会增加[61]。有研究[62]表明，大于65岁人群肠道准备不理想的概率（56.40%）远高于年轻人（43.60%）。但年龄是否为影响肠道准备不足的独立危险因素，尚存在争议。另一方面，高龄患者的合并症多，活动困难等，也会导致肠道准备质量差，多种慢性疾病（冠状动脉疾病和慢性阻塞性肺疾病等）的存在，会影响口服泻药的耐受性和功效[63]。

3.2.2 糖尿病和慢性便秘 糖尿病和慢性便秘患者的数量呈逐渐上升趋势。糖尿病患者增高的血糖会使胃肠道蠕动减慢，若血糖控制不佳，易导致周围神经和自主神经病变，影响胃肠动力，致使肠道准备质量下降。在我国一项回顾性研究[64]中，调查了325例糖尿病患者的BBPS评分，发现：糖尿病患者肠道准备不充分率高达25.85%。便秘患者更易出现排便无力等情况，故肠道准备质量较差。日本一项研究[65]利用便秘评分系统（constipation scoring system，CSS）对1 054名患者进行评分，发现：CSS评分越高，肠道准备质量越差。超重患者运动量不足，易伴便秘和慢性疾病，发生肠道准备失败的风险也较高[66]。另外，结肠镜检查前3天禁用阿片类药物，可使肠道准备不足减少5.60%[67]。

3.2.3 其他 除了上述情况外，痴呆症、服用泻药、检查的时间间隔较长和腹部手术史等，也会降低肠道准备质量[65, 67-69]。

4 降低结直肠PMR临床路径的选择

4.1 AI的普遍性

AI作为内镜医师的“第二双眼睛”，可以将CADe作为常规结肠镜检查的标配。首先，AI可实时标记可疑病灶，弥补因内镜医师疲劳、分心或经验不足导致的漏诊，尤其在退镜过程中的黏膜盲区[20-21]。其次，对于更容易漏诊的微小息肉和平坦病变，AI的提示作用明显高于传统白光[23-24]。最后，AI可准确地评估肠道准备情况，实时指导内镜医师冲洗黏膜，暴露视野。同时，AI还能进行质量控制，检测退镜时间和速度，确保全结肠检查质量，降低结直肠PMR[19, 26]。

4.2 辅助装置的应用

对于常规筛查的患者，可应用透明帽或妙手帽机械性地展开皱襞。然而，对于行非麻醉结肠镜检查的患者，应用透明帽可能会造成部分患者腹部疼痛，增加患者不适感。对于右侧结肠、皱襞深或反复检查患者，建议优先选用EVC或EndoRings，因其“链翼”或“环状”结构能更有效地暴露皱襞后区域，避免漏诊无蒂锯齿状息肉的优势较为明显[32, 37]。对于乙状结肠粘连或进镜困难的患者，可选用G-EYE气囊内镜，利用球囊固定肠管，来获得稳定的视野[70]。

4.3 肠道准备方案的个体化选择

对于年龄大于65岁、有糖尿病史和慢性便秘等高风险人群，建议首选4 L PEG分次服用，或低剂量PEG联合利那洛肽等促分泌剂，确保清洁度的同时，减少饮水量，并应用祛泡剂辅助[43, 54]。对于年轻、无基础疾病和首次检查等低风险人群，可考虑OSS或低剂量PEG联合抗坏血酸或复方匹可硫酸钠，从而提高患者依从性和舒适度[47]。对于平坦病变高危者（如：锯齿状息肉病史），可考虑MB-MMX进行染色，以提高病变可见度[58]。

综上所述，结直肠镜检查时，结直肠息肉的遗漏和肠道准备不充分是常见的问题。目前，AI系统、远端辅助装置和肠道清洁剂对降低结直肠PMR的作用明显，但仍有一定的局限性。进一步加强对息肉漏诊危险因素的认识，探索降低PMR和提高肠道准备质量的有效手段，具有重要的临床意义。未来可探索AI辅助内镜检查、远端辅助装置和个体化肠道清洁剂，三者不同协作模式对降低结直肠PMR的效果，进而提高结肠镜检查质量，降低结直肠癌的发病率和死亡率，减少国家和社会的癌症负担。

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] 中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心肿瘤防控专家组, 中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心. 中国社区居民结直肠癌筛查专家共识[J]. 环境卫生学杂志, 2024, 14(4): 273-285.

[2] Expert Group on Cancer Prevention and Control, National Center for Chronic and Non-communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic and Non-communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention. Expert consensus on community-based colorectal cancer screening in China[J]. Journal of Environmental Hygiene, 2024, 14(4): 273-285. Chinese

[3] BRAY F, LAVERSANNE M, SUNG H, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2024, 74(3): 229-263.

[4] HAN B F, ZHENG R S, ZENG H M, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2022[J]. J Natl Cancer Cent, 2024, 4(1): 47-53.

[5] SNINSKY J A, SHORE B M, LUPU G V, et al. Risk factors for colorectal polyps and cancer[J]. Gastrointest Endosc Clin N Am, 2022, 32(2): 195-213.

[6] 中华医学会肿瘤学分会早诊早治学组. 中国结直肠癌早诊早治专家共识 (2023 版)[J]. 中华医学杂志, 2023, 103(48): 3896-3908.

[6] Expert Group on Early Diagnosis and Treatment of Cancer, Chinese Society of Oncology, Chinese Medical Association. Expert consensus on the early diagnosis and treatment of colorectal cancer in China (2023 edition) [J]. National Medical Journal of China, 2023, 103(48): 3896-3908. Chinese

[7] ZHAO S B, WANG S L, PAN P, et al. Magnitude, risk factors, and factors associated with adenoma miss rate of tandem colonoscopy: a systematic review and Meta-analysis[J]. Gastroenterology, 2019, 156(6): 1661-1674.

[8] ANDERSON R, BURR N E, VALORI R. Causes of post-colonoscopy colorectal cancers based on world endoscopy organization system of analysis[J]. Gastroenterology, 2020, 158(5): 1287-1299.

[9] WANG S Y, GAO J C, WU S D. Artificial intelligence for reducing missed detection of adenomas and polyps in colonoscopy: a systematic review and Meta-analysis[J]. World J Gastroenterol, 2025, 31(21): 105753.

[10] MAIDA M, MARASCO G, MAAS M H J, et al. Effectiveness of artificial intelligence assisted colonoscopy on adenoma and polyp miss rate: a Meta-analysis of tandem RCTs[J]. Dig Liver Dis, 2025, 57(1): 169-175.

[11] 徐志刚, 倪吉凯, 吴文江. 肠镜下大肠息肉漏诊相关因素的分析与思考[J]. 结直肠肛门外科, 2020, 26(1): 116-118.

[11] XU Z G, NI J K, WU W J. Analysis and reflection on factors related to miss rate of colorectal polyps under colonoscopy[J]. Journal of Colorectal & Anal Surgery, 2020, 26(1): 116-118. Chinese

[12] 于晓欢, 路璐, 郑权, 等. 结肠镜新技术对提高结直肠腺瘤性息肉检出率的影响[J]. 中华胃肠内镜电子杂志, 2022, 9(4): 219-224.

[12] YU X H, LU L, ZHENG Q, et al. Effect of new colonoscopic technigues on the detection rate of colorectal adenomatous polyp[J]. Chinese Journal of Gastrointestinal Endoscopy: Electronic Edition, 2022, 9(4): 219-224. Chinese

[13] AHSAN M, ANDERSON Z, JARBATH M, et al. The impact of computer-aided detection technology in adenoma detection rate among experienced endoscopists in the community setting[J]. J Community Hosp Intern Med Perspect, 2024, 14(5): 42-48.

[14] BAUMER S, STREICHER K, ALQAHTANI S A, et al. Accuracy of polyp characterization by artificial intelligence and endoscopists: a prospective, non-randomized study in a tertiary endoscopy center[J]. Endosc Int Open, 2023, 11(9): E818-E828.

[15] NEUMANN H, KREFT A, SIVANATHAN V, et al. Evaluation of novel LCI CAD EYE system for real time detection of colon polyps[J]. PLoS One, 2021, 16(8): e0255955.

[16] DE LANGE G, PROUVOST V, RAHMI G, et al. Artificial intelligence for characterization of colorectal polyps: prospective multicenter study[J]. Endosc Int Open, 2024, 12(3): E413-E418.

[17] LAU L H S, HO J C L, LAI J C T, et al. Effect of real-time computer-aided polyp detection system (ENDO-AID) on adenoma detection in endoscopists-in-training: a randomized trial[J]. Clin Gastroenterol Hepatol, 2024, 22(3): 630-641.

[18] KRENZER A, BANCK M, MAKOWSKI K, et al. A real-time polyp-detection system with clinical application in colonoscopy using deep convolutional neural networks[J]. J Imaging, 2023, 9(2): 26.

[19] 李佳, 吴练练, 杜代如, 等. 消化内镜人工智能辅助诊疗设备的成本效益分析[J]. 中华消化内镜杂志, 2023, 40(3): 206-211.

[19] LI J, WU L L, DU D R, et al. Cost-effectiveness analysis of an artificial intelligence-assisted diagnosis and treatment system for gastrointestinal endoscopy[J]. Chinese Journal of Digestive Endoscopy, 2023, 40(3): 206-211. Chinese

[20] MAAS M H J, NEUMANN H, SHIRIN H, et al. A computer-aided polyp detection system in screening and surveillance colonoscopy: an international, multicentre, randomised, tandem trial[J]. Lancet Digital Health, 2024, 6(3): e157-e165.

[21] KAMBA S, TAMAI N, SAITOH I, et al. Reducing adenoma miss rate of colonoscopy assisted by artificial intelligence: a multicenter randomized controlled trial[J]. J Gastroenterol, 2021, 56(8): 746-757.

[22] NAKASHIMA H, KITAZAWA N, FUKUYAMA C, et al. Clinical

evaluation of computer-aided colorectal neoplasia detection using a novel endoscopic artificial intelligence: a single-center randomized controlled trial[J]. Digestion, 2023, 104(3): 193-201.

[23] GLISSEN BROWN J R, MANSOUR N M, WANG P, et al. Deep learning computer-aided polyp detection reduces adenoma miss rate: a United States multi-center randomized tandem colonoscopy study (CADeT-CS trial) [J]. Clin Gastroenterol Hepatol, 2022, 20(7): 1499-1507.

[24] JIN X F, MA H Y, SHI J W, et al. Efficacy of artificial intelligence in reducing miss rates of GI adenomas, polyps, and sessile serrated lesions: a Meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Gastrointest Endosc, 2024, 99(5): 667-675.

[25] WALLACE M B, SHARMA P, BHANDARI P, et al. Impact of artificial intelligence on miss rate of colorectal neoplasia[J]. Gastroenterology, 2022, 163(1): 295-304.

[26] LEE J Y, PARK J, LEE H J, et al. Automatic assessment of bowel preparation by an artificial intelligence model and its clinical applicability[J]. J Gastroenterol Hepatol, 2024, 39(9): 1917-1923.

[27] YAO L W, XIONG H Z, LI Q C, et al. Validation of artificial intelligence-based bowel preparation assessment in screening colonoscopy (with video)[J]. Gastrointest Endosc, 2024, 100(4): 728-736.

[28] PELLEGRINO R, FEDERICO A, GRAVINA A G. Conversational LLM chatbot ChatGPT-4 for colonoscopy Boston bowel preparation scoring: an artificial intelligence-to-head concordance analysis[J]. Diagnostics (Basel), 2024, 14(22): 2537.

[29] KIM S, LEE B I. The role of cap-assisted endoscopy and its future implications[J]. Clin Endosc, 2024, 57(3): 293-301.

[30] 陈科云, 吴进峰, 余细球, 等. 透明帽辅助及FICE技术对结直肠息肉漏诊率影响的前瞻性随机对照研究[J]. 广东医学, 2017, 38(11): 1711-1714.

[30] CHEN K Y, WU J F, YU X Q, et al. A prospective randomized controlled study on the effect of cap-assisted colonoscopy and FICE technology on the miss rate of colorectal polyps[J]. Guangdong Medical Journal, 2017, 38(11): 1711-1714. Chinese

[31] SHERIF NAGUIB M, KHAIRY A, SHEHAB H, et al. The impact of EndoCuff-assisted colonoscopy on the polyp detection rate: a cross-over randomized back-to-back study[J]. Arab J Gastroenterol, 2024, 25(2): 102-108.

[32] VAN KEULEN K E, PAPANIKOLAOU I S, MAK T W C, et al. Comparison of adenoma miss rate and adenoma detection rate between conventional colonoscopy and colonoscopy with second-generation distal attachment cuff: a multicenter, randomized, back-to-back trial[J]. Gastrointest Endosc, 2024, 99(5): 798-808.

[33] RAMESHSHANKER R, TSIAMOULOS Z, WILSON A, et al. Endoscopic cuff-assisted colonoscopy versus cap-assisted colonoscopy in adenoma detection: randomized tandem study-detection in tandem endocuff cap trial (DETECT) [J]. Gastrointest Endosc, 2020, 91(4): 894-904.

[34] HAGHBIN H, ZAKIRKHODJAEV N, BERAN A, et al. G-EYE improves polyp, adenoma, and serrated polyp detection rates in colonoscopy: a systematic review and Meta-analysis[J]. J Clin Gastroenterol, 2024, 58(7): 668-673.

[35] REY J W, DÜMCKE S, HASCHEMI J, et al. G-EYE advanced colonoscopy for improved polyp detection rates-a randomized tandem pilot study with different endoscopists[J/OL]. Z Gastroenterol, 2018. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29426056/.

[36] MANTI M, TZIATZIOS G, FACCIORUSSO A, et al. Effect of add-on devices with projections on screening colonoscopy: a systematic review and Meta-analysis[J]. Ann Gastroenterol, 2023, 36(5): 533-540.

[37] BRAND E C, DIK V K, VAN OIJEN M G H, et al. Missed adenomas with behind-folds visualizing colonoscopy technologies compared with standard colonoscopy: a pooled analysis of 3 randomized back-to-back tandem colonoscopy studies[J]. Gastrointest Endosc, 2017, 86(2): 376-385.

[38] GUO R, WANG J Z, MIN L, et al. Improved adenoma detection rate using a novel colonoscopic distal attachment: a multicenter randomized controlled trial[J]. Am J Gastroenterol, 2024, 119(111): 2224-2232.

[39] KIM J, CHOI J M, LEE J, et al. Boston bowel preparation scale score 6 has more missed lesions compared with 7-9[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 1605.

[40] 中华医学会消化内镜学分会结直肠学组. 结肠镜检查肠道准备专家共识意见 (2023, 广州)[J]. 中华消化内镜杂志, 2023, 40(6): 421-430.

[40] Colorectal Group, Digestive Endoscopy Branch of Chinese Medical Association. Consensus on bowel preparation for colonoscopy (2023, Guangzhou)[J]. Chinese Journal of Digestive Endoscopy, 2023, 40(6): 421-430. Chinese

[41] 黄涵, 蔡妍, 陈卫建, 等. 慢性便秘的结肠镜检查前肠道准备口服药物研究进展[J]. 新医学, 2024, 55(4): 255-259.

[41] HUANG H, CAI Y, CHEN W J, et al. Research progress on oral medications for bowel preparation in patients with chronic constipation[J]. Journal of New Medicine, 2024, 55(4): 255-259. Chinese

[42] RAO S S C, BRENNER D M. Efficacy and safety of over-the-counter therapies for chronic constipation: an updated systematic review[J]. Am J Gastroenterol, 2021, 116(6): 1156-1181.

[43] KANG X Y, ZHAO L, ZHU Z Y, et al. Same-day single dose of 2 liter polyethylene glycol is not inferior to the standard bowel preparation regimen in low-risk patients: a randomized, controlled trial[J]. Am J Gastroenterol, 2018, 113(4): 601-610.

[44] SUN M, YANG G Z, WANG Y. Cleaning effect and tolerance of 16 bowel preparation regimens on adult patients before colonoscopy: a network Meta-analysis[J]. Int J Colorectal Dis, 2023, 38(1): 69.

[45] PAN P, ZHAO S B, WANG S L, et al. Comparison of the efficacy and safety of an oral sulfate solution and 3-L polyethylene glycol on bowel preparation before colonoscopy: a phase III multicenter randomized controlled trial[J]. Gastrointest Endosc, 2023, 98(6): 977-986.

[46] LIU X, YU W, LIU J, et al. Oral sulfate solution versus polyethylene glycol for bowel preparation before colonoscopy, Meta-analysis and trial sequential analysis of randomized clinical trials[J]. Tech Coloproctol, 2024, 28(1): 99.

[47] BHANDARI R, GOLDSTEIN M, MISHKIN D S, et al. Comparison of a novel, flavor-optimized, polyethylene glycol and sulfate bowel preparation with oral sulfate solution in adults undergoing colonoscopy[J]. J Clin Gastroenterol, 2023, 57(9): 920-927.

[48] DANG J T, MOOLLA M, DANG T T, et al. Sodium phosphate is superior to polyethylene glycol in constipated patients undergoing colonoscopy: a systematic review and Meta-analysis[J]. Surg Endosc, 2021, 35(2): 900-909.

[49] 王松鸽, 邵正博, 黄亚玺. 磷酸钠盐在老年患者术前肠道准备中的肠道清洁效果及其对血液学指标水平的影响[J]. 医学理论与实践, 2022, 35(23): 4101-4103.

[49] WANG S G, SHAO Z B, HUANG Y X. Bowel cleansing effect of sodium phosphate in preoperative bowel preparation for elderly patients and its impact on hematological parameters[J]. The Journal of Medical Theory and Practice, 2022, 35(23): 4101-4103. Chinese

[50] LI Y D, WANG Y P, MAI G, et al. Comparison of oral sodium phosphate tablets and polyethylene glycol lavage solution for colonoscopy preparation: a systematic review and Meta-analysis of randomized clinical trials[J]. Front Med (Lausanne), 2023, 10: 1088630.

[51] 贾利军, 田小威, 贺亚楠, 等. 复方聚乙二醇电解质散和磷酸钠盐口服溶液对老年患者无痛结肠镜检查术中血流动力学影响的比较[J]. 世界临床药物, 2023, 44(7): 745-750.

[51] JIA L J, TIAN X W, HE Y N, et al. Comparison of the effects of polyethylene solution and sodium phosphate oral solution on intraoperative hemodynamics in elderly patients undergoing painless colonoscopy[J]. World Clinical Drugs, 2023, 44(7): 745-750. Chinese

[52] SHEN J W, SHENG H, HE H, et al. A randomized prospective study comparing the effect of low-volume bowel preparations for colonoscopy preparation in China[J]. Scand J Gastroenterol, 2024, 59(9): 1112-1119.

[53] YANG J, WEI Q, XIANG Z X, et al. Bowel preparation efficacy and safety of compound polyethylene glycol electrolyte powder combined with linaclotide for colonoscopy: a randomized controlled trial[J]. JGH Open, 2023, 7(9): 636-639.

[54] SIRINAWASATIEN A, SAKULTHONGTHAWIN P, CHANPIWAT K, et al. Bowel preparation using 2-L split-dose polyethylene glycol regimen plus lubiprostone versus 4-L split-dose polyethylene glycol regimen: a randomized controlled trial[J]. BMC Gastroenterol, 2022, 22(1): 424.

[55] PARK J H, HONG S W, HWANG S W, et al. Efficacy and safety of oral sodium sulfate tablet compared with 1-L polyethylene glycol plus ascorbate: a prospective, randomized, endoscopist-blinded trial[J]. J Gastroenterol Hepatol, 2023, 38(12): 2090-2096.

[56] 王景淑, 艾耀伟, 熊媛琴, 等. 结肠镜肠道准备药物研究进展[J]. 临床消化病杂志, 2024, 36(4): 297-300.

[56] WANG J S, AI Y W, XIONG Y Q, et al. Research progress on medications for bowel preparation in colonoscopy[J]. Chinese Journal of Clinical Gastroenterology, 2024, 36(4): 297-300. Chinese

[57] EIDENSOHN Y, MOND Y, LABOWITZ I, et al. Magnesium citrate capsules in colonoscopy preparation; a randomized controlled trial[J]. Cureus, 2021, 13(12): e20506.

[58] REPICI A, WALLACE M B, EAST J E, et al. Efficacy of per-oral methylene blue formulation for screening colonoscopy[J]. Gastroenterology, 2019, 156(8): 2198-2207.

[59] DI STEFANO A F D, RADICIONI M M, VACCANI A, et al. Methylene blue MMX® tablets for chromoendoscopy. Bioavailability, colon staining and safety in healthy volunteers undergoing a full colonoscopy[J]. Contemp Clin Trials, 2018, 71: 96-102.

[60] REPICI A, CISCATO C, WALLACE M, et al. Evaluation of genotoxicity related to oral methylene blue chromoendoscopy[J]. Endoscopy, 2018, 50(10): 1027-1032.

[61] MCNABB-BALTAR J, DORREEN A, AL DHAHAB H, et al. Age is the only predictor of poor bowel preparation in the hospitalized patient[J]. Can J Gastroenterol Hepatol, 2016, 2016: 2139264.

[62] OCCHIPINTI V, SORIANI P, VAVASSORI S, et al. Risk factors for inadequate bowel preparation in patients using high- and low-volume cleansing product[J]. Eur J Gastroenterol Hepatol, 2023, 35(2): 159-166.

[63] POOLA S, JAMPALA N, TUMIN D, et al. Factors influencing inpatient colonoscopy bowel preparation quality[J]. Minerva Gastroenterol Dietol, 2020, 66(3): 194-200.

[64] 蔡毅玲, 周淑婷, 张鸣青. 糖尿病患者结直肠镜检查肠道准备不充分的现况、影响因素及策略[J]. 现代临床护理, 2023, 22(11): 26-31.

[64] CAI Y L, ZHOU S T, ZHANG M Q. Inadequate bowel preparation for colorectal endoscopy in diabetic patients: current status and influencing factors[J]. Modern Clinical Nursing, 2023, 22(11): 26-31. Chinese

[65] HIGASHIMORI A, MAEDA N, NAKATANI M, et al. Importance of bowel habits in predicting inadequate bowel preparation: a prospective observational study[J]. Dig Dis Sci,

2023, 68(11): 4148-4155.

[66] CHENG C L, LIU N J, TANG J H, et al. Predictors of suboptimal bowel preparation using 3-L of polyethylene glycol for an outpatient colonoscopy: a prospective observational study[J]. Dig Dis Sci, 2017, 62(2): 345-351.

[67] MAHMOOD S, FAROOQUI S M, MADHOUN M F. Predictors of inadequate bowel preparation for colonoscopy: a systematic review and Meta-analysis[J]. Eur J Gastroenterol Hepatol, 2018, 30(8): 819-826.

[68] GAO Y, LIN X J. Effect of bowel preparation to colonoscopy interval on preparation quality and colonoscopy outcomes; a Meta-analysis[J]. Turk J Gastroenterol, 2023, 34(1): 26-34.

[69] TAMAI N, SUMIYAMA K. Optimal bowel preparation for colonoscopy[J]. Dig Endosc, 2025, 37(2): 139-146.

[70] KIESSLICH R, TEUBNER D, HOFFMAN A, et al. Retrospective comparison of G-EYE balloon-colonoscopy with standard colonoscopy for increased adenoma detection rate and reduced polyp removal time[J]. Endosc Int Open, 2023, 11(9): E920-E927.

（彭薇 编辑）

本文引用格式：

张津, 熊英. 内镜新技术及肠道准备质量降低结直肠息肉漏诊率的研究进展[J]. 中国内镜杂志, 2026, 32(5): 73-82.

ZHANG J, XIONG Y. Study progress on the reduction of colorectal polyp miss rates through new endoscopic techniques and the quality of bowel preparation[J]. China Journal of Endoscopy, 2026, 32(5): 73-82. Chinese