

中华医学会系列杂志

ISSN 1007-5232

CN 32-1463/R

中华消化内镜杂志®

ZHONGHUA XIAOHUA NEIJING ZAZHI

2024年10月 第41卷 第10期

CHINESE JOURNAL OF DIGESTIVE ENDOSCOPY

Volume 41 Number 10
October 2024



中华医学会

CHINESE
MEDICAL
ASSOCIATION

ISSN 1007-5232



9 771007 523243

中华消化内镜杂志[®]

CHINESE JOURNAL OF DIGESTIVE ENDOSCOPY

月刊 1996年8月改刊 第41卷 第10期 2024年10月20日出版



微信: xhnjsw



新浪微博

主管

中国科学技术协会

主办

中华医学会
100710, 北京市东四西大街42号

编辑

中华消化内镜杂志编辑委员会
210003, 南京市紫竹林3号
电话: (025)83472831, 83478997
传真: (025)83472821
Email: xhnj@xhnj.com
http://www.zhxnjzz.com
http://www.medjournals.cn

总编辑

张澍田

编辑部主任

唐涌进

出版

《中华医学杂志》社有限责任公司
100710, 北京市东四西大街42号
电话(传真): (010)51322059
Email: office@cmaph.org

广告发布登记号

广登32010000093号

印刷

江苏省地质测绘院

发行

范围: 公开
国内: 南京报刊发行局
国外: 中国国际图书贸易集团
有限公司
(北京399信箱, 100048)
代号 M4676

订购

全国各地邮政局
邮发代号 28-105

邮购

中华消化内镜杂志编辑部
210003, 南京市紫竹林3号
电话: (025)83472831
Email: xhnj@xhnj.com

定价

每期25.00元, 全年300.00元

中国标准连续出版物号

ISSN 1007-5232
CN 32-1463/R

2024年版权归中华医学会所有

未经授权, 不得转载、摘编本刊
文章, 不得使用本刊的版式设计

除非特别声明, 本刊刊出的所有
文章不代表中华医学会和本刊
编委会的观点

本刊如有印装质量问题, 请向本刊
编辑部调换

目次

述评

- 我国食管癌筛查现状及研究进展 757
王洛伟 李兆申

论著

- 人工智能食管细胞学风险预测模型在食管癌前病变中的
构建和验证 762
蒋惠珊 高野 林寒 辛磊 王伟 李兆申 王洛伟
- 食管海绵细胞学在食管癌高发县食管癌筛查中的应用研究 768
黄曙 高野 冯亚东 周海浪 王维 韩秀艳 徐法贞
周爱军 王洛伟
- 特征可视化浅表食管鳞状细胞癌浸润深度预测系统的
构建及验证 774
罗任权 张丽辉 罗济杰 于红刚
- 食管早期癌及癌前病变内镜黏膜下剥离术后新发病灶的
临床特征分析 782
焦晨阳 钱云 李昱江 杨斌 伏亦伟
- 全周及近全周型食管早期癌和癌前病变内镜射频消融术后
食管狭窄影响因素的病例对照研究 787
丁源 刘洋 雷思雨 张婉月 朱翎楠 钱琦镠 施瑞华
- 成人嗜酸性食管炎的临床特征及超声内镜诊断价值 792
陈伟 李成志 郝璐 李波 章粉明 黄伟 陈洪潭
- 单个宽隧道结合线夹牵引的内镜黏膜下剥离术在
大面积早期食管癌及癌前病变中的应用研究 798
孙中尚 叶连松 李雪莲 高志颖 潘振国 胡兵 潘峰
- 内镜下胃静脉曲张注射点定位准确性的影响因素初探 805
陈丽红 王治虹 梅雪灿 张辅民 张倩倩 时晨 孔德润
- 深在性囊性胃炎的临床特点及合并胃癌的危险因素分析 809
王珏 林佳佳 龚辰 姜琦 周平红 胡健卫

短篇论著

- 快速现场细胞学评估在西藏地区超声内镜细针穿刺诊断消化系
占位中的初步应用 815
次央 伊比然恨 巴桑卓玛 次旦拉姆 穆晶 王俊雄

病例报道

- 超声内镜辅助诊断高收缩食管1例(含视频) 819
拓小凤 马师洋 张盼 郭晓燕 许晓毓 戴菲 史海涛
新型内镜吻合夹治疗重症胰腺炎后结肠瘘1例(含视频) 821
杨威 李静 仇玉平 陈曦 李书培 汪芳裕 宣佶
挽救性内镜黏膜下剥离术治疗食管癌根治性放疗后局部复发1例(含视频) 824
曾骏成 梁群 汪福群 刘波颖

综 述

- 人工智能在小肠内镜影像诊断中的应用进展 827
郝伟娜 朱惠云 杜奕奇
生物医学材料在内镜黏膜下剥离术后食管狭窄预防中的应用与进展 831
庄颖佳 王频 戴建武 邹晓平
结肠镜检查前肠道准备中利那洛肽的应用现状 836
徐浩馨 朱鹤 徐红

读者·作者·编者

- 《中华消化内镜杂志》2024年可直接使用英文缩写的常用词汇 761
中华医学会系列杂志论文作者署名规范 804
插页目次 781

本刊稿约见第41卷第1期第82页、第7期第586页

本期责任编辑 周昊

本刊编辑部工作人员联系方式

唐涌进, Email: tang@xhnj.com

周昊, Email: zhou@xhnj.com

顾文景, Email: gwj@xhnj.com

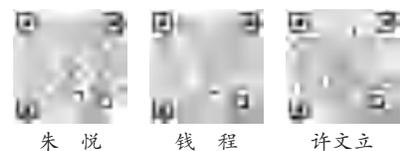
本刊投稿方式

登录《中华消化内镜杂志》官方网站 <http://www.zhxnjzz.com> 进行在线投稿。

朱悦, Email: zhuyue@xhnj.com

钱程, Email: qian@xhnj.com

许文立, Email: xwl@xhnj.com



(扫码添加编辑企业微信)

人工智能在小肠内镜影像诊断中的应用进展

郝伟娜 朱惠云 杜奕奇

海军军医大学第一附属医院消化内科,上海 200433

通信作者:杜奕奇,Email:duyiqi@hotmail.com

【提要】 小肠疾病是消化道疾病的重要组成部分,胶囊内镜和小肠镜是小肠疾病诊断的主要内镜技术,部分小肠疾病的内镜下表现鉴别诊断较为困难。随着人工智能(artificial intelligence, AI)技术的不断发展和日益成熟, AI在消化内镜领域的应用逐渐普及,尤其是早期消化道癌的机器识别已经实现临床应用。通过机器学习、神经网络等方法,可将AI应用于小肠内镜下病变影像的判读,有助于提高小肠疾病的内镜诊断准确率。胶囊内镜结合AI的临床应用较为成熟,小肠镜结合AI的相关研究亦有初步的探索,在一些特殊类型小肠病变的诊断中发挥了重要作用,本文综述了AI在小肠内镜中的相关研究进展。

【关键词】 人工智能; 胶囊内镜; 小肠镜; 鉴别诊断

基金项目:上海市优秀学术技术带头人计划(21XD1404900)

Application progress of artificial intelligence-assisted endoscopy to the imaging diagnosis of small bowel diseases

Hao Weina, Zhu Huiyun, Du Yiqi

Department of Gastroenterology, The First Affiliated Hospital of Naval Medical University, Shanghai 200433, China

Corresponding author: Du Yiqi, Email: duyiqi@hotmail.com

一、小肠疾病的内镜诊断

小肠疾病包括小肠息肉、小肠血管性病变、小肠溃疡性病变和小肠肿瘤等,其诊断较为困难。小肠碘水造影、小肠三维CT和小肠磁共振,是评估小肠的主要影像学检查^[1]。然而,仅凭影像学检查,较难检测到轻度、细微的小肠病变,造成多数小肠病变无法确诊。小肠内镜的出现,极大提高了小肠疾病检查的阳性率和准确率。

2000年,胶囊内镜首次应用于小肠评估^[2]。二十多年来,胶囊内镜不断发展,79%~90%的患者可通过胶囊内镜实现全小肠检查,探路胶囊的出现显著降低了胶囊内镜滞留的风险^[3-4]。胶囊内镜因无侵入性、耐受良好等优点,逐渐在临床上普及应用,成为识别和诊断小肠疾病的有力工具。胶囊内镜已成为胃镜、结肠镜检查阴性的不明原因消化道出血的一线诊断检查手段^[5]。然而胶囊内镜的人工阅片工作量大,一般需要45~120 min的阅片时间,造成图片解读效率较低^[6]。近年随着人工智能(artificial intelligence, AI)、机器学习等技术的发展,胶囊内镜的诊断效率得到了

一定程度的提高^[7]。

2001年,双气囊小肠镜问世后,单气囊小肠镜、螺旋小肠镜、电动螺旋小肠镜开始逐步应用于小肠检查^[8-10]。小肠镜可以在小肠疾病检查过程中进行活检和治疗,同时也可以弥补胶囊内镜漏检间质瘤或憩室的缺陷。双气囊小肠镜进镜插入深度较深,对接成功率高,但操作时长最长;螺旋小肠镜检查时长较短,进镜深度超过双气囊小肠镜,但国内尚未引进;单气囊小肠镜操作简单,但进镜深度方面不及双气囊小肠镜和螺旋小肠镜^[11]。小肠镜设备的不断发展,极大地促进了小肠镜临床应用,目前国内应用以双气囊小肠镜为主^[12]。双气囊小肠镜诊断小肠疾病的阳性率为43%~80%,其主要缺点在于缺乏客观方法准确评估插管深度,但该缺点并未显著影响小肠镜的诊治效能^[13]。

二、AI技术在消化内镜中的应用

AI允许计算机化方法来解决认知问题。近些年来AI的不断改进,特别是机器学习技术的实现,计算机辅助诊断(computer assisted diagnosis, CAD)和计算机辅助图像分析

DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20240107-00216

收稿日期 2024-01-07 本文编辑 周昊

引用本文:郝伟娜,朱惠云,杜奕奇.人工智能在小肠内镜影像诊断中的应用进展[J].中华消化内镜杂志,2024,41(10):827-830. DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20240107-00216.



模型的研究已成为医学影像诊断的主要研究领域。机器学习是 AI 的一个子领域,主要由能够独立学习和推断决策的系统构成。机器学习通过训练数据集的学习,实现独立判断的功能,例如将正常和异常消化道图像的大型数据库中的图像特征提取并转换为数值,随后构建预测模型用于图像预判。

在医学成像中,机器学习系统能够识别疾病模式并估计一个特定图像属于不同类别(如正常与异常、恶性与良性)的概率。机器学习的性能会受首次输入的可靠性、数学公式翻译的有效性以及翻译医学成像中大量正常和异常变化难度的影响。深度学习是机器学习的一个子领域,包括基于具有复杂多层结构的特定人工神经网络系统的机器学习模型。基于卷积神经网络(convolutional neural networks, CNN)系统的深度学习结构类似于动物视觉皮层组织,在医学图像分析中非常有用。经过大量图像数据集训练后, CNN 系统无须手动设计输入,能够独立总结图像特征以进行进一步分类。研究表明, CNN 系统可能优于人工设计的特征输入^[14]。

目前 AI 在医学影像中的应用主要分为计算机辅助筛查(computer-aided detection, CADe)和计算机辅助诊断(computer-aided diagnosis, CADx),在消化内镜中的应用较多集中在消化道早癌和癌前病变的识别,如食管和胃早癌识别技术、结直肠息肉及肿瘤的检出等^[15-16]。AI 检出胃癌的敏感度高达 92.2%,还可预测浅表肿瘤的病变侵袭深度,特异度为 78%~95%^[17-18]。一项随机对照研究发现 AI 辅助下早期胃癌的漏诊率为 6.1%(95%CI: 1.6%~17.9%)显著低于常规胃镜检查的 27.3%(95%CI: 15.5%~43.0%)^[19]。一项 meta 分析研究显示, AI 应用于胃镜下胃癌筛查总体敏感度、特异度和曲线下面积分别为 89%(95%CI: 85%~93%)、93%(95%CI: 88%~97%)和 94%(95%CI: 0.91%~0.98%),优于初级操作者,与资深专家相当^[18]。

AI 在结肠镜诊断结肠病变中的应用也逐渐成熟, Takenaka 等^[20]收集了 2 012 例溃疡性结肠炎患者的 40 758 张结肠镜检查图像和 6 885 份活检结果作为训练集,将其后接受结肠镜检查的 875 例溃疡性结肠炎患者,共 4 187 张内镜图像和 4 104 份活检标本作为验证集,溃疡性结肠炎的严重程度通过内镜下缓解和组织学缓解评估,通过深度神经网络算法辅助诊断,内镜下缓解(UCEIS 评分为 0)的准确率 90.1%,组织学缓解(Geboes 评分<3)的准确率为 92.9%。随着 AI 算法不断革新,结直肠息肉大小评估准确率也较前显著提高^[21]。因此,有结肠镜 AI 的基础,在小肠内镜下成像的应用上, AI 技术有望通过处理和分类镜下影像来提高病灶检出的灵敏度和准确率,从而辅助内镜医师作出更准确的诊断和治疗决策。

三、AI 在胶囊内镜中的应用

胶囊内镜是小肠病变检出的首选工具,但因图片数量多,需要大量人工识别,而结合 AI 可以提高识别效率,减少

出报告时间,有助于提高小肠疾病的诊断。基于临床需求, AI 在胶囊内镜阅片的应用和研究尤为广泛^[22]。小肠胶囊内镜结合 AI 可以自动检测各种情况,包括不明原因消化道出血(obscurc gastrointestinal bleeding, OGIB)、溃疡、息肉、肿瘤和乳糜泻等。2020 年 2 月, Saito 等^[23]通过 30 584 张小肠病变图像的数据库,开发了一种 CNN 方法,不仅能够识别病变,而且还将它们分类为息肉、结节、上皮性肿瘤、黏膜下肿瘤和静脉结构,敏感度分别为 86.5%、92.0%、95.8%、77.0%和 94.4%。2020 年 7 月, Saito 等^[23]使用来自 41 例患者的 27 847 张图像,通过 AI 能够识别出肠腔中的血液,敏感度为 96.6%,特异度为 99.9%,准确率为 99.9%。2022 年 7 月, Xie 等^[24]回顾性收集了 5 825 例小肠胶囊内镜检查图片资料, AI 辅助读片和传统读片的小肠病变检出率分别为 79.3%和 70.7%, AI 需要二次审查的平均图像数量较传统读片平均下降率为 96.1%, AI 辅助读片平均阅读时间缩短至 5.4 min,较传统读片时间的平均降低率为 89.3%。近年来,还出现了磁控胶囊内镜检查系统,评估患者出血风险^[25]。国内学者通过收集 2 565 例患者, 280 426 张胶囊内镜下图像用于构建 AI 诊断模型,而后使用 240 例胶囊内镜下录像检测 AI 模型的诊断效能^[26]。最终该模型对诊断红斑、炎症、血性内容物、血管病变、隆起性病变、寄生虫、憩室和正常变异的敏感度分别为 97.8%、96.1%、96.1%、94.7%、95.6%、100%、100%和 96.4%;准确率分别为 95.0%、88.8%、89.2%、79.2%、80.8%、97.5%、91.3%和 93.3%。对于初级操作者,在该 AI 模型的辅助下诊断准确率可从 85.5%提高至 97.9%。

胶囊内镜和 AI 的结合仍存在不足之处,胶囊内镜获取的图片质量不高会影响检出率, AI 也无法实时对胶囊内镜的图片进行判断。部分小肠疾病的确诊依然需要小肠镜检查 and 病变活检。

四、AI 在小肠镜中的应用

小肠镜拓宽了小肠疾病的检测和治疗的可能性, AI 和小肠镜的结合目前还是新兴研究的一个领域。目前,也有学者对 AI 辅助小肠镜诊断小肠疾病做了初步探索。

1. 小肠息肉及隆起性病变

小肠息肉是较容易识别的小肠病变。Guo 等^[27]通过使用 613 张小肠镜下息肉图像和 709 张小肠镜下正常图像,构建了一个迁移学习 VGG16 和基于 U-Net 而加深度学习的联合网络系统。该系统切割和交集的平均值分别为 90.05%和 82.71%,区别正常图像和息肉图像的准确率为 93.50%。研究显示,该算法可以弥补人眼不足、获取更多图像特征,优于 U-net 算法并且可以成功地对息肉进行分割和识别(图 1)。2022 年,葡萄牙的 Cardoso 等^[28]利用 72 例患者的 7 925 张图像,设计了一种基于 CNN 的深度学习算法,可单帧评估是否存在隆起性病变,模型的敏感度和特异度为分别为 97.0%和 97.4%,曲线下面积为 1.00。上述研究表明 AI 能够有效地检测小肠息肉隆起性病变, AI 工具的发展可能进一步提高小肠镜技术的诊断能力。



图1 不同人工智能技术对小肠镜的小肠息肉病变判别区域 (Joint-Net 优于 GT 优于 U-Net)^[27]

2. 小肠血管畸形

小肠的血管病变是胃肠镜阴性的消化道出血最常见的病因。深度学习算法在自动检测内镜检查中的病变方面显示出巨大潜力。葡萄牙的 Mascarenhas 等^[29]构建了一种 CNN 的检测模型,将 72 例次小肠镜检查,总共提取了 6 740 张图像(5 345 张正常图像和 1 395 张血管畸形图像),拆分构成训练和验证数据集,模型诊断灵敏度为 88.5%,特异度为 97.1%,曲线下面积为 0.988,图像处理速度为 6.4 ms/帧。但值得注意的是,该系统只是对小肠镜检查的补充,因为该模型也可能错过小肠镜无法抵达的病变,或者隐藏在小肠黏膜褶皱之间的病变。

3. 小肠溃疡性病变

溃疡或糜烂在小肠镜内镜观察中是最常见的病变,也是鉴别诊断最困难的小肠病变,包括克罗恩病、淋巴瘤、肠结核、隐源性多灶性溃疡性狭窄性小肠炎(cryptogenetic multifocal ulcerous stenosing enteritis, CMUSE)、白塞病等。小肠镜并非诊断小肠克罗恩病的一线检查手段,小肠镜诊断小肠克罗恩病的阳性率仅为 5%~13%^[30]。尽管 AI 在各种胃肠病学图像的辅助诊断研究中心呈指数级增长,但技术的可行性和临床适用性仍待探索。葡萄牙的 Martins 等^[31]同样开发并测试了一种 CNN 的模型用于检测小肠镜下的溃疡和糜烂,共收集了 6 772 张小肠镜典型图像,其中 678 张术后溃疡或糜烂用于双重验证,并将数据分为训练集和验证集,后者用于模型性能评估,最终该模型的灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值分别是 88.5%、99.7%、96.4% 和 98.9%,总体准确率为 98.7%,曲线下面积为 1.00,图像处理速度为 3.4 ms/帧。该研究表明 AI 能够进行熟练的全景无创评估,并且可以在小肠镜检查中提供有价值的指导。

然而,该项研究也存在局限性。一是基于单中心的回顾性研究,可能导致选择性偏差,二是用于开发和测试该模型的图像帧数相对较少,因此结果尚不具备外部有效性,还需要进一步的多中心研究和前瞻性地收集数据。更重要的是,该研究未对多种小肠溃疡性病变做进一步区分,从而无法提供针对克罗恩病的鉴别诊断^[32]。AI 在小肠镜检查过程中的应用,即 AI 引导的活检,可能提高该技术的诊断效能,尤其是对克罗恩病的诊断。AI 在小肠镜下小肠疾病的诊断具有重要临床意义,由于研究资料的局限性,现阶段已有的 AI 系统应用于小肠内镜下图像的判读质量尚不能保证,尤其是在小肠克罗恩病和其他小肠溃疡如肠结核、淋巴瘤、CMUSE 的鉴别方面,这些疾病都属于鉴别诊断困难的小肠溃疡,需要依靠病理、实验室检查、小肠三维 CT 等作出一个综合判断,来辅助提高首次诊断的准确率。

综上,基于 CNN 的计算机辅助诊断可用于小肠疾病的诊断和评估,尤其是在小肠息肉、小肠血管畸形和小肠溃疡性病变等方面,一些算法已经显示出了良好的结果,证明了在溃疡严重程度分级、区分狭窄与正常黏膜或其他溃疡性病变方面的潜在价值,具有一定的临床应用前景。国内的长海医院团队已经基于海量小肠镜检出溃疡的图片(图 2),建立了一套具有自动识别小肠溃疡并开展鉴别的软件系统,已获得国家发明专利,正在进行相关系统的验证,效果可能优于国外系统。

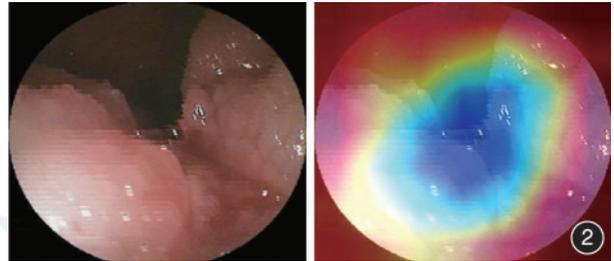


图2 人工智能对小肠镜溃疡图片的自动识别区域热图

五、展望

AI 技术与小肠内镜相结合可大幅度提高小肠疾病的诊断效能,既借助了 AI 的强大学习和运算能力,又保留了小肠镜的功能并汲取了小肠内镜专家的诊断经验,从而降低了内镜医生肉眼诊断的主观性偏移及微小或平坦型病变的漏诊率。随着 AI 在小肠内镜研究和临床实践的不断深入,未来 AI 与小肠内镜的结合将有望为相关领域建立一套新的标准。随着有价值的小肠内镜资料不断丰富,AI 诊断模型将不断更新,将 AI 应用于小肠内镜下影像判读,对于缺乏经验的内镜医生来说,将有助于提高初步诊断的准确率。目前,小肠镜 AI 的应用还停留在图片阶段,未来有望用于视频的 AI 识别,从而能够像消化道早癌筛查的模式一样可以应用于内镜设备的硬件。因此,AI 与小肠镜影像的结合有着广阔的临床应用前景。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Murphy KP, McLaughlin PD, O'Connor OJ, et al. Imaging the small bowel[J]. *Curr Opin Gastroenterol*, 2014, 30(2):134-140. DOI: 10.1097/MOG.0000000000000038.
- [2] Iddan G, Meron G, Glukhovskiy A, et al. Wireless capsule endoscopy[J]. *Nature*, 2000, 405(6785): 417. DOI: 10.1038/35013140.
- [3] Rondonotti E, Villa F, Mulder CJ, et al. Small bowel capsule endoscopy in 2007: indications, risks and limitations[J]. *World J Gastroenterol*, 2007, 13(46): 6140-6149. DOI: 10.3748/wjg.v13.i46.6140.
- [4] Yadav A, Heigh RI, Hara AK, et al. Performance of the patency capsule compared with nonenteroclysis radiologic examinations in patients with known or suspected intestinal strictures[J]. *Gastrointest Endosc*, 2011, 74(4): 834-839. DOI: 10.1016/j.gie.2011.05.038.

- [5] Pennazio M, Rondonotti E, Despott EJ, et al. Small-bowel capsule endoscopy and device-assisted enteroscopy for diagnosis and treatment of small-bowel disorders: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) guideline-update 2022[J]. *Endoscopy*, 2023, 55(1):58-95. DOI: 10.1055/a-1973-3796.
- [6] Levinthal GN, Burke CA, Santisi JM. The accuracy of an endoscopy nurse in interpreting capsule endoscopy[J]. *Am J Gastroenterol*, 2003, 98(12): 2669-2671. DOI: 10.1111/j.1572-0241.2003.08726.x.
- [7] O'Hara F, McNamara D. Small-bowel capsule endoscopy-optimizing capsule endoscopy in clinical practice[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2021, 11(11): 2139. DOI: 10.3390/diagnostics11112139.
- [8] Yamamoto H, Yano T, Kita H, et al. New system of double-balloon enteroscopy for diagnosis and treatment of small intestinal disorders[J]. *Gastroenterology*, 2003, 125(5): 1556; author reply 1556-1557. DOI: 10.1016/j.gastro.2003.03.004.
- [9] Akerman PA, Agrawal D, Cantero D, et al. Spiral enteroscopy with the new DSB overtube: a novel technique for deep peroral small-bowel intubation[J]. *Endoscopy*, 2008, 40(12):974-978. DOI: 10.1055/s-0028-1103402.
- [10] Neuhaus H, Beyna T, Schneider M, et al. Novel motorized spiral enteroscopy: first clinical case[J]. *VideoGIE*, 2016, 1(2): 32-33. DOI: 10.1016/j.vgie.2016.08.005.
- [11] Schneider M, Hüllerich J, Beyna T. Device-assisted enteroscopy: a review of available techniques and upcoming new technologies[J]. *World J Gastroenterol*, 2019, 25(27): 3538-3545. DOI: 10.3748/wjg.v25.i27.3538.
- [12] Alemanni LV, Fabbri S, Rondonotti E, et al. Recent developments in small bowel endoscopy: the "black box" is now open! [J]. *Clin Endosc*, 2022, 55(4): 473-479. DOI: 10.5946/ce.2022.113.
- [13] May A, Nachbar L, Ell C. Double-balloon enteroscopy (push-and-pull enteroscopy) of the small bowel: feasibility and diagnostic and therapeutic yield in patients with suspected small bowel disease[J]. *Gastrointest Endosc*, 2005, 62(1): 62-70. DOI: 10.1016/s0016-5107(05)01586-5.
- [14] Okagawa Y, Abe S, Yamada M, et al. artificial intelligence in endoscopy[J]. *Dig Dis Sci*, 2022, 67(5): 1553-1572. DOI: 10.1007/s10620-021-07086-z.
- [15] Correia FP, Lourenço LC. Artificial intelligence application in diagnostic gastrointestinal endoscopy—deus ex machina? [J]. *World J Gastroenterol*, 2021, 27(32): 5351-5361. DOI: 10.3748/wjg.v27.i32.5351.
- [16] Maida M, Marasco G, Facciorusso A, et al. Effectiveness and application of artificial intelligence for endoscopic screening of colorectal cancer: the future is now[J]. *Expert Rev Anticancer Ther*, 2023, 23(7): 719-729. DOI: 10.1080/14737140.2023.2215436.
- [17] Hirasawa T, Aoyama K, Tanimoto T, et al. Application of artificial intelligence using a convolutional neural network for detecting gastric cancer in endoscopic images[J]. *Gastric Cancer*, 2018, 21(4):653-660. DOI: 10.1007/s10120-018-0793-2.
- [18] Xie F, Zhang K, Li F, et al. Diagnostic accuracy of convolutional neural network-based endoscopic image analysis in diagnosing gastric cancer and predicting its invasion depth: a systematic review and meta-analysis[J]. *Gastrointest Endosc*, 2022, 95(4):599-609.e7. DOI: 10.1016/j.gie.2021.12.021.
- [19] Wu L, Shang R, Sharma P, et al. Effect of a deep learning-based system on the miss rate of gastric neoplasms during upper gastrointestinal endoscopy: a single-centre, tandem, randomised controlled trial[J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2021, 6(9): 700-708. DOI: 10.1016/S2468-1253(21)00216-8.
- [20] Takenaka K, Ohtsuka K, Fujii T, et al. Development and validation of a deep neural network for accurate evaluation of endoscopic images from patients with ulcerative colitis[J]. *Gastroenterology*, 2020, 158(8): 2150-2157. DOI: 10.1053/j.gastro.2020.02.012.
- [21] Sudarevic B, Sodmann P, Kafetzis I, et al. Artificial intelligence-based polyp size measurement in gastrointestinal endoscopy using the auxiliary waterjet as a reference[J]. *Endoscopy*, 2023, 55(9):871-876. DOI: 10.1055/a-2077-7398.
- [22] Hosoe N, Takabayashi K, Ogata H, et al. Capsule endoscopy for small-intestinal disorders: current status[J]. *Dig Endosc*, 2019, 31(5):498-507. DOI: 10.1111/den.13346.
- [23] Saito H, Aoki T, Aoyama K, et al. Automatic detection and classification of protruding lesions in wireless capsule endoscopy images based on a deep convolutional neural network[J]. *Gastrointest Endosc*, 2020, 92(1): 144-151. e1. DOI: 10.1016/j.gie.2020.01.054.
- [24] Xie X, Xiao YF, Zhao XY, et al. Development and validation of an artificial intelligence model for small bowel capsule endoscopy video review[J]. *JAMA Netw Open*, 2022, 5(7): e2221992. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2022.21992.
- [25] Han Y, Liao Z, Li Y, et al. Magnetically controlled capsule endoscopy for assessment of antiplatelet therapy-induced gastrointestinal injury[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2022, 79(2): 116-128. DOI: 10.1016/j.jacc.2021.10.028.
- [26] Ding Z, Shi H, Zhang H, et al. Artificial intelligence-based diagnosis of abnormalities in small-bowel capsule endoscopy [J]. *Endoscopy*, 2023, 55(1):44-51. DOI: 10.1055/a-1881-4209.
- [27] Guo X, Li S, Zhang L, et al. A novel Joint-Net model for recognizing small-bowel polyp images[J]. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 2022, 31(5): 712-719. DOI: 10.1080/13645706.2021.1980402.
- [28] Cardoso P, Saraiva MM, Afonso J, et al. Artificial intelligence and device-assisted enteroscopy: automatic detection of enteric protruding lesions using a convolutional neural network [J]. *Clin Transl Gastroenterol*, 2022, 13(8): e00514. DOI: 10.14309/ctg.0000000000000514.
- [29] Mascarenhas Saraiva M, Ribeiro T, Afonso J, et al. Deep learning and device-assisted enteroscopy: automatic detection of gastrointestinal angioectasia[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2021, 57(12):1378. DOI: 10.3390/medicina57121378.
- [30] Rahman A, Ross A, Leighton JA, et al. Double-balloon enteroscopy in Crohn's disease: findings and impact on management in a multicenter retrospective study[J]. *Gastrointest Endosc*, 2015, 82(1): 102-107. DOI: 10.1016/j.gie.2014.12.039.
- [31] Martins M, Mascarenhas M, Afonso J, et al. Deep-learning and device-assisted enteroscopy: automatic panendoscopic detection of ulcers and erosions[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2023, 59(1):172. DOI: 10.3390/medicina59010172.
- [32] Xin L, Liao Z, Jiang YP, et al. Indications, detectability, positive findings, total enteroscopy, and complications of diagnostic double-balloon endoscopy: a systematic review of data over the first decade of use[J]. *Gastrointest Endosc*, 2011, 74(3):563-570. DOI: 10.1016/j.gie.2011.03.1239.

检查消化道疾病的“电子眼”

MiroCam[®] 胶囊内镜



10.8x24.5mm
尺寸小 易吞服



人体通信技术
传输免受干扰保密性好



170°宽视角
多视野拍摄图像



6帧/秒
拍摄速度快



工作12小时以上
电量持久



有效期长
24个月



食道



胃



小肠



大肠



HD-580

镜之所及 芯之所向



4K 4K显示	4-LED	SFI Spatial Focused Imaging	VIST Versatile Intelligent Staining Technology
Water Jet 辅助送水	One Step Connection 一键连接		

光电染色优化



SFI-1



SFI-2



SFI-3



VIST-1



VIST-2



VIST-3