

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

2023年5月 第40卷 第5期

CHINESE JOURNAL OF DIGESTIVE ENDOSCOPY

Volume 40 Number 5
May 2023



中华医学会

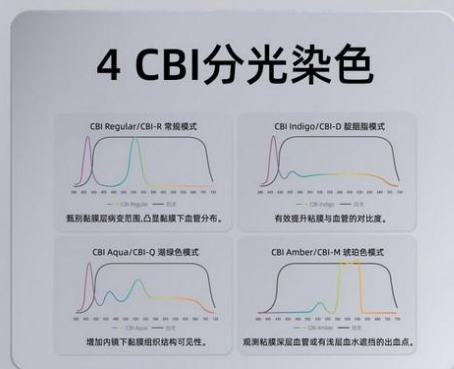
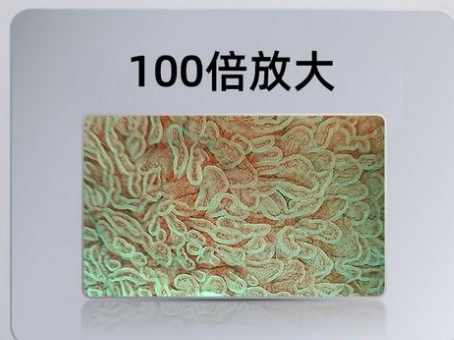
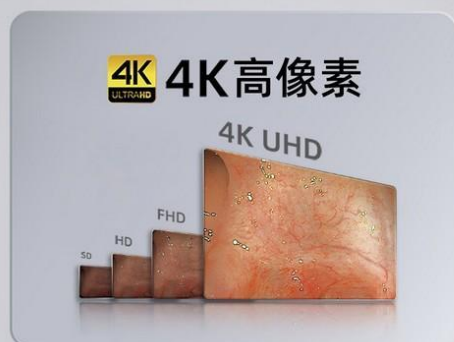
CHINESE
MEDICAL
ASSOCIATION

ISSN 1007-5232



AQ-300^{NEW}

4K 超高清内镜解决方案



中华消化内镜杂志[®]

CHINESE JOURNAL OF DIGESTIVE ENDOSCOPY

月刊 1996年8月改刊 第40卷 第5期 2023年5月20日出版



微信: xhnjw



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.zhdxhnjzz.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, 100044)

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

2023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

胶囊内镜二十年之路 337

王元辰 廖专 李兆申

菁英论坛

内镜逆行副胰管造影的应用进展 343

张杰 胡良峰

论著

磁控胶囊胃镜与传统胃镜对儿童胃及十二指肠检查的对比分析 ... 348

顾竹珺 刘海峰 林凯 冯玉灵 胡志红

磁控胶囊胃镜下贲门形态的影响因素初探 354

李宁 王艳 高颖新 李佳颐 邓宛青 郝建宇 刘心娟

内镜阴性烧心患者反流特征及其在探头式共聚焦激光显微内镜

下的表现分析 359

韩文婧 党彤 汤泊夫 孟宪梅 贾语婧

基于智能手机的实时远程快速现场评估在超声内镜引导细针

穿刺抽吸中的价值 365

李真 赵雨莎 苏鹏 王晓 贾晓青 王立梅 王鹏 左秀丽

李延青 钟宁

内镜人工智能诊断辅助系统对胃局灶性病变检出的应用

(含视频) 372

张梦娇 徐铭 吴练练 王君潇 董泽华 朱益洁 何鑫琦 陶道

杜泓柳 张晨霞 白宇彤 商任铎 李昊 匡浩 胡珊 于红刚

超声内镜引导下肝胃吻合术治疗肝门部与远端胆道梗阻的安全性

与有效性分析: 一项回顾性队列研究 379

颜鹏 倪牧含 沈永华 孟睿 王雷

内镜逆行胰胆管造影术后急性胆管炎的危险因素研究

及其列线图的构建 385

周永婕 苗龙 王海平 姜文凯 张磊 周文策

肝门胆管恶性梗阻患者肝脏有效引流体积对总体生存时间的

影响: 一项多中心研究 391

夏明星 潘阳林 蔡晓波 胡贤荣 吴军 高道键 王田田

陈萃 陆蕊 张婷 胡冰

短篇论著

- 磁压榨吻合技术治疗结直肠吻合及重建中的应用分析 397
李晶 卢桂芳 张苗苗 刘仕琪 严小鹏 马锋 任晓阳 孙学军 吕毅 和水祥 任牡丹
食管全周浅表癌内镜黏膜下剥离术后长期保留胃管对食管狭窄的预防及治疗作用 401
田野 薛成俊 李晓敏 肖泽泉 柏建安 阙敬保 龙琴 严丽军 王燕梅 汤琪云

病例报道

- 超声内镜明确儿童肝门部淋巴结肿大梗阻性黄疸 1 例 406
吴浩伟 张筱凤
内镜下食管支架置入联合补片治疗食管瘘 1 例 408
陈章涵 齐志鹏 贺东黎 郭琦 冯珍 陆品相 荆佳晨 钟芸诗
超声内镜引导下胰管穿刺术联合经内镜逆行副胰管造影术治疗胰腺分裂症 1 例 410
崔美荣 王凯旋 郭成莉 朱艳利 刘翠

综 述

- 早期胃癌淋巴结转移危险因素预测模型的研究进展 413
郭芷均 石岩岩 丁士刚
内镜逆行胰胆管造影术困难胆管插管方式的研究进展 417
李雪 邢洁 张倩 李鹏 张澍田

读者·作者·编者

- 《中华消化内镜杂志》2023 年可直接使用英文缩写的常用词汇 384
中华医学会系列杂志论文作者署名规范 390
《中华消化内镜杂志》对来稿中统计学处理的有关要求 396

插页目次 353

本刊稿约见第 40 卷第 1 期第 82 页

本期责任编辑 钱程

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



唐涌进



周 昊



顾文景



朱 悦



钱 程



许文立

(扫码添加编辑企业微信)

VedVision唯视
胆道子镜直视系统

Vedkang唯德康

一次性使用胆胰管成像导管

电子内窥镜图像处理器

观入微，术无限，应于手

开启胆胰疾病诊治的直视操作时代

江苏唯德康医疗科技有限公司
Jiangsu Vedkang Medical Science and Technology Co., Ltd.

- A** 地址：江苏省武进经济开发区果香路52号
- T** 电话：0519-69877755, 69877756
- F** 传真：0519-69877753
- E** 邮箱：sales@vedkang.com

生产企业：江苏图云医疗科技有限公司

产品注册证及名称：

苏械注准 20222061594（电子内窥镜图像处理器）

苏械注准 20222061739（一次性使用胆胰管成像导管）

苏械广审（文）第 270803-07238 号

▲ 禁忌内容或注意事项详见说明书
以上仅指本公司产品



· 论著 ·

内镜人工智能诊断辅助系统对胃局灶性病变检出的应用(含视频)



扫码查看操作视频

张梦娇¹ 徐铭¹ 吴练练¹ 王君潇¹ 董泽华¹ 朱益洁¹ 何鑫琦¹ 陶道¹ 杜泓柳¹
张晨霞¹ 白宇彤¹ 商任铎¹ 李昊² 匡浩² 胡珊² 于红刚¹

¹武汉大学人民医院消化内科 消化系统疾病湖北省重点实验室 湖北省消化疾病微创诊治医学临床研究中心, 武汉 430060; ²武汉楚精灵医疗科技有限公司, 武汉 430000

通信作者: 于红刚, Email: yuhonggang@whu.edu.cn

【摘要】 目的 构建一个基于 YOLO v3 算法的实时人工智能诊断辅助系统, 并评估其在胃镜检查中对胃局灶性病变检出的能力。**方法** 回顾性收集武汉大学人民医院消化内镜中心 2019 年 6—11 月胃镜检查的白光内镜图像 5 488 张(有、无胃局灶性病变的图像分别为 2 733 张、2 755 张)及 2020 年 5—6 月期间 92 例行胃镜检查的受试者视频资料中 288 168 个清晰胃帧用于人工智能辅助系统测试;前瞻性收集 2020 年 7 月 6 日—11 月 27 日及 2021 年 5 月 6 日—8 月 2 日于武汉大学人民医院消化内镜中心接受胃镜检查的 3 997 例受检者的视频资料用于评估人工智能辅助系统在实际临床应用中的性能。当人工智能辅助系统识别到异常病灶时, 以蓝色方框圈出病灶进行提示。对人工智能辅助系统识别胃局灶性病变的能力及其出现假阳性和假阴性的频率和原因进行统计分析。**结果** 图像测试集中, 人工智能辅助系统“提示病灶”的准确率、灵敏度、特异度、阳性预测值及阴性预测值分别为 92.3%(5 064/5 488)、95.0%(2 597/2 733)、89.5%(2 467/2 755)、90.0%(2 597/2 885)和 94.8%(2 467/2 603)。视频测试集中, 人工智能辅助系统“提示病灶”的准确率、灵敏度、特异度、阳性预测值及阴性预测值分别为 95.4%(274 792/288 168)、95.2%(109 727/115 287)、95.5%(165 065/172 881)、93.4%(109 727/117 543)和 96.7%(165 065/170 625)。临床应用中, 人工智能辅助系统对胃局灶性病变的检出率为 93.0%(6 830/7 344)。共漏检胃局灶性病变 514 处, 主要原因为微小糜烂灶(48.8%, 251/514)、微小黄斑瘤(22.8%, 117/514)和小息肉(21.4%, 110/514)。平均每例上消化道内镜检查中, 人工智能辅助系统的假阳性个数为 2(1, 4)个, 主要原因为正常黏膜皱襞(50.2%, 5 635/11 225)、气泡和黏液(35.0%, 3 928/11 225)、胃底液体(9.1%, 1 021/11 225)。**结论** 在胃镜检查过程中应用人工智能辅助系统有助于胃局灶性病变的检出。

【关键词】 人工智能; 胃镜检查; 诊断; 胃局灶性病变

基金项目: 湖北省消化疾病微创诊治医学临床研究中心项目(2018BCC337); 湖北省重大科技创新项目(2018-916-000-008)

Application of an artificial intelligence-assisted endoscopic diagnosis system to the detection of focal gastric lesions (with video)

Zhang Mengjiao¹, Xu Ming¹, Wu Lianlian¹, Wang Junxiao¹, Dong Zehua¹, Zhu Yijie¹, He Xinqi¹, Tao Xiao¹, Du Hongliu¹, Zhang Chenxia¹, Bai Yutong¹, Shang Renduo¹, Li Hao², Kuang Hao², Hu Shan², Yu Honggang¹

¹Department of Gastroenterology, Renmin Hospital of Wuhan University; Hubei Key Laboratory of Digestive Diseases; Hubei Clinical Research Center for Minimally Invasive Diagnosis and Treatment of Digestive Diseases, Wuhan 430060, China; ²Wuhan EndoAngel Medical Technology Co., Ltd., Wuhan 430000, China
Corresponding author: Yu Honggang, Email: yuhonggang@whu.edu.cn

DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20221022-00575

收稿日期 2022-10-22 本文编辑 朱悦

引用本文: 张梦娇, 徐铭, 吴练练, 等. 内镜人工智能诊断辅助系统对胃局灶性病变检出的应用(含视频)[J]. 中华消化内镜杂志, 2023, 40(5): 372-378. DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20221022-00575.



【Abstract】 Objective To construct a real-time artificial intelligence (AI)-assisted endoscopic diagnosis system based on YOLO v3 algorithm, and to evaluate its ability of detecting focal gastric lesions in gastroscopy. **Methods** A total of 5 488 white light gastroscopic images (2 733 images with gastric focal lesions and 2 755 images without gastric focal lesions) from June to November 2019 and videos of 92 cases (288 168 clear stomach frames) from May to June 2020 at the Digestive Endoscopy Center of Renmin Hospital of Wuhan University were retrospectively collected for AI System test. A total of 3 997 prospective consecutive patients undergoing gastroscopy at the Digestive Endoscopy Center of Renmin Hospital of Wuhan University from July 6, 2020 to November 27, 2020 and May 6, 2021 to August 2, 2021 were enrolled to assess the clinical applicability of AI System. When AI System recognized an abnormal lesion, it marked the lesion with a blue box as a warning. The ability to identify focal gastric lesions and the frequency and causes of false positives and false negatives of AI System were statistically analyzed. **Results** In the image test set, the accuracy, the sensitivity, the specificity, the positive predictive value and the negative predictive value of AI System were 92.3% (5 064/5 488), 95.0% (2 597/2 733), 89.5% (2 467/ 2 755), 90.0% (2 597/2 885) and 94.8% (2 467/2 603), respectively. In the video test set, the accuracy, the sensitivity, the specificity, the positive predictive value and the negative predictive value of AI System were 95.4% (274 792/288 168), 95.2% (109 727/115 287), 95.5% (165 065/172 881), 93.4% (109 727/117 543) and 96.7% (165 065/170 625), respectively. In clinical application, the detection rate of local gastric lesions by AI System was 93.0% (6 830/7 344). A total of 514 focal gastric lesions were missed by AI System. The main reasons were punctate erosions (48.8%, 251/514), diminutive xanthomas (22.8%, 117/514) and diminutive polyps (21.4%, 110/514). The mean number of false positives per gastroscopy was 2 (1, 4), most of which were due to normal mucosa folds (50.2%, 5 635/11 225), bubbles and mucus (35.0%, 3 928/11 225), and liquid deposited in the fundus (9.1%, 1 021/11 225). **Conclusion** The application of AI System can increase the detection rate of focal gastric lesions.

【Key words】 Artificial intelligence; Gastroscopy; Diagnosis; Focal gastric lesions

Fund program: Project of Hubei Clinical Research Center for Digestive Disease Minimally Invasive Incision (2018BCC337); Hubei Major Science and Technology Innovation Project (2018-916-000-008)

胃癌是我国第二大常见癌症。据估计,2015年新发胃癌约40.3万例,29.1万人因此死亡^[1]。进展期胃癌的五年生存率仅20%左右,而早期胃癌的五年生存率高达90%^[2]。因此,早期胃癌的检出至关重要。普通白光内镜是目前最基础最常用的内镜检查方法。然而,其检测高危患者早期胃癌的总体敏感度仅为75%^[3]。研究表明,早期胃癌在内镜下多为单发病灶,形态多样,且病变表面多伴有黏膜糜烂和浅溃疡^[4-5]。因此,提高胃镜对胃内各种局灶性病变的检出,有助于发现早期胃癌。

随着技术的发展,越来越多的研究证实了人工智能辅助内镜诊断病变的潜力^[6]。例如,Ueyama等^[7]开发了基于窄带光成像放大内镜图像的人工智能系统,其诊断早期胃癌的准确率高达98.7%。我们先前的研究中开发了基于白光内镜图像的早期胃癌识别系统^[8]。然而,以上研究均为回顾性研究,并未在实际临床应用中验证。近期,我们开发了一种新的人工智能诊断辅助系统,用于胃镜检查过程中盲区监测及早期胃癌检出,并初步验证了其实时识别早期胃癌的可行性^[9]。但由于其假阳性率高的问题,我们进一步通过调整目标(从识别早期胃癌调整为识别胃局灶性病变)、增大训练

样本量及更新技术等方法,进行模型优化以精准地识别胃局灶性病变。在胃镜检查过程中,人工智能辅助系统识别到异常病灶时,会以蓝色方框圈出病灶进行提示。本研究旨在检测人工智能辅助系统在实际临床应用中识别胃局灶性病变的能力,并对其出现假阳性及假阴性的情况进行统计分析。

资料与方法

一、研究对象

1. 训练数据集:回顾性收集2017年1月—2019年5月于武汉大学人民医院消化内镜中心接受胃镜检查的受检者胃镜图像。由2名医学生排除食管、十二指肠、质量欠佳(如不清晰、泡沫干扰严重、胃排空不完全患者的胃镜图像等)及有活动性出血的图像,然后由3名高年资医师(工作年限5年以上,完成胃镜检查5 000例以上)对病灶进行标记。图像标注工具使用剑桥大学 Visual Geometry Group 开发的 VGG Image Annotator。胃局灶性病变定义:局限于胃某一局部区域,与周围组织存在分界线的异常病灶,不包括弥漫性分布的萎缩、肠化等病变,但纳入局灶性分布的肠化和萎缩。

最终纳入 18 579 张胃镜图像(有、无胃局灶性病变的图像分别为 12 447 张、6 132 张)用于卷积神经网络(convolutional neural network, CNN)模型的训练(表 1)。

2. 测试数据集

(1) 图像测试集 1: 回顾性收集 2019 年 12 月—2020 年 4 月武汉大学人民医院消化内镜中心储存的胃镜图像 2 000 张(有、无胃局灶性病变的图像各 1 000 张)用于 CNN 模型的测试。图像由 1 名高年资医师进行筛选, 测试集和训练集图像完全不重合, 以确保结果的泛化性(表 1)。

表 1 用于卷积神经网络模型训练及测试的胃镜检查图像数量及数据集分配(张)

图像数据集	有胃局灶性病变	无胃局灶性病变	合计
训练集	12 447	6 132	18 579
图像测试集 1	1 000	1 000	2 000

(2) 图像测试集 2: 回顾性收集 2019 年 6—11 月于武汉大学人民医院消化内镜中心接受胃镜检查的 281 例受检者的完整胃镜图像资料, 按照训练集的数据筛选标准进行筛选和标记, 最终纳入 5 488 张胃镜图像(有、无胃局灶性病变的图像分别为 2 733 张、2 755 张), 用于人工智能辅助系统性能测试, 见表 2。

(3) 视频测试集: 回顾性收集 2020 年 5—6 月储存于武汉大学人民医院消化内镜中心的 92 例受检者的视频资料。首先将带有活检钳的视频片段剪辑掉, 然后以每秒 8 帧的速度处理视频。共获得 389 737 帧, 过滤 21 028 个劣质帧和 80 541 个食管和十二指肠帧后, 最终纳入 288 168 个清晰胃帧。然后由 3 名高年资医师对清晰胃帧逐帧进行筛选和标记, 最终纳入有、无局灶性病变的帧数分别为 115 287 帧、172 881 帧, 用于人工智能辅助系统性能测试, 见表 2。

表 2 用于人工智能辅助系统性能测试的胃镜检查图像、视频数量及数据集分配

数据集	有胃局灶性病变	无胃局灶性病变	合计
图像测试集 2(张)	2 733	2 755	5 488
视频测试集(帧)	115 287	172 881	288 168

3. 临床应用病例: 前瞻性收集 2020 年 7 月 6 日—11 月 27 日及 2021 年 5 月 6 日—8 月 2 日于武汉大学人民医院消化内镜中心接受胃镜检查的 3 997 例受检者视频资料以评估人工智能辅助系统

在实际临床应用中的性能。入选标准: 接受胃镜检查并签署书面知情同意书; 年龄 18 岁以上。排除标准: 急性胃出血; 由于食管梗阻、异物或不耐受而无法完成胃镜检查; 胃切除术后; 大量食物残渣残留等。该研究是一项前瞻性、单中心、诊断性研究, 获得了武汉大学人民医院伦理委员会批准(批准号: WDRY2020-K180), 所有受检者签署知情同意书, 并在世界卫生组织国际临床试验注册平台一级注册机构注册(注册号: ChiCTR2100045963)。

二、研究方法

1. CNN 模型训练: 共纳入 18 579 张胃镜图像(有、无胃局灶性病变的图像分别为 12 447 张、6 132 张)训练 CNN 模型。该模型基于 YOLO v3 算法^[10]实现对胃局灶性病变的定位和识别。基于 YOLO v3 算法的 CNN 模型将输入的胃镜图像分割成 $S \times S$ 个网格(YOLO v3 多尺度预测, 输出 3 层, 每层 $S \times S$ 个网格, 分别为 13×13 、 26×26 、 52×52 个网格), 然后每个单元格负责检测中心点落在该格子内的病灶。

2. CNN 模型测试: 将准备好的图像测试集 1(有、无胃局灶性病变图像各 1 000 张)输入训练好的 CNN 模型进行测试并获得模型的精确度。

3. 人工智能辅助系统胃内局灶性病变检测功能: 人工智能辅助系统胃内局灶性病变检测功能结合了过滤模型(CNN1)和病灶定位识别模型(CNN2)。其中, CNN1 使用本课题组先前研究中开发的模型, 可用于过滤质量欠佳的图像^[11]。CNN2 即本研究中开发训练的模型, 用于胃局灶性病变的定位和识别。当人工智能辅助系统识别到异常病灶时, 会以蓝色方框圈出病灶进行实时提示, 若同一视野出现多个病灶, 则会对应多个蓝色方框进行提示。本研究使用的人工智能辅助系统胃内局灶性病变检测功能版本号是 2.0, 其识别胃局灶性病变的过程见视频。

4. 人工智能辅助系统测试: 在临床试验之前, 分别使用图像测试集 2 中的 5 488 张图像(有、无胃局灶性病变的图像分别为 2 733 张、2 755 张)及视频测试集中的 92 例视频资料测试人工智能辅助系统的性能。评估标准如表 3 所示。

5. 人工智能辅助系统的临床应用: 临床应用中, 胃镜操作由 6 名有一定内镜操作经验(工作时间 1~5 年)的内镜医师进行。在研究开始之前, 这 6 名内镜医师对人工智能辅助系统的工作界面进

表 3 人工智能辅助系统性能的评估标准	
评估标准	定义
准确率	人工智能辅助系统准确识别的有或无胃局灶性病变的图像数之和/图像总数
灵敏度	人工智能辅助系统准确识别的有胃局灶性病变的图像数/实际有胃局灶性病变的图像数
特异度	人工智能辅助系统准确识别的无胃局灶性病变的图像数/实际无胃局灶性病变的图像数
阳性预测值	人工智能辅助系统准确识别的有胃局灶性病变的图像数/人工智能辅助系统识别的有胃局灶性病变的图像数
阴性预测值	人工智能辅助系统准确识别的无胃局灶性病变的图像数/人工智能辅助系统识别的无胃局灶性病变的图像数
假阳性	无胃局灶性病变的图像,被人工智能辅助系统识别为有胃局灶性病变
假阴性	有胃局灶性病变的图像,被人工智能辅助系统识别为无胃局灶性病变

行了学习。如图 1 所示,人工智能辅助系统识别到异常病灶时以蓝色方框突出病灶。每例胃镜操作结束后,由内镜医师对人工智能辅助系统“提示病灶”的个数和实际病灶个数分别进行记录和统计。武汉大学人民医院消化内镜中心所使用的胃镜包括 GIF-HQ290、GIF-H260(日本 Olympus)和 EG-L590ZW(日本 Fujifilm),涉及的视频系统为 EVIS LUCERA ELITE CV-290/CLV-290SL(日本 Olympus)和 EPX-4450HD(日本 Fujifilm)。

三、统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。服从正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,计数资料以例数及百分比表示,使用准确率、灵敏度、特异度、阳性预测值及阴性预测值评估人工智能辅助系统的性能。

结 果

1. 图像测试集 1 中 CNN 模型检测结果:图像测试集 1 中 CNN 模型识别胃局灶性病变的准确率、灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值分别为 98.7% (1 973/2 000)、98.7% (987/1 000)、98.6% (986/1 000)、98.6% (987/1 001) 和 98.7% (986/999),见表 4。

表 4 图像测试集 1 中卷积神经网络模型检测结果(张)			
模型检测结果	图像数	内镜医师标记结果	
		有胃局灶性病变	无胃局灶性病变
有胃局灶性病变	1 001	987	14
无胃局灶性病变	999	13	986
合计	2 000	1 000	1 000

2. 图像测试集 2 中人工智能辅助系统检测结果:图像测试集 2 中人工智能辅助系统识别胃局灶性病变的准确率、灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值分别为 92.3%(5 064/5 488)、95.0%(2 597/2 733)、89.5%(2 467/2 755)、90.0%(2 597/2 885) 和 94.8% (2 467/2 603),见表 5。

表 5 图像测试集 2 中人工智能辅助系统检测结果(张)			
人工智能辅助系统检测结果	图像数	内镜医师标记结果	
		有胃局灶性病变	无胃局灶性病变
有胃局灶性病变	2 885	2 597	288
无胃局灶性病变	2 603	136	2 467
合计	5 488	2 733	2 755

3. 视频测试集中人工智能辅助系统检测结果:视频测试集中人工智能辅助系统识别胃局灶性病变的准确率、灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预

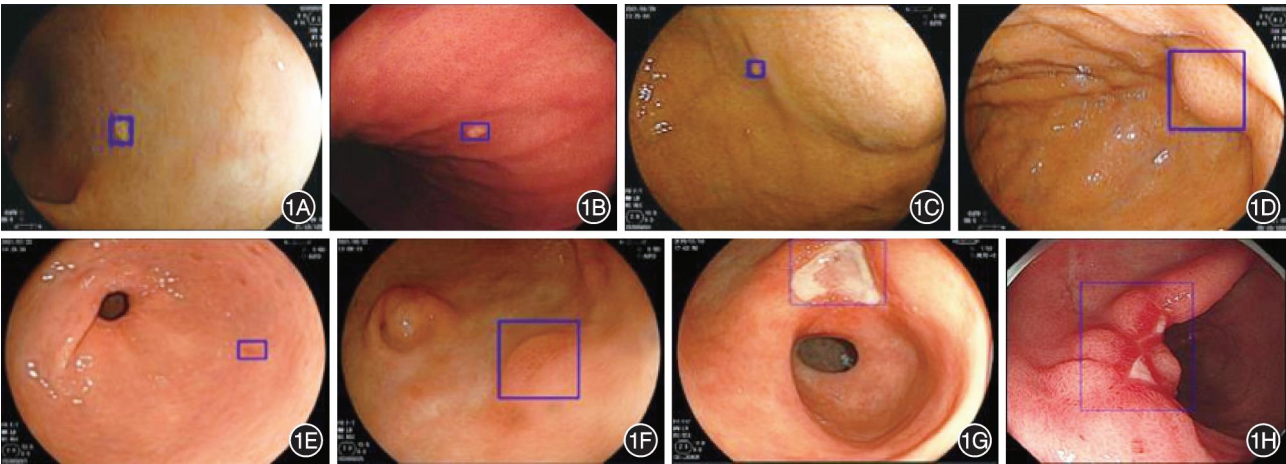


图 1 人工智能辅助系统识别胃局灶性病变的代表性图像 1A:黄斑瘤;1B、1C:息肉;1D:黏膜下隆起;1E:糜烂;1F:隆起型糜烂;1G、1H:溃疡灶

测值分别为 95.4% (274 792/288 168)、95.2% (109 727/115 287)、95.5% (165 065/172 881)、93.4% (109 727/117 543) 和 96.7% (165 065/170 625), 见表 6。

表 6 视频测试集中人工智能辅助系统检测结果(帧)

人工智能辅助系统检测结果	胃帧数	内镜医师标记结果	
		有胃局灶性病变	无胃局灶性病变
有胃局灶性病变	117 543	109 727	7 816
无胃局灶性病变	170 625	5 560	165 065
合计	288 168	115 287	172 881

4. 人工智能辅助系统在临床应用中检出胃局灶性病变的情况: 3 997 例受检者中, 有、无胃局灶性病变的受检者分别为 3 587 例、410 例。在 3 587 例有胃局灶性病变的患者中, 共计 7 344 处病灶, 其中, 人工智能辅助系统共检出 6 830 处, 检出率

为 93.0% (6 830/7 344)。

5. 人工智能辅助系统的假阴性情况: 人工智能辅助系统漏检的胃局灶性病变共计 514 处, 漏检率为 7.0% (514/7 344)。漏检的病灶包含微小糜烂灶 251 处 (48.8%), 微小黄斑瘤 117 处 (22.8%), 小息肉 110 处 (21.4%), 其他 (如溃疡、表面隆起、瘢痕、局灶性分布的肠化等) 36 处 (7.0%), 典型假阴性图像如图 2 所示。

6. 人工智能辅助系统的假阳性情况: 平均每例上消化道内镜检查中, 人工智能辅助系统将非病变识别为胃局灶性病变的个数为 2 (1, 4) 个。假阳性的原因中, 正常黏膜皱襞占 50.2% (5 635/11 225)、气泡和黏液占 35.0% (3 928/11 225)、胃底液体占 9.1% (1 021/11 225)、其他 (如陈旧性出血点、食物、异物、活检钳等) 占 5.7% (641/11 225), 典型假阳性图像如图 3 所示。

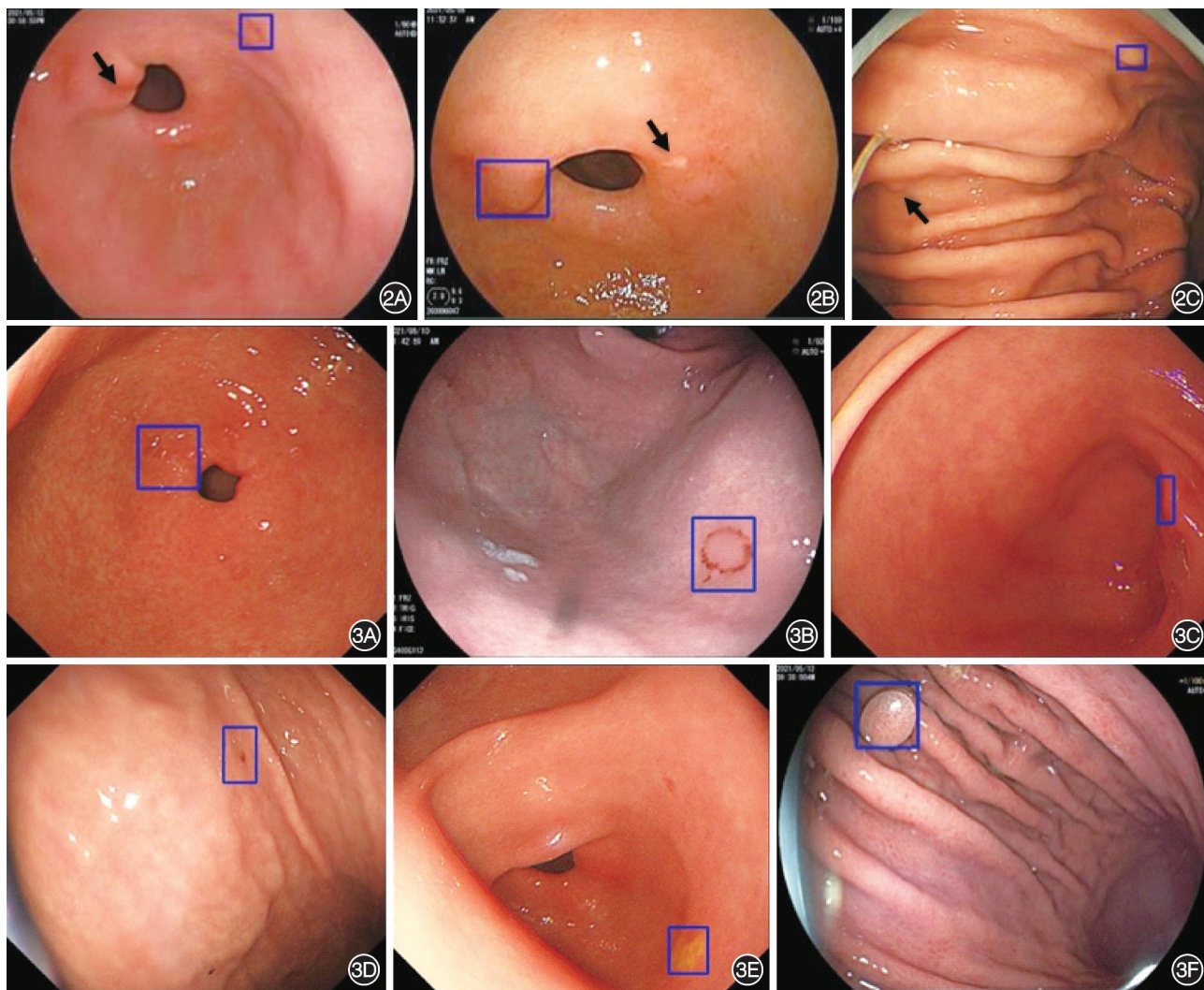


图 2 人工智能辅助系统假阴性情况的代表性图像 (黑色箭头所指为漏检病灶) 2A: 微小糜烂灶; 2B: 微小黄斑瘤; 2C: 微小息肉 图 3 人工智能辅助系统假阳性情况的代表性图像 3A: 气泡; 3B: 镜头吸引所致; 3C: 正常黏膜皱襞; 3D: 陈旧性出血点; 3E: 黏液; 3F: 异物

讨 论

普通白光内镜对于早期胃癌的筛查至关重要^[12]。鉴于早期胃癌多为单发病灶^[5],提高白光内镜对胃内各种局灶性病变的识别,将有利于降低早期胃癌的漏诊率。但是,由于胃腔容易变形、胃内壁皱折较多等问题,局灶性病变不易直观观察。此外,在检查过程中,医师需要来回移动摄像头观察病灶,同时由于存在视野受限、反光、气泡等问题,病灶容易漏诊^[13]。近年来,随着技术的快速发展,人工智能可用于辅助内镜下病灶的诊断,这极大降低了病灶的漏诊率^[14]。在我们先前的研究中,人工智能在胃镜检查过程中可用于辅助识别上消化道 26 个部位^[11]、区分胃良恶性溃疡^[15]、识别早期胃癌^[8-9],并可辅助描绘早期胃癌的切除边界^[16]。但目前的研究多集中于对胃内单一病灶的识别。本研究中使用的人工智能辅助系统可用于对胃各种局灶性病变的识别。本研究中,我们使用 18 579 张白光内镜图像来训练基于 YOLO v3 算法的 CNN 模型,并将其整合在人工智能辅助系统系统中,以对胃内局灶性病变进行定位和识别。在图像测试集 2 和视频测试集中,人工智能辅助系统识别胃局灶性病变的准确率分别为 92.3% (5 064/5 488) 和 95.4% (274 792/288 168);在临床应用中,人工智能辅助系统对胃局灶性病变的检出率高达 93.0% (6 830/7 344)。

在本研究中,人工智能辅助系统对胃局灶性病变的漏检率为 7.0% (514/7 344),原因主要为微小糜烂灶 (占 48.8%)、微小黄斑瘤 (占 22.8%) 和小息肉 (占 21.4%)。这可能是由于 YOLO v3 算法对于成群聚类的小病灶表现不佳^[17],或者胃镜检查过程中由于观察角度、黏膜皱襞、反光、模糊等原因导致人工智能辅助系统未识别到此类病灶。研究表明,最常见的胃息肉类型是胃底腺息肉 (77%) 和增生性息肉 (14%)。其中,只有一小部分 (< 2%~3%) 直径较大 (直径 > 1~2 cm) 的增生性息肉显示出局灶性上皮内瘤变或癌症的特征^[18]。而胃底腺息肉很少发生恶性变^[19-20]。长期以来,胃黄斑瘤被认为是一种良性病变,可能与胃黏膜炎症相关。也有研究表明,胃黄斑瘤与胃癌的发生密切相关^[21]。因此,我们下一步或可通过增大黄斑瘤的训练样本量进一步优化模型,提高人工智能辅助系统对胃黄斑瘤的识别。在平均每例上消化道内镜检查中,人工智能

辅助系统识别病变的假阳性个数为 2 (1, 4) 个,其假阳性原因多为正常黏膜皱襞 (占 50.2%)、气泡和黏液 (占 35.0%)、胃底液体 (占 9.1%) 等。在胃镜检查过程中,以上假阳性原因内镜医师很容易辨别。此外,我们将继续提高系统对黏膜皱襞、气泡、黏液、胃底液体等的识别,以进一步降低假阳性率。

本研究中,人工智能辅助系统基于 YOLO v3 算法实现了对胃局灶性病变的定位和识别,性能良好。YOLO v3 算法采用一个单独的 CNN 模型实现端到端的目标检测,是目前较先进的算法之一,可以在一幅图像中同时检测和分类对象^[10,17]。YOLO v3 算法采用 CNN 来提取特征,单个神经网络在一次评估中可以直接从完整图像中预测边界框和类别概率,从而实现对被检测目标位置、大小及类别的预测。YOLO v3 算法用于对胃局灶性病变的预测有以下优点:一是 YOLO v3 算法的训练与预测都是端到端单管道网络,采用 CNN 结构来实现检测,因此可以直接在检测性能上实现端到端的优化;二是 YOLO v3 模型以 45 帧/s 的速度处理图像,从人的视觉理论来讲,图像处理系统处理速度大于 25 帧/s 为实时分析,因此,在实际临床应用中不会造成画面延迟的感觉;三是 YOLO v3 算法是对整张图像做卷积,在检测病灶时视野更大,可减少背景的误判。但是,YOLO v3 算法对于成群聚类的小病灶表现欠佳,且与最先进的检测系统相比,YOLO v3 可能会产生更多的定位错误,这可能也是人工智能辅助系统对一部分微小病灶漏诊的原因。总体来讲,在实际临床应用中,YOLO v3 算法对于胃局灶性病变的检出表现出了良好的性能。下一步,我们可通过增大训练集样本量 (如增大微小黄斑瘤、微小息肉等的内镜图像样本量)、调整训练策略、更新 YOLO 算法版本等进一步提高系统性能。

综上所述,本研究验证了基于 YOLO v3 算法的人工智能辅助系统实时检测胃局灶性病变的功能,其在图像及视频测试集中均有较高的准确率 (均高达 90% 以上)。同时,在实际临床应用中,人工智能辅助系统对胃局灶性病变的检出率高达 93.0%,有助于辅助新手医师对胃各种局灶性病变的识别。但本研究中,在内镜医师进行胃镜检查过程中,可实时观察到人工智能辅助系统对胃局灶性病变的提示框,这可能会造成一定的观察偏倚。此外,本研究是一项单中心研究。因此,仍需要更多的研究和临床试验来证实人工智能辅助系统用于检测胃

局灶性病变的实用性和有效性。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 张梦娇: 酝酿和设计试验, 实施研究, 分析、解释数据, 起草文章, 统计分析; 徐铭和吴练练: 酝酿和设计试验, 对文章的知识性内容做批评性审阅; 王君潇、董泽华、朱益洁、何鑫琦、陶道、杜泓柳、张晨霞、白宇彤和商任铎: 采集数据, 实施研究; 李昊、匡浩和胡珊: 实施研究; 于红刚: 对文章的知识性内容做批评性审阅, 获取研究经费, 行政、技术或材料支持, 指导、支持性贡献

参 考 文 献

- [1] Cao M, Li H, Sun D, et al. Cancer burden of major cancers in China: a need for sustainable actions[J]. *Cancer Commun (Lond)*, 2020,40(5):205-210. DOI: 10.1002/cac2.12025.
- [2] Liu KS, Wong IO, Leung WK. Helicobacter pylori associated gastric intestinal metaplasia: treatment and surveillance[J]. *World J Gastroenterol*, 2016,22(3):1311-1320. DOI: 10.3748/wjg.v22.i3.1311.
- [3] Yoshida N, Doyama H, Yano T, et al. Early gastric cancer detection in high-risk patients: a multicentre randomised controlled trial on the effect of second-generation narrow band imaging[J]. *Gut*, 2021, 70(1): 67-75. DOI: 10.1136/gutjnl-2019-319631.
- [4] 刘鑫, 张静, 王晔, 等. 早期胃癌白光内镜下特征分析[J]. *北京大学学报(医学版)*, 2019,51(2):302-306. DOI: 10.19723/j.issn.1671-167X.2019.02.020.
- [5] 喻杨, 金鹏, 杨浪, 等. 早期胃癌 130 例的白光内镜下特征分析[J]. *中华消化杂志*, 2015,35(3):165-168. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1432.2015.03.007.
- [6] Mori Y, Kudo SE, Mohamed H, et al. Artificial intelligence and upper gastrointestinal endoscopy: current status and future perspective[J]. *Dig Endosc*, 2019, 31(4): 378-388. DOI: 10.1111/den.13317.
- [7] Ueyama H, Kato Y, Akazawa Y, et al. Application of artificial intelligence using a convolutional neural network for diagnosis of early gastric cancer based on magnifying endoscopy with narrow-band imaging[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2021,36(2): 482-489. DOI: 10.1111/jgh.15190.
- [8] Wu L, Zhou W, Wan X, et al. A deep neural network improves endoscopic detection of early gastric cancer without blind spots[J]. *Endoscopy*, 2019, 51(6): 522-531. DOI: 10.1055/a-0855-3532.
- [9] Wu L, He X, Liu M, et al. Evaluation of the effects of an artificial intelligence system on endoscopy quality and preliminary testing of its performance in detecting early gastric cancer: a randomized controlled trial[J]. *Endoscopy*, 2021,53(12):1199-1207. DOI: 10.1055/a-1350-5583.
- [10] Redmon J, Divvala S, Girshick R, et al. You only look once: unified, real-time object detection[C]//2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Las Vegas, USA: IEEE, 2016.
- [11] Wu L, Zhang J, Zhou W, et al. Randomised controlled trial of WISENSE, a real-time quality improving system for monitoring blind spots during esophagogastroduodenoscopy[J]. *Gut*, 2019, 68(12): 2161-2169. DOI: 10.1136/gutjnl-2018-317366.
- [12] 郭涛, 陆星华, 周炜洵, 等. 放大胃镜结合窄带成像技术在早期胃癌诊断中的应用价值研究[J]. *中华消化内镜杂志*, 2011, 28(7): 375-379. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-5232.2011.07.006.
- [13] Shi C, Xue Y, Jiang C, et al. Gastroscopic panoramic view: application to automatic polyps detection under gastroscopy[J]. *Comput Math Methods Med*, 2019,2019:4393124. DOI: 10.1155/2019/4393124.
- [14] Min JK, Kwak MS, Cha JM. Overview of deep learning in gastrointestinal endoscopy[J]. *Gut Liver*, 2019,13(4):388-393. DOI: 10.5009/gnl18384.
- [15] 黄丽, 李艳霞, 吴练练, 等. 基于深度学习的良恶性胃溃疡人工智能辅助诊断系统研究[J]. *中华消化内镜杂志*, 2020, 37(7): 476-480. DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20200105-00547.
- [16] An P, Yang D, Wang J, et al. A deep learning method for delineating early gastric cancer resection margin under chromoendoscopy and white light endoscopy[J]. *Gastric Cancer*, 2020, 23(5): 884-892. DOI: 10.1007/s10120-020-01071-7.
- [17] 李茂晖, 吴传平, 鲍艳, 等. 论 YOLO 算法在机器视觉中应用原理[J]. *教育现代化*, 2018,5(41):174-176. DOI: 10.16541/j.cnki.2095-8420.2018.41.077.
- [18] Markowski AR, Markowska A, Guzinska-Ustymowicz K. Pathophysiological and clinical aspects of gastric hyperplastic polyps[J]. *World J Gastroenterol*, 2016, 22(40): 8883-8891. DOI: 10.3748/wjg.v22.i40.8883.
- [19] Straub SF, Drage MG, Gonzalez RS. Comparison of dysplastic fundic gland polyps in patients with and without familial adenomatous polyposis[J]. *Histopathology*, 2018, 72(7): 1172-1179. DOI: 10.1111/his.13485.
- [20] Abraham SC, Nobukawa B, Giardiello FM, et al. Fundic gland polyps in familial adenomatous polyposis: neoplasms with frequent somatic adenomatous polyposis coli gene alterations[J]. *Am J Pathol*, 2000, 157(3): 747-754. DOI: 10.1016/S0002-9440(10)64588-9.
- [21] Moumin FA, Mohamed AA, Osman AA, et al. Gastric xanthoma associated with gastric cancer development: an updated review[J]. *Can J Gastroenterol Hepatol*, 2020,2020: 3578927. DOI: 10.1155/2020/3578927.

爱尔博新一代电外科旗舰产品 高频手术系统 水刀

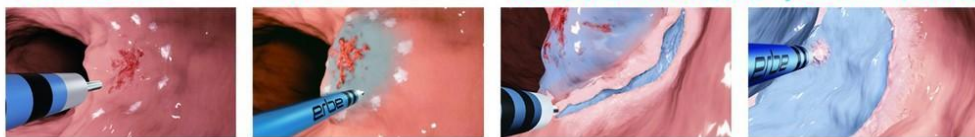


优势

- ※ 超大10.4寸彩色触摸屏
- ※ stepGUIDE引导设置，操作简便
- ※ 19种电切/凝模式
- ※ 支持无线通信，WLAN功能
- ※ 通用插座接口，支持更广泛的器械连接
- ※ 多处理器技术，支持2500万次/秒数据处理

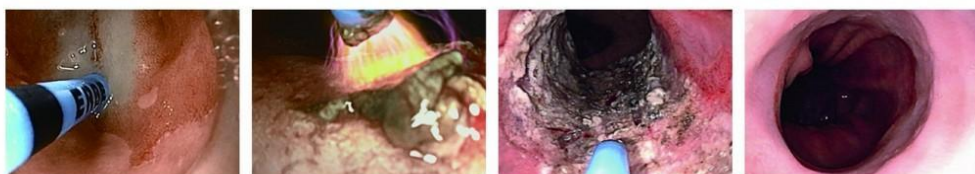
黏膜隆起ESD剥离

一次性使用高频及水刀用手柄 Hybridknife (海博刀)



黏膜病变隆起APC消融

水隔离氩气消融导管 HybridAPC (海博APC)



模块化设计理念：
高频手术设备 VIO 3
氩气控制器 APC 3
水刀 ERBEJET 2

禁忌症或注意事项详见说明书

生产企业: Erbe Elektromedizin GmbH 德国爱尔博电子医疗器械公司

产品注册证号及名称:

- [1] 国械注进 20193010023 (高频手术系统)
 - [2] 国械注进 20173216803 (水刀)
 - [3] 国械注进 20173252475 (水隔离氩气消融导管)
 - [4] 国械注进 20173256650 (一次性使用高频及水刀用手柄)
- 沪械广审(文)第220911-08103号

爱尔博(上海)医疗器械有限公司

地址: 上海市延安西路2201号上海国际贸易中心3002室 邮编: 200336

电话: 021-62758440

邮箱: info@erbechina.com

传真: 021-62758874

技术服务热线: 400-108-1851