

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



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: xhnjxw



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, 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 朱钊楠 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 宣喆
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

朱 悦, Email: zhuyue@xhnj.com

钱 程, Email: qian@xhnj.com

许文立, Email: xwl@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。



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)

·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

蒋惠珊 高野 林寒 辛磊 王伟 李兆申 王洛伟

海军军医大学第一附属医院消化内科, 上海 200433

通信作者: 王洛伟, Email: wangluoweimd@126.com

【摘要】目的 利用人工智能辅助的食管细胞学构建筛查食管癌前病变的风险预测模型, 并验证其诊断准确性。**方法** 本研究为食管癌筛查试验(esophageal cancer screening trial, EAST)队列研究数据的二次分析, 纳入 2021 年 1 月 1 日至 2022 年 6 月 30 日位于我国食管鳞状细胞癌高发地区的 39 个三级或二级医院以及 5 个社区接受上消化道内镜检查和人工智能食管细胞学筛查的受试者共 17 294 例。14 415 例在医院筛查的受试者构成医院机会性筛查队列, 设定为训练集, 构建基于轻量梯度提升机(light-gradient boosting machine, LightGBM)机器学习算法的人工智能食管细胞学风险预测模型(简称 LightGBM 模型)。在 5 个社区卫生服务中心进行筛查的受试者($n=2\ 879$)构成社区筛查队列, 设定为验证集, 以内镜活检的病理结果为金标准, 评价 LightGBM 模型在社区筛查队列中筛查食管癌前病变的诊断效能。**结果** 在机会性筛查队列中训练 LightGBM 模型, 该模型预测癌前病变的受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线下面积为 0.93(95%CI: 0.91~0.95)。约登指数最大时, ROC 曲线的 cutoff 值为 0.08。以风险预测评分 >0.08 分作为筛查癌前病变的标准, LightGBM 模型在筛查癌前病变时的灵敏度和特异度分别为 91.0%(95%CI: 86.9%~95.1%)和 86.2%(95%CI: 85.7%~86.8%)。用社区筛查队列验证 LightGBM 模型, 该模型在社区筛查队列中筛查癌前病变的灵敏度和特异度分别为 95.2%(20/21)和 87.5%(2 502/2 858), 准确率为 87.6%(2 522/2 879)。**结论** 人工智能食管细胞学风险预测模型筛查食管癌前病变灵敏度和特异度较高, 在食管癌筛查中有推广应用价值。

【关键词】 食管; 食管癌; 筛查; 癌前病变; 食管细胞学; 非内镜筛查**基金项目:** 上海市“科技创新行动计划”医学创新研究专项(21Y31900100)

Development and validation of an artificial intelligence-assisted esophageal cytological risk prediction model for detecting esophageal precancerous lesions

Jiang Huishan, Gao Ye, Lin Han, Xin Lei, Wang Wei, Li Zhaoshen, Wang Luowei

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

Corresponding author: Wang Luowei, Email: wangluoweimd@126.com

【Abstract】Objective Artificial intelligence-assisted esophageal cytology was used to develop and validate a risk prediction model for screening esophageal precancerous lesions. **Methods** This study was a secondary analysis of data from the esophageal cancer screening trial (EAST). A total of 17 294 subjects were included who underwent upper gastrointestinal endoscopy and artificial intelligence-assisted esophageal cytology screening at 39 tertiary or secondary hospitals and 5 community service centers in areas with high incidence of esophageal squamous cell carcinoma in China from January 1, 2021 to June 30, 2022. Subjects ($n=14\ 415$) screened in the hospital constituted the hospital opportunistic screening cohort, which

DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20240904-00378

收稿日期 2024-09-04 本文编辑 钱程

引用本文: 蒋惠珊, 高野, 林寒, 等. 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[J]. 中华消化内镜杂志, 2024, 41(10): 762-767. DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20240904-00378.



served as the training set. An artificial intelligence-assisted esophageal cytological risk prediction model (LightGBM model for short) was developed based on light-gradient boosting machine (LightGBM) machine learning algorithm. Subjects undergoing screening at 5 community health service centers ($n=2\ 879$) constituted a community screening cohort, which served as a validation set. The diagnostic efficacy of LightGBM model for esophageal precancerous lesions in the community screening cohort was evaluated by using pathological results of endoscopic biopsy as the golden standard. **Results** The LightGBM model, trained in the opportunistic screening cohort, exhibited an area under the receiver operator characteristic (ROC) curve of 0.93 (95%CI: 0.91-0.95) for detecting precancerous lesions. The cutoff value of the ROC curve was determined as 0.08 based on the maximum Youden index. The sensitivity and specificity of LightGBM model were 91.0% (95%CI: 86.9%-95.1%) and 86.2% (95%CI: 85.7%-86.8%), respectively, when the risk prediction score was >0.08 as the screening criterion for precancerous lesions. The sensitivity, specificity, and accuracy of LightGBM model for precancerous lesions in the community screening cohort were 95.2% (20/21), 87.5% (2 502/2 858), and 87.6% (2 522/2 879), respectively. **Conclusion** The artificial intelligence-assisted esophageal cytology risk prediction model showcased remarkable sensitivity and specificity in screening for esophageal precancerous lesions, underscoring its potential for widespread adoption and application in esophageal cancer screening.

【Key words】 Esophagus; Esophageal cancer; Screening; Precancerous lesions; Esophageal cytology; Non-endoscopic screening

Fund program: Shanghai "Science and Technology Innovation Action Plan" Medical Innovation Research Special Project (21Y31900100)

食管癌是消化系统常见恶性肿瘤,根据 2022 年全球癌症登记数据显示,其死亡率在所有恶性肿瘤中居第 7 位^[1]。与西方国家腺癌为主的情况不同,食管鳞状细胞癌(esophageal squamous cell carcinoma, ESCC)是我国食管癌的主要病理学类型,占病例总数的 90% 以上^[2-3]。由于 ESCC 发病隐匿,早期缺乏特异性临床表现,多数患者在确诊时已发展至中晚期,治疗后五年生存率仍不足 30%^[4]。因此,亟需在无症状的食管癌高危人群中开展筛查,以期在早期癌和癌前病变阶段检出病变。目前,上消化道内镜技术是食管癌前病变筛查的主要方法^[5]。传统及新型血液标志物对食管癌前病变筛查的灵敏度仍相对较低(26.7%~68.4%),在人群筛查中应用有较大局限性^[6-10]。在前期研究中,本团队基于新型食管细胞采集及人工智能检测技术建立食管癌筛查新方法,开展了一项全国性、多队列、前瞻性食管癌筛查试验(esophageal cancer screening trial, EAST),结果显示 EAST 筛查食管癌灵敏度、特异度分别可达 94.5% 和 91.9%^[11-12]。食管癌前病变的筛查和管理是降低食管癌发病率的关键,也是非内镜筛查方法的瓶颈,前期研究尚未对食管癌前病变进行针对性分析与准确性评价。因此,本研究基于 EAST 研究数据开展二次分析,旨在利用人工智能食管细胞学构建食管癌前病变的风险预测模型,并验证其诊断准确性。

资料与方法

一、受试者资料

EAST 由海军军医大学第一附属医院牵头,主要在我国食管癌高发区开展,高发区定义为 2016 年年龄标化发病率高于 15/10 万的地区^[13]。筛查的开展形式主要包括医院机会性筛查和基于社区的组织性筛查^[14],为了使研究纳入的人群更具有代表性,本研究开展的场景包括二、三级医院和社区卫生服务中心。

1. 医院机会性筛查场景:参与研究的医院分布于我国 9 个省 17 个城市的 24 家三级医院和 15 家二级医院,参与研究医院的护士在各自医院的门诊或内镜检查登记处对预约上消化道内镜检查的连续受检者进行纳入排除标准核对与入组邀请。纳入 2021 年 1 月 1 日至 2022 年 6 月 30 日期间计划接受上消化道内镜筛查的 40~75 岁受试者,包括因为消化道症状前来就诊的人群和单纯来体检做胃镜的健康人群。排除标准:存在吞咽困难、呕血和黑便症状;在前一年内已接受过上消化道内镜检查;有食管肿瘤或癌症病史;既往患有食管胃静脉曲张或食管狭窄;有食管或胃手术史;存在凝血障碍或正在服用抗凝剂或抗血小板药物。

2. 社区筛查场景:2021 年 1 月 1 日至 2022 年 6 月 30 日期间,社区工作人员通过发送短信的方式招募江苏省食管癌高风险地区中 5 个社区^[14](南京市栖霞区龙潭街道龙潭社区、南京市栖霞区尧化街道金尧花园社区、南京市玄武区新街口街道成贤街

社区、南京市栖霞区马群街道芝嘉花园社区和泰州市高港区口岸街道田河社区)40~75 岁的受试者。居民收到短信后,可前往指定的社区卫生服务中心。社区卫生服务中心的工作人员详细说明筛查的具体内容、流程,以及可能的风险与收益。排除标准与医院机会性筛查人群相同。经过详细的研究内容告知与解释,符合条件并同意参与的居民正式纳入研究。

为进一步排除对特异度计算的影响,本二次分析中对内镜下确诊的食管癌予以剔除。本研究方案已获得海军军医大学第一附属医院伦理委员会的批准(批准号:2020-088),并经过 39 家医疗机构的审查或备案。

二、研究流程

研究详细实施流程参见 EAST 研究已发表论文^[11],简要流程如下。

1. 受试者宏观危险因素调查:受试者均完成结构化的线上问卷调查,调查内容包括人口学信息和危险因素暴露情况,如性别、年龄、体重指数、居住地、教育水平、吸烟和饮酒习惯、饮食习惯、牙齿脱落情况、消化系统疾病家族史以及个人病史。

2. 食管细胞采集与样本监测:由经过培训的护士在门诊、内镜中心或社区诊所的研究专区内使用我国批准应用的新型食管细胞富集器(*Esoheal* 1.0™)完成细胞采样(已完成国家 I 类医疗器械备案,备案号:苏泰械备 20190073)。吞咽后,装填于胶囊外壳内的细胞富集材料在略低于贲门处膨胀成穹顶三叶状,在牵拉提线缓慢取出的同时富集食管和胃食管结合部细胞。细胞富集器在取出后放入固定液中保存,运送到海军军医大学第一附属医院消化内科实验室进行统一样本处理和质控。细胞学样本质控标准定义:样本总细胞计数>300 万个^[15]。如细胞学样本质控不合格,则在上消化道内镜检查前对受试者进行第 2 次采样,如第 2 次采样样本判定为合格,则纳入分析;如第 2 次样本仍不合格,则将该名受试者排除。

3. 上消化道内镜与活检病理学

(1)训练集流程:我国食管癌高发地区的 39 个三级或二级医院人群构成医院机会性筛查队列,设定为训练集。受试者在细胞学检查后 10 d 内接受上消化道内镜检查。内镜检查采用卢戈染色内镜、窄带光成像或蓝激光成像对食管全长和胃食管结合部进行详细检查,每个可疑病变区域至少取 1 块活检样本。内镜医师对受试者的人工智能食管细胞学风险预测评分不知情。活检样本送至参与研

究的医院病理科,由两名具有 10 年以上阅片经验病理医师进行独立评估。

模型的构建基于轻量梯度提升机(light-gradient boosting machine, LightGBM^[16])算法,整合流行病学因素和细胞学参数训练而成(简称 LightGBM 模型)。每例受试者样本制作 30 张液基细胞学切片,经染色、数字扫描后由海军军医大学第一附属医院消化内科实验室的研究员提取数字化图像和细胞学相关参数。每张切片提取包括细胞形态学特征、染色强度、细胞分布模式等参数。这些参数与受试者的流行病学数据相结合,作为 LightGBM 算法的输入特征。LightGBM 模型的输出概率定义为风险预测评分。风险预测评分用于后续的受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线分析及 cutoff 值的确定。此外,为了提高模型的预测能力和稳定性,对特征进行了标准化处理,确保不同特征的量纲一致。

(2)验证集流程:江苏省 5 个社区人群构成社区筛查队列,设定为验证集。受试者在细胞学筛查后 10 d 内接受上消化道内镜检查,内镜医师对受试者的人工智能细胞学检查结果不知情。内镜检查方法和活检样本的诊断流程与训练集相同。

三、主要结局

研究主要结局指标为食管癌前病变的检出率。其余评价指标包括 ROC 曲线下面积(area under the curve, AUC)、灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值和准确率。以内镜检查的活检组织病理学结果为金标准。

四、统计学方法

统计学结果使用 R 软件(x64 version 3.6.3)进行分析。正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间的比较行 *t* 检验;非正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,2 组间比较行 Mann-Whitney *U* 检验。计数资料以例(%)表示,采用卡方检验或 Fisher 确切概率法。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

在机会性筛查队列中训练 LightGBM 模型,采用最大化 Youden 指数确定最佳 cutoff 值,并在社区筛查队列中评估其诊断效能。采用 Wilson 法计算灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值的置信区间^[17],采用 DeLong 法计算 AUC 置信区间。

本研究参考了 Riley 等^[18]发表的预测模型的样本量估算方法:假设研究人群中预测目标的患病率为 2%^[19-20],模型预测参数预估为 100 个,收缩系数为 0.90,表观的优化预期为 0.05,计算得出所需样本量为 9 908 例。

结 果

1. 研究人群基线特征: 2021 年 1 月 1 日至 2022 年 6 月 30 日, 二、三级医院机会性筛查人群共 15 365 例受试者接受问卷信息调查和细胞学采样, 剔除不合格病例(见图 1A), 最终纳入 14 415 例受试者。社区筛查人群共 3 206 例受试者接受问卷与细胞学采样, 剔除不合格病例(见图 1B), 最终纳入 2 879 例受试者。研究人群基线资料见表 1。

2. 癌前病变检出: 根据最终的活检组织病理学结果, 医院机会性筛查队列共检出癌前病变 188 例(1.3%), 其中高级别上皮内瘤变病例 69 例(0.5%), 低级别上皮内瘤变病例 119 例(0.8%); 社区筛查队列共检出癌前病变 21 例(0.7%), 高级别上皮内瘤变 14 例(0.5%), 低级别上皮内瘤变 7 例(0.2%)。

3. LightGBM 模型的构建: 在机会性筛查队列中, LightGBM 模型在机会性筛查队列中预测癌前病变的 ROC 曲线下面积为 0.93 (95%CI: 0.91~0.95)。最大约登指数时, LightGBM 模型的风险预测评分为 0.08, 将该分值确定为 cutoff 值。以风险预测评分 >0.08 判定为癌前病变作为诊断标准, 此时 LightGBM 模型筛查癌前病变的灵敏度和特异度分别为 91.0% (95%CI: 86.9%~95.1%) 和 86.2%

(95%CI: 85.7%~86.8%), 阳性预测值和阴性预测值分别为 8.0% (95%CI: 6.9%~9.2%) 和 99.9% (95%CI: 99.8%~100.0%)。

4. LightGBM 模型的诊断效能验证: 在社区筛查队列中, 以风险预测评分 >0.08 判定为癌前病变作为诊断标准, LightGBM 模型筛查癌前病变的灵敏度和特异度分别为 95.2% (20/21) 和 87.5% (2 502/2 858), 阳性预测值和阴性预测值分别为 5.3% (20/376) 和 100.0% (2 502/2 503), 准确率为 87.6% (2 522/2 879), 其 AUC 为 0.95 (95%CI: 0.89~1.00) (图 2)。

讨 论

食管癌对国民健康构成了沉重负担, 特别是对高发地区居民。本团队前期牵头开展了 EAST 研究, 已基于人群筛查数据, 创新性地构建整合数字化细胞图像与宏观风险因素的机器学习食管癌风险预测模型。该模型在社区筛查场景中展现出良好的验证效果, 然而, 对于 ESCC 至关重要的癌前病变阶段的针对性分析尚未开展。为填补这一研究空白, 本研究对前期医院机会性筛查及社区筛查数据进行了二次分析, 聚焦于 ESCC 的癌前病变阶段(包含高级别上皮内瘤变与低级别上皮内瘤变), 旨

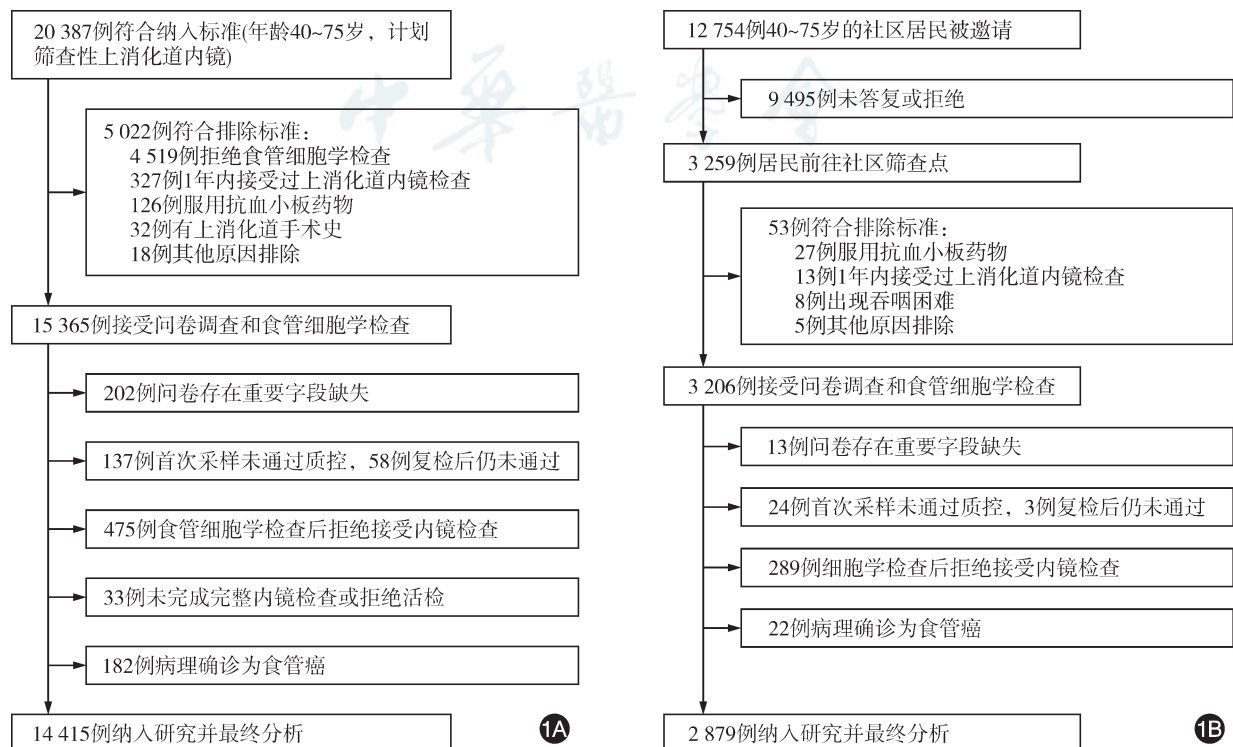


图1 人工智能食管细胞学筛查的受试者纳入与研究实施流程图 1A: 医院机会性筛查人群的纳入与研究实施; 1B: 社区筛查人群的纳入与研究实施

表 1 食管癌医院机会性筛查队列和社区筛查队列的人群基线特征比较

特征	医院机会性筛查队列	社区筛查队列	统计量	P 值
例数	14 415	2 879		
年龄[岁, $M(Q_1, Q_3)$]	55(50, 63)	54(49, 61)	$U=1\ 658$	<0.001
性别[例(%)]			$\chi^2=44.13$	<0.001
男	6 779(47.0)	1 549(53.8)		
女	7 636(53.0)	1 330(46.2)		
居住地[例(%)]			$\chi^2=509.39$	<0.001
城市	11 329(78.5)	2 777(96.5)		
农村	3 086(21.5)	102(3.5)		
吸烟[例(%)]			$\chi^2=360.99$	<0.001
是	2 626(18.3)	978(34.0)		
否	11 789(81.7)	1 901(66.0)		
饮酒[例(%)]			$\chi^2=222.22$	<0.001
是	3 471(24.0)	1 079(37.5)		
否	10 944(76.0)	1 800(62.5)		
饮酒后脸红[例(%)]			$\chi^2=8.49$	0.004
是	354(2.4)	45(1.6)		
否	14 061(97.5)	2 834(98.4)		
热烫饮食习惯[例(%)]			$\chi^2=1\ 100$	<0.001
是	6 712(46.5)	397(13.8)		
否	7 703(53.4)	2 482(86.2)		
进食腌制食品习惯[例(%)]			$\chi^2=424.11$	<0.001
是	2 390(16.5)	149(5.2)		
否	12 025(83.4)	2 730(94.8)		
缺齿个数[例(%)]			$\chi^2=2.01$	0.570
无	7 695(53.3)	1 500(52.1)		
1~4 个	4 881(33.8)	998(34.7)		
5~12 个	1 313(9.1)	278(9.7)		
>12 个	526(3.6)	103(3.5)		
食管癌家族史[例(%)]			$\chi^2=293.27$	<0.001
是	1 804(12.5)	49(1.7)		
否	12 611(78.4)	2 830(98.3)		

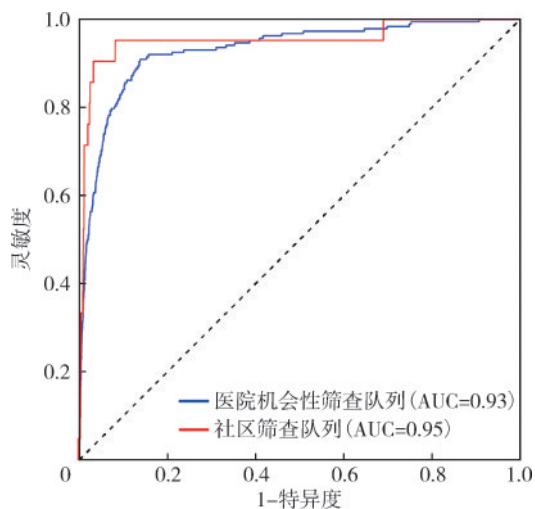


图 2 不同筛查队列中 LightGBM 模型诊断食管癌前病变的受试者工作特征曲线

在分析人工智能在食管癌前病变诊断、筛查中的效能。

对于癌前病变, LightGBM 模型展现了极高的灵敏度和特异度。根据本研究结果, 在机会性筛查队列中, LightGBM 模型对癌前病变的灵敏度达 91.0%, 特异度为 86.2%; 在社区筛查队列中, LightGBM 模型对癌前病变的灵敏度达 95.2%, 特异度为 87.5%。然而, 尽管特异度较高, 本模型较高的假阳性率不可忽视。造成假阳性率较高的原因可能是模型过于敏感, 倾向于优先发现潜在病变个体。为解决这一问题, 未来的研究还可以通过引入多模态数据(如影像、基因、传统临床数据)进一步优化模型性能。LightGBM 模型在食管癌前病变中

的成功应用不仅可以提高早期诊断的精度,还能降低依赖传统内镜检查的频率。在食管癌高发地区,内镜筛查资源相对有限,通过 LightGBM 模型进行筛查能够有效识别出高风险个体,从而优化内镜检查资源的利用。此外,食管癌前病变是从非典型增生向早期 ESCC 发展的关键节点,早期发现并干预可以显著减少食管癌的发病率,因此,人工智能的高灵敏度为食管癌前病变患者争取了宝贵的治疗窗口。

相比之下,虽然血液标志物的实施更简单,且患者接受度更高,但在癌前病变阶段其灵敏度较低,在早期癌的发现中难以发挥有效作用^[6,9]。细胞学筛查通过直接获取食管黏膜样本,能够更早地发现病变,其灵敏度显著高于血液标志物筛查,这是其最大的优势^[10]。

人工智能在食管细胞学筛查中的应用前景广阔,但医务人员培训、标本的保存与运输等需进一步优化。此外,还需加强科普教育,提高患者对人工智能在食管细胞学筛查的认知和接受度,以提升筛查依从性。在社区筛查中,优化筛查路径,使人工智能技术更有效地应用于高危人群的早期发现和干预。通过应对这些挑战,有望进一步提高食管癌筛查的精准度和效率,降低 ESCC 的发病率与死亡率,为减轻我国乃至全球的食管癌疾病负担贡献力量。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

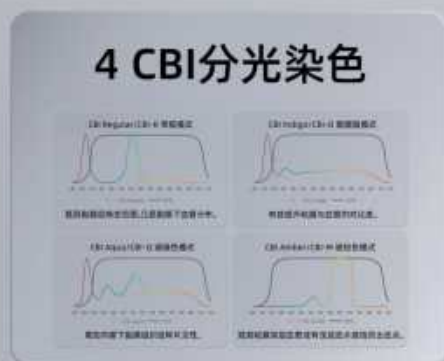
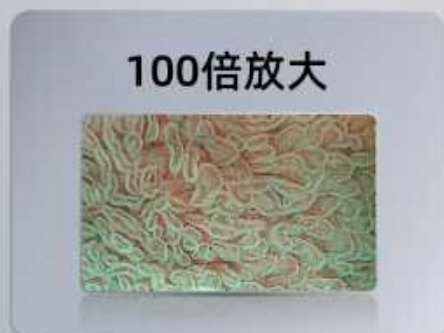
作者贡献声明 蒋惠珊:数据整理、统计分析、论文撰写;高野:论文设计、研究指导、论文修改;林寒、辛磊、王伟、李兆申、王洛伟:研究指导、经费支持

参 考 文 献

- 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. DOI: 10.3322/caac.21834.
- Zheng R, Zhang S, Zeng H, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2016[J]. J Natl Cancer Cent, 2022,2(1):1-9. DOI: 10.1016/j.jncc.2022.02.002.
- Smyth EC, Lagergren J, Fitzgerald RC, et al. Oesophageal cancer[J]. Nat Rev Dis Primers, 2017,3:17048. DOI: 10.1038/nrdp.2017.48.
- Tajima Y, Nakanishi Y, Tachimori Y, et al. Significance of involvement by squamous cell carcinoma of the ducts of esophageal submucosal glands. Analysis of 201 surgically resected superficial squamous cell carcinomas[J]. Cancer, 2000,89(2):248-254. DOI: 10.1002/1097-0142(20000715)89:2<248::aid-cnecr7>3.0.co;2-q.
- Ishihara R, Arima M, Iizuka T, et al. Endoscopic submucosal dissection/endoscopic mucosal resection guidelines for esophageal cancer[J]. Dig Endosc, 2020,32(4):452-493. DOI: 10.1111/den.13654.
- Yazbeck R, Jaenisch SE, Watson DI. From blood to breath: new horizons for esophageal cancer biomarkers[J]. World J Gastroenterol, 2016,22(46):10077-10083. DOI: 10.3748/wjg.v22.i46.10077.
- Jing JX, Wang Y, Xu XQ, et al. Tumor markers for diagnosis, monitoring of recurrence and prognosis in patients with upper gastrointestinal tract cancer[J]. Asian Pac J Cancer Prev, 2014,15(23):10267-10272. DOI: 10.7314/apjcp.2014.15.23.10267.
- Zhang J, Zhu Z, Liu Y, et al. Diagnostic value of multiple tumor markers for patients with esophageal carcinoma[J]. PLoS One, 2015,10(2): e0116951. DOI: 10.1371/journal.pone.0116951.
- Xu YW, Peng YH, Chen B, et al. Autoantibodies as potential biomarkers for the early detection of esophageal squamous cell carcinoma[J]. Am J Gastroenterol, 2014,109(1):36-45. DOI: 10.1038/ajg.2013.384.
- Bian Y, Gao Y, Lin H, et al. Non-invasive diagnosis of esophageal cancer by a simplified circulating cell-free DNA methylation assay targeting OTOP2 and KCNA3: a double-blinded, multicenter, prospective study[J]. J Hematol Oncol, 2024,17(1):47. DOI: 10.1186/s13045-024-01565-2.
- Gao Y, Xin L, Lin H, et al. Machine learning-based automated sponge cytology for screening of oesophageal squamous cell carcinoma and adenocarcinoma of the oesophagogastric junction: a nationwide, multicohort, prospective study[J]. Lancet Gastroenterol Hepatol, 2023,8(5):432-445. DOI: 10.1016/S2468-1253(23)00004-3.
- Gao Y, Xin L, Feng YD, et al. Feasibility and accuracy of artificial intelligence-assisted sponge cytology for community-based esophageal squamous cell carcinoma screening in China[J]. Am J Gastroenterol, 2021,116(11):2207-2215. DOI: 10.14309/ajg.0000000000001499.
- 贺捷,魏文强. 2019 中国肿瘤登记年报[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2021.
- He Z, Ke Y. Precision screening for esophageal squamous cell carcinoma in China[J]. Chin J Cancer Res, 2020,32(6):673-682. DOI: 10.21147/j.issn.1000-9604.2020.06.01.
- Koss LG. Cytologic diagnosis of oral, esophageal, and peripheral lung cancer[J]. J Cell Biochem Suppl, 1993,17F:66-81. DOI: 10.1002/jcb.240531010.
- Chen T, Guestrin C. XGBoost: a scalable tree boosting system [C]//Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining. San Francisco: ACM, 2016.
- Agresti A, Coull BA. Approximate is better than "Exact" for interval estimation of binomial proportions[J]. Am Stat, 1998,52(2):119-126. DOI: 10.1080/00031305.1998.10480550.
- Riley RD, Ensor J, Snell K, et al. Calculating the sample size required for developing a clinical prediction model[J]. BMJ, 2020,368:m441. DOI: 10.1136/bmj.m441.
- Liu Z, Guo C, He Y, et al. A clinical model predicting the risk of esophageal high-grade lesions in opportunistic screening: a multicenter real-world study in China[J]. Gastrointest Endosc, 2020,91(6):1253-1260.e3. DOI: 10.1016/j.gie.2019.12.038.
- Cai Q, Zhu C, Yuan Y, et al. Development and validation of a prediction rule for estimating gastric cancer risk in the Chinese high-risk population: a nationwide multicentre study [J]. Gut, 2019,68(9):1576-1587. DOI: 10.1136/gutjnl-2018-317556.

AQ-300^{NEW}

4K 超高清内镜解决方案



广告

隐匿病变 及早发现



结肠镜**提高病变检出率**的便捷方案

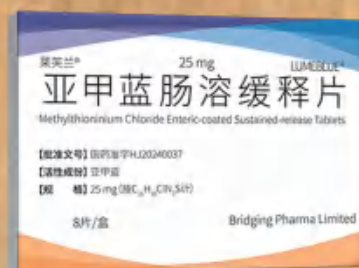
适应症:

本品作为一种诊断剂,适用于在接受结肠镜检查筛查或监测的成人患者中增强结直肠病变的可视化

禁忌、不良反应,注意事项详见说明书

【生产企业】Cosmo S.p.A.

【中国唯一官方商业化合作伙伴】深圳市康哲药业有限公司



MB MMX
DIFFICULT TO DETECT

Methylthioninium Chloride
Enteric-coated
Sustained-release Tablets