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

2025年9月 第42卷 第9期

CHINESE JOURNAL OF DIGESTIVE ENDOSCOPY

Volume 42 Number 9
September 2025

ISSN 1007-5232
09
9 771007 523250

cma cma cma

中华消化内镜杂志®

CHINESE JOURNAL OF DIGESTIVE ENDOSCOPY

月刊　1996年8月改刊　第42卷　第9期　2025年9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.zhxhnjzz.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
江苏省地质测绘大队

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

2025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

共识与指南

消化内镜内痔微创诊疗专家共识(2025，广州)…… 673
中华医学会消化内镜学分会内痔协作组

论　著

除菌后分化型与未分化型早期胃癌的临床特征分析 …… 687
邵琳琳　张倩　李鹏

内镜黏膜下剥离术后异时性早期胃癌的内镜及病理特征分析 …… 693
郭芷均　丁士刚　张静　俎明　张贺军　石岩岩

水压法在困难型早期消化道癌内镜黏膜下剥离术中的应用价值初探(含视频) …… 701
董骏　孙仁虎　余超　汪翰英　王耀辉　肖君

基于深度学习的人工智能模型在窄带光及近焦窄带光内镜图像中精确识别早期胃癌边界的临床研究 …… 707
茅晓喆　洪凯程　郭运博　王碧琳　李俊博　李锐

基于机器学习算法的老年胆心综合征最优预测模型的筛选及预测因素分析 …… 715
陈潇　张鸿晨　章宵晨　沈红璋　张筱凤

短篇论著

一次性子镜辅助肠道支架置入术在急性恶性结直肠梗阻中的应用价值(含视频) …… 722
王远志　周本刚　刘邦杰　姚光怀　李贵庆　李瑶瑶　薛峰　周明　丁岩冰

直肠良性淋巴滤泡性息肉15例的临床及内镜下表现分析 …… 726
吕小燕　张国霞　孟春丽　任洪波　李国栋

病例报道

内镜全层切除术治疗与系膜粘连的降结肠间质瘤1例 …… 731
周慧慧　马翠梅　赵京平　张曜文
超声内镜引导下经胃壁穿刺引流治疗胰腺假性囊肿合并继发性布-加综合征1例 …… 734
陈桂豪　欧阳博文　钟小生　陈彦辰　吴祥
内镜下阑尾残株腺瘤切除1例(含视频) …… 738
王伊凡　李群　刘晓峰

综　　述

电子染色内镜技术提升结肠镜检查质量的研究进展 …… 741
卫佳慧　徐庶怀　张桓伟　隋向宇　张颂　李兆申　赵胜兵　柏愚
超声内镜在肝脏疾病中的诊治进展 …… 746
王雅婷　朱新影　赵东强
贲门失弛缓症患者经口内镜下肌切开术后胃食管反流病的相关研究进展 …… 752
陈出新　吴红　王佳颖　汤凤婷　汤善宏

读者·作者·编者

《中华消化内镜杂志》2025年可直接使用英文缩写的常用词汇 …… 706
更正 …… 714
插页目次 …… 737

本刊稿约见第42卷第1期第82页、第7期第586页

本期责任编辑　许文立

本刊编辑部工作人员联系方式

唐涌进，Email：tang@xhnj.com
朱　悦，Email：zhuyue@xhnj.com
周　昊，Email：zhou@xhnj.com
钱　程，Email：qian@xhnj.com
顾文景，Email：gwj@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.zhxhnjzz.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·

基于机器学习算法的老年胆心综合征最优预测模型的筛选及预测因素分析

陈潇[1]　张鸿晨[2]　章宵晨[2]　沈红璋[2]　张筱凤[2]

[1]浙江省天台县人民医院(浙江省人民医院天台分院)消化内科,台州 317200;[2]西湖大学医学院附属杭州市第一人民医院消化内科 杭州市消化病研究所 浙江省中西医结合胆胰疾病重点实验室,杭州 310006

陈潇和张鸿晨对本文有同等贡献

通信作者:张筱凤,Email:zhangxiaofeng@hospital.westlake.edu.cn

【摘要】 目的　从多种机器学习算法中筛选出老年胆心综合征早期识别的最优预测模型,并探究胆心综合征的预测因素。**方法**　回顾性纳入杭州市第一人民医院 2021 年 7 月至 2023 年 12 月期间以胸前区不适为首发症状的胆心综合征患者共 150 例,采用倾向性评分匹配(propensity score matching,PSM)方法,按 1∶1 比例匹配年龄、性别、吸烟史、饮酒史等变量,选取胸前区不适为首发症状的同时间段非胆心综合征患者 150 例作为对照组。采集两组患者的人口学特征、入院时的生命体征、实验室指标、心电图检查结果等病例资料。比较梯度提升、logistic 回归、随机森林、k 近邻、多层感知器和支持向量机 6 种模型在老年胆心综合征患者早期识别中的预测性能,根据模型的曲线下面积(area under the curve,AUC)和 Brier 分数筛选出综合性能最优的模型,并依据其特征重要性排序确定关键预测因素。**结果**　在 6 种机器学习模型中,随机森林模型的 AUC 最高(0.84)、Brier 分数最小(0.165),按预设筛选标准确定为最优预测模型。随机森林模型在独立测试集中的 AUC 值为 0.87(95%*CI*:0.735~0.908),灵敏度为 86.7%(39/45),特异度为 80.0%(36/45),阳性预测值为 81.3%(39/48),阴性预测值为 85.7%(36/42)。最重要的 6 个预测变量是降钙素原、血清淀粉样蛋白 A、心率变异性低频与高频成分比值、心率变异性相邻正常 RR 间期差值>50 ms 的比例、γ-谷氨酰转移酶/天冬氨酸转氨酶和直接胆红素。**结论**　随机森林模型可用于老年胆心综合征患者的早期风险识别,关键预测因素包括降钙素原、血清淀粉样蛋白 A、心率变异性低频与高频成分比值,心率变异性相邻正常 RR 间期差值>50 ms 的比例、γ-谷氨酰转移酶/天冬氨酸转氨酶和直接胆红素。

【关键词】 老年人;　胆心综合征;　机器学习;　早期诊断;　内镜治疗

基金项目:浙江省重点研发计划(2023C03054)

Optimal predicting model for cholecystocardiac syndrome in elderly patients based on machine learning algorithms and predicting factors

Chen Xiao[1], Zhang Hongchen[2], Zhang Xiaochen[2], Shen Hongzhang[2], Zhang Xiaofeng[2]

[1]Department of Gastroenterology, Tiantai People's Hospital of Zhejiang Province (Tiantai Branch of Zhejiang Provincial People's Hospital), Taizhou 317200, China; [2]Department of Gastroenterology, Affiliated Hangzhou First People's Hospital, School of Medicine, Westlake University, Hangzhou Digestive Disease Research Institute, Key Laboratory of Pancreatobiliary Disease of Zhejiang Integrated Chinese and Western Medicine, Hangzhou 310006, China

Chen Xiao and Zhang Hongchen contributed equally to the article

Corresponding author: Zhang Xiaofeng, Email: zhangxiaofeng@hospital.westlake.edu.cn

DOI:10.3760/cma.j.cn321463-20240708-00076

收稿日期　2024-07-08　　**本文编辑**　钱程

引用本文:陈潇, 张鸿晨, 章宵晨, 等. 基于机器学习算法的老年胆心综合征最优预测模型的筛选及预测因素分析[J]. 中华消化内镜杂志, 2025, 42(9): 715-721. DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20240708-00076.

www.zhxhnjzz.com

【Abstract】 **Objective** To identify the optimal machine learning model for predicting cholecystocardiac syndrome (CCS) in elderly patients and determine key predictive factors. **Methods** A total of 150 elderly patients diagnosed as having CCS who presented with chest discomfort as the initial symptom were retrospectively included at Hangzhou First People's Hospital from July 2021 to December 2023, with 150 propensity score-matched controls (1∶1 matching for age, gender, smoking, and drinking history) with chest discomfort but without CCS during the same period. Demographic characteristics, vital signs at admission, laboratory test results, and electrocardiogram (ECG) findings of all patients were collected. The predictive performance of six machine learning models—gradient boosting, logistic regression, random forest (RF), k-nearest neighbor (KNN), multilayer perceptron (MLP), and support vector machine (SVM) for early CCS recognition was compared. The model with the best overall performance was selected according to area under the curve (AUC), and its key predictive factors were identified based on feature importance ranking. **Results** Among the six machine learning models, the RF model demonstrated the highest AUC (0.84) and lowest Brier score (0.165) and was therefore identified as the optimal model. In the independent test set, the RF model achieved an AUC of 0.87 (95%*CI*: 0.735-0.908), with a sensitivity of 86.7% (39/45), specificity of 80.0% (36/45), positive predictive value of 81.3% (39/48) and negative predictive value of 85.7% (36/42). The six most important predictive variables were procalcitonin (PCT), serum amyloid A (SAA), heart rate variability low-frequency to high-frequency ratio (LF/HF), percentage of successive normal RR intervals differing by >50 ms (PMN50), γ-glutamyltransferase/aspartate aminotransferase ratio (GGT/AST), and direct bilirubin (DBIL). **Conclusion** The RF model can predict early risk of CCS in elderly patients, with the key predictive factors including PCT, SAA, LF/HF, PMN50, GGT/AST, and DBIL.

【Key words】 Aged; Cholecystocardiac syndrome; Machine learning; Early diagnosis; Endoscopic treatment

Fund program: Key Research and Development Program of Zhejiang Province (2023C03054)

胆心综合征是一种由胆道疾病引起的功能性心脏反射综合征，其临床表现包括心脏不适（如胸痛、心悸）和心电图异常，但心脏本身无器质性病变，且这些心脏症状往往随着胆道疾病的控制或治愈而缓解或消失[1-3]。胆心综合征的关键在于，胆道系统的问题通过迷走神经的反射作用或炎症介质等途径，间接影响到心脏功能，导致出现心脏症状[4]。在这种情况下，尽管患者展现出心脏病的典型症状，实际上这些症状的根源是胆道系统的异常[5]。

对于老年胆心综合征患者而言，早期识别和诊断至关重要。老年患者往往因为基础健康状况较差，如伴有多种慢性疾病，体质较弱，这使得他们对疾病的承受能力和恢复能力都相对较低。早期识别胆心综合征可以在患者基础条件相对较好的窗口期内采取及时的治疗措施，如内镜介入治疗等，可有效避免疾病进展到更严重的阶段，从而显著改善患者预后[6]。尽管近年来老年胆心综合征患者治疗手段有所进展，但其诊断准确度和预后仍不容乐观，早期识别老年胆心综合征患者并及时采取消化内镜治疗等干预措施以阻断胆心综合征的进展对改善老年患者的预后尤其重要。

近年来，机器学习算法因其可以准确地从复杂数据集中提取关键特征，已被越来越多地应用于不同疾病的诊断和预后预测模型中[7]。本研究旨在利用老年胆心综合征患者的临床资料开发和验证多个机器学习模型，并筛选出最优模型应用于老年胆心综合征患者的早期预测，为临床早期识别诊断老年胆心综合征患者提供思路。

资料与方法

一、研究对象

选择杭州市第一人民医院 2021 年 7 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日期间以胸前区不适为首发症状的老年胆心综合征（cholecystocardiac syndrome，CCS）患者共 150 例（CCS 组），采用倾向性评分匹配（propensity score matching，PSM）方法，并根据 1∶1 配对比例选择与年龄、性别、吸烟史、饮酒史等相仿的同一时期以胸前区不适为首发症状的非胆心综合征患者 150 例作为非 CCS 组（NCCS 组）。本研究符合赫尔辛基宣言对伦理学的要求，研究方案经杭州市第一人民医院研究伦理委员会审批（ZN2022062）。所有数据为匿名且以回顾性方式收集，豁免知情同意。

www.zhxhnjzz.com

二、入选标准

CCS组：以胸前区不适为首发症状且明确诊断为胆心综合征的年龄≥65岁的患者。胆心综合征的诊断根据2011年中华医学会外科学分会提出的标准[1]。临床症状必须符合以下至少一项：(1)胸部不适，如胸闷、心悸、胸痛，尤其是在无明显冠心病风险因素的情况下出现；(2)心脏症状伴有上腹部不适，如上腹部疼痛、恶心、呕吐。辅助检查必须符合以下至少一项：(1)胆囊超声检查或CT扫描显示胆囊炎、胆结石或胆道结构异常；(2)胆道造影如磁共振胰胆管成像术(magnetic resonance cholangiopancreatography，MRCP)或内镜逆行胰胆管造影术(endoscopic retrograde cholangiopancreatography，ERCP)证实胆道梗阻或其他胆道病变；(3)心电图显示非特异性ST-T段改变，但无冠状动脉疾病的证据；(4)心脏症状在治疗胆道疾病后缓解或完全消失。NCCS组：以胸前区不适为首发症状且明确诊断为非胆心综合征的≥65岁的患者。并通过PSM，按年龄、性别、吸烟史、饮酒史与CCS组进行1∶1配对，匹配精度为卡尺宽度0.2倍标准差。

排除标准：(1)入院心电图提示明确的ST段抬高性心肌梗死；(2)并发恶性肿瘤、血液系统疾病、自身免疫性疾病或其他危重疾病；(3)近期有严重感染疾病史；(4)近期有手术史、外伤史和输血史；(5)既往有严重肝肾功能不全、脑血管意外、外周血管疾病或其他器官受损；(6)临床资料不齐全。

三、观察指标

记录患者的性别、年龄、吸烟史、饮酒史、高血压病史、糖尿病病史、体温、心率、血压、呼吸频率、血氧饱和度、白细胞数、中性粒细胞百分比、C反应蛋白、降钙素原、血清淀粉样蛋白A、γ-谷氨酰转移酶(amma-glutamyl transpeptidase，GGT)、GGT/天冬氨酸转氨酶(aspartate aminotransferase，AST)、直接胆红素、间接胆红素、补体C1q、肌钙蛋白Ⅰ、碱性磷酸酶、乳酸脱氢酶、脑钠肽、心率变异性相邻正常RR间期差值>50 ms的比例(percentage of measured-to-normal intervals differing by >50 ms PMN50)、心率变异性低频与高频成分比值(low frequency to high frequency ratio，IF/HF)、丙氨酸转氨酶、AST、白蛋白、肌酐、尿素氮、肌酸激酶MB型、肌酸激酶MB型/肌酸激酶、甘氨酰脯氨酸二肽氨基肽酶、甘油三酯、胆固醇、低密度脂蛋白、高密度脂蛋白。

临床资料均为入院后24 h内的首次结果。指标预处理：男性记为“1”，女性记为“0”；各类慢病及个人史，有记为“1”，无记为“0”；生命体征各项，异常记为“1”，正常记为“0”；心率变异性PMN50，>1记为“1”，≤1记为“0”；心率变异性IF/HF，<1记为“1”，≥1记为“0”。各类化验指标异常阳性记为“1”，正常记为“0”。

四、模型筛选

对CCS组与NCCS组患者的临床资料进行描述性统计。将所有收集的临床特征作为输入变量，是否发生胆心综合征作为输出变量，建立分类模型。所有患者按照7∶3比例随机分为模型训练集(210例)和独立测试集(90例)。在训练集中分别构建梯度提升、logistic回归、随机森林、k近邻(k-nearest neighbor，KNN)、多层感知器(multilayer perceptron，MLP)及支持向量机(support vector machine，SVM)共6种分类模型，进行五折交叉验证。验证子集的预测结果合并后绘制受试者工作特征(receiver operator characteristic，ROC)曲线。比较各模型的受试者工作特征曲线下面积(area under the curve，AUC)值与Brier分数。AUC取五折结果的平均值，首选AUC最大的模型，若各模型AUC相近，则优先选择Brier分数更小的模型，作为综合性能最优模型。

五、最优模型预测性能评价

确定最优模型后，在独立测试集中评估该最优模型的预测性能，绘制ROC曲线并计算AUC值、cut-off值、准确度、灵敏度、特异度、阳性预测值及阴性预测值。通过分析最优模型的特征重要度，筛选出前6个对预测结果贡献最大的变量。

六、统计学分析

使用R3.6.3软件进行统计学分析，Brier分数通过DescTools包计算。计数资料采用例(%)表示，组间比较采用χ^2检验或Fisher确切概率法。计量资料经正态性检验后，若符合正态分布，以$\bar{x}\pm s$表示，组间比较采用独立样本t检验；若不符合正态分布，以$M(Q_1,Q_3)$表示，组间比较采用Mann-Whitney U检验。P<0.05为差异有统计学意义。

结　果

一、一般资料

CCS组与NCCS组的临床特征比较见表1。相

www.zhxhnjzz.com

较于NCCS组，CCS组患者白细胞数量、C反应蛋白、降钙素原、血清淀粉样蛋白A、补体C1q、心率变异性PMN50>12、心率变异性IF/HF<1、GGT、GGT/AST、碱性磷酸酶、直接胆红素异常发生率更高（$P<0.05$），两组间其余指标差异无统计学意义。

二、多模型筛选结果

在训练集中，对梯度提升、logistic回归、随机森林、KNN、MLP和SVM 6种分类模型进行五折交叉验证，绘制模型早期预测老年胆心综合征的ROC曲线（图1），6种模型在交叉验证中的平均AUC值

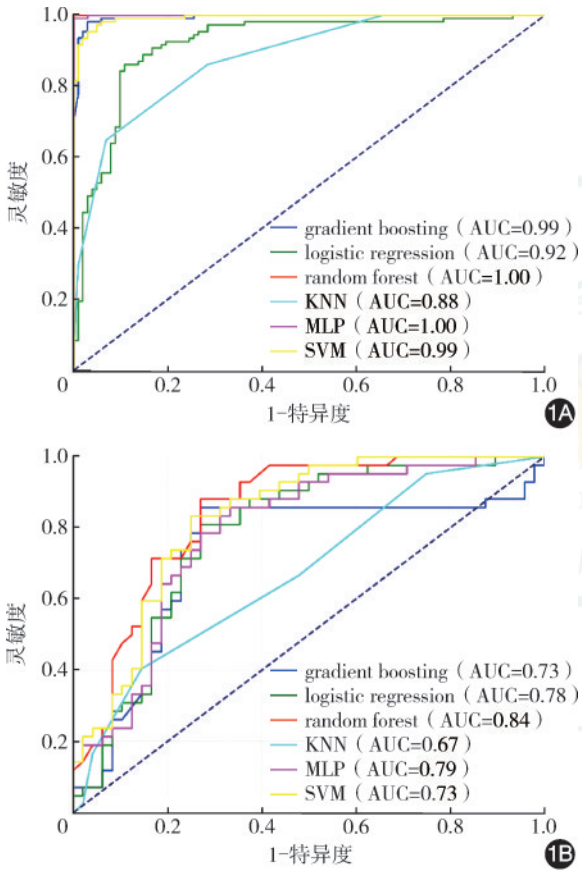
表1　老年胆心综合征组与非胆心综合征组患者基线资料比较

项目	胆心综合征组	非胆心综合征组	统计量	P值
例数	150	150		
年龄[岁，$M(Q_1,Q_3)$]	67.8（65.3，70.2）	68.1（65.7，70.5）	$Z=-0.23$	0.816
男性[例(%)]	76（50.7）	75（50.0）	$\chi^2=0.01$	0.907
吸烟史[例(%)]	51（34.0）	53（35.3）	$\chi^2=0.06$	0.813
饮酒史[例(%)]	43（28.7）	45（30.0）	$\chi^2=0.06$	0.796
高血压病史[例(%)]	77（51.3）	75（50.0）	$\chi^2=0.05$	0.821
糖尿病病史[例(%)]	31（20.7）	32（21.3）	$\chi^2=0.02$	0.890
发热[例(%)]	14（9.3）	16（10.7）	$\chi^2=0.15$	0.701
心率异常[例(%)]	15（10.0）	12（8.0）	$\chi^2=0.37$	0.553
呼吸异常[例(%)]	31（20.7）	31（20.7）	$\chi^2=0.00$	1.000
血压异常[例(%)]	18（12.0）	12（8.0）	$\chi^2=1.33$	0.251
血氧饱和度异常[例(%)]	12（8.0）	13（8.7）	$\chi^2=0.04$	0.832
白细胞数异常[例(%)]	25（16.7）	11（7.3）	$\chi^2=6.19$	0.011
中性粒细胞百分比异常[例(%)]	42（28.0）	40（26.7）	$\chi^2=0.07$	0.799
C反应蛋白升高[例(%)]	20（13.3）	10（6.7）	$\chi^2=3.70$	0.050
降钙素原升高[例(%)]	32（21.3）	11（7.3）	$\chi^2=11.97$	0.003
血清淀粉样蛋白A升高[例(%)]	38（25.3）	7（4.7）	$\chi^2=25.12$	0.005
补体C1q升高[例(%)]	15（10.0）	6（4.0）	$\chi^2=4.15$	0.040
肌钙蛋白Ⅰ升高[例(%)]	10（6.7）	15（10.0）	$\chi^2=1.09$	0.300
脑钠肽升高[例(%)]	14（9.3）	13（8.7）	$\chi^2=0.04$	0.843
心率变异性PMN50>1[例(%)]	16（10.7）	6（4.0）	$\chi^2=4.91$	0.030
心率变异性IF/HF<1[例(%)]	18（12.0）	5（3.3）	$\chi^2=7.96$	0.002
丙氨酸转氨酶升高[例(%)]	26（17.3）	25（16.7）	$\chi^2=0.02$	0.882
AST升高[例(%)]	32（21.3）	33（22.0）	$\chi^2=0.02$	0.893
GGT升高[例(%)]	15（10.0）	6（4.0）	$\chi^2=4.15$	0.040
GGT/AST>2[例(%)]	17（11.3）	5（3.3）	$\chi^2=7.06$	0.010
碱性磷酸酶升高[例(%)]	17（11.3）	7（4.7）	$\chi^2=4.53$	0.030
乳酸脱氢酶升高[例(%)]	8（5.3）	11（7.3）	$\chi^2=0.51$	0.481
白蛋白降低[例(%)]	15（10.0）	17（11.3）	$\chi^2=0.14$	0.712
直接胆红素升高[例(%)]	15（10.0）	6（4.0）	$\chi^2=4.15$	0.040
间接胆红素升高[例(%)]	15（10.0）	15（10.0）	$\chi^2=0.00$	1.000
肌酐升高[例(%)]	13（8.7）	12（8.0）	$\chi^2=0.04$	0.832
尿素氮升高[例(%)]	10（6.7）	10（6.7）	$\chi^2=0.00$	1.000
CKMB升高[例(%)]	15（10.0）	16（10.7）	$\chi^2=0.04$	0.851
CKMB/CK升高[例(%)]	19（12.7）	17（11.3）	$\chi^2=0.13$	0.721
甘氨酰脯氨酸二肽氨基肽酶升高[例(%)]	10（6.7）	14（9.3）	$\chi^2=0.72$	0.393
甘油三酯升高[例(%)]	17（11.3）	18（12.0）	$\chi^2=0.03$	0.862
胆固醇升高[例(%)]	22（14.7）	25（16.7）	$\chi^2=0.23$	0.633
低密度脂蛋白升高[例(%)]	17（11.3）	19（12.7）	$\chi^2=0.13$	0.721
高密度脂蛋白升高[例(%)]	19（12.7）	19（12.7）	$\chi^2=0.00$	1.000

注：PMN50为相邻正常RR间期差值>50 ms的比例；IF/HF为低频与高频成分比值；AST为天冬氨酸转氨酶；GGT为γ-谷氨酰转移酶；CKMB为肌酸激酶MB型；CK为肌酸激酶

www.zhxhnjzz.com

分别为0.73、0.78、0.84、0.67、0.79 和 0.83。KNN 模型的 AUC 值较低，其余 5 种模型的 AUC 值均大于 0.7。各模型在交叉验证中对应的 Brier 分数分别为 0.204、0.185、0.165、0.244、0.200 和 0.168。随机森林模型在交叉验证中的验证子集中表现最佳，AUC 值最高，且 Brier 分数最小，故其为最优模型。6 种机器学习算法模型的 AUC 值、灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值见表 2。



注：gradient boosting 指梯度提升；logistic regression 指 logistic 回归；random forest 指随机森林；KNN 指 k 近邻；MLP 指多层感知器；SVM 指支持向量机；AUC 指曲线下面积

图 1　6 种机器学习模型在训练集和验证子集中的受试者工作特征（ROC）曲线　1A：模型在训练集中的 ROC 曲线；1B：模型在五折交叉验证中验证子集预测结果合并的 ROC 曲线

三、随机森林模型预测结果

在独立测试集中，随机森林模型的 AUC 值为 0.87（95%*CI*：0.735~0.908），灵敏度为 86.7%（39/45），特异度为 80.0%（36/45），阳性预测值为 81.3%（39/48），阴性预测值为 85.7%（36/42）。随机森林模型在各种数据集中的 ROC 曲线见图 2，其中在独立测试集中的 AUC 值为 0.87（95%*CI*：0.735~0.908），显示该模型在内部验证中仍具有良好的区分度。随机森林模型在测试集中的特征重要度见图 3，每个条形代表了一个预测因素，最重要的 6 个预测变量分别是降钙素原、血清淀粉样蛋白 A、心率变异性 LF/HF、GGT/AST、心率变异性 PMN50 和直接胆红素，其长度表示其对模型预测结果的影响程度。

讨　论

本研究聚焦于老年胆心综合征的早期识别问题。此类患者的首发症状为胸前区不适伴随心电图异常，这常常被误诊为急性冠脉综合征，而忽略了胆道疾病的可能性。尤其在老年人群中，由于合并多种基础疾病、整体机能下降，对手术或内镜介入治疗的耐受性较差，一旦病情进展，往往错过最佳干预时机[8-9]。因此，早期识别诊断老年患者胆心综合征并进行早期消化内镜干预治疗对于改善患者的预后至关重要[10]。但是，目前临床缺乏早期识别诊断老年胆心综合征患者的有效方法，是改善此类患者预后的巨大障碍。

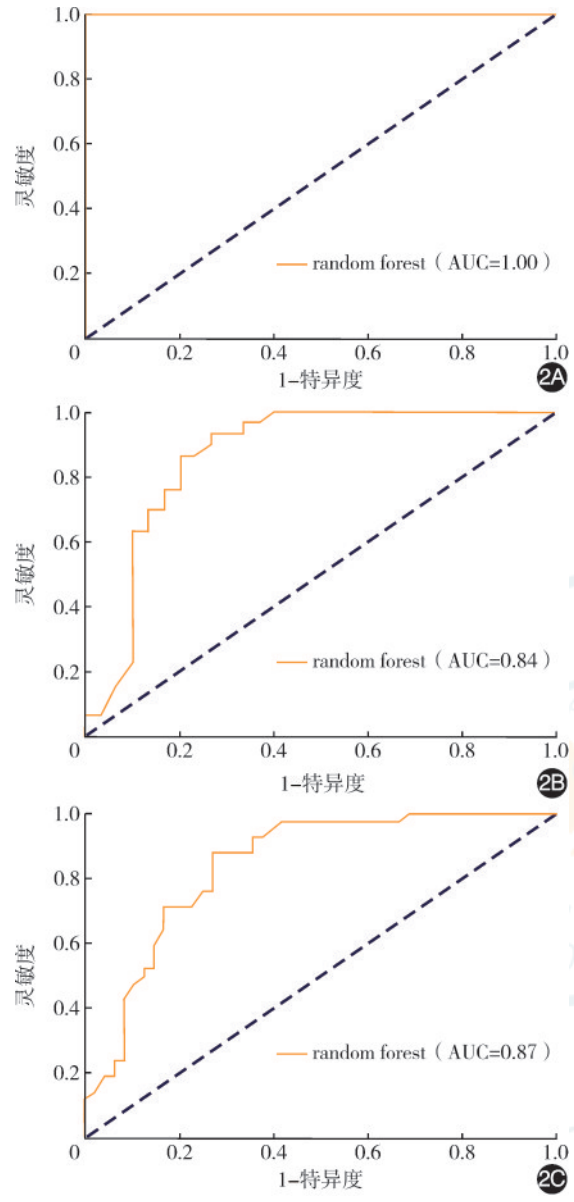
本研究采用了 6 种算法进行机器学习模型训练，包括梯度提升、logistic 回归，随机森林，KNN，MLP，SVM，以上算法均适用于本研究中的二分类问题。本研究筛选出表现最优的随机森林模型用于老年胆心综合征患者的早期识别诊断，该模型最终纳入 6 项预测变量，均为患者入院 24 h 内的检验检查结果。随机森林模型是一种集成学习方法，主要用于分类、回归和其他任务，通过构建多个决策

表 2　不同机器学习模型在训练集中早期预测老年胆心综合征的效能

模型	AUC 值（95%*CI*）	灵敏度	特异度	阳性预测值	阴性预测值
梯度提升	0.73（0.690~0.798）	73.8%（78/105）	75.0%（79/105）	72.1%（78/108）	76.6%（79/103）
logistic 回归	0.78（0.720~0.821）	73.8%（78/105）	72.9%（77/105）	70.4%（78/111）	76.1%（77/101）
随机森林	0.84（0.760~0.928）	88.1%（92/105）	72.9%（77/105）	74.0%（92/124）	87.5%（77/88）
k 近邻	0.67（0.560~0.728）	40.5%（43/105）	65.4%（69/105）	70.8%（43/61）	62.1%（69/111）
多层感知器	0.79（0.660~0.815）	73.8%（78/105）	69.1%（73/105）	73.8%（78/106）	77.1%（73/95）
支持向量机	0.83（0.730~0.898）	70.9%（74/105）	71.0%（75/105）	70.9%（74/104）	81.8%（75/92）

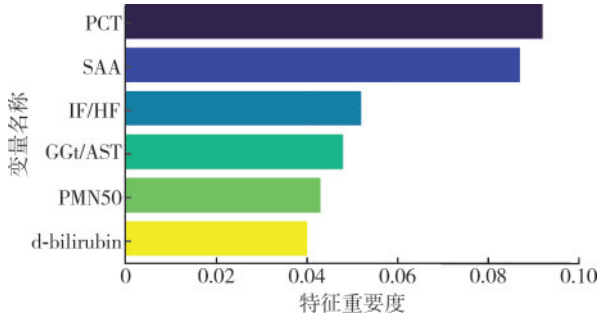
注：AUC 指曲线下面积

www.zhxhnjzz.com



注：random forest指随机森林

图2　随机森林模型在不同数据集中的受试者工作特征（ROC）曲线　2A：模型在训练集中的ROC曲线；2B：模型在五折交叉验证中验证子集预测结果合并的ROC曲线；2C：模型在独立测试集中的ROC曲线



注：PCT指降钙素原；SAA指血清淀粉样蛋白A；IF/HF指心率变异性低频与高频成分比值；GGT/AST指γ-谷氨酰转移酶/天冬氨酸转氨酶比值；PMN50指心率变异性相邻正常RR间期差值>50毫秒的比例；d-bilirubin指直接胆红素

图3　预测老年胆心综合征随机森林模型的特征重要度图

树并结合它们的预测结果来改进模型的准确性和稳健性[11]。它的核心思想是每棵树都在训练过程中随机地从样本集中抽取样本和特征，通过这种方式，随机森林能够减少过拟合的风险，提高模型在未知数据上的泛化能力。随机森林模型也因其运算速度快，可调用参数多，适用于大样本计算等特点而广泛应用于多个领域[12]。本研究随机森林模型在独立测试集的AUC值为0.87。

本研究最终的随机森林模型中，降钙素原、血清淀粉样蛋白A、心率变异性LF/HF、GGT/AST、心率变异性PMN50和直接胆红素是最重要的六个预测因素。降钙素原作为一种急性炎症反应蛋白，其升高通常指示有细菌感染或其他炎症过程[13-14]。在胆心综合征患者中，降钙素原升高可能反映了胆道感染或全身炎症反应的状态。血清淀粉样蛋白A同样作为急性反应蛋白，主要由肝脏在急性炎症反应期间产生[15]。血清淀粉样蛋白A在身体经历急性炎症、感染、创伤或其他应激情况时显著升高，因此，它是评估和监测炎症活动的一个重要生物标志物。本研究模型分析中显示，血清淀粉样蛋白A的升高对于胆心综合征患者的快速诊断和治疗决策有重要参考价值。GGT和AST是两种常用反映肝功能的血清酶标志物，广泛用于评估肝脏功能和损伤[16]。GGT是评估胆汁淤积和肝脏酒精性疾病的敏感指标，而AST广泛分布于全身多个组织，包括肝脏、心肌、肌肉等，其升高可以反映多种组织损伤，特别是肝脏和心脏的损伤。GGT/AST比值升高临床中多提示胆道系统疾病，临床诊疗中通常会结合其他临床信息和实验室指标（如碱性磷酸酶、丙氨酸转氨酶、胆红素等）来做出全面评估和诊断。本研究预测模型证实，GGT/AST比值和直接胆红素异常对于早期识别和诊断老年胆心综合征患者十分重要。心率变异性是指窦性心率在一定时间内周期性改变的现象，心率变异性的变化最终由交感与副交感神经张力平衡决定[17]。胆心综合征涉及心血管系统和胆道系统的相互作用，其中自主神经系统起着关键的调节作用。故本研究中将心率变异性指标IF/HF和PMN50纳入预测因素分析。LF/HF比值被用来评估交感神经和副交感神经活动的相对强度，偏低的LF/HF比值通常指示副交感神经活动占优势，在胆心综合征中，这种自主神经系统的失衡可能导致心脏并发症的风险增加。PMN50反映了心率的短期变异，与副交感神经系统活动密切相关。心率变异性指标LF/HF和

www.zhxhnjzz.com

PMN50提供了一种非侵入性且相对简单的方法来评估自主神经系统的功能，有助于老年胆心综合征的早期识别诊断。

本研究在模型构建过程中，对连续变量进行了二值化预处理，以正常/异常形式输入模型，从而保证了输入变量的可操作性与一致性。与传统基于多因素 logistic 回归的列线图模型不同，本文基于机器学习算法构建的预测模型能够自动捕捉变量间的非线性关系及交互效应，最终输出为患者罹患胆心综合征的概率，而非单一的固定阈值或分值打分。临床医务人员可根据相同的阈值标准判断各项指标状态后，将信息输入模型，辅助早期识别高风险患者，尽早采取内镜治疗等干预措施。

本研究首次采用多种机器学习模型应用于早期识别老年胆心综合征患者的研究，共比较6种机器学习模型，挑选出最优的随机森林模型，并对其预测性能进行了评估，同时绘制了特征重要度图对机器学习模型进行了解释。本研究所有预测指标均为入院常规检查，并不涉及影像学检查结果，可在有胸前区不适老年患者入院后快速获取，达到早期预测、早期干预的效果。

本研究同时具有一定的局限性。首先，本研究基于单中心数据回顾性研究，样本量较少。其次，本研究采用内部验证方式，仍需进一步外部验证提升证据水平。另外，在本研究中我们采用了随机森林模型来处理和分析数据。随机森林的优势在于能够处理大量数据并提供较为准确的预测结果。然而，必须指出的是，随机森林通常较少发生过拟合，并具有较好的泛化能力，但在模型复杂度过高或调参不当时，仍存在一定的过拟合风险。其次，随机森林模型的结果解释性不如一些其他模型，如线性回归或决策树，这可能会对模型的透明度和可理解性造成影响。

利益冲突　所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明　陈潇、张鸿晨：论文撰写；章宵晨：数据整理、统计学分析；张筱凤：科研指导、论文修改、经费支持、临床诊治；沈红璋：临床诊治

参 考 文 献

[1] 中华医学会外科学分会胆道外科学组. 急性胆道系统感染的诊断和治疗指南(2011 版)[J]. 中华消化外科杂志,2011, 10(1):9-13. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2011.01.004.

[2] 杨士贤, 吴铁镛, 刘晓刚. 胆心综合征 220 例误诊文献分析[J]. 解放军医药杂志, 2015, 27(6): 63-65. DOI: 10.3969/j.issn.2095-140X.2015.06.016.

[3] Seewoodhary J, Griffin L. Trifascicular block and a raised Troponin 'T' in acute cholecystitis[J]. QJM, 2010, 103(2): 121-123. DOI: 10.1093/qjmed/hcp156.

[4] 吴小平. 胆心综合征[J]. 中国实用内科杂志, 2007, (8): 574-575. DOI: 10.3969/j.issn.1005-2194.2007.08.005.

[5] 秦玲, 王立波, 谷兰. 胆心综合征发生机制的研究进展[J]. 临床肝胆病杂志, 2002, 18(4): 2. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5256.2002.04.002.

[6] 施成章, 孙海东, 王增田. 胆心综合征诊治现状与展望[J]. 中国中西医结合外科杂志, 2005, 11(6): 540-542. DOI: 10.3969/j.issn.1007-6948.2005.06.050.

[7] 褚会敏, 王金娟, 潘月丽. 基于机器学习算法的儿童过敏性紫癜肾损害风险预测[J]. 中国预防医学杂志,2022,23(1): 62-67. DOI: 10.16506/j.1009-6639.2022.01.011.

[8] 朱友, 谭学明, 杨光旭, 等. 老年患者无痛消化内镜检查中不良事件发生率调查及相关影响因素分析[J]. 中国内镜杂志,2023,29(2):28-34. DOI: 10.12235/E20210678.

[9] Pujalte G, Effiong II, Bertasi T, et al. Do patients' characteristics influence their healthcare concerns? -A hospital care survey[J]. PLoS One, 2021, 16(10): e0258618. DOI: 10.1371/journal.pone.0258618.

[10] 陈晓琴, 陆其明, 钟征翔, 等. 经内镜诊治老年胆胰疾病 387 例分析[J]. 中国内镜杂志, 2004, 10(4): 90-91. DOI: 10.3969/j.issn.1007-1989.2004.04.037.

[11] Gao D, Feng W, Qiao Y, et al. Development and validation of a random forest model to predict functional outcome in patients with intracerebral hemorrhage[J]. Neurol Sci, 2023, 44(10):3615-3627. DOI: 10.1007/s10072-023-06824-7.

[12] Rigatti SJ. Random forest[J]. J Insur Med, 2017, 47(1): 31-39. DOI: 10.17849/insm-47-01-31-39.1.

[13] 牟青松, 任香凝, 陆金帅, 等. 成人脓毒症休克患者院内死亡风险的早期预测及简易评分表构建[J]. 重庆医学,2024, 53(5): 682-689, 695. DOI: 10.3969/j. issn. 1671-8348.2024.05.008.

[14] 李群, 吕允相, 夏申宏, 等. 血清 PCT、CRP 和 IDO 水平在预测社区获得性肺炎患者预后中的临床价值[J]. 中华全科医学, 2024, 22(3): 460-463, 512. DOI: 10.16766/j. cnki. issn.1674-4152.003426.

[15] Sack GH. Serum amyloid A (SAA) proteins[J]. Subcell Biochem, 2020, 94: 421-436. DOI: 10.1007/978-3-030-41769-7_17.

[16] Xing M, Gao M, Li J, et al. Characteristics of peripheral blood Gamma-glutamyl transferase in different liver diseases[J]. Medicine (Baltimore), 2022, 101(1): e28443. DOI: 10.1097/MD.0000000000028443.

[17] Pham T, Lau ZJ, Chen S, et al. Heart rate variability in psychology: a review of HRV indices and an analysis tutorial [J]. Sensors (Basel), 2021, 21(12): 3998. DOI: 10.3390/s21123998.

www.zhxhnjzz.com

健可诺®
国药准字H20213838

磷酸钠盐散
Sodium Phosphates Powder

广告

清肠品质卓越 舒适又方便

独特包装
控制用药风险



适 应 症 用于患者结肠X-光线及肠道内窥镜检查前或手术前清理肠道。

用法用量 本品用于肠道准备时服药一般分两次，每次服药1袋。
第一次服药时间在手术或检查前一天晚上7点，用法为用800ml以上温凉水溶解后服用。
第二次服药时间在手术或检查当天早上7点(或在操作或检查前至少3个小时)，或遵医嘱，用法同第一次。
为获得良好肠道准备效果，建议患者在可承受范围内多饮用水。

不良反应 常见的不良反应为腹胀、恶心、腹痛、呕吐，还可能会出现用药期间和用药后的短暂的电解质紊乱、乏力、眩晕、过敏反应、肝功能检查ALT，AST升高、肛门刺激症状。其他详见说明书。

禁 忌 1.本品禁用于先天性巨结肠、肠梗阻、腹水、充血性心脏病或肾功能衰竭患者。2.使用本品禁止联合使用其他缓泻药物。3.对本品中任何成份过敏者禁用。

健能药业 JEWELLAND

川药广审(文)第251011-01618号 生产企业:四川健能制药有限公司 本广告仅供医学药学专业人士阅读

CMS 康哲药业 CHINA MEDICAL SYSTEM | 莱芙兰® LUMEBLUE®

本广告仅供医学药学专业人士阅读
粤药广审(文)第290610-02733号
批准文号:国药准字HJ20240037

广告

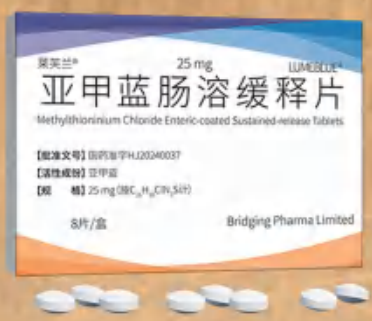
隐匿病变 及早发现



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

地址:深圳市南山区南头街道大新路198号创新大厦B座6-8楼 电话:0755-82416868 传真:0755-82416622 邮编:518052