

引用:史纪言,谷珊珊,曾钰梅,梁玮杰,易丹辉,许云.基于决策树的癌因性疲乏气血两虚证患者富集分类研究[J].中医导报,2025,31(9):117-121,145.

# 基于决策树的癌因性疲乏气血两虚证患者富集分类研究\*

史纪言<sup>1,2</sup>,谷珊珊<sup>2</sup>,曾钰梅<sup>2</sup>,梁玮杰<sup>3</sup>,易丹辉<sup>3</sup>,许云<sup>2</sup>

(1.北京中医药大学研究生院,北京 100029;

2.中国中医科学院西苑医院,北京 100091;

3.中国人民大学统计学院,北京 100872)

[摘要] 目的:构建癌因性疲乏(CRF)气血两虚证人群的分类预测模型。方法:以2019年10月至2022年4月期间全国29家分中心符合纳入标准的CRF气血两虚证患者为研究对象,基于决策树算法构建人群分类预测模型。结果:建模共纳入591例患者信息,将Piper疲乏调查量表(PFS)总均分、血常规指标、CRF气血两虚证诊断症状纳入决策树模型,其中外周血红细胞计数(RBC)、外周血白细胞计数(WBC)水平对人群划分起主要决定作用,经测试模型预测准确率为82.49%;仅纳入单一变量不适合使用决策树算法构建CRF气血两虚证人群分类预测模型。结论:基于决策树算法构建的CRF气血两虚证人群分类预测模型,结合宏观、微观指标进行人群富集分类,具有较为良好的性能。

[关键词] 癌因性疲乏;气血两虚证;决策树;预测模型;信息富集

[中图分类号] R273 [文献标识码] A [文章编号] 1672-951X(2025)09-0117-05

DOI:10.13862/j.cn43-1446/r.2025.09.020

## Study on Enrichment and Classification of Cancer-Related Fatigue Patients with Qi and Blood Deficiency Syndrome Based on Decision Tree Algorithm

SHI Jiyang<sup>1,2</sup>, GU Shanshan<sup>2</sup>, ZENG Yumei<sup>2</sup>, LIANG Weijie<sup>3</sup>, YI Danhui<sup>3</sup>, XU Yun<sup>2</sup>

(1. Graduate School, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China;

2. Xiyuan Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100091, China;

3. School of Statistics, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

[Abstract] Objective: To construct a classification prediction model for cancer-related fatigue (CRF) patients with qi and blood deficiency syndrome. Methods: CRF patients with qi and blood deficiency syndrome from 29 sub-centers nationwide (October 2019 to April 2022) were included. A population classification prediction model was constructed based on the decision tree algorithm. Results: Data from 591 patients were incorporated into the model, including the mean score of the Piper Fatigue Scale (PFS), blood routine examination indicators, and TCM diagnostic symptoms for qi and blood deficiency syndrome. Red blood cell (RBC) count and white blood cell (WBC) count were identified as key predictors for population classification. The model's prediction accuracy reached 82.49%. Relying on a single type of variable was found unsuitable for constructing an effective classification model using the decision tree algorithm. Conclusion: The decision tree-based classification prediction model for CRF patients with qi and blood deficiency syndrome demonstrates relatively good performance by combining macro (symptom) and micro (laboratory) indicators for effective population enrichment and classification.

\*基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC1707406)

通信作者:许云,女,主任医师,研究方向为中西医结合防治肿瘤

[Keywords] cancer-related fatigue (CRF); Qi and blood deficiency syndrome; decision tree; predictive model; information enrichment

癌因性疲乏(cancer-related fatigue, CRF)是癌症患者最常见的不良反应之一,贯穿于癌症发生、发展、治疗全过程<sup>[1]</sup>。因其主观性强,完全阐明相关病理生理机制难度较大<sup>[2]</sup>,故CRF的人群精准辨识较为缺乏,现代医学尚无法给予靶人群针对性临床用药推荐<sup>[3]</sup>。中医药诊疗向来注重“以人为本”。研究<sup>[4-6]</sup>表明,中医辨证论治可明显减轻CRF对患者日常生活的影响。然而,中医辨证具有主观性和模糊性较强<sup>[7]</sup>、“证候”缺乏明确性及定量分级的局限性<sup>[8]</sup>,因此借助大数据和机器学习深入探索中医证型与微观指标的相关性、阐明中医证型的物质基础及生物学机制对提升辨证分型的精准度有着重要意义。据此,本研究拟立足证候,借助机器学习算法将气血两虚证CRF人群划分与CRF气血两虚证客观化有机结合,为客观精准的人群富集分类提供智能化思路。

## 1 资料与方法

### 1.1 诊断标准

1.1.1 中医诊断标准 因国内尚缺乏CRF气血两虚证诊断标准,本研究前期采用文献调研法及德尔菲专家问卷法,根据CRF临床特点自拟气血两虚证中医证候诊断标准。

首先,通过检索中国知网、万方数据库、维普数据库和中国生物医学文献数据库自建库至2019年2月23日的文献,并检索国家图书馆1949—2019年的全部藏书,分别获得气血两虚证临床研究相关文献7 413篇、中医诊断学书籍93本。最终纳入文献173篇,书籍53本。采用双人双组双录方式录入符合标准的信息建立数据库,经过频数统计筛选形成症状目录,形成循证基础。

其次,邀请高级职称专家21人,中级职称专家4人,初级职称专家13人,涉及肿瘤临床、中医临床、中医证候学、方法学等多个领域。通过两轮德尔菲专家调研问卷填写,最终确定CRF气血两虚证中医证候诊断标准如下:

主症:神疲乏力。其他症状:面色淡白或萎黄、少气懒言、头晕、自汗、心悸。舌象:舌淡或有齿痕。脉象:脉细或弱或虚或无力。同时具备主症+舌象+脉象+至少2个其他症状,可诊断为CRF气血两虚证。

1.1.2 西医诊断标准 CRF诊断标准根据第十次国际疾病分类修订会议(ICD10)提出的CRF诊断标准<sup>[9]</sup>制定。癌症诊断标准参照《中国常见恶性肿瘤诊治规范》中非小细胞肺癌、结直肠癌、胃癌诊断标准<sup>[10-12]</sup>,TNM分期参照美国癌症联合委员会(AJCC)第八版分期标准<sup>[13]</sup>。

1.2 纳入标准 (1)年龄18~80岁,性别不限;(2)有明确病理学诊断;(3)肺癌、胃癌病理分期为IV期,非小细胞肺癌TNM分期为III B~IV期,且无法根治性切除;(4)符合CRF诊断标准者;(5)符合CRF气血两虚证中医证候诊断标准;(6)疲乏症状评分 $\geq 4$ 分;(7)卡氏功能状态(KPS)评分 $\geq 60$ 分;(8)无论是否正在化疗,如未化疗则需30 d肿瘤评价无快速进展患者,可

同时接受静脉靶向治疗。

1.3 排除标准 (1)近1个月有外科治疗等重大的外伤损害;(2)有严重出血或系统感染者;(3)有明确骨髓转移瘤侵犯;(4)1个月内使用过促红细胞生成素及输血者;(5)合并心、肝、肾等系统严重疾病者;(6)孕妇、哺乳期妇女、神志不清或无法理解和参与本研究者;(7)研究者判定不适合参加本研究者。

1.4 研究对象 纳入2019年10月至2022年4月全国29家分中心的肿瘤科门诊或病房的患者,包括非小细胞肺癌、结直肠癌、胃癌晚期气血两虚证癌因性疲乏患者611例,分中心详见表1。本研究已通过中国中医科学院西苑医院伦理委员会审批,批件编号:2019XLA028-3。所有研究对象均签署知情同意书。

表1 分中心详情

序号	分中心名称	序号	分中心名称
1	中国中医科学院西苑医院	16	六安市人民医院
2	广州中医药大学第一附属医院	17	江苏省第二中医院
3	山东中医药大学附属中医院	18	甘肃省武威肿瘤医院
4	南京中医药大学附属江苏省中医院	19	临汾市人民医院
5	贵州中医药大学第一附属医院	20	徐州市肿瘤医院
6	重庆市肿瘤医院	21	聊城市中医医院
7	中日友好医院	22	临汾市中心医院
8	首都医科大学附属北京朝阳医院	23	河北北方学院附属第一医院
9	上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院	24	广东省中医院
10	北京大学肿瘤医院	25	广州中医药大学深圳医院
11	辽宁中医药大学附属医院	26	东莞市中医院
12	新疆维吾尔自治区中医医院	27	山西省中医院
13	无锡市中医医院	28	扬州市中医院
14	大连市中医医院	29	中国民航总医院
15	马鞍山市中医院		

前期研究<sup>[14]</sup>表明,CRF气血两虚证人群通过聚类分析,被分为以下三类:第1类是气血两虚证气虚偏向人群,第2类是气血两虚证轻症人群,第3类是气血两虚证血虚偏向人群。

1.5 研究类型 本研究为横断面研究。

1.6 采集指标 (1)CRF气血两虚证诊断症状分布特点(是否面色淡白或萎黄、少气懒言、头晕、自汗、心悸);(2)血常规:外周血白细胞计数(WBC)、血小板计数(PLT)、血红蛋白(HGB)、外周血红细胞计数(RBC)及中性粒细胞绝对值(NEUT);(3)Piper疲乏调查量表(PFS)<sup>[15]</sup>总分。

1.7 统计学方法 运用R4.2.0统计软件进行数据处理与统计学分析,计数资料采用频数及百分率表示,计量资料采用“均数 $\pm$ 标准差”( $\bar{x} \pm s$ )表示。采用决策树算法,以分类和回归树(CART)节点构建人群分类预测模型,使用min\_samples\_split(最小分裂样本量)和cp(复杂度参数)两个参数间接控制树

的深度, minsplit=20, cp=0.01。将研究数据按7:3的比例划分训练集和测试集, 将预测结果与真实结果输出混淆矩阵, 初步计算模型的准确性。

2 结果

2.1 一般资料 共纳入CRF气血两虚证患者611例, 一般资料见表2。

表2 CRF 气血两虚证患者一般资料 (n=611)

项目	分类	数值
年龄( $\bar{x}\pm s$ , 岁)		64.87±9.28
性别[例(%)]	男	413(67.59)
	女	198(32.41)
身高( $\bar{x}\pm s$ , cm)		165.92±7.35
体质量( $\bar{x}\pm s$ , kg)		60.92±10.25
病种[例(%)]	非小细胞肺癌	208(34.04)
	结直肠癌	203(33.22)
	胃癌	200(32.73)
目前分期[例(%)]	Ⅲ期	56(9.17)
	Ⅳ期	555(90.83)

2.2 三类人群特征描述 本研究总共纳入611例患者, 删除部分指标缺失的样本后剩余591例患者, 三类人群PFS总均分、血常规指标、CRF气血两虚证诊断症状分布见表3。第1类人群与第2类人群在疲乏程度上具有很大相似性的同时, 第1类人群血常规指标呈现出WBC、NEUT、PLT水平最低的特点, 中医症状上以少气懒言为主, 心悸发生率则较低; 第2类人群血常规表现出5项指标均值均最高的特点, 中医症状方面表现出自汗、心悸发生率高于其他两类人群的特点; 第3类人群相较第1、2类人群明显表现出疲乏程度最重, RBC、HGB水平最低的特点, 中医症状以面色淡白或萎黄、头晕为特点, 自汗症状发生率较低。

2.3 基于决策树模型探索人群特征及合适的界点 本研究按7:3的比例划分训练集和测试集, 并且训练集和测试集中三类人群的占比与总样本中三类人群的占比保持一致。(见表4)本研究首先基于70%的训练集, 探究在训练集决策树中起着主要支持作用的因素。(见图1)血常规对三类人群的划分有较大意义, 三类人群的划分比例分别为37%、34%和29%。首

先, 根据RBC水平是否“ $\geq 3.6 \times 10^{12}/L$ ”进行判断, 未“ $\geq 3.6 \times 10^{12}/L$ ”的归为“第3类人群”; 其次, 再根据WBC水平是否“ $> 5.8 \times 10^9/L$ ”进行分类, 若“ $\geq 5.8 \times 10^9/L$ ”则归为“第1类人群”, 反之则归为“第2类人群”。PFS总均分、CRF气血两虚证诊断症状对本决策模型决定作用较弱, RBC、WBC水平对三类人群的划分具有较大意义, 尤其是RBC对第3类人群的划分有较高的准确度。将构建的70%训练集的决策树模型用于30%测试集进行预测, 将预测结果与真实结果输出混淆矩阵。(见表5)该训练集决策树模型预测的准确率为82.49%。

表4 训练集和测试集人群分布

人群分类	训练集	测试集	总计
第1类人群	151	65	216
第2类人群	139	59	198
第3类人群	124	53	177
总计	414	177	591

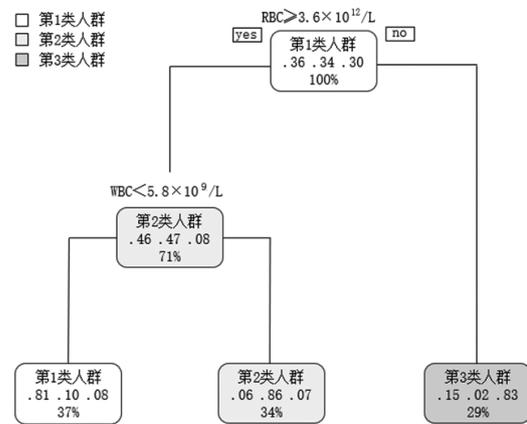


图1 决策树结果(全变量)

表5 混淆矩阵(全变量)

人群分类	预测为第1类人群	预测为第2类人群	预测为第3类人群	总计
第1类人群	53	6	6	65
第2类人群	3	53	3	59
第3类人群	9	4	40	53
总计	65	63	49	177

注: 准确率=(53+53+40)/177=82.49%。

表3 三类人群主、客观指标分布特征

指标名称	分类	人群分类		
		第1类(n=216)	第2类(n=198)	第3类(n=177)
中医证候诊断症状分布[例(%)]	面色淡白或萎黄	179(82.87)	166(83.84)	159(89.83)
	少气懒言	191(88.43)	161(81.31)	152(85.9)
	头晕	75(34.72)	65(32.83)	74(41.88)
	自汗	49(22.69)	57(28.79)	37(20.90)
	心悸	32(14.81)	48(24.24)	34(19.21)
PFS总均分[M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), 分]		4.90(3.90, 5.50)	4.90(3.93, 5.80)	5.80(5.00, 6.40)
血常规[M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	WBC/(10 <sup>9</sup> /L)	4.30(3.59, 5.00)	7.42(6.39, 8.88)	5.21(4.37, 7.13)
	RBC/(10 <sup>12</sup> /L)	3.98(3.74, 4.20)	4.40(4.06, 4.73)	3.21(2.88, 3.50)
	HGB/(g/L)	121.00(113.00, 129.00)	131.50(120.00, 141.00)	93.00(83.00, 102.00)
	NEUT/(10 <sup>9</sup> /L)	2.50(1.87, 3.08)	5.10(4.13, 6.40)	3.41(2.53, 4.99)
	PLT/(10 <sup>9</sup> /L)	167.50(134.00, 214.20)	248.00(200.50, 302.80)	215.00(154.00, 288.00)

2.4 分别基于CRF气血两虚证诊断症状分布及PFS总均分、血常规指标验证聚类的人群特征及合适的界点 本研究纳入变量为混合型变量,故进一步对每一类型变量进行单独讨论。在纳入变量为分类变量即CRF气血两虚证诊断症状时,训练集决策树见图2,混淆矩阵如表6。该决策树模型预测的准确率为35.03%,而图2及表6均显示这三类人群在CRF气血两虚证诊断症状变量上的差异不显著,尤其不能区分出第1类人群和第2类人群。

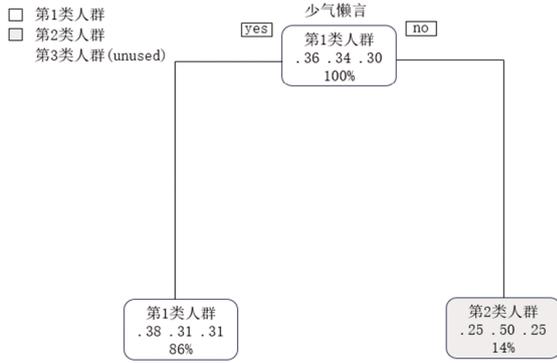


图2 决策树结果 (分类变量为CRF气血两虚证诊断症状)

表6 混淆矩阵 (分类变量为CRF气血两虚证诊断症状)

人群分类	预测为第1类人群	预测为第2类人群	预测为第3类人群	总计
第1类人群	55	10	0	65
第2类人群	52	7	0	59
第3类人群	43	10	0	53
总计	150	27	0	177

注:准确率=(55+7+0)/177=35.03%。

纳入连续变量PFS总均分、血常规的训练集决策树模型见图3。该决策树模型预测的准确率为86.44%(见表7)。根据图3不同人群分类的指标特点结果,三类人群的特征共9类,相应界点值见表8。PFS总均分对决策树中人群分类的影响较小,尤其是第2类人群。将血常规水平分为高水平、低水平,进一步分析其规律。第1类人群的红细胞水平有高、低不同,但红细胞高时,WBC需低,NEUT水平可高、可低,占人群分类的较大比例。第2类人群红细胞水平均高,WBC也可高、可低,当WBC高则需要HGB偏高,这种分类标准占比更大。第3类人群红细胞水平可高、可低,血常规各变量分界线略显混乱,红细胞低、HGB低的人群占比更大。PFS总均分和血常规指标对人群分类的结果显示,除第3类人群划分较明显外,另外两类人群划分的规律

尚不明显,表明气血两虚证CRF患者疲乏与血常规之间存在错综复杂的内部联系。

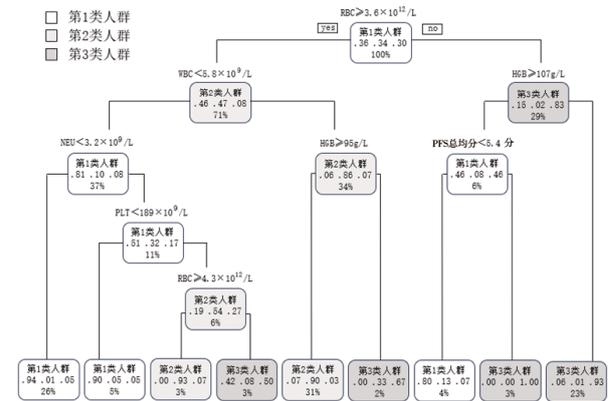


图3 决策树结果 (连续变量为Piper疲乏总均分、血常规)

表7 混淆矩阵 (连续变量:Piper疲乏总均分、血常规)

人群分类	预测为第1类人群	预测为第2类人群	预测为第3类人群	总计
第1类人群	54	6	5	65
第2类人群	1	54	4	59
第3类人群	5	3	45	53
总计	60	63	54	177

注:准确率=(54+54+45)/177=86.44%。

### 3 讨论

CRF是最为普遍的癌症患者高发病状群。CRF可贯穿肿瘤全程,是治疗中断、康复受阻和生活质量下降的重要影响因素<sup>[6]</sup>。面对CRF机制复杂、症状广泛、现代医学尚无有效药物用于临床的诊疗困境,中药多途径、多靶点、多维度的作用特点有望成为治疗CRF的重要选择<sup>[7]</sup>。然而,中医辨治主要围绕医师四诊和患者的主观感受实施,与客观化指标相比,缺乏可重复性及可信度<sup>[8]</sup>。中医辨治的思维过程与数据挖掘有着极大的相似性<sup>[9]</sup>,可通过辨证论治实现人群分类。借助现代科技手段促进辨证客观化、标准化,进而促进CRF泛症状人群精准辨识,是提升中医药治疗获益率及可信度的关键<sup>[20]</sup>。

决策树是一种数据挖掘中常用的机器学习模型,可基于多个协变量建立分类模型<sup>[21]</sup>。该模型可充分模拟中医思维,在中医证候分类与决策中应用最为广泛,且准确率较高<sup>[22]</sup>。目前已有部分研究尝试将决策树机器学习算法应用于指导中医辨治。赵书颖等<sup>[19]</sup>通过C5.0决策树算法构建了符合高血压阴阳两虚证的诊断判别模型模式,诊断模型准确率为96.03%;

表8 连续变量决策树不同人群分类的特征与占比

人群分类	满足特征						比例/%
	PFS总均分/分	RBC/(10 <sup>12</sup> /L)	WBC/(10 <sup>9</sup> /L)	HGB/(g/L)	NEUT/(10 <sup>9</sup> /L)	PLT/(10 <sup>9</sup> /L)	
气血两虚证气虚偏向		≥3.6	<5.8		<3.2		26.00
		≥3.6	<5.8		≥3.2	<189	5.00
	<5.4	<3.6		≥107			4.00
气血两虚证轻症		≥4.3	<5.8		≥3.2	≥189	3.00
		≥3.6	≥5.8	≥95			31.00
气血两虚证血虚偏向		≥3.6且<4.3	<5.8		≥3.2	≥189	3.00
		≥3.6	≥5.8	<95			2.00
	≥5.4	<3.6		≥107			3.00
		<3.6		<107			23.00

于尚君等<sup>[23]</sup>基于决策树算法建立了根据焦虑、抑郁量表评分来推测相应中医证型的诊断模式;石玉琳等<sup>[24]</sup>通过C5.0决策树算法构建了基于客观舌脉数据的非小细胞肺癌气虚证与阴虚证的证候分类模型,模型分类准确率为80.37%。目前中医药领域鲜有研究采用决策树的方法对CRF人群进行分类探索,故本研究尝试通过数据训练的方式构建模型,以气血两虚证这一CRF人群中占比最大(37.44%)的证型为载体<sup>[25]</sup>,通过进一步融合微观指标,探索辨证客观化和人群富集化相结合的诊疗方法。

本团队前期通过无监督学习(即无因变量)的聚类分析方法,对纳入的CRF气血两虚证患者进行了人群富集分类,得到气血两虚证气虚偏向人群、气血两虚证轻症人群、气血两虚证血虚偏向人群三类人群<sup>[14]</sup>。本研究在前期CRF气血两虚证人群富集分类的基础上,采用经典决策树的监督式机器学习方法,结合CRF气血两虚证诊断症状、PFS总均分及血常规指标等宏观及微观指标,构建了CRF气血两虚证人群分类预测模型。模型预测准确率较高,血常规指标WBC、RBC水平在该模型中起主要决定作用。研究<sup>[26-28]</sup>表明,补气剂、补血剂可显著改善气虚证及血虚证患者WBC、RBC水平,印证了WBC、RBC等微观指标与气虚、血虚间的紧密联系,为CRF气血两虚证客观化提供了参考和依据。但PFS总均分及血常规指标构建的决策树模型显示,二者对人群划分的影响有限,采用决策树模型的解释性较差;单独纳入CRF气血两虚证诊断症状的决策树模型则反映了三类人群在中医诊断症状上的差异并不明显。

宏观指标、微观指标与智能化数据算法的融合可充分兼顾中医主观性、模糊性、非线性的特点<sup>[29-30]</sup>,有利于证候规范化、标准化、客观化,为中医人群辨识提供定性定量相结合的划分思路。借助决策树模型,本研究从复杂、无规则的变量中提取了CRF气血两虚证分类人群的相关因素,对人群富集分类进行了智能化探索,但决策树结果过度拟合,每类人群均有多类型的指标特点,目前难以直截了当地区分。这也反映出CRF临床表现多样、发生机制复杂所致的人群差异化较大的特点。此外,研究前期自拟的CRF气血两虚证诊断症状设计为二分类变量,未采用评分制,也可能导致CRF气血两虚证诊断症状对人群解释性欠佳。今后研究仍需开展大样本、高质量临床研究,尝试纳入更多客观指标,推动辨证客观化与人群富集化结合,从而促进精准分类。

#### 参考文献

- BERGER A M, MOONEY K, ALVAREZ-PEREZ A, et al. Cancer-related fatigue, version 2.2015[J]. J Natl Compr Canc Netw, 2015, 13(8): 1012-1039.
- DANTZER R, CHELETTE B, VICHAYA E G, et al. The metabolic basis of cancer-related fatigue[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2025, 169: 106035.
- FABI A, BHARGAVA R, FATIGONI S, et al. Cancer-related fatigue: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis and treatment[J]. Ann Oncol, 2020, 31(6): 713-723.
- 周岩,田乃菊,赵玮璿,等.参苓白术散加减治疗非小细胞肺癌肺脾两虚型癌因性疲乏的临床疗效及对免疫功能的影响[J].辽宁中医杂志, 2023, 50(11): 124-128.
- 王泽坤,陈晓琦,陈召起,等.癌因性疲乏的中西医研究进展[J].中华中医药杂志, 2023, 38(3): 1185-1189.
- 杜肖琳,胡广生,许双洁,等.肺康复方治疗中晚期非小细胞肺癌癌因性疲乏的疗效及安全性观察[J].中医药导报, 2021, 27(10): 89-95.
- 周铃,于靖文,李萌,等.胃食管反流病的中医证候客观化研究现状与思考[J].时珍国医国药, 2023, 34(3): 678-681.
- 沈姗姗,甘慧娟,赖新梅,等.基于中医思维特征谈辨证研究的问题与路向[J].中华中医药杂志, 2023, 38(2): 459-462.
- PORTENOY R K, ITRI L M. Cancer-related fatigue: Guidelines for evaluation and management[J]. Oncologist, 1999, 4(1): 1-10.
- 全国肿瘤防治研究办公室,中国抗癌协会.中国常见恶性肿瘤诊治规范:第六分册 原发性支气管肺癌[M].北京:北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社, 1990.
- 全国肿瘤防治研究办公室,中国抗癌协会.中国常见恶性肿瘤诊治规范:第三分册 大肠癌[M].北京:北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社, 1990.
- 全国肿瘤防治研究办公室,中国抗癌协会.中国常见恶性肿瘤诊治规范:第四分册 胃癌[M].北京:北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社, 1990.
- AMIN M B, EDGE S B, GREENE F L, et al. AJCC Cancer Staging Manual[M]. 8<sup>th</sup> ed. New York: Springer, 2017.
- 史纪言,易丹辉,曾钰梅,等.癌因性疲乏气血两虚证患者聚类与富集探索性研究[J].中国中医药信息杂志, 2024, 31(8): 146-151.
- SO W K W, DODGSON J, TAI J W M. Fatigue and quality of life among Chinese patients with hematologic malignancy after bone marrow transplantation[J]. Cancer Nurs, 2003, 26(3): 211-219.
- BOWER J E. Cancer-related fatigue: Mechanisms, risk factors, and treatments[J]. Nat Rev Clin Oncol, 2014, 11(10): 597-609.
- 潘国风,冯虹,覃小龙,等.基于癌因性疲乏探讨抗肿瘤中药新药的立题与临床优势[J].中国新药杂志, 2022, 31(8): 729-733.
- 陈健,陈启龙,苏式兵.中医药精准医疗的思考与探索[J].世界科学技术-中医药现代化, 2016, 18(4): 557-562.
- 赵书颖,张新雅,李运伦.基于决策树及神经网络的高血压病阴阳两虚证诊断模型的研究[J].中华中医药学刊, 2019, 37(5): 1120-1123, 1288-1291.
- 宋卓,崔宁,谷珊珊,等.精准医学背景下癌因性疲乏中医辨治的策略[J].世界中医药, 2022, 17(14): 2075-2079.
- FENG Y N, XU Z H, LIU J T, et al. Intelligent prediction of RBC demand in trauma patients using decision tree methods[J]. Mil Med Res, (下转第145页)

- 2019, 169:937-943.
- [42] ZHANG X M, CHEN X Y, WANG L, et al. Protective effects of YiqiJiedu decoction on ionizing radiation-induced spermatogenic cell injury[J]. *J Ethnopharmacol*, 2022, 299:115681.
- [43] 李湛民, 孙智, 刘铁军, 等. 高脂饮食诱导肥胖对雄性大鼠生殖能力影响的研究[J]. *中华中医药学刊*, 2025, 43(7):26-28, 266.
- [44] 李欢欢, 特力格尔, 马婧, 等. 补锌对高脂饮食大鼠睾丸组织circRNA-miRNA-mRNA网络的影响[J]. *中国计划生育学杂志*, 2023, 31(7):1506-1511, 1757-1759.
- [45] MELE V G, CHIOCCARELLI T, FINAMORE R, et al. Antioxidants positively regulate obesity dependent circ RNAs-sperm quality-functional axis[J]. *Front Endocrinol*, 2023, 14:1290971.
- [46] ZHAO Y, LIU H R, YANG Y, et al. The effect and mechanism of Grim 19 on mouse sperm quality and testosterone synthesis[J]. *Reproduction*, 2022, 163(6):365-377.
- [47] ZHU T Y, ZHANG Y X, SHENG X L, et al. Absence of CEP78 causes photoreceptor and sperm flagella impairments in mice and a human individual[J]. *eLife*, 2023, 12:e76157.
- [48] DAI X L, ZHANG Q, YU Z Z, et al. Bmi1 deficient mice exhibit male infertility[J]. *Int J Biol Sci*, 2018, 14(3):358-368.
- [49] ZHUANG T G, HESS R A, KOLLA V, et al. CHD5 is required for spermiogenesis and chromatin condensation[J]. *Mech Dev*, 2014, 131:35-46.
- [50] 刘桂敏, 孙建辉, 李建良, 等. 肾虚证临床与动物实验研究进展[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2024, 30(23):269-280.
- [51] MCCLAIN R M, DOWNING J C. The effect of ornidazole on fertility and epididymal sperm function in rats[J]. *Toxicol Appl Pharmacol*, 1988, 92(3):488-496.
- [52] 李艳, 任超, 邹洋, 等. 雷公藤多苷药理毒理作用研究进展[J]. *品牌与标准化*, 2023(4):97-99.
- [53] 赵海霞, 黄威峰, 宋来新, 等. 五子衍宗方对环磷酰胺致小鼠睾丸细胞DNA损伤的影响[J]. *中成药*, 2017, 39(3):466-470.
- [54] 蒋平, 徐青洪, 陈存武, 等. 金匱肾气丸对环磷酰胺所致睾丸损伤小鼠睾丸组织Nrf2信号通路基因表达的影响[J]. *中华男科学杂志*, 2020, 26(2):160-166.
- [55] 谢希, 黄家望, 甘广, 等. 龟鹿二仙胶对少弱精子症小鼠的保护作用及机制研究[J]. *中医药学报*, 2023, 51(6):19-24.
- [56] WEI R, ZHANG X Y, CAI Y H, et al. Busulfan suppresses autophagy in mouse spermatogonial progenitor cells via mTOR of AKT and p53 signaling pathways[J]. *Stem Cell Rev Rep*, 2020, 16(6):1242-1255.
- [57] 王慧慧, 张莉, 徐瑞豪, 等. 杜仲补天素胶囊对白消安诱导的生精障碍小鼠的影响[J]. *中药新药与临床药理*, 2020, 31(2):169-178.
- [58] SARIÖZKAN S, TÜRK G, EKEN A, et al. Gilaburu (*Viburnum opulus* L.) fruit extract alleviates testis and sperm damages induced by taxane-based chemotherapeutics[J]. *Biomed Pharmacother*, 2017, 95:1284-1294.
- [59] 魏巍, 曹继刚, 萧闵, 等. 肝郁肾虚型少弱精症大鼠模型的建立及相关指标评价初探[J]. *暨南大学学报(自然科学与医学版)*, 2021, 42(3):293-302.
- [60] 盛文. 基于Bcl-2/Bax通路及线粒体功能探讨龟甲胶治疗肾阴亏虚型少弱精子症的作用机制[D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2021.
- [61] 郇宇, 秦世磊, 姬叔梅, 等. 基于中西医临床病证特点的肝硬化腹水动物模型分析[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2024, 30(15):200-205.
- [62] 杜利莉, 章丹宁, 薛梅, 等. 中医证候动物模型建立及评价方法研究[J]. *南京中医药大学学报*, 2025, 41(1):11-18.
- [63] 刘悦, 姚明江, 付国静, 等. 角叉菜胶诱导大鼠血瘀证模型再评价[J]. *中国中医基础医学杂志*, 2023, 29(12):2005-2009.

(收稿日期:2024-12-12 编辑:刘国华)

(上接第121页) 2021, 8(1):33.

- [22] 宫文浩, 兰天莹, 莫清莲, 等. 基于决策树和人工神经网络的小儿肺炎痰热闭肺证诊断模型研究[J]. *世界科学技术-中医药现代化*, 2020, 22(7):2548-2555.
- [23] 于尚君, 李玲, 徐筱玮. 从SAS、SDS量表评分推测甲状腺结节中医证型的研究[J]. *中医临床杂志*, 2023, 35(10):2008-2012.
- [24] 石玉琳, 刘嘉懿, 胡晓娟, 等. 基于舌脉象数据的决策树算法的非小细胞肺癌证候分类方法[J]. *世界科学技术-中医药现代化*, 2022, 24(7):2766-2775.
- [25] 谷珊珊, 宋卓, 李蒙, 等. 基于现代文献分析癌因性疲乏的中医证治规律[J]. *世界中西医结合杂志*, 2020, 15(12):2198-2203, 2215.
- [26] 谷宁, 程艳野, 王振祥, 等. 八珍汤加减联合针灸治疗气血两虚型癌因性疲乏对患者疲乏程度及生活质量的影响观察[J]. *时珍国医国药*, 2024, 35(13):3009-3013.
- [27] 田昱平, 陈玉博, 李彤, 等. 硼替佐米基础化疗方案联合参芪扶正注射液治疗多发性骨髓瘤伴肾功能不全的疗效及安全性分析[J]. *中医药导报*, 2024, 30(9):41-46.
- [28] 侯懿芸. 补虚汤合参蛤散对慢性阻塞性肺病肺肾气虚证外周血及集落刺激因子的影响[D]. 济南: 山东中医药大学, 2019.
- [29] 夏淑洁, 杨朝阳, 周常恩, 等. 常见机器学习方法在中医诊断领域的应用述评[J]. *广州中医药大学学报*, 2021, 38(4):826-831.
- [30] 王卓雅, 曾光, 向茗, 等. 证素辨证与中医药标准化[J]. *中医药导报*, 2015, 21(4):1-4.

(收稿日期:2024-11-14 编辑:蒋凯彪)