

DOI: 10.19338/j.issn.1672-2019.2024.03.002

· 论 著 ·

急性有机磷农药中毒继发肺损伤相关因素-基于 随机森林和决策树模型

龚升玄, 吴金海, 赵菊馨, 吴冰, 刘斐, 芦铮, 李志梦

(南阳市第一人民医院 急诊科, 河南 南阳 473000)

摘要: **目的** 探讨急性有机磷农药中毒(AOPP)继发肺损伤相关因素, 制定合理方式措施, 减少肺损伤发生风险。**方法** 选取2021年3月至2023年3月南阳市第一人民医院收治的102例AOPP患者作为研究对象, 根据发病至入院12 h内肺损伤发生率分为肺损伤组和非肺损伤组, 比较两组一般资料、实验室指标等, 采用随机森林和决策树模型分析AOPP继发肺损伤影响因素, 绘制受试者工作特征(ROC)曲线及曲线下面积(AUC)分析两种模型预测效能。**结果** 102例AOPP患者肺损伤发生率为70.59% (72/105); 决策树模型显示: 服毒量 ≥ 40 mg/kg+急性生理与慢性健康评分(APACHE II评分) ≥ 15 分的AOPP患者肺损伤发生率高; 服毒量 ≥ 40 mg/kg+ChE < 450 U/L+转移生长因子 $\beta 1$ (TGF- $\beta 1$) ≥ 10 pg/mL+阿托品化时间 ≥ 90 h的AOPP患者肺损伤发生率高。随机森林模型显示, 服毒量对AOPP患者继发肺损伤影响程度最高, 其次是入院时ChE、入院时TGF- $\beta 1$ 、阿托品化时间; ROC曲线显示, 随机森林模型预测AOPP继发肺损伤准确度、特异度(88.24%、90.91%)高于决策树模型(67.65%、59.10%) ($P < 0.05$)。**结论** 基于随机森林模型的预测模型建立可准确预测AOPP继发肺损伤, 其预测能力优于决策树模型, 可协助医务人员进行临床决策, 降低肺损伤发生风险。

关键词: 有机磷农药中毒; 肺损伤; 相关因素; 随机森林模型; 决策树模型

中图分类号: R563

Factors associated with secondary lung injury in acute organophosphorus pesticide poisoning: based on random forest and decision tree models

GONG Shengxuan, WU Jinhai, ZHAO Juxin, WU Bing, LIU Fei, LU Zheng, LI Zhimeng

(Emergency Department, Nanyang First People's Hospital, Nanyang, Henan 473000, China)

Abstract: **[Objective]** To investigate the related factors of secondary lung injury caused by acute organophosphorus pesticide poisoning (AOPP), and formulate reasonable measures to reduce the risk of lung injury. **[Methods]** A total of 102 patients with AOPP admitted to Nanyang First People's Hospital from March 2021 to March 2023 were selected as research objects. According to the incidence of lung injury within 12 h from onset to admission, they were divided into lung injury group and non-lung injury group. General data and laboratory indicators of the two groups were compared, and the influencing factors of secondary lung injury of AOPP were analyzed by random forest and decision tree model. Receiver operating characteristic (ROC) curve and area under curve (AUC) were plotted to analyze the prediction efficiency of the two models. **[Results]** The incidence of lung injury in 102 AOPP patients was 70.59% (72/105). Decision tree model showed that AOPP patients with dose ≥ 40 mg/kg+APACHEII score ≥ 15 points had a high incidence of lung injury; AOPP patients with dose ≥ 40 mg/kg+ChE < 450 U/L+TGF- $\beta 1$ ≥ 10 pg/mL+atropinization time ≥ 90 h had a high incidence of lung injury. Random forest model showed that the amount of poison had the highest effect on secondary lung injury in AOPP patients, followed by ChE at admission, TGF- $\beta 1$ at admission and atropinization time. ROC curve showed that the accuracy and specificity of random forest model in predicting AOPP secondary lung injury (88.24%, 90.91%) were higher than those of decision tree model (67.65%, 59.10%) ($P < 0.05$). **[Conclusion]** The prediction model based on random forest model can accurately predict the secondary lung injury of AOPP, and its prediction ability is better than that of decision tree model, which can assist medical personnel to make clinical decision and reduce the risk of lung injury.

Keywords: organophosphorus pesticide poisoning; lung injury; relevant factors; random forest model; decision tree model

收稿日期: 2023-08-17

调查显示,我国有机磷农药中毒(AOPP)发病例数约占中毒病例总数 20%~50%,病死率 3%~40%^[1-2]。目前 AOPP 的治疗以洗胃、胆碱酯酶复能剂、阿托品、血液灌流为主,但仍有部分患者出现肺损伤表现,随着时间推移,诱发呼吸衰竭,加剧病情进展,增加治疗难度^[3]。目前临床关于 AOPP 继发肺损伤发病机制未明,尚无特效治疗方案,尽快明确其诱发因素对采取针对性治疗措施,延缓疾病进程具有显著现实意义。数据挖掘技术属新兴统计分析方法,涉及随机森林模型、决策树模型,可从复杂医疗数据中提取有价值信息,在疾病诊疗、风险评估方面凸显独特优势^[4-5],但尚未见其在 AOPP 继发肺损伤中应用研究。本研究拟通过随机森林和决策树模型分析 AOPP 继发肺损伤影响因素,旨在及时、高效识别肺损伤,为本病早期干预提供辅助决策,结果如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究征得南阳市第一人民医院伦理委员会批准。选取 2021 年 3 月至 2023 年 3 月南阳市第一人民医院收治的 102 例 AOPP 患者作为研究对象。其中男 40 例,女 62 例;年龄 18~65 岁,平均 (33.08 ± 3.42) 岁;服毒量 10~45 mg/kg,平均 (36.07 ± 3.42) mg/kg;有机磷种类:39 例敌敌畏,42 例氧乐果,21 例其他;中毒途径:68 例口服,34 例经皮肤。

纳入标准:符合 AOPP 诊断标准^[6]:明确有机磷农药服用史,血清胆碱酯酶(ChE)活性下降,伴胆碱能神经兴奋症状和体征;患者家属知晓并签署同意书。排除标准:其他病因所致中毒;意识障碍;重要脏器器质性病变;凝血异常;病例资料缺失。

1.2 方法

1.2.1 一般资料 采用自拟一般调查问卷收集性别、年龄、发病至就诊时间、阿托品使用总量、服毒量、吸烟史、糖尿病史、阿托品化时间、高血压史、冠心病史、有机磷种类、中毒途径等。

1.2.2 实验室指标 入院时,采集肘静脉血 2 mL,以 2 500 r/min 速度离心 15 min,取上清液,以比色法测定 ChE,双抗体夹心酶联免疫吸附法测定转移生长因子 $\beta 1$ (TGF- $\beta 1$)、白细胞介素-18 (IL-18)、白细胞介素-6 (IL-6)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α);采集动脉血 2 mL,以全自动血气分析

仪测定动脉血氧分压 (PaO_2)、二氧化碳分压 (PaCO_2)。

1.2.3 急性生理与慢性健康评分 (APACHE II) 涵盖慢性健康状况、急性生理参数、年龄 3 个维度,理论分值 71 分,当总分>15 分提示重症^[7]。

1.2.4 肺损伤诊断标准 ①急性起病;②胸片可见双肺斑片阴影;③氧合指数不足 300 mmHg;④急性发作性呼吸衰竭;⑤肺动脉嵌顿压不足 18 mmHg^[8]。

1.2.5 质量控制 数据收集前,统一培训团队成员,统一指导患者填写问卷,填写结束后双人录入数据,发现疑问数据,查阅病历更正。

1.3 统计学方法

应用 SPSS 22.0 统计学软件处理数据,计量资料均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,比较用 t 检验;计数资料以百分率 (%) 表示,比较用 χ^2 检验,以 Random Forest 构建随机森林模型,以 rpart 程序包构建决策树模型,以受试者工作特征 (ROC) 曲线及曲线下面积 (AUC) 分析预测效能。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 AOPP 患者肺损伤发生风险

102 例 AOPP 患者发病至入院 12 h 内共有 72 例肺损伤患者,发生率为 70.59%,纳入肺损伤组,剩余 30 例患者纳入非肺损伤组。

2.2 两组一般资料、实验室指标比较

两组服毒量、有机磷种类、阿托品使用总量、阿托品化时间及入院时 APACHE II 评分、ChE、TGF- $\beta 1$ 、IL-18、IL-6、TNF- α 比较差异有统计学意义 ($P<0.05$)。见表 1。

2.3 决策树模型

以 AOPP 患者是否继发肺损伤为二分类变量结果 (是=1,否=0),以表 1 中具有统计学意义指标 (赋值见表 2) 为自变量构建决策树模型,为平衡决策树模型和随机森林模型表达清晰度,将复杂度参数设定为 0.01,并将分支限制在 5 个级别,其中 1 代表继发肺损伤,0 代表非继发肺损伤,当每节点判断条件为是时即向左转,判断条件为否时即向右转。决策树模型显示,服毒量 ≥ 40 mg/kg+APACHE II 评分 ≥ 15 分的 AOPP 患者肺损伤发生率高;服毒量 ≥ 40 mg/kg+ChE<450 U/L+TGF- $\beta 1 \geq 10$ pg/mL+阿托品化时间 ≥ 90 h 的 AOPP 患者肺损伤发生率高。见图 1。

表 1 两组一般资料、实验室指标比较

项目	肺损伤组(n=72)	非肺损伤组(n=30)	t/χ^2	P
性别[n(%)]				
男	29(40.28)	11(36.67)	0.116	0.734
女	43(59.72)	19(63.33)		
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	33.34±4.12	32.46±5.33	0.899	0.371
发病至就诊时间($\bar{x} \pm s$, h)	4.63±0.56	4.46±0.63	1.346	0.181
服毒量($\bar{x} \pm s$, mg/kg)	31.68±4.53	20.22±3.19	12.598	<0.001
入院时 APACHE II 评分($\bar{x} \pm s$, 分)	16.17±1.46	14.02±1.33	6.950	<0.001
入院时 ChE($\bar{x} \pm s$, U/L)	400.12±68.89	549.95±72.71	9.847	<0.001
入院时 PaO ₂ ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	50.52±5.46	51.89±4.73	1.198	0.233
入院时 PaCO ₂ ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	58.05±5.62	56.91±6.89	0.872	0.385
入院时 TGF-β1($\bar{x} \pm s$, ng/L)	20.25±3.70	8.62±1.11	16.859	<0.001
入院时 IL-18($\bar{x} \pm s$, pg/mL)	660.62±89.89	486.12±46.63	10.063	<0.001
入院时 TNF-α($\bar{x} \pm s$, pg/mL)	4.89±0.63	3.02±0.45	14.747	<0.001
入院时 IL-6($\bar{x} \pm s$, ng/L)	20.22±3.38	12.24±2.05	12.022	<0.001
阿托品使用总量($\bar{x} \pm s$, mg)	102.31±12.24	88.98±15.56	4.616	<0.001
阿托品化时间($\bar{x} \pm s$, h)	103.34±13.61	87.82±8.46	5.788	<0.001
吸烟史[n(%)]				
有	14(19.44)	5(16.67)	0.108	0.743
无	58(80.56)	25(83.33)		
糖尿病史[n(%)]				
有	12(16.67)	4(13.33)	0.015	0.902
无	60(83.33)	26(86.67)		
高血压史[n(%)]				
有	15(20.83)	7(23.33)	0.078	0.780
无	57(79.17)	23(76.67)		
冠心病史[n(%)]				
有	10(13.89)	3(10.00)	0.044	0.833
无	62(86.11)	27(90.00)		
有机磷种类[n(%)]				
敌敌畏	36(50.00)	3(10.00)	14.347	<0.001
氧乐果	24(33.33)	18(60.00)		
其他	12(16.67)	9(30.00)		
中毒途径[n(%)]				
口服	50(69.44)	18(60.00)	0.850	0.357
经皮肤	22(30.56)	12(40.00)		

表 2 赋值情况

序号	变量	赋值
X1	服毒量	原值代入
X2	有机磷种类	其他=1,氧乐果=2,敌敌畏=3
X3	阿托品化时间	原值代入
X4	入院时 APACHE II 评分	原值代入
X5	入院时 ChE	原值代入
X6	入院时 TGF-β1	原值代入
X7	入院时 IL-17	原值代入
X8	入院时 IFN-γ	原值代入
X9	入院时 TNF-α	原值代入
X10	阿托品使用总量	原值代入

2.4 随机森林模型

随机森林由一组决策树组成，本研究选用 500 决策树分析，基于 Gini 不纯度法评价模型中各变量重要性，结果发现服毒量对 AOPP 患者继发肺损伤影响程度最高，其次是入院时 ChE、入院时 TGF-β1、阿托品化时间。见图 2。

2.5 两种模型预测 AOPP 继发肺损伤价值

前瞻性选取 68 例 AOPP 患者作为验证组，其中男 28 例，女 40 例，年龄 18~65 (33.11 ± 3.46) 岁，实际发生肺损伤 46 例，发生率为 67.65% (46/68)。随机森林模型预测 AOPP 继发肺损伤准确度、特异度高于决策树模型 (P<0.05)。见表 3、图 3。

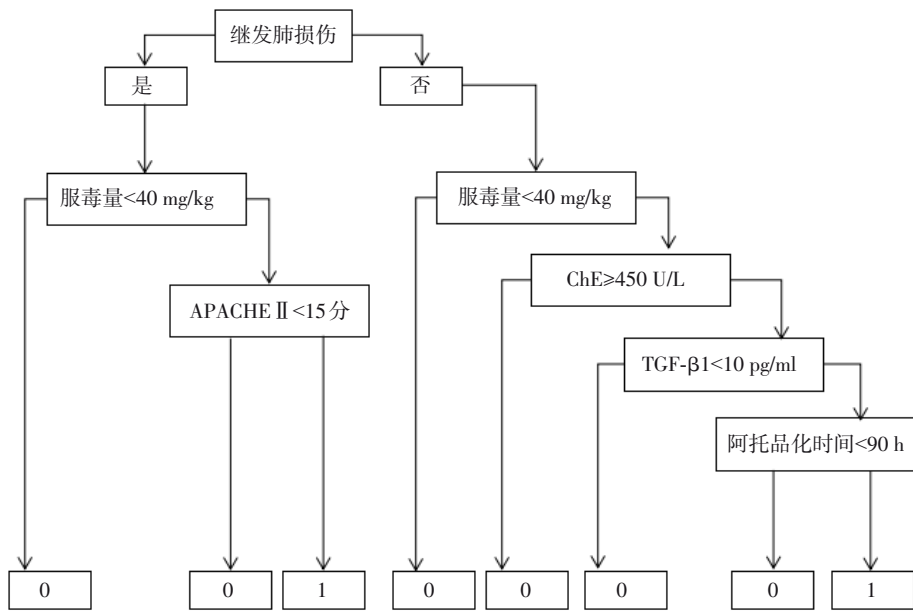


图 1 AOPP 患者继发肺损伤影响因素决策树分析

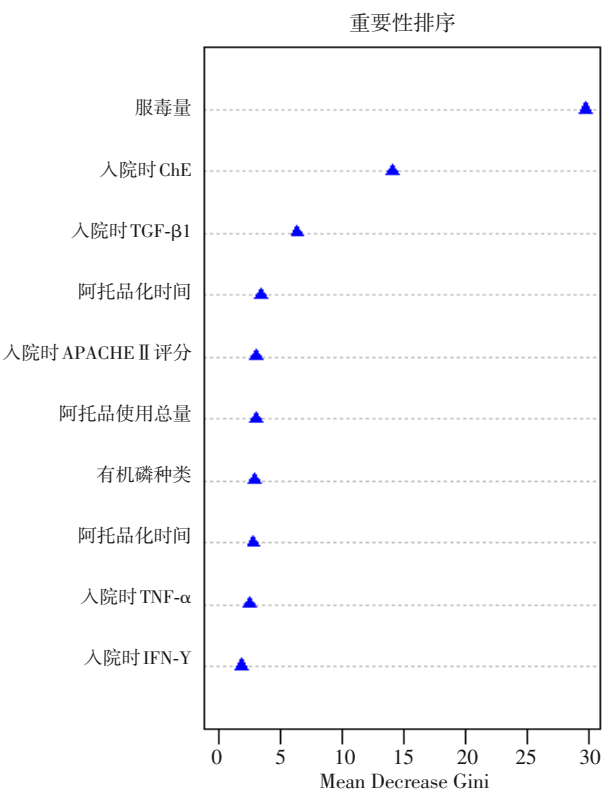


图 2 AOPP 患者继发肺损伤影响因素重要性排序

表 3 两种模型预测 AOPP 继发肺损伤价值

项目	AUC	95%CI	准确度/%	特异度/%	灵敏度/%
决策树模型	0.654	0.529~0.765	67.65(46/68)	59.10(13/22)	71.74(33/46)
随机森林模型	0.889	0.790~0.953	88.24(60/68)	90.91(20/22)	86.96(40/46)
χ^2			8.382	5.940	3.250
P			0.004	0.015	0.071

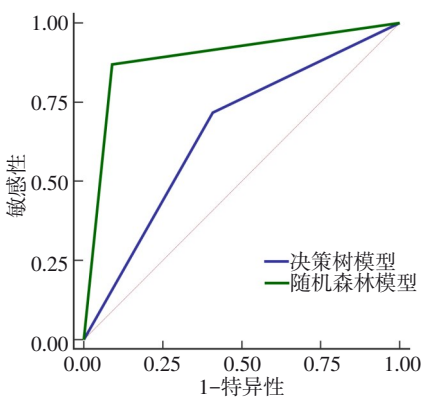


图 3 ROC 曲线

3 讨论

AOPP 发病后，可刺激机体急性炎症反应，诱发全身炎症反应综合征，间接导致肺损伤^[9]。研究表明，AOPP 特征性改变是肺损伤，表现为肺泡上皮细胞受损、肺泡和肺间质纤维化，预后极差^[10-11]。统计分析发现，AOPP 患者肺损伤发生率为 70.59%，可见 AOPP 继发肺损伤现状不容乐观，明确其影响因素对临床防治肺损伤尤为重要。

3.1 AOPP 继发肺损伤相关因素分析

决策树模型和随机森林模型均显示服毒量是 AOPP 继发肺损伤最为显著影响因素，其次是入院时 ChE，说明有机磷农药服用量越大，ChE 抑制效应越明显，肺损伤发生率越高。有机磷农药进入机体后可结合 ChE，形成化学性质稳定的磷酰化 ChE，大量蓄积乙酰胆碱，兴奋胆碱能神经，

产生一系列胆碱能危象症状,直接损害肺毛细血管及间质,降低肺顺应性,加以其 M 样作用可增加肺静脉、淋巴管痉挛程度,加剧肺水肿,诱发肺损伤^[12-14]。同时 TGF- β 1 是 AOPP 继发肺损伤独立预测因子,检测入院时 TGF- β 1 含量有助于了解肺损伤发生风险,及时采取防治措施。资料显示,肺是 AOPP 主要靶器官,肺纤维化是导致 AOPP 死亡关键因素^[15]。高 TGF- β 1 可介导肺动脉外膜增生,促进肺动脉外膜纤维硬化、增厚,抑制肺血管扩张,降低肺顺应性,还可抑制趋化因子、蛋白酶合成,增加蛋白酶抑制物含量,诱发肺纤维化,增加肺损伤发生风险^[16]。阿托品化时间是 AOPP 继发肺损伤又一危险因素,阿托品可抑制节后胆碱能神经支配效应器中的胆碱受体,缓解肺损伤,改善肺通气功能,但其清除有机磷效果有限,导致阿托品化时间延长^[17]。阿托品化时间延长说明患者病情较严重,肺损伤风险相应增加,临床实际中应根据患者实际情况使用阿托品,尽快达到阿托品化,减轻肺损伤,缓解临床症状。另外决策树模型显示,APACHE II 评分超过 15 分的 AOPP 患者肺损伤发生率高,说明 APACHE II 评分越高,患者病情越严重,肺损伤发生风险越高。

单因素分析还显示,两组有机磷种类所占比例存在差异,以肺损伤组敌敌畏所占比例较高,敌敌畏属高毒类有机磷农药,胆碱酯酶抑制作用强,肺损伤发生率高。进一步研究发现,有机磷种类并非是 AOPP 继发肺损伤影响因素,这可能与样本量小有关,统计数据无法准确反映其毒性。证据显示,AOPP 发病后多伴随促炎和抗炎因子失衡现象^[18]。TNF- α 属促炎因子,其值升高提示全身炎症反应综合征及多器官功能障碍^[19]。TNF- α 高表达可刺激 IL-18、IL-6 等细胞因子生成,而 IL-18、IL-6 可反馈性增强 TNF- α 效应,协同增强炎症反应,诱发心、肝、肺等器官功能障碍^[20-21]。单因素分析显示,肺损伤组血清 TNF- α 、IL-18、IL-6 表达均高于非肺损伤组,但均未进入决策树模型、随机森林模型,具体原因有待进一步研究。

3.2 本研究创新性与局限性

Logistic 回归方程具有适用范围广、应用灵活等优点,但在交互作用方面效果欠佳^[22-23]。与以往研究不同的是,本研究初步尝试应用决策树模型和随机森林模型预测 AOPP 继发肺损伤价值,两种模型均属于非参数方法,对输入数据和高危

属性、分类标识具有更好弹性,加之其不受属性变量间共线性影响,预测效能较 Logistic 回归方程模型更具说服力^[24-25]。ROC 曲线显示,随机森林模型预测准确度、敏感度均优于决策树模型。决策树模型虽能将复杂决策过程转化为一列简单决定,但其易受模型参数、训练集和测试集比例、不合理数据处理等因素影响,一定程度上影响其预测效能。随机森林模型可通过随机特征选择平衡样本误差,还可有效处理缺失数据和噪声,预测效能相对较高,为临床制定个性化治疗方案、合理分配医疗资源提供参考信息^[26]。本研究仅明确有无肺损伤的预测分析,属于二分类数据集,并未细化肺损伤程度,日后将用更大、更全面样本集对文中模型进行验证、改进,建立更为完善分类模型。

综上所述,基于随机森林模型的预测模型建立可准确预测 AOPP 继发肺损伤,其预测能力优于决策树模型,可协助医务人员进行临床决策,降低肺损伤发生风险。

参考文献

- [1] SUN Y, YANG YH, ZHANG ZF, et al. Early enteral nutrition combined with PSS-based nursing in the treatment of organophosphorus pesticide poisoning[J]. Am J Transl Res, 2021, 13(8): 9315-9323.
- [2] MU YH, HU BQ, GAO N, et al. Prognostic value of the neutrophil-to-lymphocyte ratio in acute organophosphorus pesticide poisoning [J]. Open Life Sci, 2021, 16(1): 703-710.
- [3] HULSE EJ, SMITH SH, WALLACE WA, et al. Development of a histopathology scoring system for the pulmonary complications of organophosphorus insecticide poisoning in a pig model[J]. PLoS One, 2020, 15(10): e0240563.
- [4] ELLIS DE, HUBBARD RA, WILLIS AW, et al. Comparing LASSO and random forest models for predicting neurological dysfunction among fluoroquinolone users[J]. Pharmacoepidemiol Drug Saf, 2022, 31(4): 393-403.
- [5] XIANG ST, LI LP, WANG LL, et al. A decision tree model of cerebral palsy based on risk factors[J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2021, 34(23): 3922-3927.
- [6] 中国医师协会急诊医师分会. 急性有机磷农药中毒诊治临床专家共识(2016)[J]. 中国急救医学, 2016, 36(12): 1057-1065.
- [7] 安迪,陈旭峰,李伟,等. 急性生理和慢性健康评分 II 联合全血细胞亚型比值与静脉-动脉体外膜肺氧合患者结局相关性分析[J]. 中华急诊医学杂志, 2022, 31(11): 1498-1503.
- [8] 李刚,韩楠楠,张可,等. 脂肪乳通过 LPS/TLR4 通路对急性有机磷中毒肺损伤的治疗作用研究[J]. 重庆医学, 2022, 51(9): 1448-1452.
- [9] KAMATH SD, GAUTAM VK. Study of organophosphorus

- compound poisoning in a tertiary care hospital and the role of Peradeniya Organophosphorus Poisoning scale as a prognostic marker of the outcome[J]. J Family Med Prim Care, 2021, 10(11): 4160-4167.
- [10] 李华, 徐鹏, 王黎. 大黄素对急性有机磷农药中毒致肺损伤大鼠肺组织 Nrf-2/ARE 信号通路的影响[J]. 临床肺科杂志, 2020, 25(5): 680-684.
- [11] 李锋, 薛华, 翟梅. 急性有机磷农药中毒血清 KL-6、TGF- β 水平与呼吸衰竭及预后的相关性[J]. 解放军医药杂志, 2022, 34(4): 43-46.
- [12] 王安, 王园园, 杨俊礼. 急性有机磷中毒患者血清 ChE、肝酶、miR-214 表达与 APACHE II 分值关系及其预后预测意义[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2021, 16(7): 769-773.
- [13] 李琴, 李志华, 任伟伟. 规范化急救联合早期血液灌流对急性重度有机磷中毒患者的效果观察[J]. 贵州医药, 2021, 45(4): 653-654.
- [14] 段淑艳, 葛淑芝, 王莹, 等. 序贯机械通气在急性重度有机磷中毒合并呼吸衰竭患者中的应用[J]. 工业卫生与职业病, 2021, 47(4): 350-352.
- [15] AMAN S, PAUL S, CHOWDHURY FR. Management of organophosphorus poisoning: standard treatment and beyond[J]. Crit Care Clin, 2021, 37(3): 673-686.
- [16] LV Q, WANG JJ, XU CQ, et al. Pirfenidone alleviates pulmonary fibrosis *in vitro* and *in vivo* through regulating Wnt/GSK-3 β / β -catenin and TGF- β 1/Smad2/3 signaling pathways[J]. Mol Med, 2020, 26(1): 49.
- [17] 刘玲, 邵良, 凌峰, 等. 涤痰解毒方对急性有机磷农药中毒大鼠阿托品化后血清炎症因子水平和重要脏器超微结构的影响[J]. 广西医学, 2022, 44(22): 2641-2644.
- [18] YAO ZE, WANG PB, FU QJ, et al. Efficacy and safety of plasma exchange combined with hemoperfusion in the treatment of organophosphorus poisoning: a meta-analysis[J]. Blood Purif, 2023, 52(6): 578-590.
- [19] 刘家燕, 王鑫, 李康然, 等. 乌司他丁治疗百草枯中毒患者的临床疗效及对炎症细胞因子、T 淋巴细胞亚群的影响[J]. 河北医科大学学报, 2021, 42(10): 1149-1154.
- [20] 孙桂芹, 王鑫, 李爱军, 等. 血必净注射液对急性百草枯中毒患者血浆中 TNF- α 、IL-6、TGF- β 1 的影响[J]. 现代中西医结合杂志, 2021, 30(19): 2080-2083, 2088.
- [21] 张明明, 张瑛琪, 李文涛, 等. 高压氧联合亚低温对急性一氧化碳中毒迟发型脑病患者炎症因子、免疫功能及预后的影响[J]. 重庆医学, 2022, 51(19): 3279-3283.
- [22] 陶诗怡, 于林童, 王子涵, 等. Logistic 回归联合 ROC 曲线模型评价动脉弹性和内皮功能指标对绝经后冠心病血瘀证的诊断效能[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(8): 2244-2250.
- [23] JOUNG J, OH JS, YOON JM, et al. A decision tree model for predicting intravenous immunoglobulin resistance and coronary artery involvement in Kawasaki disease[J]. BMC Pediatr, 2022, 22(1): 474.
- [24] AYTAN-AKTUG D, CLAUSEN PTLIC, SZARVAS J, et al. PlasmidHostFinder: prediction of plasmid hosts using random forest[J]. mSystems, 2022, 7(2): e0118021.
- [25] ZHU R, DUAN H, XU WB, et al. Decision tree model predicts live birth after surgery for moderate-to-severe intrauterine adhesions[J]. BMC Pregnancy Childbirth, 2022, 22(1): 78.
- [26] 曹娜, 姚添, 石璟, 等. 维持性血液透析患者乙型肝炎疫苗免疫后 2 年乙型肝炎表面抗体阳性影响因素的 Logistic 回归模型和决策树模型分析[J]. 中国疫苗和免疫, 2023, 29(1): 41-46.
- (方丽蓉 编辑)