

## Logistic 回归与决策树模型在碘造影剂不良反应预测中的应用

徐文秀<sup>1)</sup>, 莫小凤<sup>1)</sup>, 杨祥民<sup>2)</sup>, 杨丝露<sup>1)</sup>, 吴凡<sup>1)</sup>, 李特<sup>1)</sup>

(1) 云南省阜外心血管病医院/昆明医科大学附属心血管病医院药剂科, 云南昆明 650102;  
2) 昆明医科大学药学院, 云南昆明 650500)

**[摘要]** **目的** 采用 Logistic 回归与决策树模型分析碘造影剂 (iodinated contrast medium, ICM) 不良反应影响因素。**方法** 不良反应组为 2019 年 1 月至 2023 年 8 月期间在云南省阜外心血管病医院行 CT 检查使用 ICM 并出现不良反应的患者 129 例, 对照组为同期使用 ICM 未发生不良反应的患者 135 例, 将单因素分析中有统计学意义的变量纳入多因素 Logistic 回归和决策树模型, 提取引起不良反应的影响因素并进行分析。**结果** Logistic 回归结果显示 BMI、过敏史和肾功能不全为发生 ICM 不良反应的影响因素 ( $P < 0.05$ ), 预测模型为  $Lggit(P) = 0.123 \times BMI + 1.684 \times \text{过敏史} + 2.551 \times \text{肾功能不全} - 3.652$ ; 决策树分析筛选出 3 个风险变量, 包括过敏史、肾功能不全和 ICM 种类, 其中过敏史是最主要的影响因素。**结论** 通过运用 Logistic 回归和决策树模型预测不良反应的影响因素并将研究转变为了避免不良反应发生的主动预测, 对患者安全用药有参考价值。

**[关键词]** 碘造影剂; 不良反应; Logistic 回归; 决策树模型

**[中图分类号]** R969.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2095-610X(2024)09-0070-06

## Application of Logistic Regression and Decision Tree Model in Prediction of Adverse Reactions of Iodinated Contrast Medium

XU Wenxiu<sup>1)</sup>, MO Xiaofeng<sup>1)</sup>, YANG Xiangmin<sup>2)</sup>, YANG Silu<sup>1)</sup>, WU Fan<sup>1)</sup>, LI Te<sup>1)</sup>

(1) Dept. of Pharmacy, Fuwai Yunnan Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences/Affiliated Cardiovascular Hospital of Kunming Medical University, Kunming Yunnan 650102; 2) School of Pharmaceutical Sciences, Kunming Medical University, Kunming Yunnan 650500, China)

**[Abstract]** **Objective** Logistic regression and decision tree model were used to analyze the influencing factors of adverse reactions of iodine contrast agents. **Methods** The adverse reaction group consisted of 129 patients who underwent CT examination using ICM and had adverse reactions from January 2019 to August 2023 in Fuwai Yunnan Hospital. The control group consisted of 135 patients who did not have adverse reactions during the same period using ICM. The variables with statistical significance in the univariate analysis were incorporated into multi-factor Logistic regression and decision tree model to extract and analyze the influencing factors causing adverse reactions. **Results** Logistic regression showed that BMI, allergic history, and renal insufficiency were the influencing factors of ICM ( $P < 0.05$ ). The prediction model was:  $Lggit(P) = 0.123 \times BMI + 1.684 \times \text{allergy history} + 2.551 \times \text{renal insufficiency} - 3.652$ . Decision tree analysis screened out three risk variables, including allergy history, renal insufficiency and ICM type, among which allergy history was the most important influencing factor. **Conclusion** Logistic regression and the decision tree model can predict the influencing factors of adverse reactions and transform the study into an active prediction to avoid adverse reactions, it has reference value for the safe drug use of patients.

**[收稿日期]** 2023-12-05

**[基金项目]** 云南省科技厅-昆明医科大学应用基础研究联合专项基金资助项目(202401AY070001-286); 云南省教育厅科学研究基金资助项目(2024J0386); 云南高原心血管病流行特征、发病机制、诊疗新技术研究及应用示范项目(202103AC100004)

**[作者简介]** 徐文秀(1989~), 女, 山东德州人, 医学硕士, 主管药师, 主要从事临床药学工作。

**[通信作者]** 吴凡, E-mail: 980580741@qq.com; 李特, E-mail: at1029@163.com

[Key words] Iodinated contrast medium; Adverse reactions; Logistic regression; Decision tree model

碘造影剂(iodinated contrast medium, ICM)是为增强显影效果在CT扫描中最常使用的检查药物,全世界每年有上亿人次使用<sup>[1]</sup>。虽然低渗型和等渗型非离子型 ICM 的问世显著降低了其不良反应发生率<sup>[2]</sup>,但是 ICM 所导致的不良反应仅次于抗癌药,排在第二位<sup>[3]</sup>。据报道,临床常用的非离子型 ICM 不良反应的发生率为 0.34%~1.52%,严重不良反应的发生率为 0.01%<sup>[4-6]</sup>,且有发生严重的致死亡的可能性<sup>[7-8]</sup>,因此对 ICM 的不良反应进行预测尤为重要。

国内外虽然对 ICM 不良反应发生的危险因素有相关研究,但研究的因素不全面,且很少有剂量、合并用药方面的研究。本研究旨在通过文献调研对有意义的独立危险因素进行进一步的汇总分析,且首次运用 Logistic 回归与决策树预测模型结合的方式对真实世界中 ICM 的不良反应风险进行预测,从而为检查前发现 ICM 不良反应高危人群并尽早干预提供参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

回顾性分析 2019 年 1 月至 2023 年 8 月期间在云南省阜外心血管病医院行 CT 检查且使用 ICM 患者的数据,检查共计 44 624 例。研究对象纳入标准:(1)行 CT 检查且使用 ICM 的患者;(2)ICM 不良反应的判断标准符合《碘对比剂使用指南》<sup>[9]</sup>中的规定;(3)ICM 使用前经过 37℃ 预热。排除标准:(1)ICM 使用前未经过 37℃ 预热的患者;(2)合并严重系统性疾病的患者;(3)资料不全的患者。出现不良反应的患者 165 例,排除不符合标准的 36 例,共计纳入 129 例作为不良反应组,同时利用 SPSS 随机抽样出未发生不良反应的 137 例,排除不符合标准的 2 例,其余 135 例作为对照组。本研究已通过云南省阜外心血管病医院伦理委员会审批(2024-010-01)。

### 1.2 数据收集

统计资料包含患者一般资料以及通过文献调研<sup>[10-12]</sup>对既往报道中有意义的独立危险因素进行汇总后确定,包括患者性别、年龄、BMI、血钾、肌酐、用药时间、ICM 种类、既往史(过敏史、吸烟史、饮酒史)、伴发疾病(有无高血压、糖尿病、高脂血症、冠脉疾病、高尿酸血症、肝功能异常、

肾功能异常)、合并用药(阿司匹林、 $\alpha$ 受体阻断剂、 $\beta$ 受体阻滞剂、ACEI/ARB)。由 2 位独立的专职人员从医院信息化管理系统中提取患者相关信息。

### 1.3 统计学处理

数据通过 Excel 进行整理并由 SPSS 24.0 统计软件进行处理。计量资料用“中位数(四分位数)[M(P25, P75)]”表示,选择秩和检验;计数资料用“比值比[n(%)”表示,选择 $\chi^2$ 检验; $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。将单因素中具有统计学意义的因素纳入多因素 Logistic 回归分析,建立 Logistic 回归模型。

以是否发生不良反应为因变量,将单因素分析中有统计学意义的因素作为自变量,采用 SPSS 24.0 软件进行决策树分析。条件设定选项中父节点最小个案数为 25,子节点最小个案数为 5。

## 2 结果

### 2.1 ICM 不良反应基本情况

不良反应组包括男性 76 例,女性 53 例,平均年龄( $52.81 \pm 1.35$ )岁。对照组包括男性 85 例,女性 50 例,平均年龄( $50.61 \pm 1.85$ )岁。

44 624 例使用 ICM 检查的患者中有 166 例发生不良反应,不良反应发生率为 0.37%,其中碘海醇为 0.21%,碘帕醇为 0.40%,碘克沙醇为 0.27%,碘普罗胺为 0.63%。

### 2.2 ICM 不良反应影响因素的单因素分析

结果显示不良反应组与对照组间性别、年龄、血钾、肌酐、用药时间、吸烟史、饮酒史、伴发疾病(有无高血压、糖尿病、高脂血症、冠脉疾病、高尿酸血症、肝功能不全)、合并用药(阿司匹林、 $\beta$ 受体阻滞剂、ACEI/ARB)差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。2 组间 BMI、ICM 种类、过敏史、伴发肾功能不全、合用 $\alpha$ 受体阻断剂,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表 1。

### 2.3 ICM 不良反应影响因素的多因素 Logistic 分析

以是否发生 ICM 不良反应作为因变量(1:发生;0:未发生),根据单因素分析结果,将 $P < 0.05$ 的变量设为自变量(自变量赋值见表 2)进行多因素 Logistic 分析。结果共筛选出 3 个独立影响因素,包括 BMI、过敏史和肾功能不全,见表 3。结果显示 BMI 值越高,患者发生 ICM 不良反应的可能性越大;有过敏史的患者发生 ICM 不良反应

表1 不良反应组与对照组单因素分析结果 [n(%)/M(P25, P75)]

Tab. 1 Results of one-way analysis of variance between adverse reaction group and control group [n(%)/M(P25, P75)]

变量	n	不良反应组(n = 129)	对照组(n = 135)	$\chi^2/Z$	P
性别					
男	161	76(58.9)	85(63.0)		
女	103	53(41.1)	50(37.0)	0.454	0.500
年龄(岁)	264	53(43, 66)	55(46, 67)	0.326	0.568
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	259	24.49(22.14, 26.57)	23.12(20.05, 25.32)	12.107	0.001*
血钾(mmol/L)	261	4.03(3.80, 4.26)	4.07(3.85, 4.30)	1.493	0.222
肌酐( $\mu$ mol/L)	260	75.8(61.5, 90.4)	73.4(59.8, 87.9)	0.956	0.328
用药时间					
第一季度	37	16(12.40)	21(15.56)		
第二季度	66	25(19.38)	41(30.37)		
第三季度	89	53(41.09)	36(26.67)	7.725	0.052
第四季度	72	35(27.13)	37(27.41)		
ICM种类					
碘海醇	145	61(47.29)	84(62.22)		
碘克沙醇	20	13(10.08)	7(5.19)		
碘帕醇	45	17(13.18)	28(20.74)	16.973	0.001*
碘普罗胺	54	38(29.46)	16(11.85)		
过敏史					
有	62	48(37.21)	14(10.37)		
无	202	81(62.79)	121(89.63)	26.443	<0.001*
吸烟史					
有	105	51(39.53)	54(40.0)		
无	159	78(60.47)	81(60.0)	0.006	0.938
饮酒史					
有	60	32(24.81)	28(20.74)		
无	204	97(75.19)	107(79.26)		
高血压					
有	138	75(58.14)	63(46.67)		
无	126	54(41.86)	72(53.33)	3.480	0.062
糖尿病					
有	43	16(12.40)	27(20.0)		
无	221	113(87.60)	108(80.0)		
高血脂					
有	129	65(50.39)	64(47.41)		
无	135	64(49.61)	71(52.59)	0.234	0.628
冠脉疾病					
无	132	69(53.49)	63(46.67)		
有	132	60(46.51)	72(53.33)	1.228	0.268
高尿酸血症					
有	73	36(27.91)	37(27.41)		
无	191	93(72.09)	98(72.59)	0.008	0.928
肝功能不全					
有	2	2(1.55)	0(0)		
无	262	127(98.45)	135(100)	2.109	0.146
肾功能不全					
有	12	11(8.53)	1(0.74)		
无	252	118(91.47)	134(99.26)	9.218	0.002*
合用阿司匹林					
有	101	43(33.33)	58(42.96)		
无	163	86(66.67)	77(57.04)	2.590	0.108
合用 $\alpha$ 受体阻断剂					
有	4	4(3.10)	0(0)		
无	260	125(96.90)	135(100)	4.250	0.039*
合用 $\beta$ 受体阻滞剂					
有	95	41(31.78)	54(40)		
无	169	88(68.22)	81(60)	1.934	0.164
合用ACEI/ARB					
有	76	33(25.58)	43(31.85)		
无	188	96(74.42)	92(68.15)	1.265	0.261

\* $P < 0.05$ 。

的危险性是无过敏史患者的 5.387 倍 (95%CI: 2.689 ~ 10.791); 伴有肾功能不全患者发生 ICM 不良反应的危险性是无肾功能不全患者的 12.822 倍 (95%CI: 1.541 ~ 106.664)。患者使用 ICM 发生不良反应的预测模型为:  $\text{Lggit}(P) = 0.123 \times \text{BMI} + 1.684 \times \text{过敏史} + 2.551 \times \text{肾功能不全} - 3.652$ , 其中  $P$  为不良反应发生的概率。

表 2 ICM 不良反应的变量赋值

自变量	赋值方式
ICM种类	碘海醇 = 1, 碘克沙醇 = 2, 碘帕醇 = 3, 碘普罗胺 = 4
过敏史	否 = 0, 是 = 1
肾功能不全	否 = 0, 是 = 1

表 3 多因素 Logistic 回归分析

Tab. 3 Multivariate Logistic regression analysis

变量	$\beta$	S.E.	Wald $\chi^2$	$P$	OR	95%CI
BMI	0.123	0.040	9.595	0.002*	1.131	1.046 ~ 1.223
ICM种类	0.107	0.121	0.782	0.377	1.113	0.878 ~ 1.412
过敏史	1.684	0.354	22.575	<0.001*	5.387	2.689 ~ 10.791
肾功能不全	2.551	1.081	5.571	0.018*	12.822	1.541 ~ 106.664
常量	-3.652	0.897	16.570	<0.001*	0.026	-

\* $P < 0.05$ 。

## 2.4 ICM 不良反应影响因素的决策树分析结果

将单因素分析中有统计学意义的因素 BMI、ICM 种类、过敏史、伴发肾功能不全、合用  $\alpha$  受体阻断剂纳入决策树分析。建立的 ICM 不良反应影响因素的决策树模型共 6 个节点, 4 个终节点, 树的深度为 3, 见图 1。与 ICM 不良反应相关的因素依次为过敏史、肾功能不全和 ICM 种类。

本研究决策树模型共生成 4 条规则: (1) 有过敏史患者, ICM 不良反应发生率为 78.0%; (2) 无过敏史, 肾功能不全患者, ICM 不良反应发生率为 87.5%; (3) 无过敏史, 无肾功能不全, 使用碘帕醇或碘海醇或碘克沙醇的患者, ICM 不良反应发生率为 31.1%; (4) 无过敏史, 无肾功能不全, 使用碘普罗胺注射液的患者, ICM 不良反应发生率为 59.5%。

## 3 讨论

目前, 国内外对于 ICM 不良反应的研究方法大多集中在 Logistic 回归研究, 既往报道的影响 ICM 不良反应的因素主要包括患者年龄、性别、过敏史、哮喘史、ICM 类型, 有文献中<sup>[13]</sup>还纳入了剂量、种族和 CT 类型, 但缺少心血管合并用药相关数据。本研究首次运用多因素 Logistic 回归模型与决策树模型, 同时利用心血管专科医院优势纳入了多项合并用药。

### 3.1 Logistic 回归与决策树模型分析

本研究建立了多因素 Logistic 回归模型与决策树模型, 共同对 ICM 不良反应的影响因素进行

预测。最初, 单因素分析结果中有统计学意义的因素为 BMI、ICM 种类、过敏史、伴发肾功能不全、合用  $\alpha$  受体阻断剂。其中过敏史和伴发肾功能不全均在多因素 Logistic 回归与决策树模型 2 种分析方法中出现, 说明两者对不良反应的发生有重要意义, 合用  $\alpha$  受体阻断剂均未在 2 种分析方法中再出现。BMI 和 ICM 种类-在多因素 Logistic 回归和决策树模型中差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。Logistic 回归与决策树模型在实际计算中有明显差异<sup>[14]</sup>, 因为 Logistic 回归对整体关系的拟合较好, 注重体现线性关系, 但容易受到极端值的影响。而决策树使用的是分割验证法, 能更深入的了解数据细节<sup>[15]</sup>并给出预测概率。因此, 综合以上 2 种方法, BMI 和 ICM 种类均可列为 ICM 不良反应的独立危险因素。

### 3.2 ICM 不良反应独立危险因素分析

**3.2.1 过敏史** 决策树模型提示, 既往有过敏史 (包括药物、食物、花粉等) 是 ICM 不良反应中最重要的危险因素。而国内外多项研究均显示, 过敏史是 ICM 急性不良反应的高危人群<sup>[16-17]</sup>, 尤其是有 ICM 过敏史的患者不良反应发生率比没有 ICM 过敏史的患者高约 20 倍。一些研究还提出伴随食物过敏史 (尤其是贝类和海鲜) 或药物过敏史的患者也是 ICM 超敏反应的高危人群<sup>[18-19]</sup>, 其机制可能与 IgE 介导的 I 型超敏反应有关<sup>[20]</sup>。因此过敏史可作为高危患者被引起重视, 检查前可预先使用糖皮质激素或抗组胺药 H1 受体阻断剂来预防不良反应<sup>[21]</sup>。

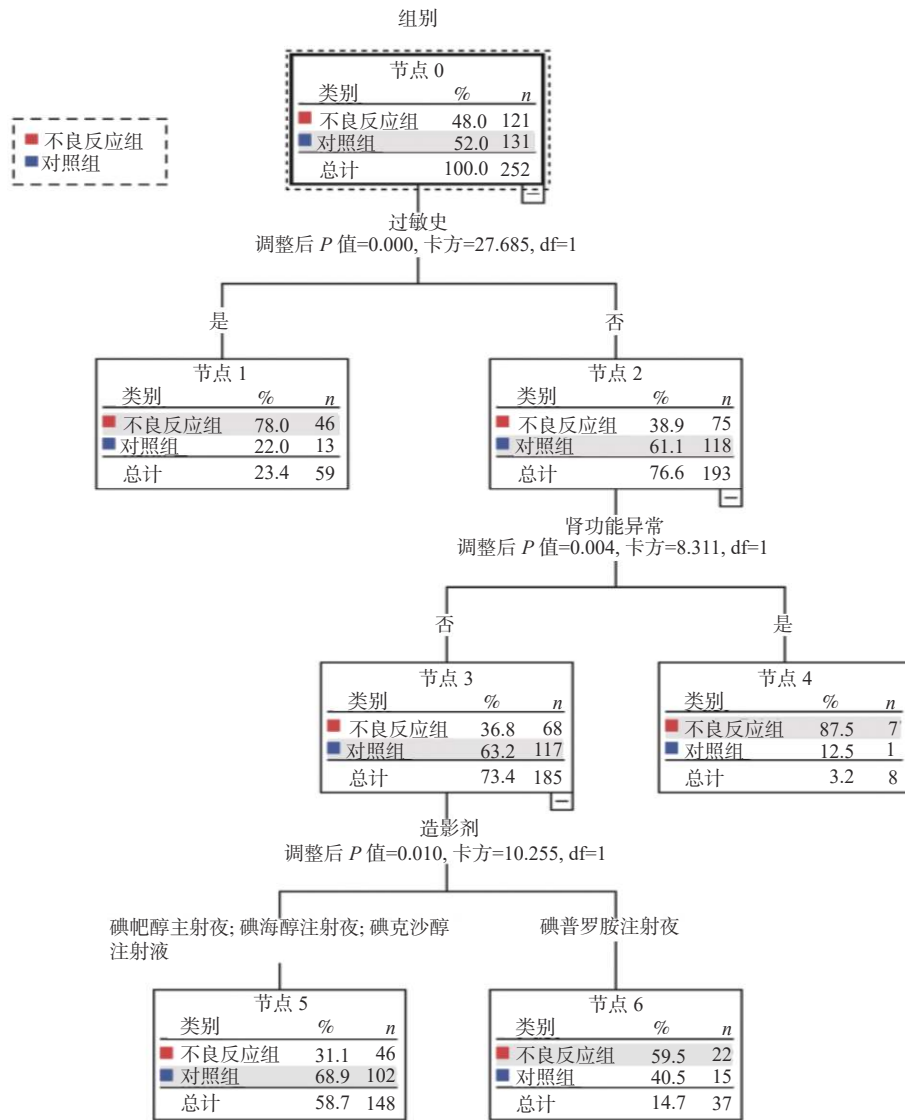


图 1 ICM 影响因素决策树模型

Fig. 1 Decision tree model of factors influencing ICM

**3.2.2 肾功能不全** 本研究显示, 合并慢性肾功能不全患者更易发生 ICM 不良反应, 而最终引起的反应不一定是肾功能损伤, 也有可能是皮疹、瘙痒、呼吸困难等。虽然造影剂肾病多有报道, 但本项研究提示不良反应组与对照组相比肌酐值差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。因此, 肾功能正常患者不必对 ICM 引起肾功能损伤相关不良反应有过度的担心, 而合并肾功能不全患者应引起重视。中华医学放射学会《碘造影剂使用指南》<sup>[9]</sup> 和欧洲泌尿放射学会的《造影剂使用指南》<sup>[22]</sup> 也将慢性肾功能不全列为了 ICM 不良反应的主要危险因素。

**3.2.3 用药剂量** 因为本研究医院根据患者 BMI 来计算用药剂量, 实际上 BMI 在侧面反映的是 ICM 的使用剂量。目前对于 ICM 使用剂量与不良反应之间关系的相关研究较少。即使较小剂量的 ICM 也可发生不良反应, 但本研究发现事实上

ICM 的发生与用药剂量有关, 增加 ICM 的使用剂量会增加不良反应发生的风险。

**3.2.4 ICM 种类** 本研究提示碘普罗胺是 ICM 不良反应的危险因素, 相较碘海醇、碘帕醇、碘克沙醇的不良反应发生率高。该结果与 An J<sup>[23]</sup>、林小玲<sup>[10]</sup>、冉超等<sup>[24]</sup> 的研究结果一致, 其中 An J 对 11 712 796 例使用 ICM 的患者进行了统计, 发现碘普罗胺的不良反应发生率为 0.59%, 高于碘海醇(0.01%)和碘帕醇(0.3%), 与本研究碘普罗胺发生率 0.63% 相似, 其具体原因不清, 可能与其预热效果、粘度、水溶性等有关。

综上所述, Logistic 回归与决策树模型可以为 ICM 不良反应预测提供参考。有过敏史及伴有肾功能不全患者应作为高危因素, 在检查前排查, 必要时预防应用糖皮质激素或抗组胺药。对于有过敏史或肾功能不全的患者应尽量避免选用碘普

罗胺, 检查过程中适当减少 ICM 用量可降低不良反应的发生。本研究通过回顾性预测因素的研究转变为了避免不良反应发生的主动预测, 对患者安全用药有参考价值。

### [参考文献]

- [1] Böhm I, Morelli J, Nairz K, et al. Myths and misconceptions concerning contrast media induced anaphylaxis: A narrative review[J]. *Postgrad Med*, 2017, 129(2): 259–266.
- [2] Vega F, Maria Victoria M ú gica, Bazire R, et al. Adverse reactions to iodinated contrast media: Safety of a study protocol that includes fast full dose parenteral challenge tests searching for an alternative contrast media[J]. *Clin Exp Allergy*, 2020, 50(2): 271–274.
- [3] Park H K, Kang M G, Yang M S, et al. Epidemiology of drug-induced anaphylaxis in a tertiary hospital in Korea[J]. *Allergol Int*, 2017, 66(4): 557–562.
- [4] Bae K, Lee S M, Ha J Y, et al. Adverse drug reactions to CT contrast media in south Korea: Incidence and risk factors[J]. *J Korean Soc Radiol*, 2016, 75(1): 41–48.
- [5] Li X, Chen J, Zhang L, et al. Clinical observation of the adverse drug reactions caused by non-ionic iodinated contrast media: Results from 109 255 cases who underwent enhanced CT examination in Chongqing, China[J]. *Br J Radiol*, 2015, 88(1047): 20140491.
- [6] Zhang B C, Hou L, Lv B, et al. Post-marketing surveillance study with iodixanol in 20, 185 Chinese patients from routine clinical practices[J]. *Br J Radiol*, 2014, 87(1034): 20130325.
- [7] Suh Y J, Yoon S H, Hong H, et al. Acute adverse reactions to nonionic iodinated contrast media: A meta-analysis[J]. *Invest Radiol*, 2019, 54(9): 589–599.
- [8] Kaito D, Homma K, Sasaki J. Rapid collapse of the inferior vena cava in a patient with cardiac arrest induced by anaphylactic shock after iodinated contrast medium injection[J]. *J Am Coll Emerg Physicians Open*, 2020, 1(4): 379–382.
- [9] 中华医学会放射学分会对比剂安全使用工作组. 碘造影剂使用指南(第2版)[J]. *中华医学杂志*, 2014, 94(43): 3363–3369.
- [10] 邱海燕, 王羚入, 李建洁, 等. 332683例CT增强检查患者非离子碘对比剂急性不良反应情况及其影响因素分析[J]. *陆军军医大学学报*, 2023, 45(3): 257–264.
- [11] 林小玲, 洪张翔, 司徒启娇, 等. 碘对比剂在肿瘤专科医院CT增强检查中急性不良反应预测模型的构建与评估[J]. *现代临床护理*, 2022, 21(9): 13–18.
- [12] 杨秋月, 汪晖, 李琴. 非离子型碘对比剂致急性不良反应现状及影响因素的研究进展[J]. *循证护理*, 2022, 8(7): 920–924.
- [13] McDonald J S, Larson N B, Schmitz J J, et al. Acute adverse events after iodinated contrast agent administration of 359, 977 injections: A single-center retrospective study[J]. *Mayo Clin Proc*, 2023, 98(12): 1820–1830.
- [14] Feng Y, Wang J, Shao Z, et al. Predicting related factors of immunological response to hepatitis B vaccine in hemodialysis patients based on integration of decision tree classification and logistic regression[J]. *Hum Vaccin Immunother*, 2021, 17(9): 3214–3220.
- [15] 李良俊, 翟荣, 邬闻文, 等. Logistic回归及决策树模型在CCU老年病人睡眠障碍影响因素分析中的应用[J]. *护理研究*, 2022, 36(16): 2874–2879.
- [16] Voltolini S, Cofini V, Murzilli F, et al. Hypersensitivity reactions to iodinated contrast media in Italy: A retrospective study. Characteristics of patients and risk factors[J]. *Eur Ann Allergy Clin Immunol*, 2022, 54(2): 60–67.
- [17] Iordache A, Docea A, Buga A, et al. The incidence of skin lesions in contrast media induced chemical hypersensitivity[J]. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 2019, 17(2): 1113–1124.
- [18] Goksel O, Aydin O, Atasoy C, et al. Hypersensitivity reactions to contrast media: Prevalence, risk factors and the role of skin tests in diagnosis across sectional survey[J]. *International Archives of Allergy and Immunology*, 2011, 155(3): 297–305.
- [19] Abe S, Fukuda H, Tobe K, et al. Protective effect against repeat adverse reactions to iodinated contrast medium: Premedication vs. changing the contrast medium[J]. *European Radiology*, 2016, 26(7): 2148–2154.
- [20] Zhai L Q, Guo X J, Zhang H Y, et al. Non-ionic iodinated contrast media related immediate reactions: A mechanism study of 27 patients[J]. *Leg Med (Tokyo)*, 2017, 24: 56–62.
- [21] 胡立禄, 高全清, 刘振良. 苯海拉明联合泼尼松预防碘造影剂过敏反应的临床观察[J]. *中国药房*, 2016, 27(6): 765–767.
- [22] 姚英. 2018年欧洲泌尿生殖放射学会造影后急性肾损伤防治指南的解读[J]. *中国血液净化*, 2019, 18(6): 435–438.
- [23] An J, Jung H, Kwon O Y, et al. Differences in adverse reactions among iodinated contrast media: Analysis of the KAERS database[J]. *J Allergy Clin Immunol Pract*, 2019, 7(7): 2205–2211.
- [24] 冉超. 碘造影剂不良反应信号挖掘及危险因素分析[D]. 重庆: 重庆医科大学, 2020.