



中国临床医学

Chinese Journal of Clinical Medicine

ISSN 1008-6358

CN 31-1794/R

重症患者高钾血症风险评估模型的建立

陆晓青, 刘亚敏, 周春宇, 霍燕, 王沛

引用本文:

陆晓青, 刘亚敏, 周春宇, 霍燕, 王沛. 重症患者高钾血症风险评估模型的建立[J]. 中国临床医学, 2023, 30(6): 993-998.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2023.20222204>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

急诊住院患者急性肾损伤的预测模型构建

Establishment of a predictive model for acute kidney injury in emergency inpatients

中国临床医学. 2021, 28(4): 562-567 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20201944>

NT-proBNP水平对非ST抬高型急性冠脉综合征患者冠脉闭塞病变的诊断价值

Diagnostic value of NT-proBNP level for coronary artery occlusion in patients with non-ST-elevation acute coronary syndrome

中国临床医学. 2021, 28(1): 85-89 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20202073>

单核细胞与高密度脂蛋白胆固醇比值对急性缺血性脑卒中预后的预测价值

Predictive value of monocyte to high-density lipoprotein cholesterol ratio for prognosis of acute ischemic stroke

中国临床医学. 2021, 28(5): 776-781 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20210196>

基于3项无创指标的肝硬化诊断模型的建立及验证

Establishment and verification of a diagnostic model for liver cirrhosis based on three non-invasive indexes

中国临床医学. 2021, 28(1): 48-53 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20210037>

复合自主神经症状评分-31在糖尿病心血管自主神经病变中的诊断价值

Composite autonomic symptom score-31 for the diagnosis of diabetic cardiovascular autonomic neuropathy

中国临床医学. 2020, 27(2): 229-234 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20191956>

DOI: 10.12025/j.issn.1008-6358.2023.20222204

· 短篇论著 ·

重症患者高钾血症风险评估模型的建立



陆晓青, 刘亚敏, 周春宇, 霍燕, 王沛*
 郑州大学第一附属医院血液净化中心, 郑州 450052

引用本文 陆晓青, 刘亚敏, 周春宇, 等. 重症患者高钾血症风险评估模型的建立 [J]. 中国临床医学, 2023, 30(6): 993-998. LU X Q, LIU Y M, ZHOU C Y, et al. Establishment of a hyperkalemia assessment model for critically ill patients[J]. Chin J Clin Med, 2023, 30(6): 993-998.

[摘要] **目的** 探讨重症监护室 (ICU) 住院患者高钾血症发生的影响因素, 并建立风险评估模型。**方法** 回顾性收集 2019 年 10 月至 2020 年 12 月郑州大学第一附属医院 ICU 收治的 4 963 例住院患者的临床资料, 根据血清钾水平分为正常血钾组 ($n=4\,535$, 血钾 $3.5\sim 5.5\text{ mmol/L}$) 和高钾血症组 ($n=428$, 血钾 $>5.5\text{ mmol/L}$), 再按 7 : 3 将患者随机分为模型训练集 ($n=3\,474$) 和模型验证集 ($n=1\,489$)。通过 logistic 回归分析创建预测高钾血症发生风险评估模型, 绘制 ROC 曲线, 评估模型价值, 并在验证集中进行验证。**结果** 多因素 logistic 回归分析显示, 男性、ICU 住院 $\geq 5\text{ d}$ 、估算肾小球滤过率 (eGFR) $<90\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot(1.73\text{ m}^2)^{-1}$ 、APACHE II 评分 >12 分、糖尿病、急性呼吸窘迫综合征 (ARDS)、肝硬化、感染性休克、多器官功能障碍综合征 (MODS) 为重症患者发生高钾血症的独立相关因素。风险评估模型在训练集中的 ROC 曲线下面积 (AUC) 为 0.777, 评分为 5 分时的灵敏度为 76.4%、特异度为 66.6%; 模型在验证集中的 AUC 为 0.777, 灵敏度 80.5%、特异度 67.8%。**结论** 该风险评估模型有助于评估 ICU 重症患者高钾血症发生与否, 可指导临床进行早期预防与干预。

[关键词] 高钾血症; 重症; 危险因素; 评估模型

[中图分类号] R 589.4 **[文献标志码]** A

Establishment of a hyperkalemia assessment model for critically ill patients

LU Xiao-qing, LIU Ya-min, ZHOU Chun-yu, HUO Yan, WANG Pei*

Department of Blood Purification Center, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, Henan, China

[Abstract] **Objective** To explore risk factors of hyperkalemia among patients in intensive care unit (ICU) and to establish a risk assessment model for evaluating hyperkalemia. **Methods** The clinical data of 4 963 hospitalized patients admitted to ICU in the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University from October 2019 to December 2020 were retrospectively collected. According to serum potassium level, patients were divided into a normal serum potassium of $3.5\sim 5.5\text{ mmol/L}$ group ($n=4\,535$) and a hyperkalemia group ($n=428$) with serum potassium level above 5.5 mmol/L . All Patients were then randomly divided into a training set ($n=3\,474$) and a validation set ($n=1\,489$) in a 7 : 3 ratio. Logistic regression analysis was used to construct a risk assessment model to evaluate the occurrence of hyperkalemia in ICU patients. ROC curve was used to evaluate the value of the model, and the model was validated in the validation set. **Results** Multivariate logistic analysis showed that male, ICU length of stay ≥ 5 days, estimated glomerular filtration rate (eGFR) $<90\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot(1.73\text{ m}^2)^{-1}$, APACHE II score >12 , diabetes, acute respiratory distress syndrome (ARDS), cirrhosis, septic shock, multiple organ dysfunction syndrome (MODS) were independent related factors for hyperkalemia in severe patients. The area under the ROC curve (AUC) of this assessment model in the training set was 0.777, the cut-off value was 5, with 76.4% of the sensitivity and 66.6% of specificity; the validation set suggests that the model has the AUC of 0.777, with 80.5% of sensitivity, and 67.8% of specificity. **Conclusions** This risk assessment model is helpful to assess occurrence of hyperkalemia in ICU patients, which offers an alternative approach for the prevention and intervention of hyperkalemia.

[Key Words] hyperkalemia; critical illness; risk factor; assessment model

[收稿日期] 2022-12-03 **[接受日期]** 2023-10-13

[作者简介] 陆晓青, 硕士, 副主任医师. E-mail: victorylxq@sina.com

*通信作者 (Corresponding author). Tel: 0371-66295911, E-mail: wangpei146@hotmail.com

高钾血症是一种临床常见的电解质紊乱疾病。高钾血症常见危险因素为慢性肾脏病 (chronic kidney disease, CKD)、糖尿病、应用肾素-血管紧张素-醛固酮系统抑制剂等。高钾血症在普通住院患者中发生率为 6.79%~7.30%^[1], 在 CKD 患者中为 22.79%^[2], 在心脏重症监护室 (CCU) 患者中发生率为 12.3%^[3]。

现有高钾血症风险评估模型主要针对 CKD 患者和其他普通住院患者^[4-6], 而重症患者相关模型较少。重症患者病情复杂、死亡率高, 而严重高钾血症可导致症状性心动过缓、室性心动过速、心脏骤停等危及生命的恶性心律失常及心脏事件, 提高重症患者死亡率^[7]。已有研究^[8]证实, 高钾血症是 ICU 患者死亡的独立危险因素。因此, 对 ICU 患者高钾血症的早期防治非常重要。本研究回顾性分析 ICU 患者发生高钾血症的相关危险因素, 并为该类患者发生高钾血症与否提供风险评估模型。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性收集 2019 年 10 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日在郑州大学第一附属医院 ICU 诊治的 4 963 例患者的临床资料。纳入标准: (1) 年龄 ≥ 18 岁; (2) 血清钾浓度 ≥ 3.5 mmol/L。根据血清钾水平分为正常血钾组 ($n=4\ 535$, 血钾 3.5~5.5 mmol/L) 和高钾血症组 ($n=428$, 血钾 > 5.5 mmol/L)。本研究符合《赫尔辛基宣言》准则, 通过郑州大学第一附属医院伦理委员会批准 (2021-KY-0861-002)。

1.2 观察指标 从医院信息系统导出 ICU 患者住院期间临床资料, 包括年龄、性别、血清钾水平、血清肌酐水平、主要诊断、住院时间等。血清钾取 ICU 住院期间最高值。估算肾小球滤过率 (eGFR) 通过美国慢性肾脏病流行病合作组 (CKD-EPI) 公式计算获得^[9]。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 21.0 统计软件进行处理, 符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 非正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示, 组间比较采用 Mann-Whitney U 检验; 计数资料以 $n(\%)$ 表示, 组间比较采用 χ^2 检验。

将入组患者按照 7 : 3 随机分为模型训练集 ($n=3\ 474$) 和模型验证集 ($n=1\ 489$)。在训练集中采用单因素 logistic 回归分析筛选发生高钾血症的相关因素, 再将差异有统计学意义的变量纳入多因素 logistic 回归分析, 采用逐步向后消除法筛选 ICU 患者发生高钾血症的独立相关因素。

将训练集中多因素 logistic 回归中各变量的 OR 值转换为风险模型赋分, 构建风险评估模型。以血清钾 > 5.5 mmol/L 为高钾血症诊断金标准, 构建 ROC 曲线, 计算曲线下面积 (AUC), 并计算约登指数最大时的截断值及对应的灵敏度和特异度。将风险评估模型代入模型验证集中验证模型的评估效果。采用校准曲线, 通过 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验来评价评估模型的校准能力。检验水准 (α) 为 0.05。

2 结果

2.1 高钾血症组与正常血钾组临床特征比较 结果 (表 1) 显示: 与正常血钾组患者相比, 高钾血症组 eGFR 更低、ICU 住院时间更长、APACHE II 评分更低 ($P<0.001$), 呼吸衰竭、急性呼吸窘迫综合征 (ARDS)、肝硬化、糖尿病、颅脑损伤等比例更高 ($P<0.05$), 全身性疾病更多 ($P<0.05$)。

2.2 logistic 回归分析 结果 (表 2) 显示: 男性、ICU 住院天数 ≥ 5 d、eGFR < 90 mL $\cdot$ min $^{-1}\cdot(1.73$ m $^2)^{-1}$ 、APACHE II 评分 > 12 分、多个合并症为高钾血症的影响因素。以上因素不存在共线性, 纳入多因素 logistic 回归分析, 结果显示男性、ICU 住院 ≥ 5 d、eGFR < 90 mL $\cdot$ min $^{-1}\cdot(1.73$ m $^2)^{-1}$ 、APACHE II 评分 > 12 分、糖尿病、ARDS、肝硬化、感染性休克、MODS 为重症患者发生高钾血症的独立相关因素 ($P<0.05$)。

2.3 风险评估模型的构建与验证

2.3.1 风险评估模型的构建 在训练集中, 将多因素 logistic 回归分析中独立相关因素的 OR 值取整转化为风险模型的赋分值 (表 3), 构建 ICU 患者高钾血症风险评估模型。在训练集中绘制 ROC 曲线 (图 1A), 模型 AUC 为 0.777 (95%CI 0.753~0.801), 最大约登指数为 0.430, 对应的截断值为 5 分, 灵敏度为 76.4%、特异度为 66.6%。

表1 两组临床特征比较

指标	正常血钾组($n=4\ 535$)	高钾血症组($n=428$)	统计值	P 值
性别			5.386	0.020
男	2 859(63.0)	294(68.7)		
女	1 676(37.0)	134(31.3)		
年龄/岁	58(47,70)	59(48,70)	- 0.694	0.487
年龄 ≥ 58 岁	2 223(49.0)	219(51.2)	0.723	0.395
eGFR $<90\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot(1.73\text{ m}^2)^{-1}$	1 957(42.3)	394(82.7)	245.946	<0.001
ICU住院天数	5(2,9)	7(3,14)	- 5.124	<0.001
ICU住院天数 $\geq 5\text{ d}$	2 274(50.1)	261(61.0)	18.384	<0.001
APACHE II评分 >12 分	2 109(46.5)	316(73.8)	116.880	<0.001
合并症 $n(\%)$				
循环系统				
心力衰竭	66(1.5)	11(2.6)	3.182	0.074
高血压	194(4.3)	13(3.0)	1.506	0.220
动脉栓塞、闭塞	21(0.5)	2(0.5)	<0.001	1
静脉血栓形成	31(0.7)	3(0.7)	<0.001	1
急性心肌梗死	54(1.2)	9(2.1)	2.596	0.107
主动脉夹层	62(1.4)	6(1.4)	0.003	0.953
呼吸系统				
呼吸衰竭	450(9.9)	57(13.3)	4.914	0.027
ARDS	25(0.6)	15(3.5)	39.056	<0.001
肺栓塞	68(1.5)	5(1.2)	0.296	0.586
慢性阻塞性肺疾病	69(1.5)	3(0.7)	1.842	0.175
肺部感染(除肺结核)	1 255(27.7)	121(28.3)	0.070	0.792
消化系统				
消化道出血	163(3.6)	14(3.3)	0.119	0.730
肝衰竭	51(1.1)	8(1.9)	1.846	0.174
肝硬化	76(1.7)	15(3.5)	7.267	0.007
消化道穿孔	55(1.2)	7(1.6)	0.567	0.452
肠梗阻	40(0.9)	4(0.9)	<0.001	1
胰腺炎	101(2.2)	11(2.6)	0.209	0.648
泌尿系统				
肾炎综合征	12(0.3)	1(0.2)	<0.001	1
肾病综合征	12(0.3)	1(0.2)	<0.001	1
肾脏其他疾病(肾肿瘤、肾积水等)	28(0.6)	28(0.9)	0.219	0.640
内分泌系统				
糖尿病	105(2.3)	24(5.6)	16.743	<0.001
神经系统				
脑血管意外(脑出血、脑梗死)	506(11.2)	45(10.5)	0.164	0.685
颅脑损伤	285(6.3)	13(3.0)	7.306	0.007
颅内其他疾病(颅内感染、肿瘤等)	112(2.5)	4(0.9)	4.037	0.045
全身性疾病				
脓毒症	387(8.5)	67(15.7)	23.859	<0.001
感染性休克	272(6.0)	71(16.6)	68.187	<0.001
失血性休克	86(1.9)	5(1.2)	1.152	0.283
其他休克(除感染性休克、失血性休克)	58(1.3)	11(2.6)	4.756	0.029
MODS	87(1.9)	46(10.7)	116.900	<0.001
系统性红斑狼疮	36(0.8)	1(0.2)	0.998	0.320
血管炎	18(0.4)	1(0.2)	0.013	0.910
中毒(药物、毒物、农药等)	67(1.5)	3(0.7)	1.696	0.193
其他				
蜂蜇伤	4(0.1)	0	<0.001	1
恶性肿瘤	317(7.0)	24(5.6)	1.168	0.280
多发伤(除颅脑损伤)	266(5.9)	12(2.8)	6.933	0.008
外伤(除多发伤、颅脑损伤)	180(4.0)	5(1.2)	8.550	0.003
出血(除消化道出血)	19(0.4)	0	0.869	0.351

eGFR:估算肾小球滤过率;ARDS:急性呼吸窘迫综合征;MODS:多器官功能障碍综合征。

表2 重症患者发生高钾血症的单因素及多因素 logistic 回归分析

变量	单因素分析		多因素分析	
	OR(95%CI)	P值	OR(95%CI)	P值
男性	1.572(1.209~2.043)	0.001	1.521(1.152~2.008)	0.003
年龄≥58岁	1.160(0.917~1.468)	0.215		
ICU住院天数≥5d	1.679(1.318~2.139)	<0.001	1.568(1.211~2.031)	0.001
eGFR<90 mL·min ⁻¹ ·(1.73 m ²) ⁻¹	6.093(4.494~8.261)	<0.001	4.297(3.127~5.903)	<0.001
APACHE II评分>12分	3.398(2.603~4.436)	<0.001	2.405(1.814~3.187)	<0.001
合并症				
循环系统				
心力衰竭	1.870(0.873~4.004)	0.107		
高血压	0.678(0.342~1.345)	0.266		
动脉栓塞、闭塞	1.602(0.360~7.134)	0.536		
静脉血栓形成	0.903(0.212~3.848)	0.890		
急性心肌梗死	1.708(0.761~3.830)	0.194		
主动脉夹层	0.740(0.228~2.400)	0.616		
呼吸系统				
呼吸衰竭	1.402(0.985~1.995)	0.060		
ARDS	6.937(3.219~14.949)	<0.001	3.740(1.620~8.637)	0.002
肺栓塞	1.019(0.404~2.572)	0.968		
慢性阻塞性肺疾病	0.674(0.209~2.181)	0.511		
肺部感染(除肺结核)	1.048(0.807~1.361)	0.727		
消化系统				
消化道出血	0.807(0.405~1.608)	0.543		
肝衰竭	1.272(0.499~3.242)	0.615		
肝硬化	1.972(1.025~3.796)	0.042	2.775(1.323~5.821)	0.007
消化道穿孔	1.797(0.750~4.307)	0.189		
肠梗阻	0.974(0.296~3.199)	0.965		
胰腺炎	1.040(0.474~2.282)	0.922		
泌尿系统				
肾炎综合征	1.300(0.162~10.427)	0.805		
肾病综合征	1.734(0.208~14.451)	0.611		
肾脏其他疾病(肾肿瘤、肾积水等)	2.203(0.745~6.518)	0.153		
内分泌系统				
糖尿病	2.165(1.249~3.756)	0.006	2.675(1.475~4.852)	0.001
神经系统				
脑血管意外(脑出血、脑梗死)	1.125(0.787~1.607)	0.519		
颅脑损伤	0.379(0.176~0.813)	0.013		
颅内其他疾病(颅内感染、肿瘤等)	0.453(0.142~1.448)	0.182		
其他				
脓毒血症	1.779(1.267~2.497)	0.001		
感染性休克	2.816(1.991~3.982)	<0.001	1.800(1.135~2.853)	0.012
失血性休克	0.367(0.089~1.511)	0.165		
其他休克(除感染性休克、失血性休克)	2.440(1.171~5.087)	0.017		
MODS	5.051(3.227~7.904)	<0.001	2.920(1.816~4.694)	<0.001
系统性红斑狼疮	0.431(0.058~3.197)	0.410		
血管炎	—	0.999		
中毒(药物、毒物、农药等)	—	0.997		
蜂蜇伤	—	0.999		
恶性肿瘤	0.783(0.478~1.284)	0.332		
多发伤(除颅脑损伤)	0.461(0.225~0.945)	0.035		
其他外伤(除多发伤、颅脑损伤)	0.313(0.115~0.853)	0.023		
消化道外出血	—	0.999		

eGFR:估算肾小球滤过率;ARDS:急性呼吸窘迫综合征;MODS:多器官功能障碍综合征;OR:比值比。

表3 重症患者高钾血症风险评估模型的赋分

因素	赋分
男性	1
ICU住院天数≥5 d	1
eGFR<90 mL·min ⁻¹ ·(1.73 m ²) ⁻¹	4
APACHE II评分>12分	2
糖尿病	2
ARDS	3
肝硬化	2
感染性休克	1
MODS	2

eGFR:估算肾小球滤过率;ARDS:急性呼吸窘迫综合征;MODS:多器官功能障碍综合征。

2.3.2 风险评估模型的验证 在验证集中,采用上述风险评估模型进行评分,并绘制ROC曲线(图1B),显示其AUC为0.777(0.739~0.815),截断值为5分,灵敏度80.5%、特异度67.8%。

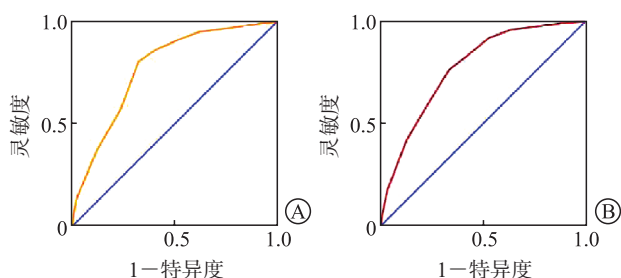


图1 风险评估模型评估重症患者发生高钾血症的ROC曲线

A:模型训练集;B:模型验证集。

2.3.3 风险评估模型的校准度 通过Hosmer-Lemeshow拟合优度检验评估模型的校准能力,结果(图2)显示:模型预测值与实际观测值间差异无统计学意义($\chi^2=14.192$, $P=0.077$)。

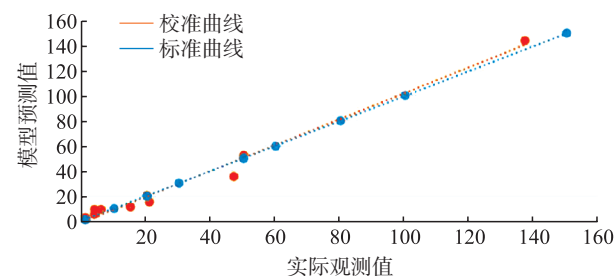


图2 风险评估模型评估重症患者发生高钾血症校准图

3 讨论

高钾血症患者通常无明显临床症状,部分伴心

脏、神经肌肉症状,影响患者结局^[10-11]。ICU患者病情复杂,高钾血症不易被发现。已有研究^[10,12]发现,性别、糖尿病、肾衰竭等为高钾血症常见危险因素,但其研究对象为普通患者人群。Sharma等^[4]通过435 512例CKD患者建立了高钾血症预测模型,用以预测CKD患者1年内高钾血症的发生风险。Bandak等^[6]基于普通患者人群建立了模型以预测其1年内高钾血症的发生风险。但上述2个模型均基于非重症ICU住院患者,且预测期为1年,可能不适用于病情复杂、多变的重症ICU患者。

本研究通过对4 963例重症患者的临床资料进行回顾性分析,发现ICU患者高钾血症发生率为8.6%。男性、ICU住院天数≥5 d、eGFR<90 mL·min⁻¹·(1.73 m²)⁻¹、APACHE II评分>12分、糖尿病、ARDS、肝硬化、感染性休克、MODS为重症患者发生高钾血症的独立相关因素。训练集中,风险评估模型的AUC为0.777,在验证集中为0.777,表明该模型准确性较好;验证集中,模型灵敏度为80.5%、特异度为67.8%,与训练集相似,说明该模型稳定性较好。

本研究存在局限性:(1)ICU诊治过程中对急性肾损伤和慢性肾衰竭诊断欠明确,因此剔除了肾衰竭相关诊断患者,将eGFR<90 mL·min⁻¹·(1.73 m²)⁻¹作为筛选变量;(2)基于患者住院主要诊断来分析高钾血症风险,而未纳入药物及其他治疗;(3)由于重症患者高钾血症难预测且隐匿,本研究以灵敏度来选择截断值,导致假阳性较高。

综上所述,本研究通过对重症患者住院主要诊断与高钾血症的相关性进行探讨,发现多个独立相关因素,基于这些因素建立的风险评估模型对临床医生及时发现和治疗重症患者高钾血症有一定指导意义,有助于优化高钾血症管理。

利益冲突:所有作者声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] ELIACIK E, YILDIRIM T, SAHIN U, et al. Potassium abnormalities in current clinical practice: frequency, causes, severity and management[J]. Med Princ Pract, 2015, 24(3): 271-275.
- [2] KASHIHARA N, KOHSAKA S, KANDA E, et al. Hyperkalemia in real-world patients under continuous

- medical care in Japan[J]. *Kidney Int Rep*, 2019, 4(9): 1248-1260.
- [3] BRUESKE B, SIDHU M S, SCHULMAN-MARCUS J, et al. Hyperkalemia is associated with increased mortality among unselected cardiac intensive care unit patients[J]. *J Am Heart Assoc*, 2019, 8(7): e011814.
- [4] SHARMA A, ALVAREZ P J, WOODS S D, et al. A model to predict risk of hyperkalemia in patients with chronic kidney disease using a large administrative claims database[J]. *Clinicoecon Outcomes Res*, 2020, 12: 657-667.
- [5] 梅长林, 陈晓农, 郝传明, 等. 慢性肾脏病高钾血症风险评估模型的建立[J]. *中华医学杂志*, 2020, 100(44): 3490-3494. MEI C L, CHEN X N, HAO C M, et al. Development of a hyperkalemia risk assessment model for patients with chronic kidney disease[J]. *Natl Med J China*, 2020, 100(44):3490-3494.
- [6] BANDAK G, SANG Y Y, GASPARINI A, et al. Hyperkalemia after initiating renin-angiotensin system blockade: the Stockholm creatinine measurements (SCREAM) project[J]. *J Am Heart Assoc*, 2017, 6(7): e005428.
- [7] DURFEY N, LEHNHOF B, BERGESON A, et al. Severe hyperkalemia: can the electrocardiogram risk stratify for short-term adverse events?[J]. *West J Emerg Med*, 2017, 18(5): 963-971.
- [8] HESSELS L, HOEKSTRA M, MIJZEN L J, et al. The relationship between serum potassium, potassium variability and in-hospital mortality in critically ill patients and a before-after analysis on the impact of computer-assisted potassium control[J]. *Crit Care*, 2015, 19(1): 4.
- [9] LEVEY A S, STEVENS L A, SCHMID C H, et al. A new equation to estimate glomerular filtration rate[J]. *Ann Intern Med*, 2009, 150(9): 604-612.
- [10] 中华医学会肾脏病学分会专家组. 中国慢性肾脏病患者血钾管理实践专家共识[J]. *中华肾脏病杂志*, 2020, 36(10): 781-792. Expert Group of Chinese Society of Nephrology. Expert consensus on the management of serum potassium in chronic kidney disease patients in China[J]. *Chin J Nephrol*, 2020, 36(10): 781-792.
- [11] 程茗慧, 裘淼涵, 齐艳萍, 等. ST段抬高型心肌梗死患者围术期血钾浓度对急诊经皮冠状动脉介入术后1年全因死亡影响[J]. *临床军医杂志*, 2021, 49(11): 1193-1196. CHENG M H, QIU M H, QI Y P, et al. Perioperative potassium concentration in patients with ST-segment elevation myocardial infarction in emergency department all-cause mortality effect 1 year after percutaneous coronary intervention[J]. *Clin J Med Off*, 2021, 49(11): 1193-1196.
- [12] HUNTER R W, BAILEY M A. Hyperkalemia: pathophysiology, risk factors and consequences[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2019, 34(Suppl 3): iii2-iii11.
- [本文编辑] 翟铨铨