

急性肾损伤患者的流行病学特征研究现状

谢静宜 赵兴阳 姚颖 葛树旺

华中科技大学同济医学院附属同济医院肾内科,湖北武汉 430030

摘要 目的:了解急性肾损伤(AKI)的流行病学特征。方法:回顾性分析确诊 AKI 患者的病历 20 659 份,收集人口学资料、合并症和实验室检查结果等。结果:住院患者 AKI 发生率为 3.4%,冬季发生率高于夏季,且多发生于男性和中老年人群。传统手术科室的 AKI 发生例数(9 947 例)多于非手术科室(8 238 例),心血管外科的 AKI 发生率(26.72%)接近 ICU(27.92%)。符合改善全球肾脏病预后组织(KDIGO)标准定义的 AKI 病例中,仅有 5.7% 被确诊,漏诊率高。高分期和 ICU 的 AKI 患者多合并有高血压、糖尿病和肺炎等,出现贫血、肝功能下降和高钾血症等电解质紊乱的比例也更高。 ≥ 80 岁的老年人死亡率高(男性 5.16%,女性 4.15%)。结论:AKI 在冬季和中老年男性中高发,在不同科室的分布存在差异,易漏诊,老年人死亡率高,应增强对高风险人群的监测和早期干预。

关键词 急性肾损伤;流行病学;发病率;临床特点

中图分类号 R692.5 文献标识码 A DOI 10.11768/nkjwzzzz20250403

Epidemiological characteristics of patients with acute kidney injury XIE Jing-yi, ZHAO Xing-yang, YAO Ying, GE Shu-wang. Department of Nephrology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan Hubei 430030, China

Corresponding author: GE Shu-wang, E-mail: geshuwang@tjh.tjmu.edu.cn

Abstract Objective: To characterize the epidemiology of acute kidney injury (AKI). Methods: We retrospectively analyzed 20,659 medical records of patients diagnosed with AKI, and collected demographic data, comorbidities and laboratory findings. Results: The incidence of AKI in hospitalized patients was 3.4%, with a higher incidence in winter than in summer, and AKI occurred more often in men and middle-aged and elderly people. There were more cases of AKI in traditional surgical units (9 947 cases) than in non-surgical units (8 238 cases), and the incidence of AKI in cardiovascular surgery (26.72%) was close to that in ICU (27.92%). Only 5.7% of AKI cases meeting the Kidney Disease Improvement Global Prognosis Organization (KDIGO) standard definition were diagnosed, with a high rate of underdiagnosis. Highly staged and ICU patients with AKI were more likely to have comorbidities such as hypertension, diabetes mellitus, and pneumonia, and had higher rates of electrolyte disorders such as anemia, decreased liver function, and hyperkalemia. The mortality rate was higher in >80 years old (5.16% in men and 4.15% in women). Conclusion: AKI is highly prevalent in winter and among middle-aged and elderly males, the distribution of AKI varies in different departments, it is easy to miss the diagnosis, and the mortality rate is high in the elderly, so the monitoring and early intervention of high-risk groups should be strengthened.

Key words Acute kidney injury; Epidemiology; Incidence rate; Clinical features

近年来,随着人口老龄化和慢性疾病患病率的增加,急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)发生率呈现上升趋势^[1]。本研究对 AKI 的流行病学特征进行全面调查和分析,为制定针对性的预防和治疗策略提供依据。

资料与方法

1. 一般资料:使用华中科技大学同济医学院附属同济医院医渡云科研管理平台回顾性提取 2018 年 1 月 1 日-2022 年 12 月 31 日入院、年龄 ≥ 16 岁的住院患者病历。排除标准:①诊断为终末期肾病

(end stage renal disease, ESRD)或肾切除;②仅检测过 1 次肌酐。最终纳入连续 7d 至少测量 2 次肌酐的病历 506 440 份(扫描文前二维码查看全文及病例筛选流程图)。本研究经由医院伦理委员会批准(TJ-IRB20220738)。

2. AKI 诊断和分期标准:收集患者年龄、性别、基础疾病、实验室检查、用药等信息。因大多数病例缺失尿量数据,本文仅用血清肌酐定义 AKI。设定基线肌酐为动态肌酐^[2]:将患者所有的血清肌酐数据按检测时间排序,在任意时间点 t,动态基线肌酐

为在 t 前 7 d 内的平均肌酐水平,并将 t 后 7 d 内的每个可用肌酐数据与该基线进行比较。肌酐变化符合改善全球肾脏病预后组织(Kidney Disease:Improving Global Outcomes,KDIGO)标准的第 1 天,选取 24h 内肌酐测量的最高值,同一次住院过程中多次发生 AKI 选择最大级数作为本次 AKI 分级。根据 KDIGO 标准^[3]:48 h 内血清肌酐升高 26.5 μmol/L 或 7 d 内血清肌酐较基线升高 1.5 ~ 1.9 倍为 1 期 AKI,升高 2.0 ~ 2.9 倍为 2 期 AKI;升高 ≥ 3.0 倍为 3 期 AKI。

3. 统计学分析:采用 R 4.2.3 进行统计学分析和绘图。连续变量以($\bar{x} \pm s$)表示,采用 ANOVA 检验;计数资料以例数(百分数)表示,采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 一般资料:符合 AKI 诊断标准的入院病历共 20 659 份((扫描文前二维码查看全文及病例筛选流程图),总体发生率 3.4%。AKI 1 期患者(13 969 例,67.6%)和传统手术科室患者(9 947 例,48.1%)占多数,患者多为男性(13 520 例,65.4%),使用肾毒性药物 4 113 例(19.9%),总住

院死亡率 10.0%,见表 1、2。

2. 时间分布:2018 ~ 2022 年 AKI 的发生率整体呈季节变化,从最低点 8 月(3.11%)逐步上升,至 2 月达到峰值(4.18%)再下降。冬季发生率高于夏季,1 月(1 916 例)和 12 月(1 949 例)发生率最高,见图 1。

3. 人群分布:AKI 患者中,超过半数 50 ~ 69 岁,见图 2A;男性 7 207 例,占 34.9%;女性 3 832 例,占 18.5%。≥ 70 岁患者 AKI 发生率更高,且男性高于女性(70 ~ 79 岁,男性 5.57%,女性 5.04%;> 80 岁,男性 7.95%,女性 6.99%),见图 2B。

4. 确诊病例的科室分布:传统手术科室中,心脏大血管外科发生 AKI 3 522 例,占 17.0%,普通外科发生 2 141 例,占 10.4%,居第 2 位;在所有非手术科室中,心血管内科的 AKI 发生 1 580 例,占 7.6%,其中 2 期和 3 期 AKI 的比例也高,血液内科第 2,发生 1 305 例,占 4.2%,见图 3A、3C。

传统手术科室中,心脏大血管外科的 AKI 发生率最高(26.72%),接近 ICU(27.92%),创伤外科第二(7.46%);心血管内科 AKI 发生率 8.23%,感染科 6.38%,见图 3B、3D。

表 1 不同分期 AKI 患者临床特征

项目	总计 (n = 20 659)	AKI 1 期 (n = 13 969)	AKI 2 期 (n = 3 831)	AKI 3 期 (n = 2 859)	P 值
男性[例(%)]	13520(65.4)	9141(65.4)	2481(64.8)	1898(66.4)	0.384
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	57.63 ± 14.90	57.89 ± 15.01	57.58 ± 14.83	56.47 ± 14.41	<0.001
死亡率[例(%)]	2064(10.0)	1012(7.2)	571(14.9)	481(16.8)	<0.001
住院时间(d, $\bar{x} \pm s$)	21.25 ± 17.82	20.00 ± 16.72	23.21 ± 19.73	24.72 ± 19.56	<0.001
体温(℃, $\bar{x} \pm s$)	36.71 ± 0.36	36.67 ± 0.34	36.76 ± 0.37	36.83 ± 0.40	<0.001
脉搏(次/min, $\bar{x} \pm s$)	85.26 ± 11.22	83.86 ± 10.68	87.60 ± 11.87	88.97 ± 11.52	<0.001
呼吸(次/min, $\bar{x} \pm s$)	19.08 ± 3.32	19.06 ± 3.17	18.97 ± 3.76	19.34 ± 3.40	0.003
收缩压(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	124.18 ± 16.47	124.88 ± 16.81	122.78 ± 16.14	122.64 ± 14.95	<0.001
舒张压(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	73.14 ± 10.23	73.78 ± 10.29	72.19 ± 10.17	71.32 ± 9.73	<0.001
体重(kg, $\bar{x} \pm s$)	63.23 ± 13.14	63.06 ± 12.69	62.81 ± 13.63	64.57 ± 14.48	<0.001
身高(cm, $\bar{x} \pm s$)	164.66 ± 15.35	164.67 ± 14.91	163.78 ± 18.13	165.70 ± 13.49	0.164
PPI[例(%)]	15471(74.9)	10343(74.0)	2944(76.8)	2184(76.4)	<0.001
他汀类药物[例(%)]	3567(17.3)	2378(17.0)	657(17.1)	532(18.6)	0.121
NSAID[例(%)]	5479(26.5)	3933(28.2)	961(25.1)	585(20.5)	<0.001
三代头孢[例(%)]	13783(66.7)	8977(64.3)	2661(69.5)	2145(75.0)	<0.001
造影剂[例(%)]	6(0.0)	3(0.0)	3(0.1)	0(0.0)	0.116
甘露醇[例(%)]	3026(14.6)	1564(11.2)	694(18.1)	768(26.9)	<0.001
肾毒性抗菌药物[例(%)]	4113(19.9)	2614(18.7)	828(21.6)	671(23.5)	<0.001
ACEI/ARB[例(%)]	2996(14.5)	1925(13.8)	569(14.9)	502(17.6)	<0.001
降糖药物[例(%)]	1330(6.4)	934(6.7)	229(6.0)	167(5.8)	0.107
化疗药物[例(%)]	154(0.7)	117(0.8)	25(0.7)	12(0.4)	0.046
四代头孢[例(%)]	2156(10.4)	1339(9.6)	431(11.3)	386(13.5)	<0.001

注:PPI:质子泵抑制剂;NSAID:非甾体抗炎药;ACEI:血管紧张素转化酶抑制剂;ARB:血管紧张素Ⅱ受体阻滞剂

表 2 不同科室 AKI 患者临床特征

项目	总计 (<i>n</i> = 20 659)	非手术科室 (<i>n</i> = 8 238)	传统手术科室 (<i>n</i> = 9 947)	ICU (<i>n</i> = 2 474)	<i>P</i> 值
男性[例(%)]	13 520(65.4)	5 110(62.0)	6 707(67.4)	1 703(68.8)	<0.001
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	57.63 ± 14.90	58.40 ± 16.12	56.80 ± 13.25	58.42 ± 16.71	<0.001
死亡率[例(%)]	2 064(10.0)	1 044(12.7)	591(5.9)	429(17.3)	<0.001
住院时间(d, $\bar{x} \pm s$)	21.25 ± 17.82	21.87 ± 18.09	22.16 ± 17.38	15.55 ± 17.65	<0.001
体温(℃, $\bar{x} \pm s$)	36.71 ± 0.36	36.66 ± 0.32	36.71 ± 0.35	36.88 ± 0.45	<0.001
脉搏(次/min, $\bar{x} \pm s$)	85.26 ± 11.22	84.89 ± 10.76	83.88 ± 9.87	92.02 ± 14.79	<0.001
呼吸(次/min, $\bar{x} \pm s$)	19.08 ± 3.32	19.65 ± 2.01	19.44 ± 2.01	15.60 ± 7.16	<0.001
收缩压(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	124.18 ± 16.47	122.53 ± 17.49	125.22 ± 15.44	125.51 ± 16.52	<0.001
舒张压(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	73.14 ± 10.23	73.30 ± 10.62	74.02 ± 9.63	69.11 ± 10.33	<0.001
体重(kg, $\bar{x} \pm s$)	63.23 ± 13.14	61.73 ± 12.36	64.29 ± 13.21	62.74 ± 18.35	<0.001
身高(cm, $\bar{x} \pm s$)	164.66 ± 15.35	163.18 ± 19.39	165.42 ± 12.32	163.85 ± 24.88	<0.001
PPI[例(%)]	15 471(74.9)	6 735(81.8)	6 785(68.2)	1 951(78.9)	<0.001
他汀类药物[例(%)]	3 567(17.3)	1 873(22.7)	1 267(12.7)	427(17.3)	<0.001
NSAID[例(%)]	5 479(26.5)	1 885(22.9)	3 299(33.2)	295(11.9)	<0.001
三代头孢[例(%)]	13 783(66.7)	4 834(58.7)	7 387(74.3)	1 562(63.1)	<0.001
造影剂[例(%)]	6(0.0)	5(0.1)	1(0.0)	0(0.0)	0.091
甘露醇[例(%)]	3 026(14.6)	782(9.5)	1 599(16.1)	645(26.1)	<0.001
肾毒性抗菌药物[例(%)]	4 113(19.9)	1 622(19.7)	2 153(21.6)	338(13.7)	<0.001
ACEI/ARB[例(%)]	2 996(14.5)	1 430(17.4)	1 358(13.7)	208(8.4)	<0.001
降糖药物[例(%)]	1 330(6.4)	814(9.9)	455(4.6)	61(2.5)	<0.001
化疗药物[例(%)]	154(0.7)	129(1.6)	25(0.3)	0(0.0)	<0.001
四代头孢[例(%)]	2 156(10.4)	666(8.1)	1113(11.2)	377(15.2)	<0.001

注:PPI:质子泵抑制剂;NSAID:非甾体抗炎药;ACEI:血管紧张素转化酶抑制剂;ARB:血管紧张素Ⅱ受体阻滞剂

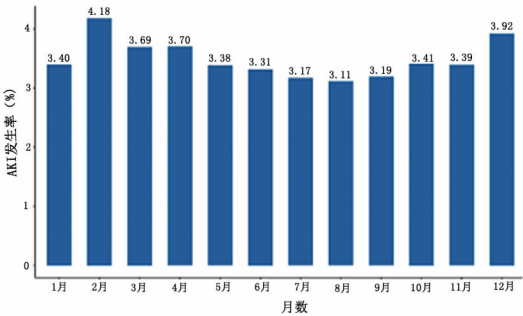


图 1 AKI 确诊病例的时间分布

5. 实验室检查结果:各分期的 AKI 患者入院时的血常规、电解质和肝功能(如转氨酶、总胆红素和碱性磷酸酶)等指标比较,差异有统计学意义(*P* 均 <0.05),见表 3;与其他科室比较,ICU 发生贫血、高钾血症、高磷血症和出血倾向比例更高,见表 4。

6. AKI 的漏诊和合并症情况:所有符合 KDIGO 标准定义的 AKI 病例中,确诊率仅 5.7%,被漏诊的尤其多。同时,分期高的 AKI 患者和传统手术科室的 AKI 患者更多合并高血压、糖尿病和肺炎等疾病,见表 5。

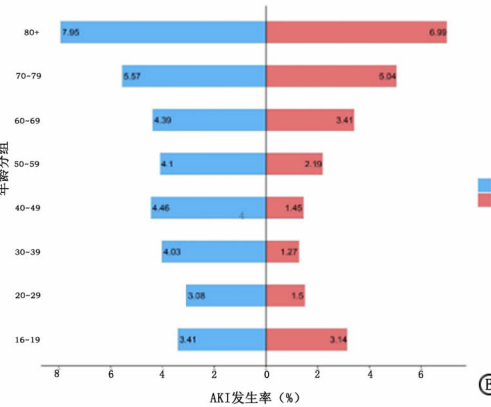
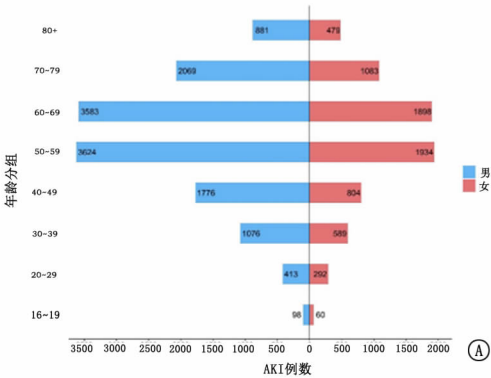


图 2 AKI 确诊病例的人群分布(A:AKI 发生例数;B:AKI 发生率)

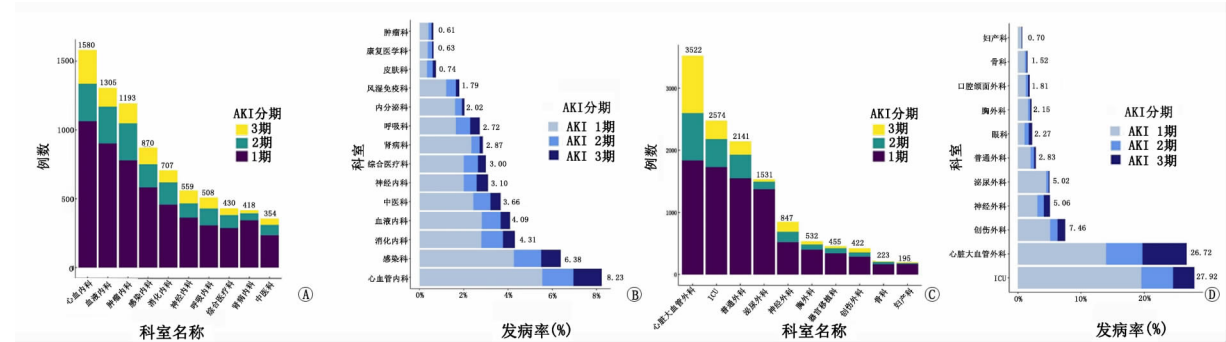


图3 AKI 确诊病例的科室分布(A、B:非手术科室的AKI发生例数、发生率,C、D:传统手术科室和ICU的AKI发生例数、发生率)

表3 不同分期AKI患者实验室检查结果

项目	总计 (n = 20 659)	AKI 1 期 (n = 13 969)	AKI 2 期 (n = 3 831)	AKI 3 期 (n = 2 859)	P 值
肌酐(μmol/L, $\bar{x} \pm s$)	130.43 ± 104.41	127.35 ± 108.04	124.15 ± 84.84	153.89 ± 107.01	<0.001
尿素(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	11.17 ± 7.29	10.19 ± 6.74	12.13 ± 7.36	14.64 ± 8.46	<0.001
eGFR [mL/(min · 1.73m ²), $\bar{x} \pm s$]	71.68 ± 32.58	71.99 ± 32.96	72.17 ± 31.74	69.50 ± 31.73	0.002
尿酸(μmol/L, $\bar{x} \pm s$)	321.20 ± 143.04	318.37 ± 140.91	323.62 ± 148.70	331.78 ± 145.13	<0.001
碳酸氢根(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	22.86 ± 3.33	22.93 ± 3.31	22.78 ± 3.45	22.67 ± 3.25	<0.001
尿蛋白($\bar{x} \pm s$)	0.75 ± 0.86	0.74 ± 0.88	0.77 ± 0.83	0.77 ± 0.80	0.094
血红蛋白(g/L, $\bar{x} \pm s$)	104.11 ± 21.69	104.81 ± 22.38	102.07 ± 20.70	103.43 ± 19.23	<0.001
血小板计数(×10 ⁹ /L, $\bar{x} \pm s$)	174.58 ± 91.56	179.20 ± 92.04	167.24 ± 92.41	161.87 ± 86.09	<0.001
白细胞计数(×10 ⁹ /L, $\bar{x} \pm s$)	10.77 ± 6.53	10.33 ± 6.45	11.33 ± 7.27	12.20 ± 5.53	<0.001
中性粒细胞比例(% , $\bar{x} \pm s$)	77.24 ± 11.24	76.16 ± 11.41	78.65 ± 10.77	80.61 ± 10.07	<0.001
淋巴细胞比例(% , $\bar{x} \pm s$)	13.47 ± 8.96	14.32 ± 9.20	12.37 ± 8.52	10.83 ± 7.60	<0.001
单核细胞比例(% , $\bar{x} \pm s$)	7.69 ± 3.82	7.83 ± 3.82	7.54 ± 3.81	7.23 ± 3.82	<0.001
钾(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	4.19 ± 0.46	4.17 ± 0.45	4.20 ± 0.48	4.27 ± 0.48	<0.001
钙(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	2.15 ± 0.17	2.15 ± 0.18	2.15 ± 0.17	2.16 ± 0.16	0.363
钠(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	139.71 ± 5.43	139.38 ± 4.95	140.09 ± 6.01	140.77 ± 6.58	<0.001
氯(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	102.03 ± 5.90	102.06 ± 5.51	101.99 ± 6.46	101.91 ± 6.90	0.178
磷(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	1.14 ± 0.46	1.12 ± 0.44	1.14 ± 0.47	1.23 ± 0.53	<0.001
镁(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	0.88 ± 0.18	0.86 ± 0.17	0.90 ± 0.20	0.96 ± 0.21	<0.001
白蛋白(g/L, $\bar{x} \pm s$)	33.63 ± 5.18	33.69 ± 5.19	33.26 ± 5.20	33.88 ± 5.07	0.976
丙氨酸转氨酶(IU/L, $\bar{x} \pm s$)	120.20 ± 351.86	93.65 ± 289.94	161.73 ± 425.82	194.02 ± 479.07	<0.001
天门冬氨酸转氨酶(IU/L, $\bar{x} \pm s$)	76.32 ± 215.46	62.65 ± 174.63	96.69 ± 253.00	115.69 ± 312.41	<0.001
总胆红素(μmol/L, $\bar{x} \pm s$)	34.42 ± 71.46	30.43 ± 64.83	43.33 ± 85.58	41.96 ± 79.45	<0.001
直接胆红素(μmol/L, $\bar{x} \pm s$)	23.95 ± 58.37	20.81 ± 53.14	31.13 ± 69.87	29.64 ± 64.29	<0.001
间接胆红素(μmol/L, $\bar{x} \pm s$)	10.49 ± 15.27	9.66 ± 13.84	12.22 ± 18.57	12.20 ± 16.63	<0.001
葡萄糖(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	7.70 ± 3.76	7.51 ± 3.63	8.03 ± 3.77	8.21 ± 4.26	<0.001
胱抑素 C(mg/L, $\bar{x} \pm s$)	1.76 ± 1.15	1.74 ± 1.16	1.80 ± 1.11	1.82 ± 1.14	0.011
总胆固醇(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	3.31 ± 1.17	3.37 ± 1.18	3.21 ± 1.16	3.17 ± 1.09	<0.001
甘油三酯(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	1.65 ± 1.49	1.65 ± 1.45	1.70 ± 1.66	1.62 ± 1.43	0.817
低密度脂蛋白(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	2.09 ± 1.06	2.12 ± 1.08	2.02 ± 1.04	2.06 ± 1.01	0.001
高密度脂蛋白(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	0.81 ± 0.37	0.82 ± 0.37	0.77 ± 0.37	0.82 ± 0.38	0.044
降钙素原(ng/mL, $\bar{x} \pm s$)	6.30 ± 14.83	5.04 ± 13.30	7.40 ± 16.51	9.90 ± 17.44	<0.001
超敏C反应蛋白(mg/L, $\bar{x} \pm s$)	70.34 ± 65.13	64.56 ± 64.27	77.23 ± 65.89	86.36 ± 64.28	<0.001
凝血酶原时间(s, $\bar{x} \pm s$)	16.25 ± 5.15	15.86 ± 4.81	16.90 ± 5.50	17.32 ± 5.94	<0.001
纤维蛋白原(g/L, $\bar{x} \pm s$)	3.88 ± 1.47	3.90 ± 1.47	3.80 ± 1.46	3.88 ± 1.44	0.039
凝血酶时间(s, $\bar{x} \pm s$)	21.06 ± 17.85	20.84 ± 18.85	21.61 ± 16.37	21.44 ± 14.39	0.024

续表

项目	总计 (<i>n</i> = 20 659)	AKI 1 期 (<i>n</i> = 13 969)	AKI 2 期 (<i>n</i> = 3 831)	AKI 3 期 (<i>n</i> = 2 859)	<i>P</i> 值
NT-proBNP (pg/mL, $\bar{x} \pm s$)	4162.28 ± 7853.32	3920.65 ± 7955.68	4285.38 ± 7386.97	5004.75 ± 7931.46	<0.001
肌红蛋白 (ng/mL, $\bar{x} \pm s$)	342.36 ± 360.60	303.08 ± 341.05	381.12 ± 371.98	449.43 ± 393.09	<0.001
肌酸激酶 (IU/L, $\bar{x} \pm s$)	518.86 ± 1530.29	450.28 ± 1375.29	565.27 ± 1532.17	748.96 ± 2038.94	<0.001
贫血[例(%)]	12703(61.5)	8276(59.2)	2562(66.9)	1865(65.2)	<0.001
高钾血症[例(%)]	222(1.1)	137(1.0)	44(1.1)	41(1.4)	0.09
低钾血症[例(%)]	1034(5.0)	693(5.0)	204(5.3)	137(4.8)	0.56
高磷血症[例(%)]	1038(5.0)	588(4.2)	199(5.2)	251(8.8)	<0.001
低钙血症[例(%)]	7388(35.8)	4975(35.6)	1431(37.4)	982(34.3)	0.032
代酸[例(%)]	86(0.4)	59(0.4)	18(0.5)	9(0.3)	0.606
肝功能不全[例(%)]	9471(45.8)	5633(40.3)	2046(53.4)	1792(62.7)	<0.001
出血倾向[例(%)]	4504(21.8)	2801(20.1)	982(25.6)	721(25.2)	<0.001

注:代酸为碳酸氢根 < 12 mmol/L

表 4 不同科室 AKI 患者实验室检查结果

项目	总计 (<i>n</i> = 20 659)	非手术科室 (<i>n</i> = 8 238)	传统手术科室 (<i>n</i> = 9 947)	ICU (<i>n</i> = 2 474)	<i>P</i> 值
肌酐 (μmol/L, $\bar{x} \pm s$)	130.43 ± 104.41	138.12 ± 107.82	119.52 ± 99.54	148.73 ± 107.13	<0.001
尿素 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	11.17 ± 7.29	11.88 ± 7.61	10.15 ± 6.78	12.88 ± 7.59	<0.001
eGFR [mL/(min · 1.73m ²), $\bar{x} \pm s$]	71.68 ± 32.58	68.32 ± 34.30	75.94 ± 29.71	65.71 ± 35.40	<0.001
尿酸 (μmol/L, $\bar{x} \pm s$)	321.20 ± 143.04	346.07 ± 156.36	309.45 ± 125.73	285.20 ± 148.42	<0.001
碳酸氢根 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	22.86 ± 3.33	22.97 ± 3.61	23.08 ± 2.84	21.65 ± 3.91	<0.001
尿蛋白 ($\bar{x} \pm s$)	0.75 ± 0.86	0.80 ± 0.89	0.59 ± 0.78	1.12 ± 0.88	<0.001
血红蛋白 (g/L, $\bar{x} \pm s$)	104.11 ± 21.69	100.12 ± 23.77	108.85 ± 18.73	98.30 ± 21.46	<0.001
血小板计数 (×10 ⁹ /L, $\bar{x} \pm s$)	174.58 ± 91.56	163.64 ± 97.91	188.74 ± 84.35	154.06 ± 88.68	<0.001
白细胞计数 (×10 ⁹ /L, $\bar{x} \pm s$)	10.77 ± 6.53	10.22 ± 8.11	10.84 ± 4.21	12.39 ± 7.89	<0.001
中性粒细胞比例 (% , $\bar{x} \pm s$)	77.24 ± 11.24	74.50 ± 14.18	78.35 ± 7.72	81.85 ± 9.76	<0.001
淋巴细胞比例 (% , $\bar{x} \pm s$)	13.47 ± 8.96	15.39 ± 11.46	12.68 ± 6.10	10.32 ± 7.68	<0.001
单核细胞比例 (% , $\bar{x} \pm s$)	7.69 ± 3.82	8.42 ± 5.17	7.34 ± 2.22	6.64 ± 3.16	<0.001
钾 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	4.19 ± 0.46	4.19 ± 0.51	4.19 ± 0.42	4.17 ± 0.46	0.043
钙 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	2.15 ± 0.17	2.15 ± 0.19	2.17 ± 0.15	2.04 ± 0.17	<0.001
钠 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	139.71 ± 5.43	138.50 ± 5.24	140.24 ± 5.09	141.57 ± 6.45	<0.001
氯 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	102.03 ± 5.90	100.67 ± 5.78	102.53 ± 5.49	104.53 ± 6.74	<0.001
磷 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	1.14 ± 0.46	1.15 ± 0.45	1.11 ± 0.42	1.18 ± 0.60	<0.001
镁 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	0.88 ± 0.18	0.88 ± 0.18	0.90 ± 0.18	0.84 ± 0.18	<0.001
白蛋白 (g/L, $\bar{x} \pm s$)	33.63 ± 5.18	33.11 ± 5.32	34.86 ± 4.73	30.45 ± 4.74	<0.001
丙氨酸转氨酶 (IU/L, $\bar{x} \pm s$)	120.20 ± 351.86	118.76 ± 337.52	105.44 ± 314.89	184.25 ± 500.86	<0.001
天门冬氨酸转氨酶 (IU/L, $\bar{x} \pm s$)	76.32 ± 215.46	71.33 ± 196.62	71.68 ± 202.52	111.55 ± 304.34	<0.001
总胆红素 (μmol/L, $\bar{x} \pm s$)	34.42 ± 71.46	43.68 ± 92.99	27.82 ± 50.50	30.12 ± 55.83	<0.001
直接胆红素 (μmol/L, $\bar{x} \pm s$)	23.95 ± 58.37	32.04 ± 75.62	18.03 ± 42.07	20.78 ± 43.88	<0.001
间接胆红素 (μmol/L, $\bar{x} \pm s$)	10.49 ± 15.27	11.71 ± 19.87	9.77 ± 9.94	9.38 ± 15.23	<0.001
葡萄糖 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	7.70 ± 3.76	7.83 ± 4.06	7.22 ± 3.04	9.25 ± 4.83	<0.001
胱抑素 C (mg/L, $\bar{x} \pm s$)	1.76 ± 1.15	1.98 ± 1.23	1.57 ± 0.96	1.97 ± 1.35	<0.001
总胆固醇 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	3.31 ± 1.17	3.41 ± 1.39	3.31 ± 0.97	3.03 ± 1.06	<0.001
甘油三酯 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	1.65 ± 1.49	1.75 ± 1.61	1.53 ± 1.25	1.79 ± 1.80	<0.001
低密度脂蛋白 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	2.09 ± 1.06	2.19 ± 1.17	2.13 ± 0.97	1.75 ± 0.95	<0.001
高密度脂蛋白 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	0.81 ± 0.37	0.80 ± 0.38	0.85 ± 0.35	0.73 ± 0.39	<0.001
降钙素原 (ng/mL, $\bar{x} \pm s$)	6.30 ± 14.83	4.82 ± 12.69	6.85 ± 15.14	8.41 ± 18.03	<0.001

续表

项目	总计 (<i>n</i> = 20 659)	非手术科室 (<i>n</i> = 8 238)	传统手术科室 (<i>n</i> = 9 947)	ICU (<i>n</i> = 2 474)	<i>P</i> 值
超敏 C 反应蛋白 (mg/L, $\bar{x} \pm s$)	70.34 ± 65.13	59.38 ± 60.17	78.78 ± 64.61	79.64 ± 75.34	<0.001
凝血酶原时间 (s, $\bar{x} \pm s$)	16.25 ± 5.15	16.72 ± 5.83	15.67 ± 4.17	17.10 ± 5.98	<0.001
纤维蛋白原 (g/L, $\bar{x} \pm s$)	3.88 ± 1.47	3.76 ± 1.58	3.94 ± 1.30	4.03 ± 1.67	<0.001
凝血酶时间 (s, $\bar{x} \pm s$)	21.06 ± 17.85	22.22 ± 22.40	18.79 ± 10.32	26.46 ± 22.80	<0.001
NT-proBNP (pg/mL, $\bar{x} \pm s$)	4162.28 ± 7853.32	5172.08 ± 9101.04	3023.80 ± 6090.69	4845.53 ± 8432.64	<0.001
肌红蛋白 (ng/mL, $\bar{x} \pm s$)	342.36 ± 360.60	309.37 ± 345.36	331.72 ± 346.58	439.63 ± 411.93	<0.001
肌酸激酶 (IU/L, $\bar{x} \pm s$)	518.86 ± 1530.29	385.49 ± 1156.96	476.95 ± 1323.10	850.59 ± 2300.17	<0.001
贫血[例(%)]	12703(61.5)	5513(66.9)	5399(54.3)	1791(72.4)	<0.001
高钾血症[例(%)]	222(1.1)	120(1.5)	71(0.7)	31(1.3)	<0.001
低钾血症[例(%)]	1034(5.0)	525(6.4)	395(4.0)	114(4.6)	<0.001
高磷血症[例(%)]	1038(5.0)	402(4.9)	384(3.9)	252(10.2)	<0.001
低钙血症[例(%)]	7388(35.8)	3052(37.0)	2716(27.3)	1620(65.5)	<0.001
代酸[例(%)]	86(0.4)	39(0.5)	21(0.2)	26(1.1)	<0.001
肝功能不全[例(%)]	9471(45.8)	3633(44.1)	4467(44.9)	1371(55.4)	<0.001
出血倾向[例(%)]	4504(21.8)	2406(29.2)	1357(13.6)	741(30.0)	<0.001

注:代酸为碳酸氢根 < 12 mmol/L

表 5 AKI 确诊病例的检出率和合并症情况[例(%)]

	总计	AKI 1 期	AKI 2 期	AKI 3 期	<i>P</i> 值	科室分类			<i>P</i> 值
						非手术 科 室	传统手 术科室	ICU	
诊断 AKI	1169(5.7)	629(4.5)	254(6.6)	286(10.0)	<0.001	545(6.6)	293(2.9)	331(13.4)	<0.001
高血压	5975(28.9)	4148(29.7)	1032(26.9)	795(27.8)	0.001	2425(29.4)	2702(27.2)	848(34.3)	<0.001
糖尿病	2905(14.1)	2064(14.8)	519(13.5)	322(11.3)	<0.001	1523(18.5)	950(9.6)	432(17.5)	<0.001
CKD	1223(5.9)	1004(7.2)	167(4.4)	52(1.8)	<0.001	857(10.4)	239(2.4)	127(5.1)	<0.001
高脂血症	623(3.0)	462(3.3)	86(2.2)	75(2.6)	0.001	357(4.3)	191(1.9)	75(3.0)	<0.001
肺炎	6691(32.4)	4089(29.3)	1484(38.7)	1118(39.1)	<0.001	3307(40.1)	1865(18.7)	1519(61.4)	<0.001
肿瘤	6946(33.6)	4903(35.1)	1310(34.2)	733(25.6)	<0.001	3417(41.5)	3238(32.6)	291(11.8)	<0.001
CAD	2682(13.0)	1822(13.0)	513(13.4)	347(12.1)	0.298	1371(16.6)	1019(10.2)	292(11.8)	<0.001
CHF	2331(11.3)	1495(10.7)	465(12.1)	371(13.0)	<0.001	1249(15.2)	781(7.9)	301(12.2)	<0.001
肝病	6590(31.9)	4295(30.7)	1360(35.5)	935(32.7)	<0.001	3241(39.3)	2441(24.5)	908(36.7)	<0.001
脑血管病	2610(12.6)	1717(12.3)	498(13.0)	395(13.8)	0.062	940(11.4)	997(10.0)	673(27.2)	<0.001

注:CKD:慢性肾脏病;CAD:冠状动脉性心脏病;CHF:充血性心力衰竭

7. 死亡病例的分布:死亡病例中,40 ~ 59 岁年龄段中,男性 422 例(20.4%),女性 137 例(6.7%);60 ~ < 80 岁年龄段中,男性 920 例(44.6%),女性 401 例(19.4%);≥80 岁患者死亡率最高(男性5.16%,女性 4.15%),见图 4A。≥20 岁年龄段死亡率男性均高于女性,见图 4B。

讨 论

AKI 作为一种常见的临床综合征,在全球范围内的发生率逐年上升,严重威胁着患者的生命健康^[4]。本研究发现 AKI 在夏季的发生率低于冬季,与 2013 年的回顾性研究结果一致^[5],这可能与冬季

环境温度较低、湿度较高有关,提示在冬季要特别关注高危人群的水和电解质平衡,以减少 AKI 的发生。本研究中男性的 AKI 发生率高于女性,中老年人群发生率和死亡率高于年轻人,这可能与雌激素对肾脏的保护作用^[6]及老年人肾脏功能下降^[7]有关。应加强对高风险人群肾功能指标的监测,早期及时干预。

本研究中 AKI 发生率在各科室分布上存在差异。ICU 和心血管外科的发生率最高,这可能是手术本身的创伤、大量出血、外源性和内源性毒素、代谢因子、缺血和再灌注、神经激素激活、炎症和氧化应激等因素造成的^[8]。非手术科室中,感染科和心

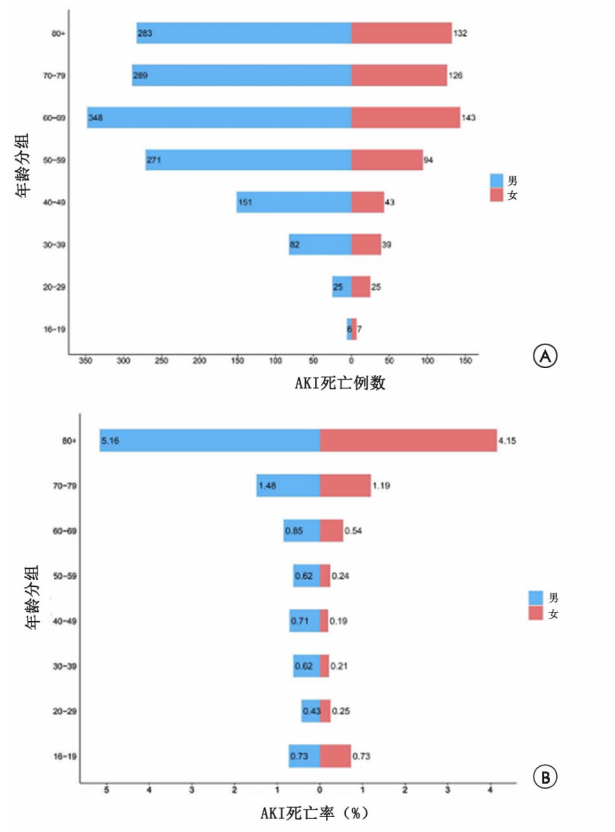


图4 AKI 死亡病例的分布情况(A:AKI 死亡例数;B:AKI 死亡率)

内科的AKI发生率最高,可能与感染性疾病的系统性炎症反应、心脏疾病导致的血液灌注不足和肾毒性药物有关^[9, 10]。对于这些科室的患者,应加强术前评估和术后监护,及时识别和处理AKI。

本研究中所有符合KDIGO标准的AKI病例中,仅有5.9%被诊断为AKI,漏诊率高,表明目前AKI的诊断仍存在较大挑战^[4, 11, 12]。漏诊导致不良结局,使死亡率增加^[13]。相关研究显示,老年AKI患者存在严重的诊断和治疗不足^[14]。因此,提高对AKI的诊断意识,优化诊断流程,对于提高AKI的诊断率有重要意义。目前,血清肌酐和尿量作为AKI诊断的金标准,但这些指标往往在肾功能损害较晚期才会发生改变^[15, 16]。因此,研究和推广早期生物标志物,如丙氨酸氨基肽酶、碱性磷酸酶、 γ -谷氨酰转肽酶、CysC、铁调素、TIMP-7、IGFBP1、尿肾损伤分子1、肝型脂肪酸结合蛋白水平、脑啡肽原A、血清正五聚蛋白、高迁移率族蛋白1和微小RNA-21等^[16~18],对于早期发现和治疗AKI至关重要。

不同科室的AKI患者的实验室检查结果和合并症存在差异。高血压、糖尿病和肝病是AKI患者的主要合并症,有研究表明,慢性肾脏病、肾外器官

衰竭、休克和心脏手术是这些患者发生AKI的主要因素,贫血和电解质紊乱增加了治疗的复杂性和患者的死亡风险^[19, 20]。应重视这些合并症和实验室指标的管理,以减少AKI的发生和提高患者的生存率。

本研究存在一定的局限性。单中心回顾性分析,无法全面反映不同地区、不同医疗水平的医院中AKI的实际情况;5年的研究时间跨度影响了资料收集,诊断AKI的标准仅考虑了血肌酐,未考虑尿量。AKI的防治需要多学科协作,强化对高风险人群的监测和管理,优化诊疗流程,提高医务人员的诊断能力,以及针对合并症的综合治疗,才能有效降低AKI的发生率和死亡率,改善患者的预后。健康教育提高公众对AKI及其风险因素的认识,从而实现早期诊断和治疗,减少AKI的发生和相关并发症。

参考文献

- James MT, Bhatt M, Pannu N, et al. Long-term outcomes of acute kidney injury and strategies for improved care [J]. Nat Rev Nephrol, 2020, 16 (4) :193-205.
- Xu X, Nie S, Liu Z, et al. Epidemiology and clinical correlates of AKI in Chinese hospitalized adults [J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2015, 10 (9) :1510-1518.
- Khwaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury [J]. Nephron Clin Pract, 2012, 120 (4) :c179-c184.
- Ronco C, Bellomo R, Kellum JA. Acute kidney injury [J]. Lancet, 2019, 394 (10212) :1949-1964.
- Li J, Zhou Q, Zhang D, et al. Seasonal variation in the detection rate and all-cause in-hospital mortality of AKI in China: A nationwide cohort study [J]. Front Public Health, 2022, 10:947185.
- Neugarten J, Golestaneh L. Sex Differences in acute kidney injury [J]. Semin Nephrol, 2022, 42 (2) :208-218.
- Matsumoto K, Prowle JR. COVID-19-associated AKI [J]. Curr Opin Crit Care, 2022, 28 (6) :630-637.
- Bellomo R, Aurieremma S, Fabbri A, et al. The pathophysiology of cardiac surgery-associated acute kidney injury (CSA-AKI) [J]. Int J Artif Organs, 2008, 31 (2) :166-178.
- Genovesi S, Regolisti G, Burlacu A, et al. The conundrum of the complex relationship between acute kidney injury and cardiac arrhythmias [J]. Nephrol Dial Transplant, 2023, 38 (5) :1097-1112.
- Fan Z, Jiang J, Xiao C, et al. Construction and validation of prognostic models in critically ill patients with sepsis-associated acute kidney injury: interpretable machine learning approach [J]. J Transl Med, 2023, 21 (1) :406.
- Cheng X, Wu B, Liu Y, et al. Incidence and diagnosis of acute kidney injury in hospitalized adult patients: a retrospective observational study in a tertiary teaching hospital in southeast China [J]. BMC Nephrol, 2017, 18 (1) :203.

(下转第 315 页)

善作用,可能与 PI3K/Akt/eNOS 信号通路活性被抑制有关。本研究为单中心研究,例数较少,随访时间也较短,需要进一步对长时间预后结局进行探索。

参 考 文 献

1 Salvador DB Jr, Gamba MR, Gonzalez-Jaramillo N, et al. Diabetes and myocardial fibrosis: a systematic review and meta-analysis[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2022, 15(5):796-808.

2 Nakamura K, Miyoshi T, Yoshida M, et al. Pathophysiology and treatment of diabetic cardiomyopathy and heart failure in patients with diabetes mellitus[J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(7):3587-3590.

3 Singh G, Krauthamer M, Bjalme-Evans M. Wegovy (semaglutide): a new weight loss drug for chronic weight management[J]. J Investig Med, 2022, 70(1):5-13.

4 Li C, Zhang J, Xue M, et al. SGLT2 inhibition with empagliflozin attenuates myocardial oxidative stress and fibrosis in diabetic mice heart[J]. Cardiovasc Diabetol, 2019, 18(1):15-17.

5 夏凤帆. 基于心脏磁共振细胞外容积定量扩张型与肥厚型心肌病心肌纤维化与室性心律失常相关性研究[D]. 南方医科大学, 2022.

6 Corrado D, Perazzolo Marra M, Zorzi A, et al. Diagnosis of arrhythmogenic cardiomyopathy: The Padua criteria [J]. Int J Cardiol, 2020, 319: 106-114.

7 陈海雄, 黎敏燕, 杜勇兴, 等. 基于心脏 MRI 探讨非缺血性心脏病中医辨证分型与心肌纤维化的相关性[J]. 南京中医药大学学报, 2021, 37(05):678-681.

8 Kosiborod MN, Abildstrøm SZ, Borlaug BA, et al. Design and baseline characteristics of STEP-HFpEF program evaluating semaglutide in patients with obesity HFpEF phenotype[J]. JACC Heart Fail, 2023, 11(8 Pt 1):1000-1010.

9 Habib M, Adler A, Fardfini K, et al. Progression of myocardial fibrosis in hypertrophic cardiomyopathy: a cardiac magnetic resonance study [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2021, 14(5):947-958.

10 Wang X, Pan J, Liu D, et al. Nicorandil alleviates apoptosis in diabetic cardiomyopathy through PI3K/Akt pathway[J]. J Cell Mol Med. 2019, 23(8):5349-5359.

11 Ning W, Li S, Yang W, et al. Blocking exosomal miRNA-153-3p derived from bone marrow mesenchymal stem cells ameliorates hypoxia-induced myocardial and microvascular damage by targeting the AN-GPT1-mediated VEGF/PI3k/Akt/eNOS pathway [J]. Cell Signal. 2021, 77:109812.

12 唐碧, 崔路遥, 周静, 等. 蛋白激酶 C 和半乳糖凝集素-3 对心肌纤维化、心力衰竭的影响及作用机制[J]. 华中科技大学学报(医学版), 2019, 48(1):21-25, 57.

13 付舒, 李叶丽, 吴雨婷, 等. 淫羊藿次苷 II 通过调节 MMP-2、MMP-9 和 TIMP-1 的表达抗自发性高血压大鼠心肌纤维化[J]. 中国药理学通报, 2018, 34(9):1253-1257.

14 Xue X, Ling X, Xi W, et al. Exogenous hydrogen sulfide reduces atrial remodeling and atrial fibrillation induced by diabetes mellitus via activation of the PI3K/Akt/eNOS pathway[J]. Mol Med Rep. 2020, 22(3):1759-1766.

15 Kosiborod MN, Abildstrøm SZ, Borlaug BA, et al. Semaglutide in patients with heart failure with preserved ejection fraction and obesity [J]. N Engl J Med, 2023, 389(12):1069-1084.

16 刘芬, 崔新明, 徐佳, 等. 黄芪注射液调节 PI3K/AKT 通路改善心肌梗死后心肌重塑[J]. 中国比较医学杂志, 2019, 29(6):32-38.

17 刘鑫, 刘甜甜, 姚魁武, 等. 芪参益气滴丸调控 Sirt1 与 eNOS 互作促进糖尿病心肌缺血损伤修复再生[J]. 中草药, 2023, 54(14):4564-4572.

(2024-04-23 收稿 2024-09-03 修回)

(上接第 310 页)

12 Otero Alonso P, Pérez Fontán M, López Iglesias A, et al. High rates of protein intake are associated with an accelerated rate of decline of residual kidney function in incident peritoneal dialysis patients [J]. Nephrol Dial Transplant, 2019, 34(8):1394-1400.

13 Li Q, Hu P, Kang H, et al. Clinical characteristics and short-term outcomes of acute kidney injury missed diagnosis in older patients with severe COVID-19 in intensive care unit[J]. J Nutr Health Aging, 2021, 25(4):492-500.

14 Li Q, Li G, Ju H, et al. Missed diagnosis of acute kidney injury in older patients with invasive mechanical ventilation: a multicenter retrospective study[J]. Aging Clin Exp Res, 2022, 34(11):2887-2895.

15 Koeze J, Keus F, Dieperink W, et al. Incidence timing and outcome of AKI in critically ill patients varies with the definition used and the addition of urine output criteria[J]. BMC Nephrol, 2017, 18(1):70.

16 Yoon SY, Kim JS, Jeong KH, et al. Acute kidney injury: biomarker-

guided diagnosis and management[J]. Medicina (Kaunas), 2022, 58(3):340.

17 高洁, 冯阳, 吴君俊, 等. 尿肾损伤分子 1 和肝型脂肪酸结合蛋白水平对脓毒症急性肾损伤的预测价值[J]. 内科急危重症杂志, 2020, 26(3):212-215.

18 史添立, 罗贞, 焦石. 联合检测血清正五聚蛋白、高迁移率族蛋白 1 及微小 RNA-21 对急性肾损伤有预测价值[J]. 内科急危重症杂志, 2023, 29(4):277-279.

19 Rossaint J, Zarbock A. Acute kidney injury: definition, diagnosis and epidemiology[J]. Minerva Urol Nefrol, 2016, 68(1):49-57.

20 Lei Y, Nie S, Sun DH, et al. Epidemiology of acute kidney injury in Chinese critical patients[J]. Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao, 2016, 36(6):744-750.

(2024-07-15 收稿 2025-04-02 修回)

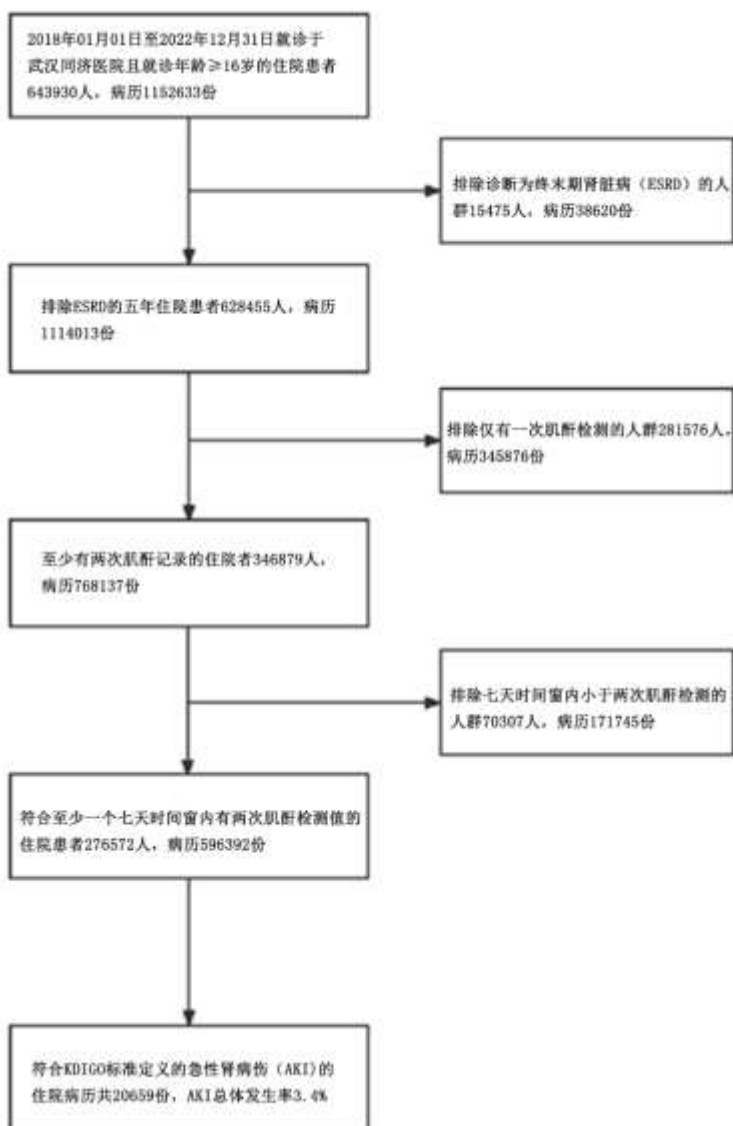


图 1 AKI 病例筛选流程图