· 临床研究 ·

血液透析患者高钾血症流行病学研究及影响因素分析

叶正[1,2]　洪大情[1,2]　李贵森[2]

[1]西南医科大学附属医院肾脏内科，泸州 646000；[2]四川省医学科学院·四川省人民医院肾脏内科，成都 610072

通信作者：洪大情，Email：hongdaqing11@126. com

【摘要】 目的　分析维持性血液透析（maintenance hemodialysis，MHD）患者高钾血症的发生率、复发率及其影响因素，为高钾血症的防治及研究提供重要参考依据。**方法**　回顾性收集2021年1月1日至2024年10月9日四川省医学科学院·四川省人民医院MHD患者的资料，以血钾＞5. 0 mmol/L定义为高钾血症，计算高钾血症的发生率和复发率，并分析影响MHD患者发生高钾血症的独立相关因素。**结果**　（1）共纳入433例至少有1次血钾检测记录的患者，包含10 261次血钾结果，高钾血症占比为31. 3%；（2）2021年1月1日至2023年12月31日高钾血症的每年复发率分别为69. 3%、71. 1%和72. 5%；（3）影响因素分析结果显示继发性肾脏疾病、非自体动静脉内瘘透析通路、使用肾素-血管紧张素-醛固酮系统抑制剂（renin angiotensin-aldosterone system inhibitors，RAASi）类药物，以及高磷、高镁、高氯、低尿素清除率（urea reduction ratio，URR）、低三酰甘油、低钠等实验室指标是影响MHD患者高钾血症发生的重要危险因素。**结论**　MHD患者高钾血症发生率及复发率较高，同时，肾脏原发病类型、透析通路、多种电解质水平、URR、三酰甘油、RAASi药物均与高钾血症发生密切相关。

【关键词】 血液透析；高钾血症；发生率；复发率

DOI：10. 3969/j. issn. 1671-2390. 2026. 10. 002

Epidemiological study of hyperkalemia in patients undergoing hemodialysis and analysis of associated factors

Ye Zheng[1,2], *Hong Da-qing*[1,2], *Li Gui-sen*[2]

[1]*Department of Nephrology, the Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou* 646000, *China*; [2]*Department of Nephrology, Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu* 610072, *China*

*Corresponding author: Hong Da-qing, Email: hongdaqing*11@126. *com*

【Abstract】 Objective　To analyze the incidence, recurrence rate, and associated factors of hyperkalemia in patients receiving maintenance hemodialysis (MHD), and to provide an important reference for the prevention, treatment, and further research of hyperkalemia. **Methods**　Data from MHD patients at Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital were retrospectively collected from January 1, 2021 to October 9, 2024. Hyperkalemia was defined as serum potassium ＞5. 0 mmol/L. The incidence and recurrence rate of hyperkalemia were calculated, and independent factors associated with hyperkalemia in MHD patients were analyzed. **Results**　(1) A total of 433 patients with at least one serum potassium measurement were included, comprising 10 261 serum potassium results; the proportion of hyperkalemia was 31. 3%. (2) The annual recurrence rates of hyperkalemia from January 1, 2021 to December 31, 2023 were 69. 3%, 71. 1%, and 72. 5%, respectively. (3) Factor analysis showed that secondary renal disease, non-autologous arteriovenous fistula dialysis access, use of renin angiotensin-aldosterone system inhibitors (RAASi), and laboratory indicators such as high phosphorus, high magnesium, high chloride, low urea reduction ratio (URR), low triglycerides, and low so-

dium were important risk factors for hyperkalemia in MHD patients. **Conclusion** The incidence and recurrence rate of hyperkalemia are high in MHD patients. In addition, the type of primary kidney disease, dialysis access, multiple electrolyte levels, URR, triglycerides, and RAASi use are all closely associated with the occurrence of hyperkalemia.

【Key words】 Hemodialysis; Hyperkalemia; Incidence; Relapse rate

DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-2390. 2026. 10. 002

慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)是全球性公共卫生问题,高钾血症是CKD常见的并发症之一,也是影响患者预后的重要危险因素,最新中国指南推荐将血钾>5.0 mmol/L定义为高钾血症[1-2]。终末期肾病患者往往需要肾脏替代治疗以维持肾脏功能,调节电解质紊乱,在所有接受透析治疗的终末期肾病患者中,血液透析的占比最高,约为89%[3-6]。相较于未进行透析治疗及使用其他透析方式的CKD患者,使用血液透析治疗的CKD患者高钾血症的发生率最高。血液透析不能完全代替肾脏滤过功能,虽能有效清除体内蓄积的钾离子,但高钾血症仍会持续和反复,因此尽管规律接受血液透析治疗,仍有较高比例的血液透析患者反复发生高钾血症。有研究显示,血液透析患者高钾血症的发生率为30.0%~75.5%[7],复发率高达80%[8]。然而,血钾轻度升高,临床表现多无特异性,待血钾持续处于较高水平,则会出现心律失常、重症肌无力等表现,严重的高钾血症会导致心脏骤停甚至死亡,严重影响维持性血液透析(maintenance hemodialysis, MHD)患者的生存及预后[1,9]。因此,本研究旨在分析中国单中心MHD患者高钾血症的发生率、复发率及独立相关因素,为预防高钾血症的发生提供应对措施,有效降低其发生率。

对象与方法

一、研究对象

本研究为回顾性研究,纳入2021年1月1日至2024年10月9日于四川省医学科学院·四川省人民医院血液透析中心接受MHD治疗的门诊患者433例。纳入标准:(1)符合CKD诊断标准;(2)年龄≥18岁;(3)规律血液透析≥3个月;(4)有完整的临床数据且至少接受过1次血钾检测。排除标准:(1)预留信息不全,所需医疗信息不全;(2)急性消化道出血(门诊或住院诊断);(3)检验时出现标本溶血(检验单备注信息)。本研究获得四川省医学科学院·四川省人民医院医学伦理委员会批准[审批号:伦审(研)2024第576号]。

二、研究方法

1. 一般资料收集 研究数据源于四川省医学科学院·四川省人民医院血液透析管理信息系统,包括基本信息、各项实验室指标及透析相关信息等。本研究主要收集患者的性别、年龄、基础病(包括糖尿病、高血压)、肾脏原发疾病、干体重、透析龄、透析频率、透析通路等基本信息,透析前血钾值、尿素清除指数(urea clearance index, Kt/V)、血肌酐、血尿素、血钙、血镁、三酰甘油、白蛋白、血红蛋白、甲状旁腺素水平等实验室检测信息和肾素-血管紧张素-醛固酮系统抑制剂(renin angiotensin-aldosterone aystem inhibitors, RAASi)等用药情况。

2. 定义 高钾血症定义为血钾>5 mmol/L。血钾异常值定义为远超生理及病理常见血钾范围的血钾浓度。根据《中国慢性肾脏病患者血钾管理实践专家共识》定义高钾血症的程度,轻度高钾血症定义为5.0 mmol/L<血钾<6.0 mmol/L;中度高钾血症定义为6.0 mmol/L≤血钾<6.5 mmol/L;重度高钾血症定义为血钾≥6.5 mmol/L(选择1年中最高的血钾值)。高钾血症发生率为血钾升高的患者例数占总患者例数的百分比。高钾血症的复发率为血钾>5 mmol/L的次数≥2次的患者例数占高钾血症患者总例数的百分比。

3. 分组 本研究以血钾检测例次为分析单位,按照高钾血症的定义,血钾>5 mmol/L的患者血钾检测结果例次纳入高钾血症组(n=1426),血钾≤5 mmol/L的患者血钾检测结果例次纳入非高钾血症组(n=2547)。同一患者可存在多次血钾检测结果,不同检测结果分别纳入不同分组。

三、统计学方法

采用SPSS 26.0软件对数据进行统计分析。计量资料经正态性检验,符合正态分布的资料均采用$\bar{x}\pm s$表示,组间比较采用独立样本t检验;不符合正态分布的资料均采用$M(Q_1, Q_3)$表示,组间比较采用Mann-Whitney U检验。分类计数资料均采用例(%)表示,组间比较采用χ^2检验。采用Logistic回归分析影响高钾血症的相关因素。P<0.05认为差异

有统计学意义。

结　果

一、MHD 患者的一般资料

本研究共纳入 433 例患者，男 271 例，占 62.6%，收集的资料包括性别、年龄、透析频率、透析通路、基础病、干体重及透析龄等。（表 1）

表 1　维持性 HD 患者的一般资料

Tab 1　General characteristics of patients receiving MHD

项目	所有患者（n=433）
性别[例(%)]	
男	271(62.6)
女	162(37.4)
年龄（岁，$\bar{x}\pm s$）	58.76±13.42
原发病[例(%)]	
淀粉样变肾损害	1(0.2)
多囊肾病	8(1.8)
高血压肾损害	24(5.5)
急进性肾炎综合征	3(0.7)
狼疮肾炎	5(1.2)
慢性肾小管间质性肾炎	1(0.2)
糖尿病肾脏疾病	76(17.6)
系统性血管炎肾损害	4(0.9)
原发病不明确	218(50.3)
原发性肾小球疾病	93(21.5)
透析频率[例(%)]	
＜3 次/周	48(11.1)
3 次/周	382(88.2)
＞3 次/周	3(0.7)
透析通路[例(%)]	
自体动静脉内瘘	409(94.5)
移植物动静脉内瘘	6(1.4)
带涤纶和涤纶套式透析导管	18(4.1)
透析类型[例(%)]	
HD	36(8.3)
HDF + HD	390(90.1)
HDF + HD + HP	7(1.6)
糖尿病[例(%)]	116(26.8)
高血压[例(%)]	383(88.5)
干体重（kg，$\bar{x}\pm s$）	59.71±11.72
透析龄（月）	67(30,133)

注：HD 为血液透析；HDF 为血液透析滤过；HP 为血液灌流；数据形式除标注外，均为 $M(Q_1,Q_3)$。

二、MHD 患者高钾血症的发生率及复发率

2021 年 1 月 1 日至 2024 年 10 月 9 日间，至少有 1 次透析前血钾检测结果的患者共纳入 433 例，血钾检测共 10 263 例次，去除异常值 2 例次（血钾浓度分别为 20.55 mmol/L、25.13 mmol/L），共纳入 10 261 例次透析前血钾检测结果，其中血钾＞5 mmol/L 共 3213 例次，高钾血症占比为 31.3%。排除 1 年内血钾检测次数为 1 次的患者，共纳入 432 例患者，分别计算 2021 年 1 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日高钾血症的发生率及复发率，单个患者 1 年内发生高钾血症次数≥2 次定义为慢性高钾血症。结果显示，2021、2022、2023 年高钾血症的发生率分别为 66.2%（225/340）、64.7%（249/385）和 68.8%（284/413）。2021、2022、2023 年高钾血症 1 年内的复发率分别为 69.3%（156/225）、71.1%（177/249）和 72.5%（206/284）。纳入研究的 3213 例次高钾血症结果中，轻度高钾血症占比 86.6%（2784/3213），中度高钾血症占比 9.1%（291/3212），重度高钾血症占比 4.3%（138/3213）。以单个患者 1 年内血钾最高值表示该患者的高钾血症程度，结果显示 2021、2022、2023 年高钾血症患者中以轻度高钾血症为主，分别为 70.2%、71.5%、70.4%；中度高钾血症分别为 22.2%、17.7%、19.4%；重度高钾血症分别为 7.6%、10.8%、10.2%。

三、MHD 患者发生高钾血症危险因素的 Logistic 回归分析

1. 两组患者一般资料比较　两组患者年龄、干体重、白细胞、红细胞、中性粒细胞、血红蛋白等比较，差异无统计学意义（P＞0.05）。高钾血症组患者总胆固醇、白蛋白、尿素、尿酸、血钙、血镁、透析龄、血磷、血肌酐水平显著高于非高钾血症组（P＜0.05）；而 URR、二氧化碳结合力、血氯、血钠、Kt/V、总胆红素、三酰甘油、直接胆红素、间接胆红素及空腹血糖水平显著低于非高钾血症组（P＜0.05）。（表 2）

2. 发生高钾血症的单因素 Logistic 回归分析　以高钾血症是否发生为因变量，将性别、年龄、肾脏原发病、透析相关指标、生化指标及使用 RAASi 类药物等临床资料作为自变量，行单因素二元 Logistic 回归分析，结果显示肾脏原发病、透析通路、URR、Kt/V、总胆固醇、三酰甘油、白蛋白、空腹血糖、尿素、血肌酐、电解质相关指标、间接胆红素、使用 RAASi 类药物均与高钾血症发生显著相关（P＜0.05）。（表 3）

3. 发生高钾血症的多因素 Logistic 回归分析　以高钾血症是否发生为因变量，将原发病、透析通路、URR、Kt/V、生化指标、用药指标作为自变量，采用进入法构建多因素 Logistic 回归模型，结果显示原发病、透析通路、URR、总胆固醇、三酰甘油、白蛋

表2　两组患者一般资料比较

Tab 2　Comparison of general characteristics between the two groups

项目	非高钾血症组(n=2547)	高钾血症组(n=1426)	$Z/t/\chi^2$值	P值
性别[例(%)]			0.192	0.661
男	1579(62.0)	874(61.3)		
女	968(38.0)	552(38.7)		
年龄(岁,$\bar{x}\pm s$)	59.45±12.74	58.90±12.20	1.341	0.180
原发病[例(%)]			25.733	<0.001
原发性肾脏疾病	745(29.3)	315(22.1)		
继发性肾脏疾病	609(23.9)	402(28.2)		
其他	1193(46.8)	709(49.7)		
透析频率[例(%)]			2.515	0.284
<3次/周	189(7.4)	126(8.8)		
3次/周	2343(92.0)	1292(90.6)		
>3次/周	15(0.6)	8(0.6)		
透析通路[例(%)]			9.772	0.002
自体动静脉内瘘	2443(95.9)	1336(93.7)		
其他类型透析通路	104(4.1)	90(6.3)		
透析类型[例(%)]			1.299	0.522
HD	102(4.0)	47(3.3)		
HDF + HD	2392(93.9)	1348(94.5)		
HDF + HD + HP	53(2.1)	31(2.2)		
糖尿病[例(%)]	576(22.6)	325(22.8)	0.016	0.899
高血压[例(%)]	2204(86.5)	1240(87.0)	0.142	0.706
干体重(kg,$\bar{x}\pm s$)	58.40±11.24	58.97±11.70	1.473	0.141
透析龄(月)	96(48,134)	102(57,134)	-2.418	0.016
URR(%,$\bar{x}\pm s$)	72.63±7.79	71.77±7.93	3.296	0.001
Kt/V	1.51(1.32,1.73)	1.48(1.29,1.73)	-2.456	0.014
中性粒细胞($\times10^9$/L)	3.86(3.05,4.79)	4.02(3.14,4.83)	-1.795	0.073
总胆固醇(mmol/L,$\bar{x}\pm s$)	3.77±0.97	3.85±0.92	2.425	0.015
总胆红素(μmol/L)	7.40(5.80,9.70)	7.00(5.70,9.00)	-4.138	<0.001
三酰甘油(mmol/L)	1.82(1.23,2.73)	1.76(1.20,2.60)	-2.037	0.042
甲状旁腺素(ng/L)	282.00(173.00,443.00)	289.00(174.75,427.25)	-0.561	0.575
白细胞计数($\times10^9$/L,$\bar{x}\pm s$)	5.93±1.74	6.01±1.63	1.471	0.141
白蛋白(g/L,$\bar{x}\pm s$)	41.34±3.31	42.07±3.17	6.768	<0.001
直接胆红素(μmol/L)	2.80(2.20,3.80)	2.60(2.10,3.40)	-5.936	<0.001
空腹血糖(mmol/L)	5.85(4.52,7.83)	5.29(4.31,7.16)	-5.756	<0.001
红细胞计数($\times10^{12}$/L,$\bar{x}\pm s$)	3.72±0.61	3.75±0.60	1.571	0.116
血小板计数($\times10^9$/L)	164.00(127.00,200.00)	165.50(134.00,200.25)	-1.458	0.145
血清铁蛋白(μg/L)	195.39(106.56,319.33)	188.74(110.00,302.70)	-0.771	0.441
血红蛋白(g/L,$\bar{x}\pm s$)	112.70±16.47	113.34±14.76	1.261	0.207
谷氨酰转肽酶(U/L)	17(12,26)	17(12,25)	-0.685	0.493
尿素(mmol/L,$\bar{x}\pm s$)	22.08±5.76	25.85±5.80	19.740	<0.001
尿素氮(mmol/L,$\bar{x}\pm s$)	21.33±6.56	25.26±6.52	18.157	<0.001
尿酸(μmol/L,$\bar{x}\pm s$)	420.67±98.48	443.44±91.37	7.325	<0.001
血磷(mmol/L)	1.67(1.37,2.02)	1.92(1.54,2.30)	-12.957	<0.001
血肌酐(μmol/L)	889.00(734.30,1036.30)	964.55(821.55,1117.20)	-10.629	<0.001
血钙(mmol/L,$\bar{x}\pm s$)	2.27±0.24	2.30±0.23	3.851	<0.001
血镁(mmol/L,$\bar{x}\pm s$)	1.10±0.14	1.18±0.15	16.187	<0.001
二氧化碳结合力(mmol/L,$\bar{x}\pm s$)	21.26±2.80	20.55±2.96	7.397	<0.001
血氯(mmol/L,$\bar{x}\pm s$)	98.90±3.62	98.49±3.74	3.406	0.001
血钠(mmol/L,$\bar{x}\pm s$)	138.44±3.08	137.97±3.06	4.621	<0.001
间接胆红素(μmol/L)	4.50(3.50,6.00)	4.50(3.40,5.70)	-2.571	0.010
使用RAASi类药物[例(%)]			23.502	<0.001
没有	1783(70.0)	891(62.5)		
有	764(30.0)	535(37.5)		

注:HD为血液透析;HDF为血液透析滤过;HP为血液灌流;URR为尿素清除率;Kt/V为尿素清除指数;RAASi为肾素-血管紧张素-醛固酮系统抑制剂;数据形式除标注外,均为$M(Q_1,Q_3)$。

表3　维持性HD患者发生高钾血症的单因素Logistic回归分析（n=3973）

Tab 3　Univariate Logistic regression analysis of hyperkalemia in patients receiving MHD（n=3973）

因素	B值	SE值	$Wald\ \chi^2$值	P值	OR（95%CI）
女性	0.030	0.068	0.192	0.661	1.030（0.902～1.177）
年龄	-0.003	0.003	1.754	0.185	0.997（0.991～1.002）
原发病			25.583	＜0.001	
原发性肾脏疾病	-	-	-	-	Ref
继发性肾脏疾病	0.445	0.093	22.948	＜0.001	1.561（1.301～1.873）
其他	0.340	0.082	17.131	＜0.001	1.406（1.196～1.651）
透析频率			2.509	0.285	
＜3次/周	-	-	-	-	Ref
3次/周	-0.190	0.120	2.496	0.114	0.827（0.654～1.047）
＞3次/周	-0.223	0.453	0.243	0.622	0.800（0.329～1.943）
透析通路					
自体动静脉内瘘	-	-	-	-	Ref
其他类型透析通路	0.459	0.148	9.626	0.002	1.582（1.184～2.115）
透析类型			1.295	0.523	
HD	-	-	-	-	Ref
HDF + HD	0.201	0.180	1.257	0.262	1.223（0.860～1.739）
HDF + HD + HP	0.239	0.287	0.692	0.405	1.269（0.724～2.227）
糖尿病	0.010	0.079	0.016	0.899	1.010（0.865～1.179）
高血压	0.037	0.098	0.142	0.706	1.038（0.857～1.257）
干体重	0.004	0.003	2.219	0.136	1.004（0.999～1.010）
透析龄	0.001	0.001	2.881	0.090	1.001（0.999～1.002）
URR	-0.014	0.004	10.796	0.001	0.986（0.978～0.994）
Kt/V	-0.126	0.064	3.934	0.047	0.882（0.778～0.999）
中性粒细胞	0.026	0.023	1.189	0.275	1.026（0.980～1.074）
总胆固醇	0.082	0.035	5.684	0.017	1.086（1.015～1.162）
总胆红素	-0.011	0.006	3.597	0.058	0.989（0.977～1.000）
三酰甘油	-0.064	0.024	7.047	0.008	0.938（0.894～0.983）
甲状旁腺素	＜0.001	＜0.001	0.662	0.416	0.999（0.998～1.000）
白细胞计数	0.028	0.019	2.085	0.149	1.028（0.990～1.068）
白蛋白	0.070	0.010	44.741	＜0.001	1.072（1.051～1.094）
直接胆红素	-0.008	0.006	1.724	0.189	0.992（0.980～1.004）
空腹血糖	-0.026	0.009	7.620	0.006	0.975（0.957～0.993）
红细胞计数	0.085	0.054	2.467	0.116	1.089（0.979～1.211）
血小板计数	0.001	0.001	1.676	0.195	1.001（0.999～1.002）
血清铁蛋白	＜0.001	＜0.001	0.014	0.905	0.999（0.998～1.000）
血红蛋白	0.003	0.002	1.495	0.221	1.003（0.998～1.007）
谷氨酰转肽酶	0.001	0.001	0.173	0.677	1.001（0.998～1.003）
尿素	0.110	0.006	321.383	＜0.001	1.116（1.103～1.129）
尿素氮	0.094	0.006	279.104	＜0.001	1.098（1.086～1.110）
尿酸	0.002	＜0.001	50.006	＜0.001	1.002（1.002～1.003）
血磷	0.875	0.065	179.276	＜0.001	2.400（2.111～2.728）
血肌酐	0.001	＜0.001	94.880	＜0.001	1.001（1.001～1.002）
血钙	0.544	0.142	14.705	＜0.001	1.723（1.305～2.275）
血镁	3.862	0.250	239.132	＜0.001	47.544（29.143～77.564）
二氧化碳结合力	-0.088	0.012	54.848	＜0.001	0.916（0.895～0.937）
血氯	-0.031	0.009	11.534	0.001	0.970（0.953～0.987）
血钠	-0.049	0.011	21.059	＜0.001	0.952（0.932～0.972）
间接胆红素	-0.050	0.015	10.843	0.001	0.952（0.924～0.980）
使用RAASi类药物	0.337	0.070	23.419	＜0.001	1.401（1.222～1.607）

注：HD为血液透析；HDF为血液透析滤过；HP为血液灌流；URR为尿素清除率；Kt/V为尿素清除指数；RAASi为肾素-血管紧张素-醛固酮系统抑制剂；Ref为参照组。

白、空腹血糖、尿素、血磷、血镁、二氧化碳结合力、血氯、血钠及使用RAASi类药物是高钾血症发生的独立影响因素（$P<0.05$）。其中，继发性及其他类型肾病、其他类型透析通路、总胆固醇、白蛋白、尿素、血磷、血镁、血氯升高、使用RAASi类药物为高钾血症发生的危险因素；URR、三酰甘油、空腹血糖及血钠为保护因素。（表4）

讨　论

本研究是一项单中心的回顾性研究，为分析血液透析患者高钾血症的发生率及复发率，收集了433例患者的10 261次血钾检测结果，结果表明高钾血症的占比为31.3%，2021年至2023年间高钾血症复发率为69.3%～72.5%，这与之前的研究结果一致[3,8,10]，其中詹亚等[11]还对血液透析患者高钾血症的发生率进行季节分析，结果表明高钾血症在夏季的发病率最低。

肾脏是人体排钾的重要途径，肾功能不全增加了高钾血症的发生风险，并且随着患者并发症及危险因素的增多，血钾水平波动愈加频繁，不良事件发生增多[12-13]。既往研究表明，反复发作的高钾血症与MHD患者死亡风险增加密切相关。一项纳入102项研究的系统性评价发现在血液透析患者中，约4%的患者因高钾血症死亡[14]。一项针对血液透析患者的大型国际队列研究发现，患者透析前血钾≤5.0 mmol/L与＞5.0～5.5 mmol/L，＞5.5～6.0 mmol/L及＞6.0 mmol/L相比，对应的全因死亡风险比分别为1.15（1.09，1.21），1.19（1.12，1.26），1.33（1.23，1.43）；透析后4个月内血钾峰值为轻度高钾血症（＞5.0～5.5 mmol/L）的患者与血钾≤5.0 mmol/L的患者相比，其透析后4个月的病死率、住院率和心血管不良事件发生率高出13%～15%[13]。Brunelli等[15]为探究血钾的短期临床结局，纳入52 734例患者共533 889次血钾检测结果，在血

表4　维持性血液透析患者发生高钾血症的多因素Logistic回归分析（n=3973）

Table 4　Multivariate Logistic regression analysis of hyperkalemia in patients receiving MHD（n=3973）

因素	B值	SE值	$Wald\ \chi^2$值	P值	OR（95%CI）
原发病			26.272	＜0.001	
原发性肾脏疾病	-	-	-	-	Ref
继发性肾脏疾病	0.537	0.107	25.357	＜0.001	1.711（1.388～2.110）
其他	0.341	0.091	13.902	＜0.001	1.406（1.175～1.681）
透析通路					
自体动静脉内瘘	-	-	-	-	Ref
其他类型透析通路	0.471	0.167	7.978	0.005	1.601（1.155～2.219）
URR	-0.018	0.009	4.290	0.038	0.982（0.966～0.999）
Kt/V	0.076	0.114	0.438	0.508	1.079（0.862～1.350）
总胆固醇	0.119	0.042	8.060	0.005	1.127（1.038～1.224）
三酰甘油	-0.073	0.030	6.076	0.014	0.929（0.877～0.985）
白蛋白	0.063	0.013	24.158	＜0.001	1.065（1.039～1.092）
空腹血糖	-0.033	0.011	8.525	0.004	0.967（0.946～0.989）
尿素	0.081	0.014	35.212	＜0.001	1.084（1.056～1.114）
尿素氮	0.019	0.013	2.338	0.126	1.020（0.995～1.045）
尿酸	＜0.001	＜0.001	0.968	0.325	1.000（0.999～1.000）
血磷	0.519	0.078	43.860	＜0.001	1.680（1.441～1.958）
血肌酐	＜0.001	＜0.001	0.048	0.827	1.000（0.999～1.001）
血钙	0.235	0.167	1.977	0.160	1.264（0.912～1.753）
血镁	2.232	0.290	59.118	＜0.001	9.316（5.274～16.455）
二氧化碳结合力	0.050	0.016	10.217	0.001	1.051（1.019～1.084）
血氯	0.118	0.016	52.789	＜0.001	1.126（1.090～1.162）
血钠	-0.167	0.020	72.668	＜0.001	0.846（0.814～0.879）
间接胆红素	-0.010	0.016	0.363	0.547	0.990（0.959～1.022）
使用RAASi类药物	0.264	0.077	11.775	0.001	1.302（1.120～1.514）
常量	1.621	1.910	0.720	0.396	-

注：URR为尿素清除率；Kt/V为尿素清除指数；RAASi为肾素-血管紧张素-醛固酮系统抑制剂；Ref为参照组。

钾检测后 4 d 内发现，当血钾＞5.5 mmol/L 时患者住院风险更大，当血钾＞6.0 mmol/L 时患者死亡和急诊就诊风险更大。此外，众多的危险因素进一步增加了 MHD 患者不良事件的发生风险。

本研究发现，高胆固醇、高白蛋白均是 MHD 患者高钾血症发生的独立相关因素。高胆固醇与高白蛋白可能反映患者营养状态良好，但同时也可能通过减少钾离子向细胞内转移或增加含钾食物摄入（如高蛋白饮食）间接升高血钾水平。据研究，部分高脂高蛋白饮食中含钾量高，例如动物内脏、鱼类、牛肉、羊肉、豆类食物等[1]。但膳食钾摄入量是否会影响血液透析患者的血钾水平，目前仍存在争议。Bernier-Jean 等[16]的研究中表明，在接受血液透析治疗的患者中，较高的钾摄入量与高钾血症无直接关联，这与 Ramos 等[17]、St-Jules 等[18]的研究结果相似。肾脏病预后质量倡议 CKD 营养临床实践指南提到目前没有证据表明膳食钾与血钾水平或临床结果之间存在关系，但通过调整膳食钾摄入量以将血钾维持在正常范围内是合理的[19]。

本研究结果显示，尿素水平与高钾血症呈正相关，URR 值与高钾血症呈负相关。高尿素、低 URR、高血磷通常提示透析不充分，从而影响钾的清除，其中高尿素水平常伴随蛋白质代谢异常，该现象可通过本研究结果解释：高血清白蛋白水平同样为高钾血症的危险因素。有研究发现，低血尿酸是严重高钾血症的独立危险因素，并推测高钾血症的发生可能与高钾血症并发代谢性酸中毒相关[20]。在本研究中未得到此结果，但本研究发现二氧化碳结合力越高，高钾血症的发生风险越大，考虑与维持性透析患者特殊病理状态有关，通过多种复杂机制影响钾离子代谢，从而增加高钾血症的发生风险。

RAASi 类药物的钾潴留作用已被广泛证实[21-23]，本研究再次验证其在 MHD 患者中的风险。RAASi 类药物通过抑制肾素-血管紧张素-醛固酮系统，减少醛固酮分泌，而醛固酮是促进肾脏远曲小管排钾的关键激素，其分泌减少会直接降低肾脏排钾的能力[24]。对于血液透析患者，本身因肾功能衰竭而存在排钾障碍，RAASi 类药物的使用进一步加重了钾排泄的负担，尤其当透析不充分或钾摄入控制不佳时，高钾血症发生风险显著升高[25]。需注意的是，RAASi 类药物对透析患者具有保护心血管和减少蛋白尿的重要作用[26]，临床需权衡其获益与高钾血症发生风险[27]。

对于合并高胆固醇、高血清白蛋白、高尿素、高血磷、高血镁、高二氧化碳结合力、高血氯、使用 RAASi 类药物的血液透析患者应加强血钾监测，及时处理高钾血症，根据高钾血症管理指南对 MHD 患者提供个体化管理策略：营养状态良好的患者应加强饮食钾摄入教育，调整饮食结构[28]；警惕电解质代谢紊乱，尤其是磷、镁、氯的异常；RAASi 类药物治疗期间，需严密监测血钾水平，必要时联用钾结合剂[1,24]。本研究仍存在一些局限性：（1）未收集到患者的饮食情况，无法评估膳食钾摄入对血液透析患者高钾血症发生的影响；（2）未将患者残余肾功能、透析液钾浓度、胰岛素水平等关键变量纳入分析，可能影响结果的解读；（3）为增加数据量，本次研究以检测例次为分析单位，结果可能存在一定的偏倚，后续需要以患者为单位进一步验证；（4）同一患者的血钾检测值未考虑时间的影响，统一归类为单次检测值，因此未能反映指标随时间波动的累积效应。但本研究的研究结果来自四川省医学科学院·四川省人民医院血液透析系统中的真实医疗数据，样本量大，纳入分析的信息齐全，具有真实性、准确性及参考价值，可以为 MHD 患者高钾血症的预防和管理提供建议。

综上所述，MHD 患者高钾血症存在发生率高、复发率高的特点，且 MHD 患者透析期间危险因素众多，血钾水平处于不断变化中，因此在高危患者中适当增加血钾检测的频率，及时发现血钾异常，对于预防 MHD 患者高钾血症反复发作具有重要意义。

利益冲突　所有作者均声明没有利益冲突

参　考　文　献

[1] 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. DOI: 10.3760/cma.j.cn441217-20200721-00139.
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. DOI: 10.3760/cma.j.cn441217-20200721-00139.

[2] 梅长林, 陈晓农, 郝传明, 等. 慢性肾脏病高钾血症风险评估及管理专家建议(2020 版)[J]. 中华医学杂志, 2020, 100(44): 3489-3493. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20200918-02669.
Mei CL, Chen XN, Hao CM, et al. Expert Recommendations on Risk Assessment and Management of Hyperkalemia in Chronic Kidney Disease (2020) [J]. Natl Med J China, 2020, 100(44): 3489-3493. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20200918-02669.

[3] Mei ZW, Chen J, Chen PP, et al. A nomogram to predict hyperkalemia in patients with hemodialysis: a retrospective cohort study[J]. BMC Nephrol, 2022, 23(1): 351. DOI: 10.1186/s12882-022-02976-4.

[4] Pecoits-Filho R, Okpechi IG, Donner JA, et al. Capturing and monitoring global differences in untreated and treated end-

stage kidney disease, kidney replacement therapy modality, and outcomes[J]. Kidney Int Suppl, 2020, 10(1): e3-e9. DOI: 10.1016/j.kisu.2019.11.001.

[5] Bello AK, Levin A, Tonelli M, et al. Assessment of global kidney health care status[J]. JAMA, 2017, 317(18): 1864-1881. DOI: 10.1001/jama.2017.4046.

[6] Bello AK, Levin A, Lunney M, et al. Status of care for end stage kidney disease in countries and regions worldwide: international cross sectional survey[J]. BMJ, 2019, 367: l5873. DOI: 10.1136/bmj.l5873.

[7] 边佳明, 左力, 赵厚宇, 等. 中国门诊患者高钾血症分布及诊疗现状的流行病学研究[J]. 中国血液净化, 2020, 19(11): 726-729, 746. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2020.11.002.
Bian JM, Zuo L, Zhao HY, et al. Epidemiology and treatment pattern of hyperkalemia among outpatients in China: a descriptive study using an administrative database in China[J]. Chin J Blood Purif, 2020, 19(11): 726-729, 746. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2020.11.002.

[8] Agiro A, Duling I, Eudicone J, et al. The prevalence of predialysis hyperkalemia and associated characteristics among hemodialysis patients: The RE-UTILIZE study[J]. Hemodial Int, 2022, 26(3): 397-407. DOI: 10.1111/hdi.13006.

[9] 中国研究型医院学会肾脏病学专业委员会. 钾离子结合剂在慢性肾脏病患者高钾血症治疗中应用的中国专家共识(2025年版)[J]. 中华肾脏病杂志, 2025, 41(4): 297-305. DOI: 10.3760/cma.j.cn441217-20241129-01162.
Nephrology Professional Committee of Chinese Research Hospital Association. Chinese expert consensus on the application of potassium ion binders in the treatment of hyperkalemia in patients with chronic kidney disease (2025)[J]. Chin J Nephrol, 2025, 41(4): 297-305. DOI: 10.3760/cma.j.cn441217-20241129-01162.

[10] Tsiagka D, Georgianos PI, Pikilidou MI, et al. Prevalence, recurrence and seasonal variation of hyperkalemia among patients on hemodialysis[J]. Int Urol Nephrol, 2022, 54(9): 2327-2334. DOI: 10.1007/s11255-022-03142-3.

[11] 詹亚, 何鑫, 蒲蕾, 等. 血液透析患者高钾血症季节分布特征研究[J]. 中国实用内科杂志, 2022, 42(1): 60-63. DOI: 10.19538/j.nk2022010112.
Zhan Y, He X, Pu L, et al. Study on the seasonal distribution of hyperkalemia in hemodialysis patients[J]. Chin J Pract Intern Med, 2022, 42(1): 60-63. DOI: 10.19538/j.nk2022010112.

[12] 黄耀禹, 毛慧娟, 邢昌赢. 维持性血液透析患者的高钾血症管理进展[J]. 中国血液净化, 2021, 20(12): 793-796. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2021.12.001.
Huang YY, Mao HJ, Xing CY. Recent advances in the management of hyperkalemia in patients on maintenance hemodialysis[J]. Chin J Blood Purif, 2021, 20(12): 793-796. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2021.12.001.

[13] Karaboyas A, Robinson BM, James G, et al. Hyperkalemia excursions are associated with an increased risk of mortality and hospitalizations in hemodialysis patients[J]. Clin Kidney J, 2021, 14(7): 1760-1769. DOI: 10.1093/ckj/sfaa208.

[14] Bem D, Sugrue D, Wilding B, et al. The effect of hyperkalemia and long inter-dialytic interval on morbidity and mortality in patients receiving hemodialysis: a systematic review[J]. Ren Fail, 2021, 43(1): 241-254. DOI: 10.1080/0886022X.2020.1871012.

[15] Brunelli SM, Du Mond C, Oestreicher N, et al. Serum potassium and short-term clinical outcomes among hemodialysis patients: impact of the long interdialytic interval[J]. Am J Kidney Dis, 2017, 70(1): 21-29. DOI: 10.1053/j.ajkd.2016.10.024.

[16] Bernier-Jean A, Wong G, Saglimbene V, et al. Dietary potassium intake and all-cause mortality in adults treated with hemodialysis[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2021, 16(12): 1851-1861. DOI: 10.2215/CJN.08360621.

[17] Ramos CI, González-Ortiz A, Espinosa-Cuevas A, et al. Does dietary potassium intake associate with hyperkalemia in patients with chronic kidney disease [J]. Nephrol Dial Transplant, 2021, 36(11): 2049-2057. DOI: 10.1093/ndt/gfaa232.

[18] St-Jules DE, Goldfarb DS, Sevick MA. Nutrient non-equivalence: does restricting high-potassium plant foods help to prevent hyperkalemia in hemodialysis patients [J]. J Ren Nutr, 2016, 26(5): 282-287. DOI: 10.1053/j.jrn.2016.02.005.

[19] Ikizler TA, Burrowes JD, Byham-Gray LD, et al. KDOQI clinical practice guideline for nutrition in CKD: 2020 update[J]. Am J Kidney Dis, 2020, 76(3): S1-S107. DOI: 10.1053/j.ajkd.2020.05.006.

[20] 王星星, 胡日红, 汪焱, 等. 维持性血液透析患者反复高钾及严重高钾血症的相关因素分析[J]. 浙江实用医学, 2023, 28(6): 466-470, 487. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3299.2023.06.003.
Wang XX, Hu RH, Wang Y, et al. Related factors for recurrent hyperkalemia and severe hyperkalemia in maintenance hemodialysis patients[J]. Zhejiang Pract Med, 2023, 28(6): 466-470, 487. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3299.2023.06.003.

[21] Trevisan M, de Deco P, Xu HR, et al. Incidence, predictors and clinical management of hyperkalaemia in new users of mineralocorticoid receptor antagonists[J]. Eur J Heart Fail, 2018, 20(8): 1217-1226. DOI: 10.1002/ejhf.1199.

[22] Hundemer GL, Sood MM. Hyperkalemia with RAAS inhibition: Mechanism, clinical significance, and management[J]. Pharmacol Res, 2021, 172: 105835. DOI: 10.1016/j.phrs.2021.105835.

[23] Weir MR, Rolfe M. Potassium homeostasis and renin-angiotensin-aldosterone system inhibitors[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2010, 5(3): 531-548. DOI: 10.2215/cjn.07821109.

[24] Clase CM, Carrero JJ, Ellison DH, et al. Potassium homeostasis and management of dyskalemia in kidney diseases: conclusions from a Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Controversies Conference[J]. Kidney Int, 2020, 97(1): 42-61. DOI: 10.1016/j.kint.2019.09.018.

[25] Palmer BF. Potassium binders for hyperkalemia in chronic kidney disease-diet, renin-angiotensin-aldosterone system inhibitor therapy, and hemodialysis[J]. Mayo Clin Proc, 2020, 95(2): 339-354. DOI: 10.1016/j.mayocp.2019.05.019.

[26] Zhang F, Liu H, Liu D, et al. Effects of RAAS inhibitors in patients with kidney disease[J]. Curr Hypertens Rep, 2017, 19(9): 72. DOI: 10.1007/s11906-017-0771-9.

[27] Silva-Cardoso J, Brito D, Frazão JM, et al. Management of RAASi-associated hyperkalemia in patients with cardiovascular disease[J]. Heart Fail Rev, 2021, 26(4): 891-896. DOI: 10.1007/s10741-020-10069-3.

[28] MacLaughlin HL, McAuley E, Fry J, et al. Re-thinking hyperkalaemia management in chronic kidney disease-beyond food tables and nutrition myths: an evidence-based practice review[J]. Nutrients, 2023, 16(1): 3. DOI: 10.3390/nu16010003.

（收稿日期：2025-09-16）