

· 论著 · 罕见病研究 ·

外注射镓中毒实验室检查结果分析1例并文献复习*

李 燚¹ 李佐祥^{1,*} 李 玲¹ 侯 腾¹ 张 莎¹ 陈 博¹ 王苓萧²

1.贵州省第三人民医院(贵州省职业病防治院)检验科(贵州 贵阳 550008)

2.贵州省第三人民医院(贵州省职业病防治院)综合内科(贵州 贵阳 550008)

【摘要】目的 分析注射镓中毒患者的临床资料、实验室检查结果，以提高对镓中毒的认识。方法 采用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)检测注射镓中毒患者的血液、尿液中镓含量；临床常规血细胞分析仪、生化分析仪、血气分析仪等常规分析患者血常规、肝脏、肾脏等血清功能指标、动脉血气等；收集该名患者的临床资料，结合以往文献分析金属镓对患者各器官系统的影响。结果 患者血镓(1790μg/L)和尿镓(4780μg/L)含量高，但血液透析+灌流治疗后明显降低(2.7μg/L)。金属镓在人体以液态形式存在并累积到患者注射部位，常规治疗方法难以完全清除，临床治疗效果有限。体内镓中毒将损害机体免疫、肝脏、肾脏、血液等多个器官系统功能，且难以逆转。结论 注射金属镓中毒仍鲜有报道，以液态形式存在的镓金属在人体中将机体造成不可逆转的毒性作用，分析该例患者的临床资料及检验结果有助于将来所遇此类中毒事件的临床诊断。

【关键词】镓；金属中毒；临床；实验室检查；病例

【中图分类号】R446

【文献标识码】A

【基金项目】贵州省科技支撑计划项目(黔科合支撑[2022]一般180)

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2025.8.004

Analysis of Laboratory Examination of One Case of Poisoning with Gallium Injection*

LI Yi¹, LI Zuo-xiang^{1,*}, LI Ling¹, HOU Teng¹, ZHANG Sha¹, CHEN Bo¹, WANG Ling-xiao².

1.Department of Laboratory, The Third People's Hospital of Guizhou Province (Guizhou Provincial Preventive and Treatment Center for Occupational Diseases), Guiyang 550008, Guizhou Province, China

2.Department of General Internal Medicine, The Third People's Hospital of Guizhou Province (Guizhou Provincial Preventive and Treatment Center for Occupational Diseases), Guiyang 550008, Guizhou Province, China

Abstract: Objective To analyze the clinical data and laboratory examination results of patients with gallium poisoning due to gallium injection in order to improve awareness of gallium poisoning. **Methods** Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) was applied to detect the gallium concentration in the blood and urine of the patients with gallium poisoning by injection; a clinical routine blood cell analyzer and a biochemical analyzer were used to analyze the patient's hematology and serum parameters of the liver and kidney. Clinical data on the patient were obtained to discuss the effects of gallium metal on the patient's organs and systems in the context of the previous literature. **Results** The patient had high levels of blood gallium (1790μg/L) and urinary gallium (4780μg/L), but this was significantly reduced after hemodialysis and perfusion treatment (2.7μg/L). Gallium metal exists in a liquid state in the human body and accumulates at the injection site of the patient, which can hardly be completely cleared with conventional therapies and has limited clinical effects. Gallium poisoning would impair the body's immunity, liver, kidney, blood, and other organ system functions, which was difficult to reverse. **Conclusion** Injections of gallium metal poisoning remain rarely reported; the presence of gallium metal in a liquid state in the organism would cause irreversible toxic effects in the body. Analyzing the clinical data and test parameters of the case would be of assistance in the clinical diagnosis of this type of poisoning encountered in the future.

Keywords: Gallium; Metal Poisoning; Clinical; Laboratory Examinations; Case

镓(gallium, Ga)是一种IIIA族金属，镓化合物主要用于光电器件和集成电路的制造，在医学领域，放射性镓(⁶⁷Ga)和硝酸镓已被用于癌症以及钙和骨代谢紊乱的诊断和治疗剂^[1]。试验表明，在吸入、气管内给药或口服摄入暴露于镓化合物，动物的肺功能、呼吸道、肾脏功能、免疫功能、骨髓增生均会受到不同程度的损害^[1]。人类接触镓的主要途径为吸入^[2-3]。此前在本院中收治了一例注射镓中毒的患者，目前鲜少有相关的报道，因此，本文对该例患者的入院期间的临床资料及检验结果进行报道分析，以期临床将来再遇此类中毒事件提供诊断思路。

1 资料与方法

1.1 一般资料 1例镓中毒患者，男，47岁，因“头昏2周、全身麻木1周”入院。8月前于网上购买金属镓，自行多次注射至身体各部位，注射部位多次出现明显肿胀、疼痛，并伴有反复发热，于外院治疗病情有所好转。2个月后，注射部位发生病变，于村镇医院治疗后症状好转。2周前患者感头昏明显，1周前出现全身麻木，味觉减退，眼花，再次于外院治疗，无好转。2天前患者诉四肢无力，不能行走，2021年7月14日为进一步治疗入住我院。

1.2 方法

【第一作者】李 燚，女，初级检验技师，主要研究方向：慢性肝脏疾病的防治。E-mail: 1916801443@qq.com

【通讯作者】李佐祥，男，主任技师，主要研究方向：职业病危害因素的生物标志物研究。E-mail: GZSSYLIXZ@163.com

1.2.1 检测 抽取患者静脉血液，35000rpm离心10分钟，分离全血；采用电感耦合等离子体质谱法(inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)检测患者全血、血液有形成分及尿液样本中镓含量，流式细胞术检测患者血清中白细胞介素-6(interleukin-6, IL-6)，IL-10含量；血球分析仪(BC-6800，迈瑞，中国广州)检测患者血常规；生化分析仪检测(CL-6000，迈瑞，中国广州)患者的肝脏、肾脏、心肌酶谱等血清常规指标；血气分析仪(i15，理邦，中国深圳)检测患者动脉血气。

1.2.2 数据收集 收集该患者入院期间的临床资料与实验室检查结果。

2 结果

2.1 基本临床资料 患者既往行“疝”手术治疗，具性心理障碍症状，多年前患者家属发现患者常多部位皮下注射女生护肤品。对“青霉素”过敏，预防接种史不详，否认家族遗传病。入院查体：体温37.3℃，心率96次/分，呼吸20次/分，血压112mmHg/79mmHg。神志清，体型偏瘦，下眼睑青紫肿胀，双手背，双手臂内侧可见多处大小不一的包块，双下肢可见多处青紫。双肺呼吸音粗，心律齐，腹软，剑突下、左下腹、右下腹压痛肝脾无肿大。双目失明，双眼对光反射迟钝，无光感觉。

2.2 ICP-MS检测患者血镓、尿镓含量 对患者入院第三天的全血，血液有形成分，血液透析+灌流后的全血及尿液中的镓含量进行检测，结果见表1。

2.3 其他实验室检查 入院时检查，血常规：血红蛋白90g/L，红细胞压积31.6%，红细胞平均体积64.1fL，平均血红蛋白浓度285g/L，ALT 92.64U/L，白蛋白36.95g/L，内生肌酐清除率67.46mL/min，肌酸激酶14.7U/L，钙 1.97mmol/L，钾 4.67mmol/L。头颅CT提示左侧脑室前角旁缺血，鼻部、双侧颌面部、眶周皮下及双侧外耳道及耳廓多发高密度影。胸部DR显示双肺多发异常密度影，胸部及全腹部示注射部位多高致密度影^[4]。其他详细检验结果见表2~表8。

该患者尿液分析中尿隐血(++)，尿蛋白(++)，尿糖与尿酮体阳性，镜检有颗粒管型、白细胞、红细胞。该病例的体格检查、其他实验室检查及临床治疗(采用血液透析+灌流、对症及支持治疗)见参考文献^[4]，入院14d天后患者及家属选择放弃治疗，患者出院1天后死亡。

表1 患者不同样本中镓含量

样本类型	含量(μg/L)
全血	1790
血液有形成分	1289
血液透析+灌流后全血	2.7
尿液	4786

表2 该患者入院期间血常规结果变化

项目名称	7月16日	7月20日	7月22日	参考值范围
白细胞(×10 ⁹ /L)	6.94	10.43	8.22	3.5~9.5
中性粒细胞百分比(%)	86.2	90.9	87.8	40~75
淋巴细胞百分比(%)	7.0	2.6	4.9	20~50
嗜酸性粒细胞百分比(%)	0.6	0.3	0.2	0.4~8.0
红细胞(×10 ¹² /L)	4.41	4.63	3.88	4.3~5.8
血红蛋白(g/L)	78.0	83.0	70.0	130~175
红细胞压积(%)	27.2	27.7	23	40~50
红细胞平均体积(fL)	61.6	59.7	59.4	82~100
平均血红蛋白量(pg)	17.7	17.8	18	27~34
平均血红蛋白浓度(g/L)	288	298	303	316~354

其他血常规参数基本处于正常参考值范围

表3 该患者入院期炎症指标及缺铁性贫血指标检测结果变化

项目名称	7月14日	7月16日	7月22日早	参考值范围
C反应蛋白(mg/L)	<0.20	-	37.10	≤6.00
人降钙素原(ng/mL)	0.09	-	0.58	≤0.05
IL-6(pg/mL)	-	22.63	-	0.00~7.00
IL-10(pg/mL)	-	6.16	-	0.00~5.5
血清铁(μmol/L)	-	13.6	-	11~30
铁蛋白(ng/mL)	-	182.39	-	15~200
总铁结合力(μmol/L)	-	18.70	-	10.7~26.9
不饱和铁结合力(μmol/L)	-	5.1	-	20~62

注：“-”表示当日未检测。

表4 该患者入院期间血清肝脏合成功能指标检测结果变化

项目名称	7月17日	7月20日	7月22日	参考值范围
前白蛋白(mg/L)	151.5	126.2	-	200.0~430.0
总蛋白(g/L)	51.9	51.5	43.3	65.0~85.0
白蛋白(g/L)	32.4	31.3	27.2	40.0~55.0
球蛋白(g/L)	19.5	20.2	16.1	20.0~40.0
白蛋白/球蛋白	1.66	1.55	1.69	1.2~2.4

其他肝功能指标基本处于正常参考值范围内

注：“-”表示当日未检测。

表7 该患者入院期间心肌酶谱检测结果变化

项目名称	7月21日	7月24日	参考值范围
谷草转氨酶(U/L)	33.0	42.7	15.0~40.0
肌酸激酶(U/L)	67.5	188.6	24.0~190.0
肌酸激酶同工酶(U/L)	9.0	17	0.0~24.0
乳酸脱氢酶(U/L)	212.3	339.9	120.0~250.0
肌红蛋白(ng/mL)	44.48	299.16*	0.0~80.0
α-羟丁酸脱氢酶(U/L)	180.3	309.9	72.0~182.0
肌钙蛋白(ng/mL)	-	0.02	0.0~0.06

注：“-”表示当日未检测；“*”表示危急值。

表5 该患者入院期间血清肾脏功能指标检测结果变化

项目名称	7月17日	7月22日早	参考值范围
尿素(mmol/L)	6.72	9.87	3.1~8.0
肌酐(μmol/L)	50	65	57.0~97.0
尿酸(μmol/L)	172.4	145.7	202.0~416.0

注：“-”表示当日未检测。

表8 该患者入院期间血气检测结果变化

项目名称	7月23日	7月24日	参考值范围
患者体温(°C)	36.8	36.8	-
温度校正后pH	7.42	7.2	7.35~7.45
氧分压(mmHg)	110.0	107.0	80.0~100.0
温度校正后氧分压(mmHg)	109.0	106.0	80.0~100.0
二氧化碳分压(mmHg)	18.3’	14.1’	34.0~45.0
温度校正后二氧化碳分压(mmHg)	18.1	13.9	34.0~45.0
全血总血红蛋白浓度(g/dL)	6.6	8.2	11.0~17.0
全血血红蛋白饱和度(%)	98.6	97.0	91.9~99.9
红细胞压积(%)	21.0	25.0	40.0~50.0
血浆碳酸氢根浓度(mmol/L)	11.7	8.2	21.4~27.3
标准血浆碳酸氢根浓度(mmol/L)	15.0	8.5	21.3~24.8
全血碱剩余(mmol/L)	-11.7	-21.7	-5.0~5.0
细胞外液碱剩余(mmol/L)	-12.1	-21.8	-3.0~3.0
全血二氧化碳总浓度(mmol/L)	11.3	5.2	24.0~32.0
阴离子间隙(mmol/L)	22.5	31.2	8.0~16.0

注：“-”表示当日未检测；“*”表示危急值。

表6 该患者入院期间血清电解质检测结果变化

项目名称	7月17日	7月20日	7月22日早	7月22日中	7月22日晚	7月24日	参考值范围
钾(mmol/L)	3.42	3.04	2.34*	2.93	2.99	3.07	3.5~5.3
氯(mmol/L)	108.7	105.4	102.7	103.2	103.7	106.8	99.0~110.0
钠(mmol/L)	136.7	134.8	134.2	131.7	130.8	133.8	137.0~147.0
钙(mmol/L)	1.81	1.70	1.66	1.51	1.51	0.57	2.11~2.52
磷(mmol/L)	0.30	0.30	0.30	<0.30	<0.30	<0.30	0.85~1.51
镁(mmol/L)	0.85	0.77	0.73	0.63	0.63	0.57	0.75~1.02
铁(μmol/L)	12.50	9.60	-	8.30	8.60	12.90	10.60~36.70
碳酸氢盐	14.92	13.71	16.54	13.18	10.71	6.36	22.00~29.00

注：“-”表示当日未检测；“*”表示危急值。

3 讨论

镱元素在20℃的标准大气压下是一种柔软的银色金属，其熔点为29.7646℃，室温时跟水反应缓慢，但加热可催化反应，生成镱化合物^[5]。目前注射镱中毒的病例鲜少有报道，同时单纯金属镱在人体中的药代动力学较少有研究，大多是关于镱化合物的报道^[6]。由于镱元素的熔点较低，因此在人体体温作用下其以液态形式存在，并缓慢与水发生反应，生成镱化合物。研究表明，人体可耐受的硝酸镱剂量为500mg/m²的，但当其浓度增加至750mg/m²时，患者将出现明显肾毒性^[7]。本病例中患者有明确金属镱注射史，其在8个月内多次向体内注射金属镱约700g，同时体格检查、影像学结果提示患者体内

注射部位存在多个高致密影^[4]，提示患者罹患金属镱中毒，且由于液态镱在体内堆积而无法正常排出，导致患者体内镱剂量远超过人体耐受剂量，进而使多器官系统功能受损。

为确定和评估该患者体内镱负荷及治疗方案，在其住院期间，本实验室采用ICP-MS方法对患者血液、透析+灌流治疗后血液及尿液中的镱含量进行检测，结果显示患者血镱及尿镱含量均显著增加，且全血有形成分中镱含量与全血镱含量接近，同时发现尿镱含量较血镱含量更高。由于红细胞是全血的主要有形成分，推测金属镱主要累积在红细胞中，而后经由血液系统循环后通过肾脏排泄，与Love C等发现镱盐注射时间超24小时，约75%的给药剂量保留在体内，并均匀分布在软组织、

肝脏和骨/骨髓中相符合^[8]。目前尚无金属镓中毒治疗相关的确切方案,因此在患者住院期间主要进行对症及支持治疗,同时对患者进行血液透析及血液灌流治疗,检测结果提示血液透析+灌流治疗对患者有益,但累积在患者注射部位的剩余液态金属镓以手术治疗尚难以完全清除,损伤因素将持续存在。

转化为镓化合物的镓离子与铁具有共同的化学性质,因此镓在体内主要累及与铁相关过程,并可能竞争与铁相关结合蛋白而在红细胞中累积。镓可与转铁蛋白(transferrin, Tf)结合,且Tf增强了细胞对此种金属的摄取,而镓作为Tf-Ga和Tf-Fe竞争与转铁蛋白受体结合,并抑制受体介导的细胞对铁的摄取,使细胞处于相对缺铁状态,影响红系细胞利用铁来产生血红蛋白,导致患者出现贫血^[9-10]。同时镓诱导的细胞铁掺入阻断可能包括破坏内体酸化,影响铁与Tf的解离,导致铁循环出细胞,而不是通过内体转移到细胞质^[9],从而使患者血清铁蛋白、血清铁结合力等降低。研究表明Tf-Ga通过在祖细胞增殖的早期阶段干扰铁的利用来抑制造血祖细胞的生长,红系谱系前体细胞上转铁蛋白受体的数量远超骨髓前体上转铁蛋白受体数量,因此患者的小细胞低色素性贫血较白细胞减少症更严重^[11]。不同于汞可使血清TNF- α 和IL-8水平升高^[12],硝酸镓在免疫学环境中具有一系列积极作用,能够抑制炎症介质IL-6, TNF- α 和一氧化氮从活化的巨噬细胞样RAW 264细胞中释放^[13],且Tf-Ga以剂量依赖性方式抑制外周血单核细胞的增殖反应,使活化T细胞上IL-2受体密度的显著降低和CD3 / CD25 T细胞数量的轻微减少^[14]。血清结果显示该患者C反应蛋白、降钙素原、IL-6与IL-10均升高,提示金属镓影响了患者免疫功能,使该患者体内发生炎症反应或感染性反应,同时镓可集中于炎症和感染部位,与中性粒细胞中存在的乳铁蛋白紧密结合,或通过铁载体中的铁交换而定位于感染部位^[8, 15],影响患者免疫功能。

超剂量的镓将对各器官产生毒性。肝脏在维持全身铁稳态至关重要^[16],因此,当镓阻断肝脏摄取铁或替代铁被摄入时,会诱发肝脏损伤和功能失调,表现为血清中肝脏合成、分解等蛋白的异常表达^[17]。肾脏是维持体内平衡和调节酸碱平衡的主要器官,影响蛋白质、碳水化合物、脂质和水电解质代谢。对于外源性金属,肾脏是受影响最严重的器官之一,其可引起肾小球滤过和肾小管重吸收损伤,导致肾脏特定血清参数发生稳态变化^[7, 18]。大剂量注射镓后,患者的肾脏血清学功能指标发生改变,且尿液镜检见细胞及管型成分,说明该患者肾脏出现器质性及功能性的肾损伤,同时致损伤因素持续存在,患者机体功能难以恢复。肾脏功能受损将导致电解质平衡与体液酸碱平衡紊乱,部分激素降解失调等。体内酸碱平衡的维持和适应主要由呼吸和肾脏控制,肾脏通过重新吸收过滤的碳酸氢盐、通过氨生成和质子的产生来再生碳酸氢盐及通过排泄酸来促进酸碱平衡^[19-21]。该病例中患者体内有大量金属镓,严重损伤肾脏功能,导致肾糖阈、肾小球滤过、水钠代谢、钾离子稳态钙磷代谢等失衡或紊乱,出现低钾血症、低钙血症等。同时该患者在治疗期间可能发生感染、过度通气等,导致酸中毒等发生。酸中毒会改变离子通道功能,导致神经元兴奋性降低、心律失常和心肌收缩力下降,同时其通过诱导胰岛素抵抗影响新陈代谢,抑制糖酵解并诱导对儿茶酚胺的抵抗^[20],进

一步打破体内离子平衡。此外研究显示镓是骨吸收的有效抑制剂,可维持或恢复骨量,其对骨矿物质的影响包括降低羟基磷灰石的溶解度和增加现有羟基磷灰石晶体的生长,并增加钙/磷酸盐含量,长时间静脉输注镓化合物会导致患者出现低钙血症^[20-22],而低钙将引起体内所有平滑肌和心肌的扩张和收缩功能下降,进一步可能导致心衰等。该患者在出院前一日检验结果显示表明其已有电解质紊乱、肝脏、肾脏、心肌等损伤,推测这些器官或系统功能的损伤与体内镓金属累积,导致体内多器官中毒引发网络连锁效应所致。

综上所述,镓注射中毒可导致体内与铁代谢相关过程,肾脏及肝脏功能的损伤,诱发电解质紊乱及进一步心脏功能受损等,最终导致死亡等不良结局。目前镓中毒报道病例仍少见,因此,对该类病例诊疗过程中的检验结果的分析将有助于之后对镓中毒患者的了解,为临床诊疗方案提供线索。

参考文献

- [1] CHITAMBAR C R. Medical applications and toxicities of gallium compounds[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2010, 7(5): 2337-2361.
- [2] CHEN H W. Exposure and health risk of gallium, indium, and arsenic from semiconductor manufacturing industry workers[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2007, 78(1): 5-9.
- [3] LIAO Y H, YU H S, HO C K, et al. Biological monitoring of exposures to aluminium, gallium, indium, arsenic, and antimony in optoelectronic industry workers[J]. Journal of Occupational and Environmental Medicine, 2004, 46(9): 931-936.
- [4] 庞小菊, 王冬潇, 赵赞梅. 注射金属镓中毒1例报道[J]. 中国工业医学杂志, 2022, 35(4): 332-385.
- [5] XIE W, ALLIOUX F M, OU J Z, et al. Gallium-based liquid metal particles for therapeutics[J]. Trends in Biotechnology, 2021, 39(6): 624-640.
- [6] CHOI S R, TALMON G A, HEARNE K, et al. Combination therapy with gallium protoporphyrin and gallium nitrate exhibits enhanced antimicrobial activity in vitro and in vivo against methicillin-resistant staphylococcus aureus[J]. Molecular Pharmaceutics, 2023, 20(8): 4058-4070.
- [7] KRAKOFF I H, NEWMAN R A, GOLDBERG R S. Clinical toxicologic and pharmacologic studies of gallium nitrate[J]. Cancer, 1979, 44(5): 1722-1727.
- [8] LOVE C, PALESTRO C J. Altered biodistribution and incidental findings on gallium and labeled leukocyte/bone marrow scans[J]. Seminars in Nuclear Medicine, 2010, 40(4): 271-282.
- [9] CHITAMBAR C R, SELIGMAN P A. Effects of different transferrin forms on transferrin receptor expression, iron uptake, and cellular proliferation of human leukemic HL60 cells. Mechanisms responsible for the specific cytotoxicity of transferrin-gallium[J]. The Journal of Clinical Investigation, 1986, 78(6): 1538-1546.
- [10] SCOTT Z W, CHOI S R, BRITIGAN B E, et al. Development of gallium(III) as an antimicrobial drug targeting pathophysiologic iron metabolism of human pathogens[J]. ACS Infectious Diseases, 2023, 9(4): 716-38.
- [11] APSELOFF G. Therapeutic uses of gallium nitrate: past, present, and future[J]. American Journal of Therapeutics, 1999, 6(6): 327-339.
- [12] 王浩宇, 侯腾, 李佐祥, 等. 职业性汞接触对工人免疫功能的影响[J]. 中国职业医学, 2022, 49(6): 657-661.
- [13] MAKKONEN N, HIRVONEN M R, SAVOLAINEN K, et al. The effect of free gallium and gallium in liposomes on cytokine and nitric oxide secretion from macrophage-like cells in vitro[J]. Inflammation Research: Official Journal of the European Histamine Research Society, 1995, 44(12): 523-528.
- [14] DROBYSKI W R, UL-HAQ R, MAJEWSKI D, et al. Modulation of in vitro and in vivo T-cell responses by transferrin-gallium and gallium nitrate[J]. Blood, 1996, 88(8): 3056-3064.
- [15] HARRIS W R. Thermodynamics of gallium complexation by human lactoferrin[J]. Biochemistry, 1986, 25(4): 803-808.
- [16] ANDERSON E R, SHAH Y M. Iron homeostasis in the liver[J]. Comprehensive Physiology, 2013, 3(1): 315-330.
- [17] 孙升级, 刘建莉. L3-SMI预测乙型肝炎肝硬化急性失代偿患者病情进展的价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2025, 23(06): 105-108.
- [18] GÄRBAN G, SILAGHI-DIMITRESCU R, IONI Ȃ H, et al. Influence of novel gallium complexes on the homeostasis of some biochemical and hematological parameters in rats[J]. Biological Trace Element Research, 2013, 155(3): 387-395.
- [19] 苑婷婷, 王俊霞, 殷瑶瑶. CT尿路造影对肾脏病患者肾小球滤过率的评估效果[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(11): 123-124.
- [20] WAGNER C A, IMENEZ SILVA P H, BOURGEOIS S. Molecular Pathophysiology of Acid-Base Disorders[J]. Seminars in Nephrology, 2019, 39(4): 340-352.
- [21] NAGAMI G T, KRAUT J A. The role of the endocrine system in the regulation of acid-base balance by the kidney and the progression of chronic kidney disease[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2024, 25(4): 2420.
- [22] HUGHES T E, HANSEN L A. Gallium nitrate[J]. The Annals of Pharmacotherapy, 1992, 26(3): 354-362.

(收稿日期: 2024-05-25)

(校对编辑: 赵望淇、韩敏求)