

DOI: 10.16369/j.ohcr.issn.1007-1326.2023.06.025

· 案例剖析 ·

## 二氧化氯吸入致急性中毒 6 例救治体会

Treatment experience of six cases with acute poisoning caused by inhalation of chlorine dioxide

劳家志<sup>1</sup>, 刘志兵<sup>1</sup>, 白玉龙<sup>2</sup>

LAO Jiazhī<sup>1</sup>, LIU Zhībīng<sup>1</sup>, BAI Yulong<sup>2</sup>

1. 北海市人民医院急诊医学科,广西 北海 536000; 2. 广西医科大学第一附属医院急诊医学科,广西 南宁 530000

**摘要:**二氧化氯( $\text{ClO}_2$ )常用于漂白剂和饮用水消毒剂,可分解成次氯酸、氯气、氧气。国内曾有二氧化氯溶于水后中毒事件的报道,但吸入气态二氧化氯致急性中毒的患者少见。本报道中患者均为吸入气态二氧化氯后中毒,部分患者出现急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS),需体外膜肺氧合治疗,所有患者经治疗后痊愈。气态二氧化氯中毒主要累及呼吸系统,及时脱离中毒环境、抗炎症反应及呼吸支持、抗感染是治疗的关键;重症者大多于 24 h 内出现呼吸衰竭需机械通气,对常规机械通气无效、心功能良好的危重患者,可采用静脉-静脉体外膜肺氧合(veno-venous extracorporeal membrane oxygenation, V-V ECMO)替代肝脏功能。

**关键词:**二氧化氯中毒; 气体吸入; 急性呼吸窘迫综合征; 体外膜肺氧合

**中图分类号:** R135.1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1007-1326(2023)06-0779-04

**引用:**劳家志, 刘志兵, 白玉龙. 二氧化氯吸入致急性中毒 6 例救治体会[J]. 职业卫生与应急救援, 2023, 41(6): 779-782.

二氧化氯( $\text{ClO}_2$ )是一种既可溶于水起效、也可以气态分子起效的消毒剂。因其已广泛应用于水处理<sup>[1-2]</sup>、医疗卫生<sup>[3-4]</sup>及空气消毒<sup>[5]</sup>等领域,时有关于二氧化氯中毒事件的报道<sup>[6-8]</sup>,但因吸入气态二氧化氯导致急性中毒或出现急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)的重症病例在国内尚未见报道。本报道中 6 例中毒患者均为不慎暴露于气态二氧化氯而导致中毒,经治疗后痊愈。笔者就此 6 例患者的诊疗过程进行分析,以期总结经验,提高对此类患者诊治的认识,为今后救治经呼吸道吸入二氧化氯而引起的中毒提供参考。

### 1 事发经过

2022 年 4 月,笔者所在医院收治了 6 例因吸入二氧化氯致急性中毒的患者,其中 2 例轻症,4 例重症。据患者描述:事发时 6 人均位于放置二氧化氯液压系统的厂房内(厂房长宽约 40 m × 8 m),均闻及刺激性气味,随后出现眼涩、眼痛等症状,部分患者看到黄绿色烟雾从管道中逸出。6 人均佩戴了防护面罩(具体型号不详),距气源泄漏位置最近

为 2~3 m,最远为 10 m。在闻及刺激性气味或出现眼涩等症状后,6 人即跑步撤离,撤离时间大多为 2~3 min,最慢为 10 min。

### 2 临床资料

6 例患者病初均以眼涩、眼痛、咳嗽为主要症状,入院时各患者神志清,体温、脉搏、呼吸、血压、经皮动脉血氧饱和度等生命征正常。各患者查体均见结膜充血,实验室检查提示血白细胞计数及 C-反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、降钙素普遍升高,肝、肾功能未见异常。其中,重症患者两肺闻及湿性啰音,氧合能力持续下降,出现进行性呼吸困难,在发病后 9~48 h 行气管内插管、有创机械通气。对于常规机械通气不能纠正缺氧的重度中毒者,于中毒后 16~48 h 开始静脉-静脉体外膜肺氧合(veno-venous extracorporeal membrane oxygenation, V-V ECMO)治疗。根据 GBZ 73—2009《职业性急性化学物中毒性呼吸系统疾病诊断标准》,病例 1 和病例 2 判定为轻症,病例 3~6 判定为重症。各患者入院 48 h 内主要实验室检查及器械辅助治疗见表 1。

**作者简介:**劳家志(1985—),男,大学本科,主治医师

**通信作者:**刘志兵,副主任医师, E-mail: Lzbgt2001@163.com

表1 各患者入院48 h内主要实验室检查及器械辅助治疗

患者编号	白细胞/(×10 <sup>9</sup> /L)		C反应蛋白/(mg/L)		降钙素/(mg/L)		氧合指数		辅助通气		ECMO启动时间
	第1天	第2天	第1天	第2天	第1天	第2天	第1天	第2天	第1天	第2天	
1	10.71	16.2	0.8	—	—	—	445	372	—	—	未启动
2	10.27	11.2	4.2	—	—	—	295	343	—	—	未启动
3	16.27	16.79	14.9	61.5	1.91	12.81	39	68	有创	有创	中毒后16 h
4	14.39	18.15	0.7	9.3	0.07	6.5	170	93	无创	无创	未启动
5	15.08	17.18	2.6	38.4	0.07	0.51	158	60	无创	有创	中毒后35 h
6	10.31	15.02	0.3	17.1	0.07	0.33	231	140	无创	有创	中毒后65 h

注:“—”表示无此项数据。

### 3 治疗经过及预后

#### 3.1 轻症患者

2例轻症患者入院后给予清理口腔、鼻腔及清洗双眼,鼻导管吸氧等一般处理,实施局部使用糖皮质激素抗炎症反应、抗感染等治疗。在糖皮质激素使用方面,予布地奈德雾化液雾化吸入,5 mg,每日3次,并辅以妥布霉素地塞米松滴眼液每4 h滴眼1次;在抗感染方面,轻症患者均予喹诺酮类抗生素抗感染治疗。经抗炎症反应、抗感染等治疗12 d后,2例患者痊愈出院。

#### 3.2 重症患者

4例重症患者均出现ARDS,予机械通气、糖皮质激素抗炎症反应、抗生素抗感染等治疗。在机械通气方面,病例4经无创辅助通气[吸气压力(IPAP)14 cmH<sub>2</sub>O;呼气末压力(EPAP)4 cmH<sub>2</sub>O]后呼吸困难缓解,氧合好转,但出现少量纵膈气肿;其余3例重症患者在无创通气后呼吸困难、氧合均无好转,给予有创通气。有创机械通气患者均采用肺保护性通气策略,根据患者情况调整呼吸机条件。肺保护通气期间,病例6出现气胸,给予胸腔闭式引流术,其余患者无气胸。有创通气的重症患者氧合能力仍进行性下降,吸氧浓度100%,经评估后实施静脉-静脉体外膜肺氧合治疗(V-V ECMO)。在糖皮质激素使用方面,病例3、病例4,第1天为40 mg(每8 h 1次),第2天改为80 mg(每8 h 1次),持续到第5天,第6天开始减量;病例5、病例6,第1天为80 mg(每8 h 1次),持续到第5天,第6天开始减量。在激素使用期间,给予质子泵抑制剂预防消化性溃疡。在抗感染方面,4例重症患者均予以头孢哌酮舒巴坦2.0 g(每8 h 1次)抗感染治疗。其间,病例6出现高热,给予哌拉西林他唑巴坦联合利奈唑胺抗感染治疗。在血流动力学方面,有3例患者血流动力学不稳定,予以补液试验及缩血管活性药物维持血压。经综合治疗后,各患者肺部情况及氧合功能均好转,成功撤除ECMO及呼吸机。撤

机后,各患者定向力、理解力正常。3个月、6个月后随访患者,患者无不适主诉,生活自理。

### 4 影像学检查

所有患者入院当天查胸部CT考虑两肺化学性肺炎改变,见图1。重症患者入院后第3天复查胸部CT提示病灶较前明显增多,见图2。经抗感染治疗后,患者肺部炎症及氧合情况逐渐好转,于入院后第10天转呼吸内科继续治疗。

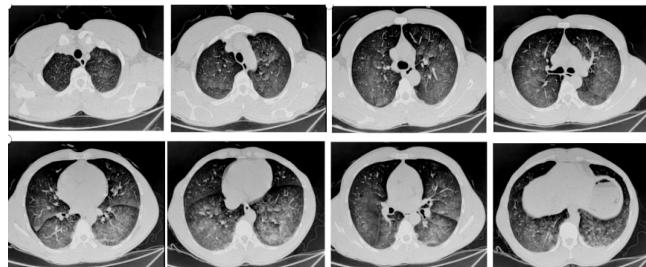


图1 入院时病例6患者胸部CT:考虑两肺化学性肺炎

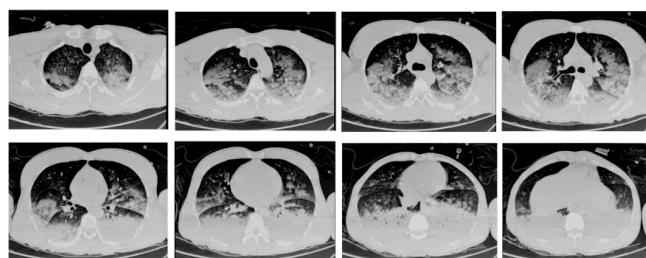


图2 入院第3天病例6患者复查胸部CT:  
两肺病灶较前明显增多

### 5 讨论

二氧化氯在常温下是一种黄绿色的气体,具有类似氯气的刺激性气味,有强氧化性,在较高温度下或光照下二氧化氯和水反应可生产亚氯酸和氯酸<sup>[9]</sup>。本组中毒患者均有咳嗽、呼吸困难等呼吸道症状,重症者氧合能力低下、出现ARDS,说明气态二氧化氯中毒主要使呼吸系统受累,这可能与二氧化氯的强氧化性、产物氯酸和亚氯酸的腐蚀性相关。

另外,重症患者距气源较近,脱离中毒环境所需时间较长,说明气态二氧化氯中毒严重程度与二氧化氯接触量相关。

目前尚无针对二氧化氯中毒的特效解毒药物,一旦发生中毒应尽快脱离中毒环境,减少毒物的吸收。此外,笔者认为气态二氧化氯中毒主要累及呼吸系统,救治时应注意以下方面:

(1) 减轻炎症反应。本案例中所有中毒患者短期内均使用糖皮质激素减轻炎症反应,不同之处在于:轻症患者经气道雾化吸入激素、外用等途径局部使用激素直至其症状明显缓解;重症患者静脉使用糖皮质激素。重症患者是否应用糖皮质激素减轻炎症反应一直是具有争议的话题,考虑到二氧化氯有较强的刺激性、氧化性以及和水反应产物氯酸、亚氯酸等的强腐蚀作用,重症患者已出现重度 ARDS,结合糖皮质激素使用指导原则<sup>[10]</sup>,建议对重症且达到急性肺损伤标准的病例使用糖皮质激素,以减轻肺的渗出、损伤和后期的肺纤维化,并改善肺的氧合功能。根据指导原则<sup>[10]</sup>建议,本案例中重症患者予甲泼尼龙 4 mg/(kg·d)的剂量,第 6 天开始减量,维持量为 40 mg(每 8 h 1 次)至拔除气管插管,拔除气管插管后逐渐减量至停用。另外,也可使用乌司他丁抗炎症反应。乌司他丁具有抑制炎症介质过度释放、减少炎性细胞因子表达、改善患者细胞免疫功能等多种药理作用<sup>[11]</sup>,乌司他丁可能会减轻严重脓毒症和脓毒性休克患者体内氧化应激水平<sup>[12]</sup>。

(2) 呼吸支持。呼吸支持分为无创通气及有创通气。本组 4 例重症患者中有 3 例患者氧合指数 > 150 mmHg,入院后即开始无创辅助通气,1 例患者氧合指数 < 100 mmHg,给予有创通气。3 例无创辅助通气者中有 1 例缺氧症状及呼吸困难改善,另外 2 例仍出现进行性呼吸困难,低氧血症无改善,于中毒后 48 h 内改为有创机械通气。Nava 等<sup>[13]</sup>对无创正压通气 (non invasive positive pressure ventilation, NIPPV) 治疗 ARDS 效果的 meta 分析发现,对于轻度 ARDS 可早期尝试 NIPPV<sup>[14]</sup>,随着患者低氧血症加重, NIPPV 失败率会升高。Antonelli 等<sup>[15]</sup>在对 NIPPV 失败原因进行多中心回顾分析中亦得出相同结论。故建议当患者氧合指数 > 200 mmHg 时可尝试实施无创通气。在有创通气方面,结合二氧化氯的化学性损伤、ARDS 等特点,采用了肺保护通气策略。对于中-重度的 ARDS 患者,建议予有创机械通气并采用肺保护通气策略;对急性全身感染引发的中度或重度 ARDS 患者,建议使用高水平呼吸末正

压 (positive end-expiratory pressure, PEEP) 而非低水平 PEEP 的通气策略<sup>[16-17]</sup>。

(3) ECMO 支持。ECMO 可分为静脉-静脉方式 ECMO (V-V ECMO) 及静脉-动脉方式 ECMO (V-A ECMO), V-V ECMO 使用于仅需呼吸支持的患者, V-A ECMO 可同时支持呼吸及循环功能。本案例中 4 例重症患者突出表现为呼吸系统受累而心脏未见受累,经实施肺保护通气策略后仍无法纠正低氧血症,遂选用 V-V ECMO 治疗。对于 ARDS 患者, V-V ECMO 支持的主要目的是部分替代肺功能,以维持基本的氧合和通气,让肺充分休息,为原发病的治疗争取时间。此外,还应最大限度地降低呼吸机支持水平,预防和减少呼吸机相关的肺损伤<sup>[18]</sup>。

(4) 抗感染治疗。本组 4 例重症患者均给予头孢哌酮舒巴坦 2.0 g(每 8 h 1 次)抗感染治疗。本案例中患者因吸入二氧化氯后出现重度 ARDS,需尽快控制感染,遏制向感染性休克的转变。在选择抗菌药物时,应根据患者的疾病和当地病原菌分布特点,选择以杀菌药物为主,尽可能选择针对最有可能的病原菌的抗菌药物。对有呼吸衰竭和感染性休克的严重感染患者,建议应用广谱  $\beta$  内酰胺类联合氨基糖苷类、氟喹诺酮类药物治疗铜绿假单胞菌。同样建议应用  $\beta$  内酰胺类联合大环内酯类药物治疗肺炎链球菌感染的感染性休克患者<sup>[16]</sup>。多数情况下,可使用一种碳青霉烯类或广谱青霉素/ $\beta$ -内酰胺酶抑制剂组合,也可使用三代或更高级别的头孢菌素。在病原学诊断及药敏结果明确或临床症状充分改善后推荐进行降阶梯治疗<sup>[17]</sup>。

(5) 液体管理。二氧化氯中毒并发 ARDS 的液体管理是一个十分棘手的难题。一方面,对于肺换气功能严重受损、循环不稳定的患者,静脉补液在维持合适的血管内容量、保证血流动力学稳定和重要脏器的灌注是十分重要的;另一方面,给予过多液体会加重肺水肿,进而损害气体交换。本案例中,在院期间有 3 例患者(病例 3、5、6)发病后 48 h 内曾出现血流动力学不稳定,予床边超声评估患者心脏收缩及舒张功能未见明显异常、下腔静脉存在呼吸变异度,结合中心静脉压在 10 ~ 12 cmH<sub>2</sub>O 间波动、中心静脉-动脉血二氧化碳分压差 (Pcv-aCO<sub>2</sub>) 值 > 6 mmHg 等指标变化,估计存在有效血容量不足,遂进行补液试验;对补液阴性者加用缩血管活性药维持血压。经上述处置措施后,各患者血流动力学稳定。在保证灌注的前提下,根据诊断和治疗指南<sup>[19]</sup>推荐,间断给予速尿静推维持液体负平衡,有助于改善 ARDS 病人的氧合和肺损伤。

基于本组6例患者的临床表现提示,吸入二氧化氯中毒主要累及呼吸系统,重症者病情进展快,大多于24 h内出现呼吸衰竭需机械通气,有进展为ARDS、出现血流动力学不稳定等表现。及时脱离中毒环境、抗炎症反应及呼吸支持、抗感染是治疗的关键。对常规机械通气无效、心功能良好的危重患者,可采用V-V ECMO替代肺脏功能,为原发病的治疗争取时间以挽救生命。因二氧化氯中毒多为意外中毒,还需要我国相关部门研制二氧化氯检测设备,健全应急机制,制定防治中毒策略,以减少此类中毒事件的发生。

**作者声明** 本文无实际或潜在的利益冲突

#### 参考文献

- [1] 张永良,侯小平,赵英坡. 二氧化氯在坑道水库储水消毒中的应用[J]. 现代预防医学, 2014, 41(3): 525-526.
- [2] 岳银铃,鄂学礼,凌波,等. 二氧化氯消毒技术在农村饮用水消毒中的应用探讨[J]. 中国卫生检验杂志, 2010, 20(4): 773-774.
- [3] 王船鹏,邓琴升,黄辉萍,等. 二氧化氯对ICU医疗环境多重耐药菌的消毒效果[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(18): 2877-2880.
- [4] 中华人民共和国卫生部. 医疗机构消毒技术规范:WS/T 367—2012[S]. 北京:中国标准出版社, 2012.
- [5] 黄志明,张东曙,刘波,等. 二氧化氯在空气消毒中的应用[J]. 中国消毒学杂志, 2004, 21(2): 157-159.
- [6] 徐强绪,孙炳欣. 吸入盐酸、二氧化氯、亚氯酸钠引起间质性肺炎1例报告[J]. 职业卫生与应急救援, 2005, 23(2): 114.
- [7] 温尔文,卢启冰,覃静. 一起二氧化氯急性中毒事故调查报告[J]. 中国职业医学, 2004, 31(2): 60-61.
- [8] 刘瑞杰,任爱农. 二氧化氯消毒粉剂中毒六例[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2016, 34(12): 937-938.
- [9] 黄国良. 二氧化氯的理化性质及其应用[J]. 化学教学, 2003(5): 46-47.
- [10] 中华人民共和国卫生部. 卫生部办公厅关于印发《糖皮质激素类药物临床应用指导原则》的通知:卫办医政发[2011]23号[A]. 2011-02-16.
- [11] TANAKA R, FUJITA M, TSURUTA R, et al. Urinary trypsin inhibitor suppresses excessive generation of superoxide anion radical, systemic inflammation, oxidative stress, and endothelial injury in endotoxemic rats [J]. Inflamm Res, 2010, 59(8): 597-606.
- [12] 王立秋,周忠彬,刘树元,等. 不同剂量乌司他丁对严重脓毒症和脓毒性休克患者氧化应激及血乳酸的影响[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2017, 12(3): 229-232.
- [13] NAVA S, SCHREIBER A, DOMENIGHETTI G. Noninvasive ventilation for patients with acute lung injury or acute respiratory distress syndrome[J]. Respir Care, 2011, 56(10): 1583-1588.
- [14] 中国医师协会急诊医师分会,中国医疗保健国际交流促进会急诊急救分会,国家卫生健康委能力建设与继续教育中心急诊学专家委员会. 无创正压通气急诊临床实践专家共识(2018)[J]. 中华急诊医学杂志, 2019, 28(1): 14-24.
- [15] ANTONELLI M, CONTI G, MORO M L, et al. Predictors of failure of noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute hypoxic respiratory failure: a multi-center study [J]. Intensive Care Med, 2001, 27(11): 1718-1728.
- [16] 中国医师协会急诊医师分会. 中国急诊感染性休克临床实践指南[J]. 中国急救医学, 2016, 36(3): 193-206.
- [17] 中国医师协会急诊医师分会,中国研究型医院学会休克与脓毒症专业委员会. 中国脓毒症/脓毒性休克急诊治疗指南(2018)[J]. 感染、炎症、修复, 2019, 20(1): 3-22.
- [18] 龙村,侯晓彤,赵举. ECMO体外膜肺氧合[M]. 2版. 北京:人民卫生出版社, 2016: 30-37.
- [19] 中华医学会重症医学分会. 急性肺损伤/急性呼吸窘迫综合征诊断和治疗指南(2006)[J]. 中华急诊医学杂志, 2007, 16(4): 343-349.

收稿日期:2023-04-20

(上接第677页)

- 员中应用的信度与效度评价[J]. 中国行为医学科学, 2007, 16(9): 849-851.
- [7] 赵秋利, 黄菲菲. 成年人健康自我管理能力测评量表的编制及信度和效度检验[J]. 中华现代护理杂志, 2011, 17(8): 869-872.
- [8] 李青, 许丽英, 王云, 等. 疫情防控背景下社会工作者的职业倦怠和离职意向:职业自我关怀的调节作用[J]. 中国医学伦理学, 2023, 36(2): 160-166.
- [9] 李为翊, 张博, 马立人, 等. 疫情防控期间上海市中心城区社区医务人员职业倦怠状况及影响因素分析[J]. 职业卫生与

应急救援, 2022, 40(5): 548-553.

- [10] 贺玲玲, 蔡旭芳, 彭钥, 等. 重庆市家庭医生团队成员职业倦怠现状及其影响因素分析[J]. 现代预防医学, 2021, 48(8): 1375-1378; 1422.
- [11] 井玉荣, 韩宛彤, 秦文哲, 等. 不同等级基层医疗卫生机构家庭医生团队成员职业倦怠比较及影响因素研究[J]. 中国全科医学, 2022, 25(7): 829-836; 845.
- [12] 李俊, 江雁, 鲍明葵, 等. 家庭医生团队医防融合一体化模式实施效果分析[J]. 中国公共卫生管理, 2021, 37(5): 574-578.

收稿日期:2023-05-16