

· 标准与规范 ·

急性中毒的临床毒物检测与应用专家共识

中国毒理学会中毒与救治专业委员会 南京医科大学中毒研究所

通信作者：谢剑炜，Email: xiejwbmi@163.com；张劲松，Email: zhangjs@ sina.com；

毛征生，Email: maozhengsheng@njmu.edu.cn；孙昊，Email: haosun@njmu.edu.cn

DOI:10.3760/cma.j.cn114656-20260611-00508

中毒是严重危害我国民众生命健康的公共卫生问题之一。据世界卫生组织《2023 世界卫生统计报告》显示，全球每十万人意外中毒平均病死率为 1.1，而我国为 1.8，显著高于全球平均水平^[1]。2016-2022 年中国急性中毒病例流行病学数据显示，常见中毒的毒物类型包括农药（其中虫螨脞、敌草快和百草枯相关病死率居前 3 位）、药物、工业及日用化学品、以及易导致群体性中毒事件的有毒气体（如硫化氢、磷化氢、一氧化碳等）和生物毒素（如鹅膏蕈肽、米酵菌酸、肉毒毒素和蛇毒等）等^[2]。

目前，国内开展毒物检测的机构涵盖公安理化实验室、司法鉴定机构、疾病预防控制中心、职业病防治院、科研院校、医院检验科以及第三方检测公司等。然而，各机构在实验室条件、检测能力、质量控制及检测方法等方面存在较大差异，缺乏统一的技术标准与操作规范。面对临床急性中毒毒物种类复杂、救治时间紧迫的现实，亟需建立一套科学、规范且实用的毒物检测与临床诊疗指导体系。

为推进急性中毒检测的标准化与规范化进程，中国毒理学会中毒与救治专业委员会组织国内毒物检测与中毒救治相关领域专家，围绕临床中毒检测的适用范围、检测流程、能力建设、报告解读与应用等关键环节制定本共识，旨在推动我国急性中毒临床毒物检测与应用走向规范化、系统化、标准化和实用化的道路。本共识已在国际实践指南注册与透明化平台注册（PREPARE-2026CN476）

1 临床毒物检测适用范围和流程

1.1 临床毒物检测适用范围和价值

临床毒物检测的核心目标是急性中毒的精准诊断、风险分级及指导治疗提供科学依据，最终改善患者预后。其适用范围严格遵循“临床信息不足以明确毒物种类/剂量，或不检测可能导致临床误判、治疗延误及司法纠纷”的核心原则，具体分为以下三类：

2.1.1 基于临床诊断需求的检测 此类检测为临床毒物检测的核心适用场景，检测结果直接指导临床决策。需优先启动检测，以避免针对中毒患者的盲目治疗或漏诊、误诊。

1.1.1.1 患者病史与暴露情况不确定 当病史不可靠或缺失时，检测是明确中毒证据的关键手段。包括：病史不详或无法提供病史的患者（如婴幼儿、痴呆老人、精神疾病患者、意识障碍患者、语言障碍者）；临床表现与所述病史明显不符的患者[如主诉药物暴露量与症状严重程度不匹配、疑似做作性障碍（*factitious disorder*）的就诊患者]；疑似多种毒物混合中毒的患者（如吸毒者混用多种毒品、自杀患者服用多种药物，临床表现复杂且单一毒物无法解释）。

1.1.1.2 原因不明的急性症状或体征 出现急性意识障碍（昏迷、谵妄、癫痫）、难以解释的呼吸抑制、循环衰竭、严重心律失常、代谢性酸中毒[阴离子间隙（*anion gap*, AG）/渗透压间隙（*osmol gap*, OG）升高]、急性肝损伤、急性肾损伤或多器官损伤等表现时，应将毒物筛查作为关键鉴别诊断步骤。

1.1.1.3 群体性中毒事件或疑似恐怖袭击事件 3 人及以上同时或先后出现相似症状，怀疑与食物、水源、空气污染或故意投毒相关时，需快速确定毒物种类，为大规模人群救治和公共卫生应急响应提供支撑。

1.1.2 基于病情评估与治疗指导需求的检测

1.1.2.1 量化毒物负荷，评估中毒严重程度 部分毒物的血药浓度与毒性严重程度、器官损伤风险存在相关性。例如：通过检测对乙酰氨基酚浓度，采用 Rumack-Matthew 列线图预测肝损伤风险；检测碳氧血红蛋白浓度评估一氧化碳中毒严重程度；有机磷农药毒性差异有统计学意义（如甲拌磷大鼠急性经口毒性是敌百虫的 100 倍以上），需通过检测明确具体种类及浓度。

1.1.2.2 指导特异度解毒剂治疗决策 对于存在特效解毒剂的毒物中毒，毒物量化检测可有效指导解毒剂的用药剂量调整及疗程规划。例如：怀疑对乙酰氨基酚中毒时，需检测血药浓度以决策是否使用 N-乙酰半胱氨酸及评估预后；怀疑甲醇、乙二醇中毒时，需检测血中浓度、AG 及 OG，指导乙醇或甲吡唑的使用；怀疑氰化物中毒时，检测体内氰根离子（*CN⁻*）浓度及乳酸水平以确诊并评估羟钴胺的使用；怀疑地高辛、茶碱、丙戊酸等药物中毒时，血

药浓度直接关联毒性反应判断及治疗方案制定（如地高辛 Fab 片段抗体的使用）。

1.1.2.3 指导有创性治疗决策（如血液净化） 检测结果是判断血液净化启动时机、评估治疗价值及疗效的重要依据。例如：水杨酸盐、锂盐等浓度检测是决定是否进行血液透析的关键指标；血液灌流后重复检测毒物浓度，可评估清除效率并决策治疗终止时机。

1.1.2.4 监测治疗效果与病情进展 患者经标准治疗后症状无缓解、加重或出现异常变化时，需通过检测调整治疗方案。例如：有机磷中毒经阿托品治疗后仍持续流涎、瞳孔缩小或出现“反跳”，需复查血液中中毒物浓度；阿片类药物中毒予纳洛酮后意识无改善或出现新异常症状，需补充检测其他毒物可能；中毒后出现高热时，需通过检测鉴别中枢性高热（如抗精神病药物恶性综合征等）或感染，避免误判为毒物未控制。

1.1.3 基于司法事务/特殊需求的检测 此类检测需在兼顾临床治疗需求的同时，严格遵循标本采集与保存规范（如双人核对标本、使用无干扰容器、及时冷藏送检），选择具备资质的实验室开展检测，确保结果的准确性、溯源性及法律效力。

1.1.3.1 疑似投毒、谋杀或自杀事件 需采集并妥善保存血、尿、胃内容物等样本，严格遵循证据链程序，为司法鉴定提供客观证据，协助执法并保护患者权益。

1.1.3.2 职业中毒的诊断与鉴定 针对疑似重金属（铅、汞、砷等）或工业化学品（苯、氰化物等）等职业暴露相关中毒，检测结果为职业病诊断、工伤认定及劳资纠纷处理提供科学依据。

1.1.3.3 毒品/滥用物质的筛查与确认 用于药物过量诊断、戒毒治疗效果监测、驾驶能力评估或司法要求的检测，例如急诊接诊兴奋、躁动或昏迷的年轻患者时，需开展常见毒品及滥用物质检测。

推荐意见 1：临床毒物检测的适用范围需严格遵循“检测结果有助于临床决策”的核心原则，结合临床实际情况合理选择检测时机与项目。根据检测的临床紧迫性和必要性，可分为以下三类情形：

（1）强烈推荐检测的情形：患者出现典型中毒症状但毒物接触史不明确；危重症病因不明，需通过毒物检测进行鉴别诊断；发生群体性中毒事件；临床表现复杂，疑似多种毒物混合中毒；涉及投毒、吸毒等违法犯罪情形；存在职业暴露或疑似职业中毒。

（2）推荐检测的情形：患者提供的毒物接触史不清或信息不可靠；使用特效解毒剂，需通过检测确认中毒毒物类型以指导解毒剂使用；需通过检测评估中毒严重程度、

判断预后或指导优化治疗方案（如血液净化）；临床症状怀疑中毒可能，需通过检测明确。

（3）不推荐检测的情形：患者无相关毒物接触史且无任何异常临床表现，仅因个人主观怀疑要求检测；毒物接触时间已明确超出其体内代谢检测时间窗或超出现有检测方法的能力范围，无法获得有效检测结果。

1.2 临床毒物检测决策流程

临床毒物检测需遵循“先临床判断，后检测验证”的基本原则，决策流程应围绕临床需求动态优化，确保检测的针对性与有效性。具体流程如下：首先，以毒物暴露情况评估为起点，结合患者病史、临床表现及现场信息，科学选择靶向检测（针对疑似毒物的精准检测）或广谱非靶向筛查（覆盖常见毒物的全面检测）；其次，基于初步检测结果，判断是否需要通过定量检测明确毒物浓度，为特异度治疗方案制定、解毒剂剂量调整提供量化依据；随后，密切结合患者治疗反应及病情变化，动态评估是否需进一步补充检测或重复检测，避免治疗盲区；同时，需充分考量患者个体特征（如婴幼儿、孕妇、老年人、肝肾功能不全者等特殊人群），合理调整检测策略。总之，临床毒物检测决策（见图 1）的核心目标是精准解答临床问题、优化治疗方案、改善患者预后，同时严格杜绝无明确指征的过度检测，实现毒物检测卫生经济学最优化。

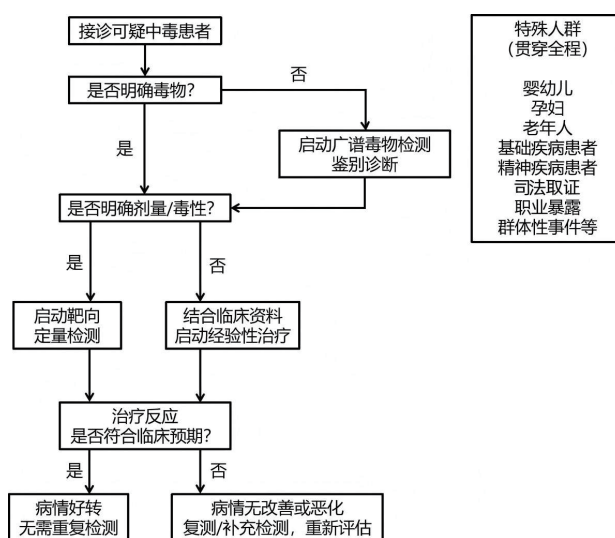


图 1 临床毒物检测的决策流程图

1.3 临床毒物检测开展流程

在明确启动毒检流程后，第一步，判断毒物类型：医生根据患者毒物接触史和临床表现，初步判断可能导致中毒的毒物类型。第二步，规范样本采集与送检流程：应根据不同的毒物类型，采集相应的样品并保证样品送检过程中的稳定性。第三步，选择检测方法：检测实验室根据毒

物理化学性质选择合适的检测方法,同时需重点考虑方法的灵敏度与特异性。第四步,结果解读与临床决策,毒物检测结果需排除假阳性和假阴性可能,同时结合临床症状和毒物吸收、代谢、转化和分布规律等综合诊断,据此制定或调整治疗方案,见图 2。

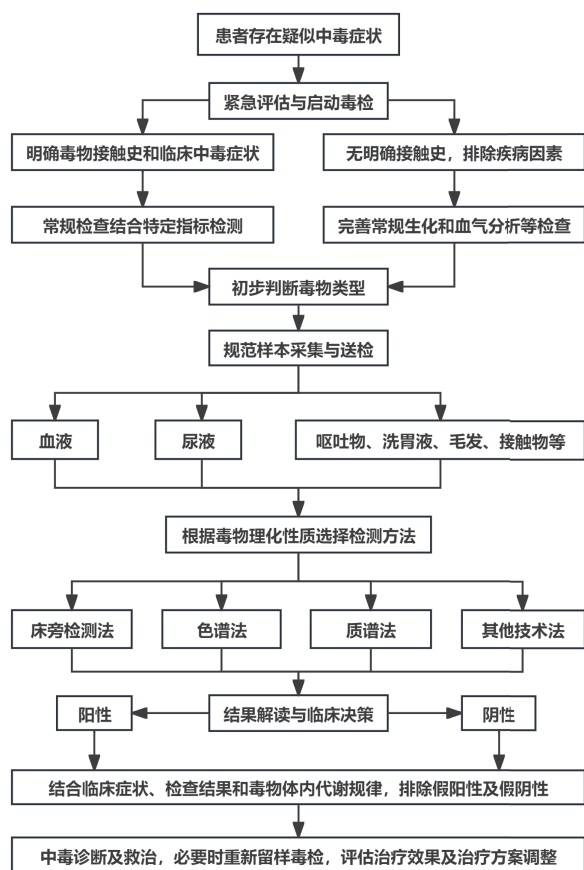


图 2 临床毒物检测的开展流程图

1.4 临床常见急性中毒的毒物种类

根据毒物的理化性质、来源、用途和作用机制,常见毒物可分为以下几类:农药类(如杀虫剂、杀鼠剂、除草剂、杀菌剂)、药品/毒品类(如精神类药、减肥药、降压药、降糖药、解热镇痛药、抗过敏药、免疫调节剂、毒品类)、工业及日用化学品类(如挥发性有机溶剂、有毒气体、化学试剂、消毒剂、清洁剂等)、生物毒素类(如植物毒素、动物毒素、海洋毒素、真菌毒素、细菌毒素)以及元素和金属有机类毒物等,见表 1。

2 临床毒物检测能力构建

2.1 样品采集、保存与送检

2.1.1 样品采集 血液样品:抗凝管采集全血样品,入院后应尽早采集,注明采样时间。采集 5~10 mL 血液样品,样品采集须保证检材装满采样容器最大容量的 4/5 以上^[3]。

尿液样品:毒物检测一般收集随机尿,不少于 10 mL^[4]。收集的尿液应放置于一次性塑料管等密闭容器内,容器上应贴上标记并避免被污染。

呕吐物和洗胃液:呕吐物收集不少于 10 g,不足 10 g 的全部收集,洗胃液留取不少于 10 mL。当呕吐物和洗胃液中发现残余药片、胶囊、颗粒或其他可疑毒物时,应分别拣出并单独保存送检。

毛发样品:毛发样本留取时,剪刀紧贴被提取人员头皮表面剪取头顶后部(如头顶后部无法提取到足够头发的,可选择离该部位最近的头部部位)长度为 3 cm 以内的头发。长于 3 cm 的头发,需从发根端截取 3 cm。每份样本重量不少于 25 mg(约 100 根),用铝箔纸包裹,建议在发根端扎紧以明确近端和远端。此外,毛发样品不限于头发,除了头发之外,还可以检测人体其他毛发,如腋毛和阴毛等^[5]。

其他接触物品:剩余的中药、药片、胶囊、颗粒或其他可疑毒物及其包装盒(袋)。剩余的农药瓶,即使是农药空瓶仍有可能检出残留毒物。剩余的食物样品,固体食物收集不少于 10 g,不足 10 g 的全部收集,液体食物收集不少于 10 mL,不足 10 mL 的全部收集。若怀疑河豚毒素和蟾蜍毒素等中毒的病例,应重点收集食物中剩余的河豚和蟾蜍肉等。剩余的蘑菇样品(如果没有剩余,可以在原蘑菇采集的相同地点采摘新的蘑菇样品)。剩余的药酒,收集不少于 10 mL 的样品,所浸泡的药材也应同时送检。

推荐意见 2:血液和尿液是常规临床中毒检测的首选核心样本。呕吐物、洗胃液及其他可疑接触物应作为重要的辅助样本及时采集,必要时进行检测分析。毛发样本可用于追溯毒品暴露史或金属元素接触史。对于疑似毒蘑菇中毒,检测和鉴定残留的蘑菇样本可以辅助中毒类型的诊断。

2.1.2 样品保存 样品的保存条件要确保检测目标物的稳定性,若不能及时送检或备用复查,一般 24 h 以内应置于 4 ℃ 保存;超过 24 h 需存放于 -18 ℃ 及以下温度冷冻保存;超过 1 个月需置于 -70 ℃ 保存。部分对光不稳定目标物,如氨氯地平,需要避光保存^[6]。此外,毒物检测样品出具报告后至少保存 1 个月。对于无明确接触史,毒物检测阳性的样品,应适当增加保存时间,以备涉及投毒等案件的复核。

2.1.3 样品送检 毒物检测样品送检尤其是异地送检,要防止样本降解或腐败变质。样本应在采集后尽快送往检测实验室,异地送检或快递物流送检的样品,常规毒物可以采用泡沫保温箱加冰袋的方法运输。容易降解或热不稳定样品,建议采用干冰保存送检。样品送检应同时提交送检表,送检表应包括患者姓名、性别、年龄、身高、体重、主要症状、异常生化检测指标、可疑接触物、家属联系方式以及其他

表 1 临床急性中毒常见毒物种类及名称

类型	毒物名称
农药类	杀虫剂：有机磷杀虫剂（敌敌畏、乐果、氧乐果、辛硫磷、敌百虫、甲胺磷、乙酰甲胺磷、甲拌磷、马拉硫磷、毒死蜱）、氨基甲酸酯类杀虫剂（呋喃丹、灭多威、残杀威、异丙威、茚虫威）、拟除虫菊酯类杀虫剂（溴氰菊酯、氯氰菊酯、氯氟氰菊酯）、杀虫单（双）、杀虫环、虫螨腈、阿维菌素、甲氨基阿维菌素、吡虫啉、呋虫胺、氟虫腈、硫丹、虱螨脲、哒螨灵、啉虫脒、螺螨酯和噻嗪酮。 杀鼠剂：抗凝血类杀鼠剂（溴敌隆、溴鼠灵、华法林、杀鼠醚）、毒鼠强、氟乙酰胺、雷公藤甲素。 除草剂：百草枯、敌草快、草铵膦、草甘膦、氟吡甲禾灵、唑禾灵甲酯、灭草松、乙草胺、乙氧氟草醚、异丙隆、二甲四氯、环嗪酮、甲嘧磺隆、快草酯、敌稗。 杀菌剂：稻瘟灵、甲基硫菌灵、己唑醇。
药品 / 毒品类	精神类药：艾司唑仑、地西泮、奥沙西泮、氟硝西泮、咪达唑仑、氯硝西泮、阿普唑仑、劳拉西泮、苯巴比妥、安非他酮、丙戊酸、氟哌噻吨、氟西汀、喹硫平、卡马西平、拉莫三嗪、利培酮、氯丙嗪、氯氮平、米氮平、帕罗西汀、曲唑酮、舍曲林、文拉法辛、五氟利多、西酞普兰、佐匹克隆、唑吡坦、阿立哌唑、阿米替林、奥氮平、多塞平、度洛西汀、丁螺环酮、帕罗西汀、哌罗匹隆、扎来普隆、氟伏沙明。 减肥药：西布曲明、比沙可啶。 降压药：美托洛尔、厄贝沙坦、非洛地平、可乐定、卡维地洛、氯沙坦、氢氯噻嗪、硝苯地平、缬沙坦、依那普利、利血平、氨氯地平、比索洛尔、普萘洛尔。 降糖药：二甲双胍、格列本脲、格列齐特。 解热镇痛药：对乙酰氨基酚、布洛芬、阿司匹林、氨基比林、曲马多。 抗过敏药：氯苯那敏、氯雷他定、酮替芬、苯海拉明、赛庚啶、异丙嗪。 免疫调节剂：甲氨蝶呤、羟氯喹、沙利度胺、特立氟胺、甲泼尼龙。 毒品类：甲基苯丙胺、氯胺酮、吗啡、依托咪酯、美托咪酯、芬太尼及其衍生物、地芬诺酯。 麻醉药：利多卡因、罗库溴铵、维库溴铵、替来他明。
工业和日用 化学品类	挥发性有机溶剂：甲醇、乙醇、乙腈、乙二醇、苯、甲苯、二甲苯、苯酚、氯仿。 气体类：硫化氢、磷化氢、砷化氢、一氧化碳、甲烷、氨气、氯气、氧化二氮（笑气）。 其他类：亚硝酸盐、氰化物、氟化物、强酸类、强碱类等。
生物毒素类	植物毒素：乌头碱、次乌头碱、滇乌头碱、阿托品、东莨菪碱、蓖麻碱、千里光宁碱、秋水仙碱、马桑亭。（常见含上述毒素的有毒植物 / 中药材包括附子、川乌、草乌、雷公藤、何首乌、博落回、钩吻、夹竹桃、曼陀罗等。） 动物毒素：蛇毒、河豚毒素、斑蝥素、蟾蜍毒素（华蟾毒配基、蟾毒灵）。 海洋毒素：贝类毒素。 真菌毒素： α -鹅膏毒肽、 β -鹅膏毒肽、 γ -鹅膏毒肽。 细菌毒素：米酵菌酸、肉毒毒素、葡萄球菌肠毒素。
元素和金属 有机物类	锂、砷、汞、铅、镉、铊、铬、钡、甲基汞、有机铅、有机锡。

相关信息。同时，应详细记录毒物接触与样品采集的具体时间^[7]。

推荐意见 3：采样时间影响毒物检测结果的解读，所有样品的采样时间应尽可能早并标记清晰。样品保存和送检过程中，应确保目标毒物的稳定。如涉及非常规毒物，可提前咨询检测实验室相关注意事项。

2.2 样品前处理技术方法

临床毒物检测常见的样品前处理技术方法，主要包括蛋白沉淀法、直接稀释法、液液萃取法、固相萃取法、化学消解法和微波消解法等，原理和优缺点比较见表 2^[8-9]。样品前处理方法的选择应依据毒物的代谢动力学特性，采用适宜的技术手段对原型毒物或其代谢产物进行提取。对于在体内主要转化为葡萄糖醛酸结合物等形式的毒物，由于原型毒物浓度可能较低，需考虑采用酶水解或酸水解等方式，将结合型代谢产物转化为游离态原型，以便准确检测^[10-11]。此外，毒物与血浆蛋白结合对定量结果的可靠性具有一定影响，尤其对于蛋白结合率较高的毒物，所选方法应能有效释放并提取与蛋白结合的毒物，从而确保定量

结果的准确性与可靠性^[12-13]。

2.3 常见的检测技术

临床毒物检测常见的检测技术^[14-17]主要包括化学显色、紫外 - 可见光谱（UV-Vis）、免疫层析、拉曼光谱、原子吸收光谱（AAS）、气相色谱（GC）、液相色谱（LC）、原位电离质谱、电感耦合等离子体 - 质谱（ICP-MS）、气相色谱 - 质谱（GC-MS）以及液相色谱 - 质谱（LC-MS），见表 3。以 ICP-MS、GC-MS 和 LC-MS 为代表的质谱技术组合，构成了现阶段毒物筛查鉴定的核心体系，该体系能够满足绝大多数临床常规毒物的检测需求。然而，针对例如蛇毒、蜂毒等蛋白或多肽类毒素，除部分有基于抗原抗体反应的免疫层析法外，目前仍缺乏可普及并常规开展的确证分析方法。

2.4 毒物分析检测策略

临床毒物检测常见的分析策略可分为两类，即靶向分析和非靶向分析。常用毒物检测方法参考标准如表 4 所示，检测单位或人员可根据各自实验室条件依次逐步建立和完善临床毒物检测方法和检测体系。在开展毒物检测时应根

表 2 常见的样品前处理技术方法

方法	原理	优点	缺点	适用毒物
蛋白沉淀法	采用乙腈、甲醇或高氯酸等试剂沉淀蛋白	操作简单 成本低	基质干扰大	多数有机毒物
直接稀释法	采用合适的溶剂稀释高浓度样品	操作简单 成本低	基质干扰大	高浓度样品毒物
固相萃取法	采用固相萃取柱选择性吸附富集目标毒物	灵敏度高 可自动化	耗时长 成本高	多数有机毒物
液液萃取法	利用相似相溶原理，采用合适的有机试剂萃取目标毒物	灵敏度高 基质干扰小	溶剂毒性大 耗时长	中等及弱极性有机毒物
化学消解法	采用化学试剂消除样品中的有机物	设备成本低	耗时长	无机元素类毒物
微波消解法	采用化学试剂结合微波消解样品中的有机物	快速高效 自动化	设备成本高	无机元素类毒物

表 3 常见检测技术及其分析特性

检测方法	原理	常见适用毒物	灵敏度	特异度
化学显色	化学反应显色	氰化物、亚硝酸盐、百草枯、敌草快、有机磷农药等	低	低
UV-Vis	特征吸收光谱检测	污染气体如一氧化碳、氮氧化物；挥发性有机物如苯、甲苯、甲醛等	低	低
免疫层析	抗原抗体结合	鹅膏毒肽、百草枯、敌草快、有机磷农药、毒品和精神类药物等	中	中
拉曼光谱	特征散射光谱检测	氰化物、新型毒品如合成阿片类、合成大麻素类等	中	中
GC	气相色谱分离结合特征检测器检测	甲醇等挥发性有机物、热稳定有机物如烃类化合物	中	中
LC	液相色谱分离结合特征检测器检测	非挥发性有机物如各类药物等	中	中
AAS	特征吸收光谱检测	砷等金属元素和金属有机物如四乙基铅、甲基汞等	中	高
原位电离质谱	特征离子的质量分析检测	挥发或非挥发性有机物如药物、农药、毒品、天然产物等	低	高
ICP-MS	等离子体将样品离子化质谱检测	砷等金属元素和金属有机物	高	高
GC-MS	气相色谱分离质谱检测	硫化氢、一氧化二氮等气体毒物、挥发性以及热稳定有机物	高	高
LC-MS	液相色谱分离质谱检测	生物毒素、农药、化工产品、毒品和精神类药物等非挥发性有机物	高	高

表 4 常用毒物检测方法参考标准

标准等级	标准号	标准名称
国家标准	GB/T 42430-2023	血液、尿液中乙醇、甲醇、正丙醇、丙酮、异丙醇和正丁醇检验
	GB/T 43240-2023	毛发中 55 种滥用药物及代谢物检验 液相色谱 - 质谱法
	GB/T 43241-2023	法庭科学 一氧化二氮检验 气相色谱 - 质谱法
行业标准	SF/T 0167-2024	血液和尿液中 239 种合成大麻素及代谢物的液相色谱 - 高分辨质谱检验方法
	SF/T 0064-2020	血液中 188 种毒（药）物的气相色谱 - 高分辨质谱检验方法
	SF/T 0175-2024	血液和尿液中 238 种毒（药）物的液相色谱 - 质谱检验方法
	SF/T 0177-2024	血液和尿液中 108 种毒（药）物的气相色谱 - 质谱检验方法
	SF/T 0178-2024	血液中溴敌隆等 13 种抗凝血类杀鼠药的液相色谱 - 质谱定性定量检验方法
	SF/T 0115-2021	血液中 45 种有毒生物碱的液相色谱 - 串联质谱检验方法
	SF/T 0174-2024	生物检材中锂等 32 种元素的电感耦合等离子体质谱检验方法
	SF/T 0173-2024	血液中碳氧血红蛋白饱和度的双波长分光光度检验方法
	SF/T 0092-2021	血液中扑草净等 20 种除草剂的液相色谱串联质谱检验方法
	SF/T 0179-2024	血液中磷化氢及其代谢物的顶空气相色谱 - 质谱检验方法
	SF/T 0113-2021	血液中氰化物的气相色谱 - 质谱和气相色谱检验方法
	GA/T 2063-2023	法庭科学 生物检材中 382 种药（毒）物筛选 液相色谱 - 高分辨质谱法
	GA/T 2062-2023	法庭科学 生物检材中 MDMB-4en-PINACA 等 42 种合成大麻素及代谢物检验 液相色谱 - 质谱法
	GA/T 2321-2024	法庭科学 生物检材中克伦特罗等 29 种 β 2-受体激动剂检验 液相色谱 - 质谱法
	GA/T 2313-2024	法庭科学 食品中黄曲霉毒素 B1 等 14 种真菌毒素检验 液相色谱 - 质谱法
	GA/T 2311-2024	法庭科学 生物检材中二甲双胍等 15 种降血糖药物检验 液相色谱 - 质谱法
	GA/T 2070-2023	法庭科学 生物检材中 α -鹅膏毒肽等 5 种鹅膏菌毒素检验 液相色谱 - 质谱法
	GA/T 2323-2025	法庭科学 生物检材中硫代硫酸根离子检验 液相色谱 - 质谱法

据委托事项选择合适的检测方法和策略，特别应注重所选
检测方法的特异度、灵敏度以及检测适用范围等，为临床
救治提供可靠的毒物检测结果。需注意的是，常规检测方

法通常针对特定基质并在特定条件下建立和验证，若超范
围使用，必须重新进行方法学验证。当采用专属性较差的
方法或结果存在疑问时，应采用至少两种不同原理的分析

方法进行交叉验证,以排除假阳性。此外,每个检测批次均应设置平行处理的空白样品和阳性对照样品(如标准品或参考品添加样),以便进行质量控制和结果确证。

2.4.1 靶向分析策略 靶向分析是目前临床毒物检测的主要技术方法,主要是针对已知且待测目标明确的毒物进行检测,一般需基于标准品或参考品建立方法,具有专属性强、灵敏度高、定量准确的特点,但其毒物检测的覆盖度有限,不易发现未知毒物。化学显色、免疫层析、拉曼光谱或紫外-可见光谱等快检方法常用于初筛,如采用碱性连二亚硫酸钠化学显色法检测联吡啶类除草剂(百草枯和敌草快)^[18-19];国家或部颁或自建但经充分验证的色谱或色谱质谱联用等靶向分析方法可用于毒物检测和确证,如参考国家标准 GB/T 42430-2023《血液、尿液中乙醇、甲醇、正丙醇、丙酮、异丙醇和正丁醇检验》检测乙醇或甲醇中毒^[20],GA/T 2063-2023《法庭科学 生物检材中 382 种药(毒)物筛选液相色谱-高分辨质谱法》用于常见毒物药物中毒的筛查^[21]。一些快检方法因具有较强的专属性也常用于中毒的确证检测,如采用表面增强拉曼方法用于氰化物中毒的检测等。

2.4.2 非靶向分析策略 非靶向分析是指不预设具体目标待测物,对样品进行全面筛查和分析的一种方法,具有筛查广谱、未知毒物发现鉴定能力强的特点,其不仅可以检测常见毒物,而且是未知新型毒物筛查鉴定的重要技术手段^[22-23]。非靶向质谱分析常采用轨道离子阱(orbitrap)或飞行时间(time-of-flight, TOF)质谱等高分辨质谱技术,其核心是采用质谱全扫描或数据依赖型扫描模式获取丰富的高分辨质谱信息,如一或二级质谱图、(准)分子离子峰、特征诊断或警示离子、同位素丰度比、相对保留指数等,并结合数据库和后续数据处理来完成,其质量偏差、同位素丰度比偏差等技术规范参数尤为重要。目前国内农业农村部发布的《饲料中风险物质的目标物筛查与确认—液相色谱-高分辨质谱法》标准^[24],以及中国环境科学学会 T/CSES 206-2025《环境多介质新污染物气相色谱/液相色谱串联高分辨质谱非靶标筛查技术规范》团体标准可以为临床中毒非靶向筛查提供有益的参考^[25]。随着药物化学、合成生物学以及人工智能的快速发展,新型毒物如芬太尼类、尼哌类等新精神活性物质等不断涌现^[26],非靶向分析的能力建设是临床毒物检测实验室的重点发展方向之一。

3.4.3 未来重点发展方向和趋势 特异快速的床旁检测(point-of-care testing, POCT)技术、干血斑采样和分析技术等未来仍需重点关注,以应对中毒发病急、急需查明毒源的临床需求;中毒体内加合物和代谢物等鉴定技术是未来临床毒物检测新的关注点,以解决疑难毒物中毒检测鉴定难的现实问题,也是临床毒理学发展的需要;非靶向质

谱筛查分析技术是未来解决未知毒物中毒鉴定的重要技术手段和发展趋势,其与人工智能技术的深度融合可大幅扩展临床毒物可检测谱并显著提升未知和新毒物的发现鉴定能力,必将在突发中毒应急事件处置和新型毒物鉴定等领域发挥重要作用。

推荐意见 4: 实验室可以采用化学显色、免疫层析、拉曼光谱、便携质谱等技术构建 POCT 毒物快速初筛体系,必要时应采用质谱法或色谱质谱联用法等多种技术方法进行结果确证。

2.5 方法验证

实验室首次采用的方法,尤其是自建方法,应进行系统的方法学验证,确保方法的专属性、准确度、精密度、检出限、线性、提取回收率等均符合有关技术规范要求。已验证方法的微小变更或仪器间转移等,可以只进行方法学项目的部分验证或交叉验证^[27-28],见表 5。

表 5 方法学验证项目

		完整验证	部分验证	交叉验证
验证项目	选择性	✓		
	灵敏度	✓		✓
	标准曲线	✓		✓
	准确度	✓	✓	✓
	精密度	✓	✓	✓
	稀释可靠性	✓		
	基质效应	✓		
	稳定性	✓		
	完整验证	①建立全新的分析方法。 ②方法应用于全新的样品类型/基质。 ③方法发生重大变更:改变方法的关键参数(如色谱柱类型、检测器、样品前处理步骤、仪器平台、关键试剂来源/规格等)。 ④法规明确要求必须进行完整验证的标准方法。		
	部分验证	①已验证方法的微小变更:如色谱柱同型号更换等。 ②方法转移:当一个方法从一个实验室转移到另一个实验室时。 ③已验证方法在已知范围内的扩展:如线性范围的调整。 ④平台方法的特定应用:如基于相同技术验证的多个类似方法,当增加一个结构类似的新化合物时。 ⑤定期再验证/持续确认。		
适用范围	交叉验证	①方法比较:用一个新的或改进的方法去替代一个现有的方法。 ②实验室间比对:同一方法在不同实验室运行结果的一致性。 ③仪器间比对:证明同一方法在不同仪器上运行结果的一致性。		

2.6 实验室体系建设

临床中毒毒物检测实验室体系建设,需围绕“人、机、料、法、环、测”六大关键要素展开。其中,“人”指人员,“机”指仪器设备,“料”指标准品与耗材,“法”指方法,“环”指环境,“测”指测量(见图 3)。



图 3 临床中毒检测实验室体系建设的六大关键要素

3.6.1 人员 建议临床中毒检测实验室至少应配备 3 名及以上专业工作人员^[29]。从业人员需具备分析化学、药学与基础医学等多学科知识，并兼具严谨的逻辑推理与辩证思维能力。在检测工作中，既要秉持客观严谨的科学态度，也需具备在紧急情况下超越常规方法局限的能力。实验室主任或技术主管应掌握较完备的毒物检测相关理论知识，确保检测结果的准确可靠，履行报告的审核和解读等工作。

2.6.2 仪器设备 根据拟开展毒物检测的项目，仪器设备配置标准可参考相关准则和文件^[30-31]。对检测结果有重大影响的仪器设备，应指定专人负责管理，包括校准、维护和期间核查等，确保仪器设备运行稳定。

2.6.3 标准参考品与耗材 标准参考品是确保检测结果准确可靠的核心材料，其在检测工作中具有以下重要作用：（1）仪器校准与性能验证，确保检测设备的灵敏度和准确性。（2）检测方法开发与验证，开发新的检测方法或验证分析方法的可靠性（如回收率、精密度、检出限）。（3）定性定量分析，计算样本中毒物的绝对浓度。（4）质量控制，监控检测过程稳定性，避免假阳性或假阴性结果。因此，标准参考品应首选高纯度有证的标准物质或标准溶液，其存放应根据特定毒物的理化性质决定是否避光或低温等条件保存，并定期检查有效期；无证参考品用于临床毒检结果确证时，应重视多重交叉验证实验和各技术细节的一致性。耗材须确保质量与可溯源性，采购需审核供应商资质，验收时核查性能与空白值。储存应分类隔离，有机无机分置，固体上液体下。剧毒品和易制毒化学品严格执行双人双锁、计量领用、剩余退回制度，全程记录，专人管理。

2.6.4 方法 毒物检测可供参考的方法种类较多，包括国家标准方法、行业标准方法、地方标准方法、文献报道方法以及实验室自建方法等。针对特定目标毒物的检测，方法选择的优先顺序应遵循以下原则：国家标准方法>行业标准方法>地方标准方法>文献报道方法或实验室自建方法。

2.6.5 环境 实验室应确保其环境条件相对稳定可控，不会因环境条件变化对检查结果产生不良影响。相关的规范、方法和程序对温湿度等环境条件有要求时，实验室应监测、

控制和记录环境条件。当环境条件危及到检测结果的可靠性时，应停止检测工作。实验室相邻的不相容区域，应进行有效隔离，防止交叉污染和检测干扰。对检测结果或数据安全有重大影响区域，应根据人员岗位需求，进行准入权限授权管理^[32]。

2.6.6 测量 实验室质量控制是保证测量结果准确可靠的必要环节。为了保障检测结果的可靠性，实验室应采取以下质量控制措施：

（1）制定标准操作规程，确保检测操作统一规范，减少人为误差。

（2）定期校准和维护关键仪器设备，确保仪器在最佳状态下运行。

（3）每个分析批次检测均需有质控样品，通过质控数据，保障结果的准确性和稳定性。

（4）内部质量控制，定期进行留样复测和数据检查，查找和纠正可能的偏差。

（5）外部质量评估，定期参加能力验证或实验室间比对等活动。

推荐意见 5：临床中毒毒物检测实验室应配备检测专业人员，同时根据拟开展毒物检测的项目，配置相应的仪器设备。在满足检测要求的前提下，检测方法的选择应遵循以下优先级顺序：国家标准方法>行业标准方法>地方标准方法>文献报道方法或实验室自建方法。常规毒物的定性与定量分析，其结果判定应以认证的标准参考品为依据。如遇紧急情况且标准品短缺，可在技术负责人批准后，临时使用含量已知的适宜物质（如药片）作为参考进行测定，但应重视多重交叉验证实验和各技术细节的一致性问题。必要时，须获得标准参考品对前述分析结果进行验证或校准修正。

3 临床毒物检测报告及应用

3.1 临床毒物检测报告

毒物检测报告应当包含以下要素：

（1）基本信息：报告编号、委托单位/委托人、委托日期、检测机构名称以及委托检测项目名称（或类别）。

（2）样品信息：样品类型和采样时间。

（3）检测方法：方法名称（参考标准）和仪器设备。

（4）检测结果：定性结果：明确说明目标毒物是“检出”还是“未检出”，以及方法检出限。定量结果：浓度或含量须清晰标明单位。毒物报告形式如为代谢产物，须标注说明。

（5）签名与责任声明：检测人、复核人和免责声明（例如：报告仅用于临床中毒救治参考，不能用于其他用途）。

3.2 临床毒物检测报告在中毒诊断中的应用

临床毒物检测报告的首要作用是明确中毒诊断。通常情况下,毒物检测结果为阳性且患者出现相应症状的,可明确为该种毒物中毒。当检测出国家明令禁止的毒物(如毒鼠强)或发现群体性中毒事件的阳性结果时,检测机构及相关人员须立即向公安机关报备。毒物检测结果为阴性且患者没有明显中毒症状和异常生化检测指标,可排除常见毒物中毒。需要注意的是,在某些特定的情况下,阳性结果并不一定能诊断为中毒或者阴性结果也不能完全排除中毒^[33]。毒物检测阳性和阴性结果的解读还应考虑以下因素:

3.2.1 阳性结果干扰因素

(1) 日常用药:检出药物成分时,需结合患者近期用药史、血液中药物浓度、药物代谢动力学以及临床症状综合诊断是否过量或中毒。

(2) 内源性物质:如检出金属元素时,需结合血液中金属元素定量结果、当地健康人血液中平均浓度水平以及临床症状综合诊断是否中毒,并重视砷、铬和锡等元素不同价态或形态的毒性差异。

(3) 其他因素:当检出毒物与患者症状不相符等异常情况时,需排除是否存在仪器残留、样品污染等假阳性干扰因素,必要时重新采样检测。

3.2.2 阴性结果干扰因素

(1) 毒物降解:不同类型毒物的稳定性差异较大,样品存储条件选择不当或存储时间过长等均有可能导致毒物发生降解,出现毒物检测假阴性结果。

(2) 机体消除:毒物作为一种外源性物质,进入机体后,会经历吸收、分布、代谢和排泄等毒物代谢动力学过程。不同类型毒物的毒代过程差异较大,快代谢型毒物的半衰期短,检测时间窗窄,如氨基甲酸酯类杀虫剂^[34]。慢代谢型毒物的半衰期长,检测时间窗宽,如溴敌隆等抗凝血类杀鼠剂^[35]。血液和尿液样品采集与接触毒物时间间隔超过毒物检测时间窗会导致难以检出,此时阴性结果不能排除中毒可能。

(3) 新型毒物:随着有机化学合成等的发展,全球每年新增的化合物以指数级别的速度增长,这些新出现的化合物都可能成为潜在的毒物。尽管目前毒物检测技术有了长足发展,各实验室检测目标毒物的范围也越来越广,但仍然无法一次性筛查所有的物质,尤其是之前从未报道过的新型毒物。因此,常规毒物筛查阴性结果并不能完全排除中毒,特别是一些新型毒物导致的中毒。

(4) 检测方法选择不当:不同检测方法和仪器设备都具有一定的局限性,如色谱法的灵敏度通常要低于质谱法,对于毒物浓度较低的生物样品,使用质谱仪检测为阳性,

而使用色谱仪检测则可能呈现阴性结果。此外,目前仍然有很多毒物尚无有效检测方法,例如一些生物大分子类毒素,该类毒物中毒在常规毒物筛查中可能呈现阴性结果。

推荐意见 6:有效的毒检结果是临床中毒诊断的“金标准”,但受限与毒物知识匮乏、未知新型毒物的涌现及检测方法的滞后等因素,建议对毒物检测结果的解读,应结合接触史、临床症状、毒性、暴露途径及剂量、毒物理化及体内代谢转化信息、方法适用性等进行综合判断。尤其是对于阴性结果的解释,须格外审慎。

3.3 检测报告在中毒程度评估中的应用

通过检测生物样品中毒物浓度,结合毒物进入体内后的毒代动力学规律,能够提高急性中毒程度评估的准确性。

3.3.1 药物类毒物中毒 药物在上市前已完成系统的人体安全性评价和药代动力学研究,通过查询药品说明书、Drugbank 等数据库以及相关文献,可以获得最高血药浓度(C_{max})、消除半衰期($t_{1/2}$)以及表观分布容积(V_d)等药物代谢动力学参数。通过检测患者血液和尿液中药物的浓度,并结合该药物在健康人群中的药代参数和安全评价数据,可以评估患者是否过量服用该药物及其中毒程度。

3.3.2 非药物类毒物中毒 与药物类毒物相比,农药、生物毒素等非药物类毒物由于缺乏人体相关数据,中毒程度的精准评估较为困难。有研究表明,对于急性百草枯(paraquat, PQ)中毒病例,血液中百草枯浓度与病死率显著相关,血液中 PQ 浓度可作为早期识别高风险患者、指导强化治疗的重要依据^[36-37]。多个研究团队通过回顾性队列分析发现,急性敌草快(diquat, DQ)中毒患者的初始血浆敌草快浓度升高与院内病死率呈正相关,高初始浓度是死亡的独立危险因素,表明 DQ 浓度可作为临床分诊和干预的重要依据^[38-41]。另有研究发现,血浆中草甘膦及其代谢物的浓度可用于评估中毒严重程度^[42,43]。以上研究表明,基于血液等生物样品中的毒物浓度评估中毒程度,较传统的毒物暴露量评估法更为可靠。

4 结语

随着全球化学品数量的急剧增加,以及互联网、物联网的高速发展,现在各类中毒事件呈现频发、散发和突发的态势,公共安全领域和临床中毒救治面临前所未有的压力,临床毒物检测急需系统化、规范化和标准化,本专家共识荟萃全国相关领域专家,在充分分析形势、调研文献资料并结合各单位临床毒检实践的基础上编写而成,以期临床毒物检测从业人员提供规范指南和实践方向。

执笔人:毛征生(南京医科大学中毒研究所) 孙昊(南京

大学医学院附属鼓楼医院)

制定共识组专家组成员 (按姓氏拼音顺序排列): 杜宇 (四川大学华西第四医院) 高艳霞 (郑州大学第一附属医院) 郭磊 (军事科学院军事医学研究院) 何小军 (《中华急诊医学杂志》编辑部) 菅向东 (山东大学齐鲁医院) 赖燕 (湖南省职业病防治院) 李国强 (武警特色医学中心) 李惠玲 (首都医科大学附属北京朝阳医院) 李毅 (中国医学科学院北京协和医院) 梁庆 (广州医科大学附属第一医院) 刘伟 (中国医科大学附属第一医院) 柳月珍 (浙江省衢化市人民医院) 马青变 (北京大学第三医院), 牛明 (中国人民解放军总医院) 毛征生 (南京医科大学中毒研究所) 孟庆义 (中国人民解放军总医院) 彭艾 (同济大学附属第十人民医院) 彭晓波 (中国人民解放军总医院) 邱泽武 (中国人民解放军总医院) 邵兵 (西华大学) 宋亚琪 (宁波市北仑区人民医院) 孙承业 (中国疾病预防控制中心) 孙昊 (南京大学医学院附属鼓楼医院) 王伯良 (西安秦皇医院) 汪茜 (中国人民解放军总医院) 王瑞兰 (上海市第一人民医院) 王艳丽 (香港大学深圳医院) 吴剑峰 (军事科学院军事医学研究院) 吴永华 (北京大学第三医院) 谢剑炜 (军事科学院军事医学研究院) 徐华 (军事科学院军事医学研究院) 徐小民 (浙江省疾病预防控制中心) 杨立山 (宁夏医科大学总医院) 尉志文 (山西医科大学) 张恒东 (江苏省疾病预防控制中心) 张晶 (北京市疾病预防控制中心) 张静 (四川大学华西第四医院) 张劲松 (南京医科大学中毒研究所) 张云峰 (公安部鉴定中心) 张兴国 (山东省立医院) 赵红梅 (南京医科大学附属淮安第一医院) 周宁 (湛江中心人民医院)

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] World health statistics 2023-Monitoring health for the SDGs [R]. Geneva: World Health Organization., 2023.
- [2] 张驭涛, 蒋绍锋, 郎楠, 等. 2016-2022 年中国急性中毒病例流行病学特征及毒物类型构成分析 [J]. 中华流行病学杂志, 2024, 45(10): 1376-1382. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20240507-00240.
- [3] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 临床化学检验血液标本的采集与处理: WS/T 225-2024[S]. 2024.
- [4] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 尿液标本的采集与处理: WS/T 348-2024[S]. 2024.
- [5] 公安部. 涉毒人员毛发样本检测规范 [S]. 公禁毒 [2018] 938 号. 2018.
- [6] Wang MJ, Shi HH, Shao S, et al. Montmorillonite promoted photodegradation of amlodipine in natural water via formation of surface complexes[J]. Chemosphere, 2022, 286: 131641. DOI:10.1016/j.chemosphere.2021.131641.
- [7] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 突发中毒事件卫生应急处置技术规范 总则: WS/T 679-2020[S]. 2020.
- [8] 蒋臻, 彭爱华, 刘鹏, 等. 基于毒物监测的精准急性中毒诊治 [J]. 中华急诊医学杂志, 2023, 32(3): 277-281. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.03.001.
- [9] Li N, Zhang TL, Chen GS, et al. Recent advances in sample preparation techniques for quantitative detection of pharmaceuticals in biological samples[J]. Trac Trends Anal Chem, 2021, 142: 116318. DOI:10.1016/j.trac.2021.116318.
- [10] Kuhlmann L, Hiller J, Göen T. Comprehensive assessment of the UV-filter 2-ethylhexyl salicylate and its phase I/II metabolites in urine by extended enzymatic hydrolysis and on-line SPE LC-MS/MS[J]. Talanta, 2024, 276: 126223. DOI:10.1016/j.talanta.2024.126223.
- [11] Chen ZQ, Yang RJ, Zhu CW, et al. Chemical isotope labeling and dual-filtering strategy for comprehensive profiling of urinary glucuronide conjugates[J]. Anal Chem, 2024, 96(33): 13576-13587. DOI:10.1021/acs.analchem.4c02339.
- [12] Roy KS, Nazdrajić E, Shimelis OI, et al. Optimizing a high-throughput solid-phase microextraction system to determine the plasma protein binding of drugs in human plasma[J]. Anal Chem, 2021, 93(32): 11061-11065. DOI:10.1021/acs.analchem.1c01986.
- [13] Seyfinejad B, Ozkan SA, Jouyban A. Recent advances in the determination of unbound concentration and plasma protein binding of drugs: Analytical methods[J]. Talanta, 2021, 225: 122052. DOI:10.1016/j.talanta.2020.122052.
- [14] 陈佳, 徐斌, 林纓, 等. 强碱清洗含砷铝制品中毒法医学鉴定 2 例 [J]. 法医学杂志, 2020, 36(3): 431-434. DOI: 10.12116/j.issn.1004-5619.2020.03.031.
- [15] Wang J, Xu H, Zhang C, et al. Serotype features of 17 suspected cases of foodborne botulism in China 2019-2022 revealed by a multiplex immuno-endopep-MS method[J]. Front Microbiol, 2022, 13: 869874. DOI:10.3389/fmicb.2022.869874.
- [16] Gao J, Guo L, Wu JF, et al. Simple and sensitive detection of cyanide using pinhole shell-isolated nanoparticle-enhanced Raman spectroscopy[J]. J Raman Spectrosc, 2014, 45(8): 619-626. DOI:10.1002/jrs.4497.
- [17] Xu H, Nie ZY, Zhang YJ, et al. Four sulfur mustard exposure cases: Overall analysis of four types of biomarkers in clinical samples provides positive implication for early diagnosis and treatment

- monitoring[J]. *Toxicol Rep*, 2014, 1: 533-543. DOI:10.1016/j.toxrep.2014.07.017.
- [18] 中国医师协会急诊医师分会. 急性百草枯中毒诊治专家共识 (2022) [J]. *中华急诊医学杂志*, 2022, 31(11): 1435-1444. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2022.11.001.
- [19] 急性敌草快中毒诊断与治疗专家共识组. 急性敌草快中毒诊断与治疗专家共识 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2020, 29(10): 1282-1289. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2020.10.002.
- [20] 血液、尿液中乙醇、甲醇、正丙醇、丙酮、异丙醇和正丁醇检验: GB/T 42430-2023[S]. 2023.
- [21] 法庭科学 生物检材中 382 种药(毒)物筛选 液相色谱-高分辨质谱法: GA/T 2063-2023[S]. 2023.
- [22] 张美娟, 陈佳, 林纓, 等. 高分辨质谱-非信息依赖数据采集-后靶向筛查策略在不明原因食物中毒鉴定中的应用 [J]. *分析化学*, 2018, 46(2): 157-164. DOI: 10.11895/j.issn.0253-3820.171139.
- [23] Zhang MJ, Liu YL, Chen J, et al. Sensitive untargeted screening of nerve agents and their degradation products using liquid chromatography-high resolution mass spectrometry[J]. *Anal Chem*, 2020, 92(15): 10578-10587. DOI:10.1021/acs.analchem.0c01508.
- [24] 饲料中风险物质的目标物筛查与确认 液相色谱-高分辨质谱法 [S]. 中华人民共和国农业农村部公告, 第 676 号: 附件. 2023.
- [25] 环境多介质新污染物气相色谱/液相色谱串联高分辨质谱非靶标筛查技术规范 [S]. T/CSES 206-2025.
- [26] 薛祥, 孙兆瑞, 聂时南. 急性中毒诊治进展和面临的挑战 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2024, 33(3): 276-280. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2024.03.002.
- [27] 法医毒物分析方法验证通则 [S]. SF/T 0063-2020.
- [28] 液相色谱-质谱联用分析方法通则 [S]. GB/Z 35959-2018.
- [29] 中国合格评定国家认可委员会. CNAS-CL08-A004 司法鉴定/法庭科学机构能力认可准则在法医学鉴定领域的应用说明 [S]. 2024.
- [30] 中华人民共和国司法部. 司法鉴定机构仪器设备基本配置标准 [S]. 司法通〔2011〕323 号. 2011.
- [31] 中国合格评定国家认可委员会. CNAS-AL14 司法鉴定/法庭科学机构认可仪器配置要求 [S]. 2024.
- [32] 中国合格评定国家认可委员会. CNAS-CL02-A001 医学实验室质量和能力认可准则的应用要求 [S]. 2023.
- [33] 廖林川. 法医毒物分析 [M]. 北京: 人民卫生出版社. 2016.
- [34] Hoffmann U, Hecker U, Abel P. Acute poisoning by pirimicarb: Clinical and Toxicological features[J]. *Clin Toxicol*, 2008, 46(7): 694-696. DOI:10.1080/15563650701476961.
- [35] van Breemen RB, Hafner JW, Nosal DG, et al. Unmet clinical laboratory need in patients hospitalized for acute poisoning from long-acting anticoagulant rodenticides[J]. *Toxicol Commun*, 2021, 5(1): 93-96. DOI:10.1080/24734306.2021.1925444.
- [36] Cao ZX, Zhao Y, Gao J, et al. Comparison of severity index and plasma paraquat concentration for predicting survival after paraquat poisoning: a meta-analysis[J]. *Medicine*, 2020, 99(6): e19063. DOI:10.1097/md.00000000000019063.
- [37] Mohan A, Harikrishna J, Venkata Rami Reddy B, et al. Clinical presentation, laboratory abnormalities, and predictors of outcome in 103 patients with acute paraquat poisoning: a prospective observational study[J]. *Crit Care Med*, 2025, 53(10): e2016-e2024. DOI:10.1097/ccm.0000000000006807.
- [38] Ling YW, Mao ZS, Liu W, et al. Severity indices of diquat poisoning for triage and prognosis in acute diquat poisoning: a multicenter prospective cohort study[J]. *Ann Emerg Med*, 2025, 85(6): 512-520. DOI:10.1016/j.annemergmed.2025.02.022.
- [39] Zhou JN, Lu YQ. Lethal diquat poisoning manifests as acute central nervous system injury and circulatory failure: a retrospective cohort study of 50 cases[J]. *eClinicalMedicine*, 2022, 52: 101609. DOI:10.1016/j.eclinm.2022.101609.
- [40] Wang P, Lin LY, Lu YQ. Mid-to-late stage diquat accumulation in the central nervous system: a severe case of oral poisoning[J]. *Am J Emerg Med*, 2024, 75: 198.e1-198.e5. DOI:10.1016/j.ajem.2023.10.005.
- [41] Zhang Y, Chen X, Du HK, et al. Association between initial diquat plasma concentration, severity index and in-hospital mortality in patients with acute diquat poisoning: a retrospective cohort study[J]. *Clin Toxicol*, 2024, 62(9): 557-563. DOI:10.1080/15563650.2024.2387649.
- [42] Qiang SP, Mohamed F, Raubenheimer J, et al. Clinical toxicology of acute glyphosate self-poisoning: impact of plasma concentrations of glyphosate, its metabolite and polyethoxylated tallow amine surfactants on the toxicity[J]. *Clin Toxicol*, 2024, 62(8): 483-496. DOI:10.1080/15563650.2024.2375584.
- [43] Cho Y, Jeong W, Kim S, et al. Serial measurement of glyphosate blood concentration in a glyphosate potassium herbicide-intoxicated patient: a case report[J]. *Am J Emerg Med*, 2019, 37(8): 1600.e5-1600.e6. DOI:10.1016/j.ajem.2019.04.042.

(收稿日期: 2026-06-11)

(本文编辑: 何小军)