

# 即时检测在急诊医学中的应用及发展

彭春洋<sup>1</sup>综述,胡晶琼<sup>2△</sup>审校

华中科技大学同济医学院附属协和医院:1. 急诊内科;2. 干细胞中心,湖北武汉 430000

**摘要:**即时检测(POCT)是医学检验发展的新模式,近年来发展迅速。POCT 具有检测快速、操作方便、在床旁即可开展等优点,为急诊科急危重症患者的早期诊断提供了有利条件,并可明显减少患者就诊时间,缓解急诊科过度拥挤,符合急诊医学的发展需要。文章主要介绍了 POCT 在急诊医学中的具体应用情况和研究进展,分析了 POCT 技术的优势和面临的挑战,探讨了 POCT 的新技术和发展前景。

**关键词:**即时检测; 床旁检测; 急诊医学

**DOI:**10.3969/j.issn.1673-4130.2025.05.022

**中图法分类号:**R446.1

**文章编号:**1673-4130(2025)05-0620-05

**文献标志码:**A

## Application and development of point-of-care testing in emergency medicine

PENG Chunyang<sup>1</sup>, HU Jingqiong<sup>2△</sup>

1. Department of Emergency Internal Medicine; 2. Stem Cell Center, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430000, China

**Abstract:** Point-of-care testing (POCT) is a new model of medical testing development, which develops rapidly in recent years. POCT has the characteristics of rapid detection, convenient operation, and can be carried out at the patient's bedside. It can provide favorable conditions for early diagnosis of patients with critical illnesses in the emergency department and can significantly reduce their consultation time, alleviate the overcrowding of the emergency department, which is appropriate to the needs of the development of emergency medicine. This paper mainly introduces the specific application and research progress of POCT in emergency medicine, analyzes the advantages and challenges of POCT technology, and discusses the new technology and development prospect of POCT.

**Key words:** point-of-care testing; bedside testing; emergency medicine

急诊科患者通常发病急、病情变化快且大多病情较重,需要医务人员尽快确定治疗方案进行抢救,错过时机将会对患者生命安全造成威胁,然而,急诊科时常存在过度拥挤,患者滞留急诊室,危重患者不能得到及时关注等情况。即时检测(POCT)是医学检验的新模式,是指在患者身旁开展的,能最快得到检测结果的一种检测方式。POCT 整个过程通常只需要 15~20 min,较传统检测方式大大缩短了标本检测周转时间(TAT),可以对疾病进行早期诊断和动态评估、指导治疗,挽救急危重症患者的生命,进而减少患者在急诊科滞留时间,减轻急诊患者过度拥挤,加快急诊运营效率,节约医疗资源和成本。POCT 凭借其快速、简便、高效的特点,获得了各大医院急诊科的青睐,在急诊科的应用也越来越广泛。本文就 POCT 在急诊医学中的应用及发展进行综述。

### 1 急诊科的特点和拥挤现状

急诊科是救治急危重症患者的场所,急诊患者的病情呈现“危重复杂性”和“时限急迫性”的特点,因

此,急诊强调救治“时间窗”的概念,在“时间窗”内实现早期目标治疗,可获得更好的临床预后,提高急诊危重症患者抢救的存活率,减少功能伤残。除了快速采集病史和进行针对性查体外,尽早获取实验室检查结果可以帮助医生及时明确诊断,实施治疗方案。

急诊科过度拥挤是指急诊患者的需求超过了急诊科的处理能力,导致急诊科患者滞留,正常诊疗出现障碍<sup>[1]</sup>。目前,急诊科过度拥挤已经成为安全问题和全球公共卫生问题<sup>[2]</sup>。随着人口老龄化程度的加剧及全民健康意识的提高,我国多数医疗机构,尤其是综合性三甲医院,急诊量呈增加趋势,现有的医疗资源难以满足患者不断增长的医疗需求,导致急诊科拥挤现象日益加剧。急诊科过度拥挤不仅影响医疗环境,降低医疗效率,还产生一系列不良后果。例如,医疗质量下降、急诊科住院患者病死率增加、医患满意度下降、医疗费用增加、突发公共卫生事件应急能力下降、护士焦虑情绪增加等<sup>[3]</sup>。究其原因,除了非急诊患者、老年患者、危重患者增多,分级转诊制度不

△ 通信作者, E-mail: jingqionghu2006@sina.com。

完善,急诊科资源配置不足,医院床位短缺等常见原因外<sup>[4]</sup>,检验效率低下,患者获取检验结果较长也是造成急诊拥挤的重要原因。西班牙一家医院急诊科采用 POCT 优化分诊为严重程度 3 级的急诊患者就医流程,结果显示该策略可以缩短患者在急诊科停留时间,增加患者及时出院率,改善患者预后,从而提高急诊科运行效率,改善急诊过度拥挤<sup>[5]</sup>。

## 2 POCT 的定义和发展历程

POCT 以前也称为床旁检测或近距离检测,是指在中心实验室之外靠近患者或在患者护理现场进行的检测,且在短时间内获得结果(理想情况下小于 20 min)<sup>[6]</sup>。其要素为“快、边、便、易”。POCT 既可用于医院重症监护病房和急诊科,也可用于基层诊所和社区医院等初级保健机构。相比中心实验室,POCT 减少了几个步骤,包括标本运输、接收和预处理,从而缩短了 TAT。医生可以在患者护理现场获得快速检测结果,从而可以迅速做出医疗决策,从而改善患者的治疗结局、提高运营效率、提高患者满意度,在某些情况下还可以节省成本<sup>[7]</sup>。

1957 年,EDMONDS 以干化学纸片检测血糖和尿糖,成为最初的 POCT 类产品。1995 年,在美国加利福尼亚州召开的美国临床化学年会展览开辟了一个专门的 POCT 展区;同年,美国临床实验室标准化委员会发表 AST-P 文件,即《快速诊断检验指南》,第 1 次提出了 POCT 的概念,对 POCT 进行规范。2000 年前后,以许叔祥、杨振华为代表的一些专家、学者将其引进国内并进行了大量学术推广与概念普及,开启了中国 POCT 的新纪元。2009 年,POCT 被写入急诊科建设与管理指南。2013 年 10 月 10 日,国家标准化管理委员会发布了《GB/T29790-2013 即时检测质量和能力要求》国家标准,将 POCT 正式命名为“即时检测”,并于 2014 年 2 月 1 日正式实施。此文的发布宣布了 POCT 中文学术名称之争尘埃落定,正确命名的同时也对中国 POCT 产品的质量保障能力提出了明确的要求。2020—2022 年,在新型冠状病毒感染的影响下,POCT 需求猛增。2024 年 1 月,最新出台了 POCT 急诊临床应用与专家共识<sup>[8]</sup>,指导医疗机构在急诊规范开展必要的 POCT 项目,从而进一步提高急诊医疗质量和效率。纵观 POCT 在中国的整个发展历程,在技术发展上经历了从第一代“定性”、第二代“手工半定量”、第三代“手工定量”、第四代“半自动定量”、第五代“全自动定量”的历程。

## 3 急诊常用的检测项目

### 3.1 心血管疾病 急性冠脉综合征(ACS)是急诊科最常见的急危重症之一,是一组由急性心肌缺血引起的临床综合征,包括 ST 段抬高性心肌梗死(STEMI)、非 ST 段抬高性心肌梗死(NSTEMI)和不稳定性心绞痛。STEMI 根据典型的临床表现和心电图即可确诊,NSTEMI 和不稳定性心绞痛则需要靠心肌酶

结果进行诊断,诊断及治疗时间对此类患者的预后至关重要,因此快速而准确地获得心肌酶检测结果非常关键。对心肌梗死(AMI)患者来说,“时间就是生命,时间就是心肌”。50% 以上的死亡发生在急性 AMI 后的 6 h 内,而更早地进行再灌注治疗可以降低 AMI 的病死率。心脏肌钙蛋白是心肌细胞损伤的高度特异性生物标志物,是诊断心肌损伤的金标准。近 10 年来,心肌肌钙蛋白 I (hs-cTnI)和心肌肌钙蛋白 T (hs-cTnT)的高灵敏度免疫测定法已被国际指南推荐为检测心肌损伤和诊断 AMI 的金标准实验室方法<sup>[9]</sup>。hs-cTn 检测方法的问世使 AMI 的诊断时间从 6~12 h 逐步缩短至 1~3 h<sup>[10]</sup>。2020 年,欧洲心脏病学会指南特别推荐将快速 0/1 h 算法(入院时基线抽血,1 h 后抽血)作为首选临床方案,因为该算法可缩短疑似 ACS 患者在急诊科的住院时间,从而在安全性和有效性之间实现最佳平衡<sup>[11]</sup>。值得指出的是,目前大多数市售的 cTn POCT 方法并不符合高灵敏度检测方法的标准,因为 hs-cTn 方法需要使用大型自动化平台。然而,令人兴奋的是,在过去的 5 年中,全球已有 3 种 POCT hs-cTnI 方法投入商业使用,并且研究表明,POCT hs-cTn 方法可提供与中心实验室 hs-cTn 检测方法相当的分析性能特征<sup>[9,12]</sup>。除了肌钙蛋白外,B 型钠尿肽(BNP)、N 末端钠尿肽前体(NT-proBNP)、D-二聚体(D-Dimer)也是急诊室常用的心脏标志物。BNP 和 NT-proBNP 是诊断与评价心力衰竭的理想标志物,而 D-Dimer 是除外急性肺栓塞或主动脉夹层的虽非理想但也属较好的标志物。一些国际指南推荐 BNP(100 ng/L)和 NT-proBNP(300 ng/L)的特定临界值,用于诊断急诊室收治的急性心力衰竭患者<sup>[13]</sup>。已有研究表明,在 Wells 评分不超过 4 分的患者中,D-Dimer 阴性结果可用于安全地排除深静脉血栓形成,从而无需浪费时间和资源进行进一步检测<sup>[14]</sup>。最近研究指出,床旁快速 D-Dimer 检测可用于区分普通 STEMI 和 A 型主动脉夹层合并 STEMI,其临界值为 2.155  $\mu\text{g/mL}$ ,当 D-Dimer 大于此值时需警惕主动脉夹层合并 STEMI<sup>[15]</sup>。近年研究还发现了一些新兴的心血管生物标志物,可溶性 ST2(sST2)就是其中的典型代表,可用于心力衰竭患者的预后判断和风险分层,sST2 是一种可溶性诱饵受体,能抑制 IL-33 的生物活性,而 IL-33 是一种细胞因子,能防止心肌细胞凋亡并改善心脏功能,循环中 sST2 水平的升高与心脏重塑、纤维化和心力衰竭的严重程度有关<sup>[16-18]</sup>。

### 3.2 脓毒症 脓毒症是一种世界性的严重疾病,发病率和病死率都很高,也是急诊科的常见疾病之一。脓毒症被定义为因对感染的反应失调而导致的危及生命的器官功能障碍<sup>[19]</sup>。因此,及早识别脓毒症至关重要,因为快速诊断和治疗是降低病死率的最佳手段。脓毒症的早期表现(如心动过速、呼吸急促和发

热)通常不具有特异性,早期诊断困难,然而治疗的延误会对预后产生深远的负面影响。因此,一种准确、即时的识别严重脓毒症患者的方法对于最大限度地减少复苏延误和最大化临床效益至关重要。急诊科常用的脓毒症生物标志物有乳酸和降钙素原(PCT)。血乳酸水平升高提示组织灌注不足和无氧代谢受损,可作为脓毒症的筛查指标,快速测量乳酸水平很重要,因为乳酸水平升高与病死率增加有关,相当大比例的死亡发生在最初几天。POCT 技术可用于测量全血和指尖血乳酸,提供几乎即时的反馈<sup>[20]</sup>。PCT 是一种由 116 个氨基酸组成的蛋白质,由甲状腺的滤泡旁 C 细胞产生,然后转化为 PCT,以维持钙稳态。人体在严重感染时,细菌内毒素和炎症因子刺激机体除甲状腺以外的组织合成释放 PCT,作为血液中单核细胞的化学引诱剂<sup>[21]</sup>。在欧洲 3 个急诊科进行的一项为期 6 个月的前瞻性研究发现,使用高灵敏度 POCT 法检测 PCT 与参考方法相比,诊断准确率更高,出结果更快,仅需 25 min 就能得出结果,缩短了开始治疗的时间<sup>[22]</sup>。除了乳酸和 PCT,近些年来,涌现出一些新型脓毒症生物标志物,如 Presepsin 和中区前肾上腺髓质素(MR-proADM),相比传统标志物,它们诊断脓毒症的灵敏度和特异性更高。Presepsin 又称可溶性 CD14 亚型,是可溶性 CD14 的 N 端片段,在受到病原体刺激后会从免疫细胞系表面释放出来<sup>[23-24]</sup>。Presepsin 水平在感染开始后 2 h 内升高,并在 3 h 内达到峰值。中区前肾上腺髓质素(MR-proADM)<sup>[25]</sup>是肾上腺髓质素(ADM)的一种多肽片段,ADM 在许多器官和组织中广泛表达。在健康人体内,ADM 的血浆水平较低,而在发生病理事件时,其水平会显著升高。血浆水平的变化与疾病的严重程度成正比。由于 ADM 会迅速从血液循环中清除,因此很难被检测到,而更稳定的 MR-proADM 能直接反映 ADM 的水平,因此可作为一种替代方法。一项最新的荟萃分析显示,Presepsin 和 MR-proADM 对成人脓毒症的诊断准确率较高(AUC $\geq$ 0.90),且 MR-proADM 的准确率明显高于 Presepsin<sup>[26]</sup>。值得指出的是,当生物标志物与其他标志物或临床评分结合使用时,诊断优势会更加突出<sup>[27]</sup>。

**3.3 急性呼吸道感染** 急性呼吸道感染是急诊科最常见的疾病,多由呼吸道病毒(RV)感染引起。在所有急性传染病中,呼吸道感染的发病率和病死率最高,并在人类历史上引起了一系列大流行。从人类历史有记录开始的公元前 1200 年至今,包括新型冠状病毒在内,全球已经发生了 8 次大流行,共造成数十亿人死亡,给全球医疗系统及经济造成严重负担<sup>[28]</sup>。为应对这一全球性挑战,需要快速、可靠、准确和广泛可用的 RV 诊断方法,及早识别 RV 并进行早期诊断和隔离,减少呼吸道病毒的传播。POCT 效率高、检测时间短、可与其他便携式诊断平台整合、成本低且

易于操作,是监测和管理 RV 的有效方法。另一方面,在急性呼吸道感染的门诊中加入 POCT 可减少不必要的抗菌药物使用,并减少抗菌药物相关的不良反应,从而节省大量成本<sup>[29]</sup>。主要的 RV 类型包括流感病毒、冠状病毒、腺病毒、呼吸道合胞病毒、鼻病毒、副流感病毒、肠道病毒及其他引起呼吸道问题的继发性病毒,如疱疹病毒。全球大流行主要由流感病毒及冠状病毒引起。针对 RV 的主要 POCT 方法可分为两类,一类是病毒内诊断方法,另一类是病毒上诊断方法。基于“病毒内”的检测方法以追踪病毒中的核酸为基础,包括 RT-PCR、RCA、LAMP、RPA 和 CRISPR-Cas。基于“病毒上”的检测技术依赖于 RV 表位或表面结构,通常用于开发光学 POCT(比色法、荧光法、SERS 和 SPR)、电化学 POCT、侧流检测、微流控、ELISA 和芯片<sup>[28]</sup>。例如,雅培公司开发的检测新型冠状病毒和流感病毒的 POCT 仪器(ID Now),采用等温核酸扩增技术,灵敏性和特异性均较高,检测时间低至 13 min<sup>[30-31]</sup>。鉴于 ID NOW 检测仪具有极高的特异性,可快速识别新型冠状病毒感染患者和流感患者,因此在急诊室使用 ID NOW 检测仪是合适的。有研究显示,ID Now 的 TAT 相比实验室检测缩短了 17.5 h<sup>[32]</sup>。当前,针对病毒检测 POCT 技术,有学者呼吁实现“HAS4”POCT(H 即高通量,A 即自动化,S 代表灵敏度、特异性、简便性、免样品制备)<sup>[28]</sup>。具体来说,“高通量”是指采用多重通路技术,在一次 POCT 运行中检测出多个已知 RV,从而缩短从样本到结果的时间。在面对新型冠状病毒感染等流行病时,“自动化”减少了人工操作的需要,从而也减少了操作员、实验室甚至国家之间的可重复性误差。高“灵敏度”和“特异性”确保了 POCT 在实际临床应用中的价值,而“简便性”可确保 POCT 可以在发展中国家及偏远地区的使用。“无需样本预处理”的方法强调降低劳动力成本和人工变异性,并将操作人员接触 RV 的风险降至最低,从而使 POCT 可在特殊生物安全级别实验室之外使用。

#### 4 POCT 的优势

POCT 最大的优势在于“即时”,即缩短周转时间,快速得到检测结果。POCT 第二个优势在于“就地”,即在患者床旁进行检测。POCT 不仅可用于医院急诊科、ICU,也可用于基层门诊、院前急救、家庭消费,甚至是游轮、灾区、航空公司,还有国际空间站等多个场景。与复杂的大型实验室仪器相比,POCT 体积小,操作简单,对普通医务人员稍加培训即可上手。随着 POCT 多路复用技术的进步,仅需少量的血标本就可测量多种指标,这对儿科患者、贫血及失血患者尤其友好<sup>[33]</sup>。

#### 5 POCT 的不足

虽然 POCT 已经进入中国 20 余年,但目前仍然缺乏相应的法律法规和完善的质量管理体系,而由于

缺乏监管和严格的质量控制,最终影响到检测结果的准确性<sup>[34-35]</sup>。另外,由于 POCT 设计的固有特征导致其分析灵敏度降低,也会影响检测结果的准确性,对这个问题的担忧也是 POCT 应用的一大障碍<sup>[6]</sup>。此外,POCT 的检测结果通常单独出具,且无统一的报告格式,未纳入到实验室管理系统,这不利于后续的诊断治疗和数据分析。最后,与自动化程度较高的实验室检测相比,POCT 单次检测的成本较高,这也影响了 POCT 的普及。对于 POCT 的“先天不足”,如诊断准确性不如中心实验室、成本较高等问题,随着 POCT 新技术的发展,有望得到解决。当务之急是加强 POCT 的组织管理,建立统一的质量管理体系并严格执行,定期对操作人员进行培训和考核,尽快将 POCT 结果纳入实验室管理系统和病历系统,逐步出台 POCT 共识和实践指南,提高 POCT 的质量水平,促使 POCT 高水平发展,以更好地为急诊医学服务<sup>[36]</sup>。

## 6 POCT 的新技术和发展前景

随着医疗保健的重点转向精准医疗、人口健康和慢性病管理,POCT 的潜在优势不断扩大,过去十多年间逐渐涌现出一批前景广阔的新技术,例如基于环介导的等温核酸扩增技术、可穿戴设备、无创 POCT、纸基微流控技术、质谱技术、便携式核磁共振、移动智能设备、人工智能等<sup>[34,37-39]</sup>,相信这些新技术的出现和转化应用,将会极大地改善未来的医疗服务模式、成本和结局。

POCT 是近年来体外诊断行业中发展最快的细分领域之一,根据国际权威机构 Statistics MRC 预测,全球 POCT 市场规模约 300 亿美元(除新型冠状病毒外),复合增长率为 9.7%,中国 POCT 市场规模 100 亿元(除新型冠状病毒外),复合增长率将超过 20%,预计到 2026 年,我国 POCT 市场规模将超过 260 亿元。整体来说,目前我国 POCT 市场仍旧处于发展相对早期阶段,整体市场规模与国内企业的竞争力水平平均相对较弱,但在庞大人口带来的医疗需求及分级诊疗的持续推进下,我国 POCT 市场发展潜力巨大。

## 7 结 语

POCT 具有仪器小型化、操作简单化、结果报告即时化、不受时间与地点限制等特点,非常适合人满为患和紧张复杂的急诊室。迄今为止的证据证明,POCT 系统对急诊患者有几大好处,包括缩短诊断时间、缩短急诊科滞留时间、改善急性病预后、改善病情管理和降低住院费用等。另外,通过适当的教育和培训,还能带来更多的管理和经济效益,包括提高员工满意度和临床工作效率<sup>[33]</sup>。当然,POCT 也存在着诊断准确性不足、监管不到位、质控不严、成本较高等诸多挑战,但是这些问题都是新事物发展过程中的必经之路,随着新技术的发展终将得到解决。总之,POCT

作为快速方便、可广泛使用的检测工具在急诊医学中大有可为。

## 参考文献

- [1] American College of Emergency Physicians. Crowding [J]. *Ann Emerg Med*, 2006, 47 (6): 585.
- [2] LINDNER G, WOITOK B K. Emergency department overcrowding: analysis and strategies to manage an international phenomenon [J]. *Wien Klin Wochenschr*, 2021, 133 (5/6): 229-233.
- [3] 曹琳,葛洪霞,郑亚安. 急诊科拥挤现象的原因分析及解决对策 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2019, 26 (2): 254-256.
- [4] 刘继海,韩显林,张太平等. 北京协和医院疏解急诊拥挤实践 [J]. *中华医院管理杂志*, 2021, 37 (6): 518-521.
- [5] JIMENEZ-BARRAGAN M, RODRIGUEZ-OLIVA M, SANCHEZ-MORA C, et al. Emergency severity level-3 patient flow based on point-of-care testing improves patient outcomes [J]. *Clin Chim Acta*, 2021, 523: 144-151.
- [6] ORTIZ D A, LOEFFELHOLZ M J. Practical challenges of point-of-care testing [J]. *Clin Lab Med*, 2023, 43 (2): 155-165.
- [7] PATEL K, SUH-LAILAM BB. Implementation of point-of-care testing in a pediatric healthcare setting [J]. *Crit Rev Clin Lab Sci*, 2019, 56 (4): 239-246.
- [8] 国家急诊医学专业医疗质量控制中心,北京市急诊质量控制和改进中心,中国医师协会急诊医师分会,等. 即时检测急诊临床应用专家共识 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2024, 01: 11-19.
- [9] ASPROMONTE N, ZANINOTTO M, AIMO A, et al. Measurement of cardiac-specific biomarkers in the emergency department: new insight in risk evaluation [J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24 (21): 15998.
- [10] CLERICO A, ZANINOTTO M, PLEBANI M. High-sensitivity assay for cardiac troponins with POCT methods. The future is soon [J]. *Clin Chem Lab Med*, 2021, 59 (9): 1477-1478.
- [11] COLLET J P, THIELE H, BARBATO E, et al. 2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation [J]. *Eur Heart J*, 2021, 42: 1289-1367.
- [12] REGAN B, O'KENNEDY R, COLLINS D. Advances in point-of-care testing for cardiovascular diseases [J]. *Adv Clin Chem*, 2021, 104: 1-70.
- [13] FOUNTOULAKI K, VENTOU LIS I, DROKOU A, et al. Emergency department risk assessment and disposition of acute heart failure patients: Existing evidence and ongoing challenges [J]. *Heart Fail Rev*, 2023, 28 (4): 781-793.
- [14] PRICE C P, FAY M, HOPSTAKEN R M. Point-of-care testing for D-dimer in the diagnosis of venous thromboembolism in primary care: a narrative review [J]. *Cardiol Ther*, 2021, 10 (1): 27-40.

- [15] CHANG X, YAO J, XU Y. The point-of-care D-dimer test provides a fast and accurate differential diagnosis of Stanford Type A aortic syndrome and ST-elevated myocardial infarction in emergencies [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2022, 22(1): 556.
- [16] GRUSON D, FERRACIN B, AHN S A, et al. Testing for soluble ST2 in heart failure patients: reliability of a point of care method [J]. *Clin Lab*, 2017, 63(1): 141-145.
- [17] LOTIERZO M, DUPUY A M, KALMANOVICH E, et al. sST2 as a value-added biomarker in heart failure [J]. *Clin Chim Acta*, 2020, 501: 120-130.
- [18] SCIATTI E, MERLO A, SCANGIUZZI C, et al. Prognostic value of sST2 in heart failure [J]. *J Clin Med*, 2023, 12(12): 3970.
- [19] DELLINGER R P, RHODES A, EVANS L, et al. Surviving sepsis campaign [J]. *Crit Care Med*, 2023, 51(4): 431-444.
- [20] GOSSELIN M, MABIRE C, PASQUIER M, et al. Prevalence and clinical significance of point of care elevated lactate at emergency admission in older patients: a prospective study [J]. *Intern Emerg Med*, 2022, 17(6): 1803-1812.
- [21] TANEJA R, BATRA P. Biomarkers as point of care tests (POCT) in neonatal sepsis: a state of science review [J]. *J Neonatal Perinatal Med*, 2021, 14(3): 331-338.
- [22] KUTZ A, HAUSFATER P, OPPERT M, et al. Comparison between B • R • A • H • M • S PCT direct, a new sensitive point-of-care testing device for rapid quantification of procalcitonin in emergency department patients and established reference methods - a prospective multinational trial [J]. *Clin Chem Lab Med*, 2016, 54(4): 577-584.
- [23] PARASKEVAS T, CHOURPILIADI C, DEMIRI S, et al. Presepsin in the diagnosis of sepsis [J]. *Clin Chim Acta*, 2023; 550: 117588.
- [24] VELISSARIS D, ZAREIFOPOULOS N, KARAMOUZOS V, et al. Presepsin as a diagnostic and prognostic biomarker in sepsis [J]. *Cureus*, 2021, 13(5): e15019.
- [25] PICCIONI A, SAVIANO A, CICCHINELLI S, et al. Proadrenomedullin in sepsis and septic shock: a role in the emergency department [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2021, 57(9): 920.
- [26] LIANG J, CAI Y, SHAO Y. Comparison of presepsin and Mid-regional pro-adrenomedullin in the diagnosis of sepsis or septic shock: a systematic review and meta-analysis [J]. *BMC Infect Dis*, 2023, 23(1): 288.
- [27] CASALBONI S, VALLI G, TERLIZZI F, et al. 30 days mortality prognostic value of POCT bio-adrenomedullin and proenkephalin in patients with sepsis in the emergency department [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2022, 58(12): 1786.
- [28] ZHANG Z, MA P, AHMED R, et al. Advanced point-of-care testing technologies for human acute respiratory virus detection [J]. *Adv Mater*, 2022, 34(1): e2103646.
- [29] SCHNEIDER J E, BOEHME C, BORISCH B, et al. Application of a simple point-of-care test to reduce UK healthcare costs and adverse events in outpatient acute respiratory infections [J]. *J Med Econ*, 2020, 23(7): 673-682.
- [30] STOKES W, BERENGER B M, VENNER A A, et al. Point of care molecular and antigen detection tests for COVID-19: current status and future prospects [J]. *Expert Rev Mol Diagn*, 2022, 22(8): 797-809.
- [31] VAN DER KRAAN M, HOBELINK EL, KALPOE J, et al. Performance- and cost-benefit analysis of an influenza point-of-care test compared to laboratory-based multiplex RT-PCR in the emergency department [J]. *Am J Infect Control*, 2021, 49(11): 1414-1418.
- [32] DESLANDES V, CLARK E, THIRUGANASAMBANDAMOORTHY V, et al. Implementation of the Abbott ID Now COVID-19 assay at a tertiary care center: a prospective pragmatic implementation study during the third wave of SARS-CoV-2 in Ontario [J]. *Diagn Microbiol Infect Dis*, 2022, 102(3): 115609.
- [33] WILSON S, BOHN M K, ADELI K. POCT: an inherently ideal tool in pediatric laboratory medicine [J]. *EJIFCC*, 2021, 32(2): 145-157.
- [34] 康可人, 王华梁. 即时检测的临床应用与未来展望 [J]. *中华检验医学杂志*, 2021, 44(9): 794-798.
- [35] 段小勇, 王晟, 吴柳春. POCT 在急诊医学中的应用与管理 [J]. *检验医学与临床*, 2020, 17(17): 2583-2585.
- [36] 杨翌翔, 韦薇, 侯彦强. 建立区域性即时检测管理体系初探 [J]. *国际检验医学杂志*, 2021, 42(21): 2683-2685.
- [37] 郭彦彤, 刘仲明, 张海燕, 等. 分子即时检测 (POCT) 技术及其在新发传染病中的应用 [J]. *中国生物工程杂志*, 2022, 42(9): 50-57.
- [38] 冯柳, 王彬潘, 陈鸣, 等. 纸基功能材料的生物传感技术助推即时检测“加速度” [J]. *国际检验医学杂志*, 2022, 43(12): 1413-1419.
- [39] KULKARNI M B, RAJAGOPAL S, PRIETO-SIMÓN B, et al. Recent advances in smart wearable sensors for continuous human health monitoring [J]. *Talanta*, 2024, 272: 125817.

(收稿日期: 2024-08-08 修回日期: 2024-10-11)