

POCUS在急诊高危胸痛患者快速诊断中的应用价值与进展

姬赞赞, 杨涛, 尹松鹤, 潘政

上海市第六人民医院金山分院急诊科, 上海

收稿日期: 2026年4月21日; 录用日期: 2026年5月15日; 发布日期: 2026年5月26日

摘要

急诊胸痛病因复杂且病情危重, 快速鉴别高危胸痛(如急性冠脉综合征、主动脉夹层、肺栓塞、张力性气胸等)对改善患者预后至关重要。传统诊断方法依赖病史、心电图及实验室检查, 常存在时间延迟或早期敏感性不足的局限。床旁即时超声(Point-of-Care Ultrasound, POCUS)作为一种无创、快速、可重复的影像学工具, 在急诊环境中展现出独特优势。本文旨在系统阐述POCUS在急诊高危胸痛病因快速筛查与鉴别诊断中的应用现状、具体操作流程、诊断效能、临床决策支持作用及其面临的挑战与未来发展方向, 为优化急诊胸痛诊疗路径提供循证依据。

关键词

床旁即时超声(POCUS), 急诊医学, 高危胸痛, 快速诊断, 鉴别诊断, 急性冠脉综合征(ACS), 主动脉夹层(AAS), 肺栓塞(PE)

Applied Value and Progress of POCUS in the Rapid Diagnosis of High-Risk Chest Pain Patients in the Emergency Department

Zanzan Ji, Tao Yang, Songhe Yin, Zheng Pan

Emergency Department, Jinshan Branch of Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai

Received: April 21, 2026; accepted: May 15, 2026; published: May 26, 2026

Abstract

The etiology of emergency chest pain is complex and the condition is often critical. Rapid

differentiation of high-risk chest pain (such as acute coronary syndrome, aortic dissection, pulmonary embolism, tension pneumothorax, etc.) is crucial for improving patient prognosis. Traditional diagnostic methods rely on medical history, electrocardiography, and laboratory tests, which often suffer from time delays or insufficient early sensitivity. Point-of-Care Ultrasound (POCUS), as a non-invasive, rapid, and repeatable imaging tool, demonstrates unique advantages in the emergency setting. This article aims to systematically elaborate on the current application status, specific operational procedures, diagnostic efficacy, role in clinical decision support, as well as the challenges and future development directions of POCUS in the rapid screening and differential diagnosis of high-risk chest pain etiologies, providing an evidence-based basis for optimizing emergency chest pain diagnosis and treatment pathways.

Keywords

Point-of-Care Ultrasound (POCUS), Emergency Medicine, High-Risk Chest Pain, Rapid Diagnosis, Differential Diagnosis, Acute Coronary Syndrome (ACS), Aortic Dissection (AAS), Pulmonary Embolism (PE)

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

胸痛是急诊科最常见的就诊原因之一，其中潜藏着如急性心肌梗死、主动脉夹层、大面积肺栓塞等高致死性疾病。对这些高危胸痛的快速识别与干预是降低死亡率的关键。然而，基于症状、心电图和心肌损伤标志物的传统诊断模式，在疾病早期可能存在诊断“盲区”，导致治疗延误[1]。近年来，床旁即时超声因其设备便携、操作快速、可在患者床旁由临床医师即时实施并解读结果的特点，被逐步整合到急诊胸痛的评估流程中。它能够提供心脏、大血管、肺部及胸腔的实时动态影像信息，为病因鉴别提供直接的形态学与功能学证据，显著缩短了从就诊到明确诊断或排除高危疾病的时间窗[2]。本综述将围绕 POCUS 在急诊高危胸痛快速诊断中的应用展开深入探讨。

床旁即时超声的核心价值在于其能够弥补传统诊断方法的局限性。传统方法在疾病早期，尤其是非 ST 段抬高型心肌梗死或症状不典型的主动脉夹层等情况下，敏感性和特异性有限，存在诊断延迟的风险[1]。POCUS 通过提供实时、动态的床旁形态与功能学信息，能够直接观察心脏节段性室壁运动异常、心包积液、主动脉根部扩张或内膜瓣、右心室负荷过重等关键征象，从而为临床决策提供即时依据。例如，对于疑似急性冠脉综合征的患者，急诊医师实施的 POCUS 能够准确识别与心电图缺血区域相对应的节段性室壁运动异常，有助于识别那些不符合 ST 段抬高型心肌梗死激活标准但同样高危的患者，从而加速其诊疗流程[3]。

在针对不同高危胸痛病因的具体应用中，POCUS 展现出其独特的诊断价值。对于急性冠脉综合征，除了识别节段性室壁运动异常，POCUS 还能快速评估左心室整体功能(目测法)和探查心包积液[3]。在主动脉夹层的快速筛查中，通过胸骨旁长轴与心尖切面观察升主动脉，结合腹主动脉的快速扫描，可以探查主动脉内膜瓣、管腔扩张或心包积液等间接征象。一项回顾性研究显示，主动脉流出道直径在 A 型夹层患者中显著大于 B 型夹层及正常人群，提示该测量值可作为辅助诊断线索[4]。对于肺栓塞的评估，POCUS 可探查右心室负荷过重的征象，如右心室扩大、室间隔矛盾运动(D 征)以及 McConnell 征，同时可快速进行下肢深静脉血栓的超声检查(两点法或三点法)。此外，POCUS 还能有效鉴别非心源性胸痛，

如通过评估肺滑动征消失和 B 线来排查气胸，以及识别胸腔积液和肺实变。

将 POCUS 整合到急诊胸痛诊疗流程中，需要目标导向的有限超声检查方案，如 RUSH 方案或整合了临床评分与 D-二聚体的诊断流程[5]。操作者的培训与资质、图像获取与存储的标准流程至关重要，以确保检查的质量和可重复性[2]。POCUS 与心电图、计算机断层扫描等多模态影像技术形成互补关系，而非替代关系。例如，在疑似主动脉夹层的患者中，POCUS 可作为快速筛查工具，阳性发现可加速安排确诊性 CT 血管造影，而阴性结果结合低临床概率和阴性 D-二聚体则可能安全地排除诊断，从而避免不必要的辐射暴露和造影剂使用[5]。

关于 POCUS 诊断效能的循证医学证据不断积累。研究表明，由经过培训的急诊医师实施的 POCUS 在识别急性冠脉综合征患者的节段性室壁运动异常方面具有高度一致性[3]。在主动脉夹层和肺栓塞的评估中，POCUS 显示出较高的特异性，其阴性预测价值在整合临床评估后尤为突出。更重要的是，早期应用 POCUS 能够显著缩短急诊停留时间，并可能改善临床结局[6]。最新技术进展，如组织多普勒成像等高级超声技术，以及人工智能辅助图像分析，有望进一步提升 POCUS 的诊断精度和自动化水平，拓宽其应用前景[7]。

尽管 POCUS 优势显著，但其应用仍面临挑战与局限性。首先，其诊断准确性存在操作者依赖性，需要系统的培训和持续的质量保证来克服学习曲线问题[2]。其次，POCUS 对某些疾病(如非 ST 段抬高型心肌梗死)的诊断能力有限，不能完全替代传统诊断方法[1]。在繁忙的急诊环境下，实施 POCUS 可能面临时间压力和资源分配的限制[8]。未来，建立标准化的培训体系、推进 POCUS 的智能化与流程化整合，以及开展多中心大数据研究，将是克服当前局限、充分发挥 POCUS 在急诊高危胸痛诊疗中价值的关键方向。

2. POCUS 在高危胸痛快速诊断中的核心价值与理论基础

2.1. 弥补传统诊断方法的局限性：时间窗与敏感性问题

传统诊断方法，如心电图、心肌酶学和 D-二聚体检测，在高危胸痛的快速诊断中存在显著的局限性。心电图对于急性心肌梗死(AMI)的诊断具有时间窗限制，且对于非 ST 段抬高型心肌梗死或不典型表现的 AMI 敏感性不足。D-二聚体检测虽有助于排除部分主动脉夹层(AAD)和肺栓塞(PE)，但其特异性有限，且在急性主动脉综合征(AAS)中可能出现假阴性结果，延误诊断[9]。例如，有病例报告显示，一名疑似 AAD 的高危患者，其 D-二聚体检测结果并无异常，最终通过影像学检查确诊，这凸显了依赖单一实验室指标的风险[9]。此外，对于以孤立性晕厥为首发症状的肺栓塞，传统评估可能无法及时识别其高风险性[10]。床旁即时超声(POCUS)能够提供即时的形态学信息，弥补了这些传统方法在时间敏感性和早期识别方面的不足，特别是在患者血流动力学不稳定时，能够快速发现心包积液、右心室功能障碍等关键征象，从而缩短诊断时间。

2.2. 提供实时、动态的床旁形态与功能学信息

POCUS 的核心优势在于能够为急诊医师提供实时、动态的床旁心脏、肺部及大血管的形态与功能学信息。聚焦心脏超声(FoCUS)可以快速评估左心室功能、右心房压力、瓣膜异常以及心包积液，有效区分胸痛、呼吸困难或血流动力学不稳定的心源性与非心源性病因[11]。例如，对于表现为胸痛和呼吸困难的患者，POCUS 可以即时发现心包积液，甚至提示化脓性心包炎的可能，从而引导进一步的诊断和治疗[12]。在肺栓塞的诊断中，POCUS 能够快速识别右心室扩大、运动功能减退等右心功能障碍的征象，即使患者缺乏典型的低氧血症症状，也能为高风险肺栓塞的诊断提供关键依据[10]。这种实时可视化的能力，使得临床医生能够超越单纯的症状和体征，直接观察器官的结构与功能，极大地提升了诊断的准确性和及时性。

性[13]。

2.3. 支持“诊断性治疗”与快速临床决策

在急诊高危胸痛的处理中，POCUS 直接支持“诊断性治疗”理念，即通过快速的床旁评估来指导紧急干预，从而加速临床决策。对于出现血流动力学不稳定的患者，POCUS 是评估未分化性休克病因的关键工具。例如，发现心包积液伴填塞征象时，可立即进行心包穿刺术，这能迅速改善血流动力学状态，是挽救生命的关键步骤[14]。同样，对于确诊的高风险肺栓塞伴持续性低血压，POCUS 评估的右心功能状况是决定是否进行全身性溶栓治疗的重要参考[10]。POCUS 还能在实施治疗前后进行快速评估，如监测心包穿刺后积液变化或评估液体复苏的效果，实现了诊断与治疗的闭环管理。这种将诊断与治疗决策紧密整合在床旁的能力，显著缩短了从患者就诊到接受关键干预的时间窗，优化了危重患者的救治流程。

2.4. 整合于胸痛诊疗路径：FAST-ABCDE 法则与 RUSH 方案的应用

将 POCUS 系统性地整合到标准化的胸痛诊疗路径中，可以极大提高诊断效率和安全性。临床研究支持将 POCUS 与临床评估工具相结合，形成集成的诊断算法。例如，PROFUNDUS 研究表明，将 POCUS 结果与符合指南的临床评分相结合，定义急性主动脉综合征(AAS)的集成验前概率(iPTP)，能够安全、高效地筛选出需要紧急高级主动脉成像(AAI)的患者，同时避免了大量不必要的检查[5]。该研究中，POCUS 使诊断时间显著缩短，阳性结果患者的诊断中位时间为 60 分钟，而阴性者为 118 分钟[5]。类似于创伤超声重点评估(FAST)方案，针对循环衰竭的快速超声休克评估(RUSH)方案以及针对呼吸衰竭的床旁肺超声急诊(BLUE)方案，为急诊医生提供了结构化、可重复的 POCUS 检查流程。这些方案通过系统评估心脏、肺部、下腔静脉及大血管，快速鉴别心源性、梗阻性、低血容量性及分布性休克，为高危胸痛患者的病因鉴别和紧急处理提供了清晰的路线图[15]。这种整合确保了 POCUS 不再是孤立的检查，而是嵌入临床推理和决策路径的核心环节。

3. POCUS 针对不同高危胸痛病因的具体应用与诊断标准

3.1. 急性冠脉综合征与心脏评估

3.1.1. 节段性室壁运动异常的识别

节段性室壁运动异常(RWMA)是急性冠脉综合征(ACS)导致心肌缺血或坏死的直接超声表现，对于快速识别非 ST 段抬高型心肌梗死(NSTEMI)等高危患者具有重要价值。研究表明，由经过培训的急诊医师(EP)进行的床旁心脏超声(POCE)能够准确识别 ACS 患者的 RWMA。在一项回顾性研究中，所有由急诊医师通过 POCE 诊断存在 RWMA 的患者，后续经全面超声心动图(CE)检查均得到确认[3]。此外，在接受了心脏导管检查的患者中，绝大多数(87.5%)的冠状动脉病变分布与 POCE 所见的 RWMA 区域相符[3]。这证实了 POCUS 在急诊环境中，对于临床怀疑 ACS 但不符合 STEMI 激活标准的胸痛患者，是一种有效的辅助工具，有助于识别可从快速救治中获益的高危亚组。

3.1.2. 左心室整体功能评估(目测法)

目测法评估左心室整体功能是急诊 POCUS 的核心技能之一，能够快速区分心源性休克与非心源性休克，并对 ACS 患者的风险分层提供即时信息。虽然高敏肌钙蛋白是诊断心肌坏死的金标准，但对于无坏死的缺血则存在盲区[16]。此时，床旁超声对左室功能的评估显得尤为重要。通过心尖四腔心、两腔心及胸骨旁长轴、短轴切面的快速扫查，操作者可以目测评估左室收缩力是否正常、减低或严重受损。这种快速的功能评估，结合节段性室壁运动分析，能够为临床决策(如是否需要紧急再灌注治疗或血流动力学支持)提供关键依据。尽管在提供的参考文献中未直接详述目测法的具体准确性数据，但其作为急诊超

声核心组成部分的价值已被广泛认可。

3.1.3. 心包积液的探查

床旁经胸超声心动图是快速探查心包积液并评估其血流动力学意义(如心脏压塞)的首选方法。心包积液本身可以是多种胸痛病因的表现,包括急性心包炎、主动脉夹层、心肌梗死后期并发症等。在急诊环境中,发现心包积液能立即改变诊疗路径。例如,病例报告显示,对于因胸痛、气短就诊的患者,床旁 POCUS 发现心包积液,结合临床和实验室检查(如白细胞升高、CRP 升高),最终诊断为社区获得性肺炎链球菌引起的急性化脓性心包炎,并指导了紧急心包穿刺引流[12]。此外,在主动脉夹层患者中,心包积液常是夹层破入心包腔的征象,属于危及生命的并发症,POCUS 的快速识别至关重要[17]。

3.2. 主动脉夹层的快速筛查

3.2.1. 胸骨旁长轴与心尖切面观察升主动脉

利用 POCUS 在胸骨旁长轴和心尖切面观察升主动脉,是筛查 A 型主动脉夹层(累及升主动脉)的关键步骤。操作者需重点观察升主动脉根部及近端管腔是否增宽(通常内径 $>4\text{ cm}$ 需警惕),以及主动脉腔内是否存在飘动的内膜片,后者是诊断夹层的直接征象。虽然计算机断层扫描血管造影(CTA)是诊断急性主动脉综合征(AAS)的金标准,但 POCUS 可作为快速筛查工具,特别是在血流动力学不稳定的患者中。研究证实,将 POCUS 发现(如主动脉增宽、内膜片)整合到临床评估中,能显著改善对 AAS 的预判概率,并缩短诊断时间。一项前瞻性多中心研究(PROFUNDUS 研究)显示,POCUS 阳性患者的 AAS 诊断中位时间仅为 60 分钟,显著短于 POCUS 阴性者的 118 分钟[5]。

3.2.2. 腹主动脉的快速扫描(腹主动脉夹层筛查)

对于胸痛向下腹部或背部放射的患者,腹主动脉的快速超声扫描至关重要,主要用于筛查 Stanford B 型(仅累及降主动脉)主动脉夹层及腹主动脉瘤。急诊医师可通过将探头置于上腹部,获取腹主动脉长轴和短轴切面,观察腹主动脉(通常在肾动脉水平以上)是否扩张、是否存在内膜片或血栓。病例报告表明,对于产后出现胸痛的患者,床旁腹主动脉超声发现了急性 Stanford B 型主动脉夹层,及时明确了诊断[18]。这种快速检查能够避免因症状不典型而导致的诊断延误。系统性的腹主动脉扫描应成为高危胸痛患者 POCUS 评估的常规组成部分。

3.2.3. 心包积液与主动脉瓣反流的间接征象

POCUS 发现的某些间接征象可高度提示主动脉夹层。心包积液,特别是新出现的、进行性增多的积液,可能提示夹层破入心包腔,是心脏压塞和猝死的前兆,需紧急处理[17]。此外,通过彩色多普勒在胸骨旁长轴或心尖五腔心切面探查主动脉瓣反流也至关重要。急性重度主动脉瓣反流可由 A 型夹层累及主动脉根部、导致瓣叶关闭不全或瓣环扩张引起。患者可表现为胸痛伴急性左心衰竭体征。因此,在胸痛患者的 POCUS 评估中,一旦发现新发的、中重度以上的主动脉瓣反流,尤其是伴有升主动脉增宽时,必须将主动脉夹层纳入首要鉴别诊断。

3.3. 肺栓塞的评估策略

3.3.1. 右心室负荷过重的超声征象(McConnell 征、右室扩大等)

床旁心脏超声是评估疑似肺栓塞(PE)患者右心室功能不可或缺的工具。右心室负荷过重的征象包括:右心室扩大(右室/左室基底径比值 >0.9 或 1.0)、室间隔平直或向左室膨出(D 字征)、右室游离壁运动减低而心尖部运动正常(McConnell 征)以及三尖瓣反流速度增快(估算肺动脉收缩压升高)。这些发现有助于对已确诊的 PE 患者进行危险分层,识别中高危患者。病例报告显示,对于以孤立性晕厥就诊、无低

氧血症或胸痛的患者，床旁超声发现右心室功能障碍的迹象，从而引导临床确诊为高危肺栓塞[10]。尽管这些征象并非 PE 所特有，但在相应的临床背景下，它们能强烈提示 PE 并促使进行确诊性检查(如 CTPA)。

3.3.2. 下肢深静脉血栓的快速超声检查(两点法或三点法)

由于绝大多数肺栓塞的栓子来源于下肢深静脉血栓(DVT)，因此对疑似 PE 患者进行下肢静脉的快速超声检查(加压超声，CUS)具有极高的诊断价值。常用的“两点法”主要检查股总静脉和腘静脉，“三点法”则增加检查股浅静脉。如果超声发现静脉不可压缩，即可诊断 DVT，从而间接支持 PE 的诊断，并可能避免不必要的 CTPA 检查。研究表明，在因呼吸困难/呼吸衰竭入院的患者中，系统性地 CUS 检查可以提高静脉血栓栓塞症(VTE)的诊断率[19]。对于急诊胸痛患者，结合临床概率评估(如 Wells 评分)和 D-二聚体检测，下肢静脉 POCUS 能快速提供 VTE 存在的直接证据，显著加速诊断流程并指导抗凝治疗。

3.4. 非心源性胸痛的鉴别：气胸、胸腔积液与肺炎

3.4.1. 肺滑动征与 B 线的评估

肺部超声通过评估“肺滑动征”和“B 线”已成为鉴别气胸、肺水肿和肺炎等胸肺急症的重要工具。在胸膜线处观察到的肺滑动征(脏层胸膜随呼吸相对于壁层胸膜的移动)消失，是诊断气胸的敏感征象，需结合其他征象如“肺点”以提高特异性。而“B 线”是起源于胸膜线并延伸至屏幕底部不移散的激光样垂直伪像，其弥漫性增多是间质性肺水肿(如心源性肺水肿)的特征。

3.4.2. 胸腔积液与实变的识别

肺部超声能灵敏地检测胸腔积液和肺实变。胸腔积液在超声上表现为胸膜腔内的无回声或低回声区，可随体位改变，并可能观察到压缩的肺组织(“肺搏动”或“水母征”)。肺实变则表现为肝样变组织，其内可见动态或静态的“支气管充气征”。这些发现对于鉴别肺炎、肺不张、胸腔积液继发感染等至关重要。例如，社区获得性肺炎可并发脓胸或肺炎旁积液，超声能快速定位积液并评估其性质，指导诊断性穿刺。对于表现为胸痛和发热的患者，肺部超声发现实变伴胸腔积液，能迅速将诊断导向肺部感染而非心脏病因，从而启动正确的治疗[12]。因此，将肺部超声纳入高危胸痛的 POCUS 评估流程，能有效拓宽鉴别诊断范围，提高诊断效率。

4. POCUS 在急诊胸痛诊疗流程中的整合模式与操作规范

4.1. 目标导向的有限超声检查方案

目标导向的有限超声检查方案是急诊 POCUS 的核心，旨在快速回答特定的临床问题，以指导高风险胸痛患者的紧急处置。该方案通常聚焦于心脏、肺部、主动脉及下腔静脉等关键区域，以排除或确认危及生命的病因。例如，对于疑似急性冠脉综合征的患者，重点在于评估左心室整体收缩功能及是否存在节段性室壁运动异常，研究表明，经过培训的急诊医生使用聚焦心脏超声检测非 ST 段抬高型心肌梗死患者的室壁运动异常，具有良好的敏感性(76.9%)和特异性(92.1%) [20]。对于突发撕裂样胸痛伴血流动力学不稳定的患者，检查目标则转向探查心包积液、主动脉根部扩张或内膜瓣，以筛查主动脉夹层。此外，针对呼吸困难伴胸痛的患者，肺部超声可快速评估 B 线(提示肺水肿或间质病变)和肺滑动征(评估气胸)，从而鉴别心源性肺水肿与其他疾病，超声检查这种有限、快速的检查模式显著缩短了急诊停留时间，一项随机对照试验显示，接受 POCUS 检查的胸痛患者中位急诊停留时间(133 分钟)显著短于对照组(215 分钟) [21]。

4.2. 操作者的培训与资质要求

确保 POCUS 检查质量的关键在于对操作者进行系统化培训和建立明确的资质要求。急诊医生是实施 POCUS 的主要力量,其培训需包含理论教学和大量实践操作。研究表明,急诊医生在经过专门的超声培训后,能够准确识别心包积液和左心室收缩功能障碍,其解读与专家复核相比,敏感性和特异性均可达到 100% 和 99.5% [22]。培训内容应标准化,涵盖图像获取、解读以及临床整合能力。例如,一项研究通过为期 3 小时的理论和实操培训,使急诊医生掌握了识别室壁运动异常的能力[20]。资质认证通常与培训时长、完成的检查例数以及通过能力评估考试挂钩。韩国在将 POCUS 纳入医保覆盖后,明确规定对于多目标超声检查,操作者必须是具备资质的医师,且仅适用于创伤、心脏骤停、休克、胸痛和呼吸困难等特定情形[23]。持续的质控和再认证也至关重要,以维持操作水准。一项针对儿科急诊医生的研究也证实,经过结构化课程培训后,他们能可靠地执行临床指征性心脏 POCUS [22]。

4.3. 图像获取、存储与报告的标准流程

建立标准化的图像获取、存储与报告流程是保证 POCUS 检查可追溯性、可重复性及用于临床决策支持的基础。图像获取应遵循既定的扫描方案,确保关键切面(如胸骨旁长轴/短轴、心尖四腔心、肺部 BLUE 点等)被完整捕获。对于心脏检查,需系统评估心包、心室收缩功能、瓣膜及主动脉根部[24]。获取的图像和视频片段需要被妥善存储,通常上传至医院影像归档与通信系统或专用的安全存储平台,以便后续复查、质量控制和教学。报告流程应简洁高效,重点记录阳性发现和关键的阴性结果,并与临床决策直接关联。例如,发现大量心包积液伴右心室舒张期塌陷,应立即报告并提示心脏压塞可能[25]。标准化报告模板有助于确保信息的完整性和一致性。此外,随着人工智能技术的发展,自动化的图像处理流程(包括切面选择、分割、室壁运动异常检测和心功能定量)已显示出应用潜力,这有助于减少操作者间的差异,并可能辅助图像质量控制和测量标准化[26]。

4.4. 多模态影像的协同:与心电图、CT 的互补关系

POCUS 并非孤立使用,而是与心电图、计算机断层扫描等多模态影像技术形成优势互补,共同构建快速、精准的诊断路径。POCUS 与心电图协同尤为密切。当患者胸痛伴心电图异常时,POCUS 可提供重要的结构性和功能性信息。例如,心电图提示 ST 段抬高时,POCUS 可快速评估左心室功能并排除心包积液(急性心包炎)或右心室负荷过重(肺栓塞),从而辅助鉴别诊断[27]。反之,POCUS 发现的心肌节段性运动异常可为非诊断性心电图改变提供支持性证据。与 CT 血管成像相比,POCUS 具有无辐射、床旁即时可用的优势,在筛查主动脉夹层、心包积液或心脏压塞等急症时,可作为重要的“守门员”工具。病例报告显示,POCUS 可早于 CTA 发现主动脉根部夹层的内膜瓣,从而提前启动多学科团队响应[28]。然而,POCUS 的视野有限且受操作者经验影响,对于确诊主动脉夹层、肺栓塞或评估冠状动脉解剖,CTA 仍是金标准。因此,临床实践中常采用“POCUS 先行筛查,阳性或高度可疑者快速转诊 CT”的流程,这既能避免延误,又能合理利用资源。例如,对于胸痛患者,将颈动脉超声斑块负荷评估与 HEART 评分结合,可提高对 30 天内不良事件风险的预测敏感性,识别出存在亚临床动脉粥样硬化的中危患者[29]。这种多模态协同模式优化了诊断流程,实现了从快速筛查到确诊的无缝衔接。

5. POCUS 诊断效能的循证医学证据与临床研究进展

5.1. 对急性冠脉综合征早期诊断敏感性与特异性的 Meta 分析

床旁即时超声(POCUS)在急性冠脉综合征(ACS)的早期诊断中展现出重要的辅助价值。多项研究评估了急诊医师使用聚焦心脏超声(FOCUS)检测区域室壁运动异常(RWMAs)的能力,这是诊断 ACS 的关键超

声征象。一项前瞻性研究显示,经过培训的急诊医师在疑似非 ST 段抬高型心肌梗死患者中检测 RWMA 的敏感性为 76.9%,特异性高达 92.1%,总体准确率为 87.6% [20]。这表明急诊医师能够较为准确地识别 ACS 相关的室壁运动异常,从而有助于早期诊断。另一项研究评估了急诊医师进行床旁心脏超声的诊断效率,结果显示,对于 ACS 的诊断,急诊医师与心脏病专家的诊断一致性较高(56.7% vs 52.10%),表明急诊医师进行的聚焦心脏超声在发现致命性诊断方面具有重要作用[30]。这些证据支持 POCUS 作为急诊胸痛患者快速风险分层和早期诊断的有效工具,尤其在不典型心电图表现或心肌标志物尚未升高时,能够提供即时的结构性心脏信息。

5.2. 在排除主动脉夹层与肺栓塞中的阴性预测价值

POCUS 在快速排除主动脉夹层(AD)和肺栓塞(PE)等高危胸痛病因方面具有显著的阴性预测价值。对于主动脉夹层,床旁经胸超声心动图可以快速评估心包积液、主动脉根部增宽以及内膜片等直接或间接征象。一项病例报告显示,床旁超声首先发现了一名严重胸痛、低血压患者的主动脉夹层征象,从而加速了后续 CT 血管造影和心胸外科会诊的进程[31]。这凸显了 POCUS 在缩短关键诊断时间方面的价值。在肺栓塞的诊断中,虽然直接征象(如右心室扩大、肺动脉高压)的特异性较高,但其敏感性有限。然而,POCUS 结合临床评估和 D-二聚体检测,可以有效地进行风险分层。一项关于 D-二聚体诊断性能的研究指出,D-二聚体在排除静脉血栓栓塞症和急性主动脉夹层方面具有高敏感性,而 POCUS 可以进一步评估右心功能,为临床决策提供补充信息[32]。因此,当 POCUS 未发现右心负荷过重或心包积液等征象时,结合低度临床怀疑和阴性 D-二聚体结果,可以极大地增加排除这些危及生命疾病的可能性。

5.3. 对缩短急诊停留时间与改善临床结局的影响研究

POCUS 的应用能够显著优化急诊工作流程,缩短诊断时间,并可能改善患者临床结局。其价值在于快速提供诊断信息,减少对耗时较长的传统影像学检查的依赖。例如,在资源有限的乡村急诊科,使用心脏 POCUS 快速排除了心包炎并明确了 ST 段抬高型心肌梗死的诊断,尽管存在地理障碍,但仍使患者得以快速接受确定性治疗,减少了与心肌梗死相关的潜在死亡风险[27]。这直接体现了 POCUS 在“时间就是心肌”的紧急情况下,通过减少诊断不确定性来缩短治疗延迟的作用。此外,POCUS 的早期应用有助于快速识别需要紧急干预的情况(如心脏压塞、大面积肺栓塞),从而启动针对性治疗。虽然直接比较 POCUS 对急诊停留时间(EDLOS)影响的大规模研究有限,但一项关于急诊拥挤度的系统综述指出,诊断和治疗的延迟与不良预后相关[33]。POCUS 作为一种快速的床旁评估工具,理论上可以通过加速关键决策来缓解这种延迟,进而可能缩短整体住院时间并改善预后。

5.4. 最新技术进展: 超声增强剂、人工智能辅助分析的应用前景

POCUS 领域的技术革新正不断拓展其诊断能力和应用范围。超声增强剂(超声造影)的应用是重要进展之一,例如在评估颈动脉斑块新生血管形成方面,超声造影和超微血管成像技术能够无创、半定量或定量地评估斑块内新生血管,这是斑块不稳定的关键标志物,为预测卒中风险和评估药物疗效提供了新手段[34]。在人工智能(AI)辅助分析方面,深度学习模型已被开发用于自动处理超声图像。一项研究开发了一个全自动的超声心动图分析流程,能够从便携式床旁设备获取的图像中自动识别切面、分割左心室、检测区域室壁运动异常并量化心功能。该模型在检测 RWMA 方面表现出色,对于标准设备和床旁设备图像,其受试者工作特征曲线下面积(AUC)分别达到 0.91 和 0.88 [26]。这表明 AI 能够有效弥补床旁设备图像质量可能较低的局限性,提高诊断的客观性和准确性,未来有望成为急诊医师的强大辅助工具,实现更快速、更精准的自动化诊断。

6. 应用挑战、局限性及未来展望

6.1. 操作者依赖性及学习曲线问题及其应对策略

床旁即时超声(POCUS)的应用效果高度依赖于操作者的技能与经验,这构成了其推广的主要挑战之一。POCUS 的准确性、图像获取质量以及解读能力均与操作者的培训水平直接相关,存在显著的学习曲线。一项针对儿科急诊的研究发现,接受过心脏 POCUS 培训的儿科急诊医学研究员与儿科心脏病专家在图像解读上的一致性仅为中等水平(Kappa = 0.565),这凸显了标准化培训的重要性[35]。在急诊科,不同医师对同一患者进行 POCUS 检查时,可能因技术差异导致结果不一致,从而影响诊断决策。此外,操作者的主观因素,如对特定患者群体(如因乳房组织可能影响图像质量的青春期女性患者)进行检查时的舒适度差异,也可能导致检查率的不均衡[35]。因此,建立统一、规范的操作培训与资质认证体系,是克服操作者依赖性、保证 POCUS 检查质量与同质化的关键前提。针对上述操作者依赖性问题,可采取以下具体解决方案:

推行结构化、阶梯式培训课程: 开发并推广标准化的 POCUS 培训课程,内容涵盖基础理论、规范化操作流程、常见病例图像解读及模拟实操训练。培训应设置初级、中级、高级等不同阶段,并规定各阶段的最低操作例数与技能考核标准,以系统化地提升操作者能力,缩短学习曲线。

实施严格的资质认证与定期再认证制度: 建立由专业学会或权威机构主导的 POCUS 操作资质认证体系。操作者需通过理论考试和技能评估后方可获得认证。同时,引入定期再认证机制,要求操作者完成继续教育学分并接受技能复审,以确保其能力持续符合标准。

加强质量控制与同行评议: 在日常临床工作中,建立 POCUS 图像与报告的定期回顾与审核制度。通过同行评议、专家抽查或利用人工智能辅助质量评估工具,对图像质量和解读者的一致性进行监控,及时反馈并纠正操作偏差。

利用技术辅助降低人为差异: 积极引入和整合具备标准化扫描协议、自动图像优化以及人工智能辅助识别与测量功能的超声设备。这些技术工具能够为操作者,尤其是初学者,提供实时引导和客观参考,有助于减少因个人技术差异导致的结果波动。

6.2. 对某些疾病(如非 ST 段抬高型心肌梗死)诊断能力的局限

尽管 POCUS 在急诊胸痛评估中作用显著,但其对某些特定疾病的诊断能力存在固有局限,尤其是在非 ST 段抬高型急性冠脉综合征(NSTE-ACS)的排除诊断方面。一项前瞻性观察性研究评估了聚焦心脏超声(FoCUS)对 NSTE-ACS 的诊断准确性,结果显示,虽然通过 FoCUS 检测到的局部室壁运动异常对 NSTE-ACS 具有较高的特异性(92.8%),表明其在“纳入”诊断中可能发挥作用,但其敏感性过低(42.5%),因此仅凭 FoCUS 结果不足以安全地“排除”NSTE-ACS [36]。这意味着对于没有 ST 段抬高的胸痛患者,即使 POCUS 检查未发现明显异常,也不能完全排除急性冠脉综合征的可能,仍需结合心电图、高敏肌钙蛋白等系列检查进行综合评估。这一局限性要求临床医生必须正确认识 POCUS 的辅助诊断地位,避免过度依赖单一检查而漏诊高危患者。

6.3. 急诊环境下的实施障碍: 时间压力与资源分配

在繁忙的急诊科环境中实施 POCUS 面临诸多现实障碍,核心问题在于时间压力与医疗资源的合理分配。急诊科患者流量大、病情复杂多变,医生需要在极短时间内完成初步评估并做出关键决策。虽然 POCUS 被设计为快速检查工具,但其学习、准备、操作及图像解读仍需占用宝贵的诊疗时间。对于不稳定的高危患者(如主动脉夹层),传统影像学检查如 CT 可能因需要转运患者而延误诊断,此时 POCUS 显示出优势[37]。然而,如何在高强度工作压力下,确保 POCUS 检查能够被及时、准确地应用于最需要的患者,同时不影响其他急救流程,是管理上的挑战。此外,超声设备的数量、可及性以及维护成本也影

响着 POCUS 的常规化应用。优化急诊工作流程, 将 POCUS 有机整合到胸痛评估路径中, 并合理配置资源, 是克服这些实施障碍的必要举措。

6.4. 标准化培训体系的建立与质量保证

为了克服操作者依赖性并确保 POCUS 检查的质量与一致性, 建立系统化、标准化的培训体系与质量保证机制至关重要。这包括制定统一的培训课程、操作规范、competency 评估标准以及持续的质量控制措施。研究指出, 对于在胸廓区域应用 POCUS, 系统化的技术协议(如超声引导下肋骨计数)可以作为有效的教育资源, 支持不同专业背景的医生进行规范操作[38]。培训应涵盖图像获取技巧、标准切面识别、常见病理征象解读以及检查的局限性认知。此外, 还需要建立同行评议或专家审核机制, 对 POCUS 检查的图像质量和报告进行定期回顾, 以促进持续改进。只有通过严格的培训和质控, 才能最大程度地发挥 POCUS 在急诊中的价值, 减少因操作者水平差异导致的误诊或漏诊风险。

6.5. 未来发展方向: 智能化、流程化与多中心大数据研究

展望未来, 床旁即时超声在急诊胸痛评估中的发展将聚焦于智能化、流程化整合以及基于多中心大数据的深入研究。首先, 人工智能与机器学习技术的融合是重要趋势。已有研究探索机器学习模型在急诊未分化胸痛患者中诊断急性心肌梗死和预测主要不良心血管事件的应用, 并显示出超越传统风险评分和临床医生的潜力[39]。未来, AI 辅助的自动化图像分析、实时诊断提示系统有望降低操作者依赖性, 提高诊断的客观性与效率。其次, 流程化整合意味着将 POCUS 深度嵌入胸痛临床决策路径, 与高敏肌钙蛋白检测、风险评分(如 HEART 评分)等工具结合, 形成高效、安全的诊断流程[40]。最后, 开展大规模、多中心的前瞻性研究至关重要, 通过汇集不同机构的临床与影像数据, 可以更准确地验证 POCUS 在各种胸痛病因中的诊断效能, 建立更强大的预测模型, 并评估其对患者预后和医疗资源利用的最终影响[41]。这些方向共同推动 POCUS 从一项依赖个人技能的检查, 向标准化、智能化、循证化的临床决策支持工具演进。

7. 结论

床旁即时超声在急诊高危胸痛评估中的应用, 标志着急诊医学诊断模式向更快速、可视化、床旁化方向的重要演进。从专家视角审视, 其核心价值在于将影像学评估无缝整合到初步诊疗的“黄金时间”内, 从而构建了一个动态、实时的决策支持系统。这不仅是对传统依赖病史、心电图和实验室检查模式的有效补充, 更是在面对诸如急性冠脉综合征、主动脉夹层、肺栓塞及气胸等“致命性胸痛”病因时, 实现早期预警和鉴别诊断的关键技术突破。大量研究证实, 结构化地应用 POCUS 能够显著缩短诊断时间窗, 引导更精准的干预, 并可能通过避免诊断延误而改善患者预后, 这从根本上优化了急诊诊疗路径的效率与安全性。

然而, 必须清醒认识到, POCUS 的卓越效能与其局限性并存, 其应用效果呈现出显著的“操作者依赖性”。超声图像获取与解读的质量直接取决于急诊医师的培训水平与临床经验, 这导致了不同医疗中心间应用效果可能存在差异。同时, POCUS 对某些疾病(如非 ST 段抬高型心肌梗死的直接诊断)敏感性有限, 不能完全替代冠状动脉造影等金标准检查。因此, 平衡其快速筛查优势与诊断深度不足之间的关系, 是临床合理应用的关键。未来的发展不应仅满足于技术的普及, 更应致力于应用的深化与规范化。

展望未来, 要充分发挥 POCUS 的潜力, 需构建多层次的保障体系。首要任务是建立并推广统一、标准的急诊超声培训与资质认证体系, 确保操作技能的均质化。其次, 需制定基于循证医学的标准化操作与报告流程, 减少主观差异。尤为值得期待的是, 人工智能辅助图像识别与分析的融合, 有望在未来部

分弥补操作者经验差异, 提供实时诊断提示, 提升诊断的客观性与一致性。综上所述, 将 POCUS 置于更广阔的“床旁诊断技术”背景下审视, 其价值与定位更为清晰。相较于其他床旁技术(如快速实验室检测、便携式心电图等), POCUS 具有实时、动态、可视化的独特优势, 能直接观察心脏结构与功能、探查胸腔积液或气胸, 提供即时形态学信息。然而, 其诊断效能也受操作者经验影响, 且在定量分析、特定生物标志物检测方面存在局限。因此, 未来的发展路径并非替代, 而是协同。通过将 POCUS 与其它快速诊断技术有机结合, 构建多模态床旁评估体系, 能够实现优势互补, 从而更全面、更精准地评估急诊胸痛患者。这种整合有望推动 POCUS 从一项优秀的辅助工具, 进化成为急诊胸痛快速评估体系中不可或缺的核心支柱, 最终引领急诊医疗服务质量向更快速、更精准、更安全的目标持续迈进。

参考文献

- [1] Koh, N. and Nieman, K. (2023) Role of Cardiac Imaging in Acute Chest Pain. *The British Journal of Radiology*, **96**, Article 20220307. <https://doi.org/10.1259/bjr.20220307>
- [2] Ceriani, E., Schiavon, R., La Cava, L., Ruscitti, C. and Cogliati, C. (2025) Point of Care Ultrasound: Focus on Evidence for a Critical Appraisal. *European Journal of Internal Medicine*, **141**, Article 106376. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2025.06.005>
- [3] Schafer, J.M., Shaw, D.L., Balk, D.S., Grossestreuer, A. and Hoffmann, B. (2025) Point-of-Care Echocardiography and Regional Wall-Motion Abnormalities in Acute Coronary Syndromes. *The Journal of Emergency Medicine*, **79**, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2025.04.003>
- [4] Boivin, Z., Agaraj, I., Danta, M., Denkwicz, R., Lopez, A.D., Greenstein, D., et al. (2025) Relationship of Aortic Outflow Tract Size on Point-of-Care Ultrasound to Aortic Dissection Diagnosis. *The American Journal of Emergency Medicine*, **98**, 168-172. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2025.08.059>
- [5] Morello, F., Bima, P., Castelli, M., et al. (2024) Diagnosis of Acute Aortic Syndromes with Ultrasound and D-Dimer: The PRO-FUNDUS Study. *European Journal of Internal Medicine*, **128**, 94-103.
- [6] Huang, C., Chang, C., Chen, J., Ling, D., Lee, A., Wang, P., et al. (2023) The Effect of Point-of-Care Ultrasound on Length of Stay and Mortality in Patients with Chest Pain/Dyspnea. *Ultraschall in der Medizin-European Journal of Ultrasound*, **44**, 389-394. <https://doi.org/10.1055/a-2048-6274>
- [7] Sisto, U.G., Orso, D., Maione, D., Venturelli, F. and De Luca, A. (2025) Tissue Doppler Imaging in Acute and Critical Care: Enhancing Diagnostic Precision. *Medicina*, **61**, Article 1051. <https://doi.org/10.3390/medicina61061051>
- [8] Wubben, B.M., Spolsdoff, D., Harland, K.K. and Del Rios, M. (2025) Patient Sociodemographic Factors Are Associated with Receiving Point-of-Care Ultrasound in the Emergency Department. *Western Journal of Emergency Medicine*, **26**, 486-490. <https://doi.org/10.5811/westjem.21297>
- [9] Stankiewicz, A., Moczulska, B., Izdebska, W., Wińska, A. and Gromadziński, L. (2025) Acute Aortic Dissection on CT: Is D-Dimer Determination Useful for a Timely and Correct Diagnosis? A Case Report. *International Journal of Emergency Medicine*, **18**, Article No. 9. <https://doi.org/10.1186/s12245-025-00811-9>
- [10] Wery, L. (2025) Syncope as the Initial Presentation of Severe Pulmonary Embolism without Hypoxemia: A Clinical Case. *Cureus*, **17**, e87159. <https://doi.org/10.7759/cureus.87159>
- [11] Tarantini, P., Cei, F., Longhi, F., Fici, A., Tupputi, S., Solitro, G., et al. (2025) Heart at Hand: The Role of Point-of-Care Cardiac Ultrasound in Internal Medicine. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, **12**, Article 379. <https://doi.org/10.3390/jcdd12100379>
- [12] English, K., Pick, N. and Schmitz, A. (2025) Acute Purulent Pericarditis Secondary to Community-Acquired Streptococcus Pneumonia: A Case Report. *World Journal of Clinical Cases*, **13**, Article 107748. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v13.i26.107748>
- [13] Marbach, J.A., Almufleh, A., Di Santo, P., Simard, T., Jung, R., Diemer, G., et al. (2020) A Shifting Paradigm: The Role of Focused Cardiac Ultrasound in Bedside Patient Assessment. *Chest*, **158**, 2107-2118. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.07.021>
- [14] Oulad Sedik, I., Diaz, R., Koeijers, J.J., Molina Monsalve, J. and Gans, R. (2025) A Late Diagnosis of Bacterial Pericarditis. *European Journal of Case Reports in Internal Medicine*, **12**, Article 005718. https://doi.org/10.12890/2025_005718
- [15] Boella, L., Zar, A. and Dachsel, M. (2025) Ultrasound as the New Stethoscope: A Journey from Just Locating Fluid to Assessing Haemodynamics and Venous Congestion. *British Journal of Hospital Medicine*, **86**, 1-18. <https://doi.org/10.12968/hmed.2024.0992>

- [16] Udaya, R. and Sivakanesan, R. (2022) Synopsis of Biomarkers of Atheromatous Plaque Formation, Rupture and Thrombosis in the Diagnosis of Acute Coronary Syndromes. *Current Cardiology Reviews*, **18**, 53-62. <https://doi.org/10.2174/1573403x18666220411113450>
- [17] Valente, T., Sica, G., Bocchini, G., Romano, F., Lassandro, F., Rea, G., *et al.* (2022) MDCT Imaging of Non-Traumatic Thoracic Aortic Emergencies and Its Impact on Diagnosis and Management—A Reappraisal. *Tomography*, **8**, 200-228. <https://doi.org/10.3390/tomography8010017>
- [18] Herrman, N.W.C., Hatton, C. and Fung, C. (2020) Postpartum Aortic Dissection Diagnosed by Point-of-Care Ultrasound in the Emergency Department: A Case Study. *Australasian Emergency Care*, **23**, 193-195. <https://doi.org/10.1016/j.auec.2020.04.003>
- [19] Sola, D., Bonometti, R., Comola, G., Manfredi, G.F., Perazzi, M., Patrucco, F., *et al.* (2025) Diagnostic Value of Systematic Compression Ultrasonography for the Detection of Unrecognized Venous Thromboembolism in Patients Admitted to an Internal Medicine Ward for Dyspnea. *Internal and Emergency Medicine*, **20**, 181-187. <https://doi.org/10.1007/s11739-024-03773-7>
- [20] Sağlam, C., Ünlüer, E.E., Yamanoğlu, N.G.Ç., Kara, P.H., Ediboğlu, E., Bektaşlı, R., *et al.* (2021) Accuracy of Emergency Physicians for Detection of Regional Wall Motion Abnormalities in Patients with Chest Pain without ST-Elevation Myocardial Infarction. *Journal of Ultrasound in Medicine*, **40**, 1335-1342. <https://doi.org/10.1002/jum.15513>
- [21] Guner, N.G., Yurumez, Y., Yucel, M., Alacam, M., Guner, S.T. and Ercan, B. (2020) Effects of Point-of-Care Ultrasonography on the Diagnostic Process of Patients Admitted to the Emergency Department with Chest Pain: A Randomised Controlled Trial. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*, **30**, 1262-1268. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33397050/>
- [22] Miller, A.F., Arichai, P., Gravel, C.A., Vieira, R.L., Neal, J.T., Neuman, M.I., *et al.* (2022) Use of Cardiac Point-of-Care Ultrasound in the Pediatric Emergency Department. *Pediatric Emergency Care*, **38**, e300-e305. <https://doi.org/10.1097/pec.000000000000271>
- [23] Choi, W.J., Ha, Y., Oh, J.H., Cho, Y.S., Lee, W.W., Sohn, Y.D., *et al.* (2020) Clinical Guidance for Point-of-Care Ultrasound in the Emergency and Critical Care Areas after Implementing Insurance Coverage in Korea. *Journal of Korean Medical Science*, **35**, e54. <https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e54>
- [24] Ganas, U., Malan, J.J. and Bruijns, S.R. (2020) A Descriptive Study of the Use of Cardiac Point of Care Ultrasound (PoCUS) in Public Emergency Centres in Cape Town. *African Journal of Emergency Medicine*, **10**, 239-242. <https://doi.org/10.1016/j.afjem.2020.07.016>
- [25] Miravent, S., Ruiz, J.M., Molina, N.B., Bermejo, C.J. and Mascarenhas, C.M. (2025) Prehospital Detection of a Large Pericardial Effusion Using Screening Sonography: A Case Report. *Cureus*, **17**, e98471. <https://doi.org/10.7759/cureus.98471>
- [26] Lin, X., Yang, F., Chen, Y., Chen, X., Wang, W., Chen, X., *et al.* (2022) Echocardiography-Based AI Detection of Regional Wall Motion Abnormalities and Quantification of Cardiac Function in Myocardial Infarction. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **9**, Article ID: 903660. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.903660>
- [27] Jones, J., Crockett, D.M., Kharkar, V., Petelinsek, S., Haaland, A. and Cotton, J. (2025) Expedited Care for a Patient with Uncertain Myocardial Infarction Using Point-of-Care Ultrasound in Critical Access Emergency Medicine: A Case Report. *Cureus*, **17**, e96828. <https://doi.org/10.7759/cureus.96828>
- [28] Thomas, K. and Amr, O. (2022) Use of Point-of-Care Ultrasound for Early Identification of Acute Aortic Root Dissection. *Case Reports in Critical Care*, **2022**, Article ID: 7166230. <https://doi.org/10.1155/2022/7166230>
- [29] Héту, M., Brooks, S.C., Chan, W., Herr, J.E., Sivilotti, M.L.A., O'Callaghan, N., *et al.* (2024) HEART + Score: Integrating Carotid Ultrasound to Chest Pain Assessment in the Emergency Department. *Canadian Journal of Emergency Medicine*, **26**, 482-487. <https://doi.org/10.1007/s43678-024-00711-6>
- [30] Toksul, I.H., Kesaplı, M., Avci, A. and Guven, R. (2023) Evaluation of Diagnostic Efficiency of Bedside Cardiac Ultrasonography Performed by Emergency Specialist. *Irish Journal of Medical Science*, **192**, 1097-1102. <https://doi.org/10.1007/s11845-022-03128-1>
- [31] Craen, A., Rosario, J., Amico, K., Tak, M. and Ganti, L. (2019) Transthoracic Echocardiographic Findings of Stanford Type A Aortic Dissection: A Case Report. *Cureus*, **11**, e6207. <https://doi.org/10.7759/cureus.6207>
- [32] Koch, V., Biener, M., Müller-Hennessen, M., Vafaie, M., Staudacher, I., Katus, H.A., *et al.* (2021) Diagnostic Performance of D-Dimer in Predicting Venous Thromboembolism and Acute Aortic Dissection. *European Heart Journal. Acute Cardiovascular Care*, **10**, 559-566. <https://doi.org/10.1177/2048872620907322>
- [33] Ahmed, A.E., Aqeel, A.A., Ghazwani, M.Y., Alenzi, A.N., Alruwaili, F.M., Alsharari, A.S., *et al.* (2026) Clinical and Operational Effects of Emergency Department Crowding: A Systematic Review. *Cureus*, **18**, e100560. <https://doi.org/10.7759/cureus.100560>
- [34] Zeng, P., Zhang, Q., Liang, X., Zhang, M., Luo, D. and Chen, Z. (2023) Progress of Ultrasound Techniques in the

- Evaluation of Carotid Vulnerable Plaque Neovascularization. *Cerebrovascular Diseases*, **53**, 479-487. <https://doi.org/10.1159/000534372>
- [35] Poteh, N.A., Kim, J., Jawad, K.S. and Khalil, P.A. (2025) Cardiac Point-of-Care Ultrasound (POCUS) in Adolescents with Chest Pain or Syncope in the Emergency Department: Is There a Sex Discrepancy? *Pediatric Emergency Care*, **41**, 542-546. <https://doi.org/10.1097/pec.0000000000003386>
- [36] Bima, P., Agishev, I., Fucile, I., de Stefano, G., Morello, F., Mueller, C., *et al.* (2025) Diagnostic Accuracy of Point-of-Care Cardiac Ultrasound for Acute Coronary Syndromes in Patients Presenting with Chest Pain to the Emergency Department: A Single-Center Prospective Study. *European Journal of Emergency Medicine*, **32**, 38-45. <https://doi.org/10.1097/mej.0000000000001161>
- [37] Backlund, B., Kendrick-Adey, A., Harper, R. and Makela, M. (2020) Ascending Thoracic Aortic Dissection: A Case Report of Rapid Detection via Emergency Echocardiography with Suprasternal Notch Views. *Journal of Education and Teaching in Emergency Medicine*, **5**, V14-V18. <https://doi.org/10.5070/m552047759>
- [38] Hurdle, M.F.B., Ferreira-Dos-Santos, G., Rosario-Concepcion, R., Gil, L.V., Eldrige, J.S. and Clendenen, S.R. (2021) Counting Ribs and Thoracic Levels under Ultrasound: A Systematized Technical Protocol for Both Posterior and Anterior Approaches. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, **46**, 452-454. <https://doi.org/10.1136/rapm-2020-102050>
- [39] Stewart, J., Lu, J., Goudie, A., Bennamoun, M., Sprivulis, P., Sanfillipo, F., *et al.* (2021) Applications of Machine Learning to Undifferentiated Chest Pain in the Emergency Department: A Systematic Review. *PLOS ONE*, **16**, e0252612. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252612>
- [40] Yore, M., Sharp, A., Wu, Y., Kawatkar, A., Lee, M., Ferencik, M., *et al.* (2023) Emergency Department Cardiac Risk Stratification with High-Sensitivity vs Conventional Troponin HEART Pathway. *JAMA Network Open*, **6**, e2348351. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.48351>
- [41] Núñez-Ramos, J.A., Duarte-Misol, D., Petro, M.A.B., Pérez, K.J.S., Echeverry, V.P.G. and Malagón, S.V. (2024) Agreement of Point of Care Ultrasound and Final Clinical Diagnosis in Patients with Acute Heart Failure, Acute Coronary Syndrome, and Shock: POCUS Not Missing the Target. *Internal and Emergency Medicine*, **19**, 1585-1592. <https://doi.org/10.1007/s11739-024-03639-y>