

## 掌上超声心动图在心血管疾病诊疗实践中的应用进展

曾纪娟 杨子玄 张庆

(四川大学华西医院心脏内科, 四川 成都 610041)

**【摘要】** 与标准经胸超声心动图设备相比较,掌上超声心动图(HHE)设备的便携性和可移动性更强,且更具价格优势。随着技术进步,HHE已具备二维灰阶、M型、彩色多普勒超声成像技术,实现即时心脏结构功能评价,且在评估心脏腔室大小,左心室整体或局部收缩功能、心包积液、定性评价瓣膜狭窄及反流方面具有较高的准确性。近年多个研究探讨在不同临床场景下,HHE辅助疾病诊断和指导临床决策的应用价值。现综述 HHE 在心血管疾病诊疗中的应用进展,包括在院前急救、急诊和危重症监护室、心血管专科门诊、病房与介入手术室等不同临床场景中,辅助诊断心血管疾病、指导治疗、评价疗效和预测预后的应用价值;并探讨非超声专科医师使用 HHE 诊断心血管疾病的可行性和准确性。

**【关键词】** 掌上超声心动图;标准经胸超声心动图;心血管疾病

**【DOI】**10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2024.02.006

### Application of Hand-Held Echocardiography in Diagnosis and Treatment of Cardiovascular Diseases

ZENG Jijuan, YANG Zixuan, ZHANG Qing

(Department of Cardiology, West China Hospital of Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan, China)

**【Abstract】** Compared with standard transthoracic echocardiography equipment, hand-held echocardiography (HHE) has stronger portability and mobility, and is more cost-effective. With technological advancements, HHE now has M-mode, 2D grayscale, and color Doppler ultrasound imaging capabilities, allowing for real-time evaluation of cardiac structure and function. It has high accuracy in assessing cardiac chamber size, left ventricular global or regional systolic function, pericardial effusion, qualitative assessment of valve stenosis and regurgitation. In recent years, several studies have explored the value of HHE in assisting disease diagnosis and guiding clinical decisions in different clinical settings. This article reviews the application progress of HHE in the diagnosis and treatment of cardiovascular diseases, including its value in assisting diagnosis, guiding treatment, evaluating efficacy, and predicting prognosis in different clinical settings such as pre-hospital emergency care, emergency and critical care unit, cardiovascular specialist outpatient department, ward and interventional operating room, and explores the feasibility and accuracy of using HHE in the diagnosis of cardiovascular diseases by non-ultrasound specialists.

**【Keywords】** Hand-held echocardiography; Standard transthoracic echocardiography; Cardiovascular diseases

超声心动图在诊断心血管疾病、评估疗效和预测预后中扮演着重要角色<sup>[1]</sup>。现临床常用的标准经胸超声心动图(standard transthoracic echocardiography, sTTE)设备,主要包括固定型高端系统的大型设备和可移动型中端系统的便携设备。20世纪70年代,为实现超声心动图设备小型化、更便携化的目标,Ligtvoet等<sup>[2]</sup>研发出掌上超声心动图(hand-held echocardiography, HHE)。现HHE的设备已具备获取二维灰阶、M型和彩色多普勒超声成像的功能<sup>[3]</sup>。至目前HHE在评价心脏结构、左心室整体和节段收缩功能以及心包积液方面,与sTTE相比具有高度一致性<sup>[4-5]</sup>。得益于技术进步,具备彩色多普勒超声成像

功能的HHE还能评估瓣膜功能,定性评价瓣膜狭窄或反流。此外,HHE还可通过评价下腔静脉(inferior vena cava, IVC)宽度、肺部B线<sup>[6]</sup>数量辅助评估容量负荷。

随着可视化医学及精准医疗的发展,HHE具备多种功能实现多指标定性、定量评价,在多医疗场景中辅助心血管疾病快速诊断、评价疗效及预测预后。但在国内真实世界的医疗场景中,HHE并未被常规应用于日常临床工作,HHE的可应用场景和价值并不被临床医师熟知。现综述现有HHE在院前急救、急诊、重症监护室、心脏专科门诊、心脏专科病房和介入手术室等临床场景中,对疾病诊断、筛查、疗效评价及预后

基金项目:四川大学华西医院学科卓越发展1·3·5工程临床研究孵化项目(2020HXFH045)

通信作者:张庆, E-mail: qzhang2000cn@163.com

预测的优势与应用前景,并探讨非超声专科医师操作应用 HHE 的可行性和准确性。

## 1 多元化医疗场景中的应用进展

### 1.1 院前急救

在院前急救和患者转运过程中,急诊医师仅通过病史、临床评估以及基础医疗设备获取的生命体征,完成初步诊断。在此类场景中,HHE 作为一种辅助创伤/危重症患者病因快速诊断的检查手段,理论上应是最优选择。但目前,绝大多数国家尚未在院前急救体系中常规配备 HHE,其辅助救治的可行性和有效性未知。Scharonow 等<sup>[7]</sup>开展了一项前瞻观察性研究,发现在 546 次急救出诊中有 99 例患者需要 HHE 检查,最常见的使用适应证是呼吸困难(38.4%)、心搏骤停(17.2%)、摔伤(12.1%)和高速路创伤(11.1%)。HHE 作出的院前诊断与急诊室检查后诊断的一致性为 90.8%。经院前 HHE 检查的 99 例患者中,33 例患者的转运目的地、转运优先等级或者监护需求发生改变。例如,8 例患者无需转运至休克治疗中心,而 9 例患者被转运至距离更远的外伤专科医院。在 17 例行心肺复苏(cardiopulmonary resuscitation, CPR)的患者中,在医务人员决定停止 CPR 前,使用了 HHE 明确室壁无运动,并排除心脏压塞、大面积肺栓塞等导致心搏骤停的可逆原因。虽然当前的 CPR 指南建议有经验的人员可使用超声设备在 CPR 期间检测心搏骤停的可逆原因<sup>[8]</sup>,但在院前急救场景下,医生在短时间内进行超声检查并迅速解读是极具挑战的,实施远程图像传输、专家指导诊断可能是有效的解决方案。在最新一项评价远程 HHE 诊断指导整合于院外心搏骤停高级生命支持的可行性研究<sup>[9]</sup>中,纳入 42 例在救护车上因心搏骤停行高级生命支持的患者,在自动体外除颤器行心律分析的无人操作间歇期,由急诊医师快速完成 HHE 检查。其中 30 例的 HHE 图像远程传输给专家判读,12 例则由急诊科医师现场判读。结果发现两种方式完成 HHE 检查的时间没有差异(10 s vs 11 s),没有消耗额外时间导致 CPR 延迟。该研究提示远程指导的 HHE 检查整合至院外高级生命支持过程是可行的,但该方案对提高诊断准确性、对救治结局的影响尚不清楚。且远程指导高度依赖网络信号的通畅,在该研究中,有 4 例患者需重启连接,2 例因环境噪音导致通话困难。总体来说,将 HHE 整合至院前救治流程是可行的,未来的研究将进一步探索如何优化流程,提高救治成功率。

### 1.2 急诊和重症监护室

目前 HHE 在急诊和重症监护室的应用最为广泛,此类场景中的患者常病情危重且变化快,需要医护人

员快速诊断并做出相应处置。Colclough 等<sup>[10]</sup>随机分配 40 例不明原因呼吸困难的急诊患者至 HHE 快速床旁检查组和常规诊疗组,结果发现 HHE 检查组 33% 的患者被快速检出需处置的心血管异常,包括中重度左心室收缩功能障碍、右心室增大伴收缩功能不全及严重瓣膜病。其诊断耗时较常规诊疗组节约 20 min。另一项研究<sup>[11]</sup>将住院期间突发循环/呼吸衰竭的患者,分为 HHE 床旁诊断组( $n=83$ )与常规诊疗组( $n=82$ ),发现 HHE 床旁诊断组较常规诊疗组从突发病情变化到治疗/干预的时间更短[15(10~25) min vs 34(15~40) min,  $P<0.001$ ],且院内死亡率更低(17% vs 35%,  $P=0.007$ )。至目前,HHE 肺部 B 线检查辅助诊断心源性呼吸困难已是部分医院急诊科常规开展的诊疗项目。Lichtenstein 等<sup>[12]</sup>对比纳入 40 例心源性肺水肿患者、26 例慢性阻塞性肺疾病伴呼吸困难患者,以及 80 例健康对照组患者进行 HHE 肺部 B 线评估,结果发现肺水肿患者均可见弥漫的 B 线,而 92% 的慢性阻塞性肺疾病患者和 99% 的对照组患者均未见 B 线。B 线用于鉴别心源性与肺源性呼吸困难的敏感性为 100%,特异性为 92%。后续相关研究也得到了类似结果<sup>[13-14]</sup>。

HHE 能帮助快速识别危及生命的心血管危急症。例如在新冠肺炎流行期间,有个案<sup>[15]</sup>报道在突发呼吸困难的患者中,使用 HHE 快速识别右心室心尖血栓、肺栓塞征象,患者经溶栓后症状得到改善。另有突发胸痛、休克急诊入院患者,临床医师根据症状及心电图诊断急性心肌梗死,但 HHE 检查发现心包血肿及 IVC 增宽,考虑心脏压塞,立即送往手术室证实为室壁破裂,并行修补术,为挽救生命争取了时间<sup>[16]</sup>。

在疑似 ST 段抬高型心肌梗死的急诊就诊患者中,发现 HHE 检出室壁节段运动异常的患者,与无该异常的患者比较,住院期间接受冠状动脉造影术的可能性更大(96% vs 75%,  $P<0.01$ );且从 HHE 检查开始至介入手术开始的时间间隔较短[(58±32) min vs (218±388) min,  $P=0.06$ ]<sup>[17]</sup>。但亦有研究<sup>[18]</sup>指出 HHE 检查发现节段性室壁运动异常并不能对后续临床决策产生重大影响,因为急性心肌梗死的诊断主要依靠病史、心电图和实验室检查,单纯依赖新发室壁节段运动异常诊断急性心肌梗死的敏感性和特异性均不理想。未来在危急重症患者中使用 HHE 识别节段性室壁运动异常、腱索断裂、室壁破裂、心脏压塞、主动脉夹层等征象辅助临床决策值得进一步探索。

### 1.3 心脏专科门诊

现阶段,中国心脏专科医师门诊时常依靠病史、体格检查对心血管疾病作出初步判断,绝大多数患者

仍需等待 sTTE、心电图等检查后才能被确诊,中间等待时间长短不定。在此场景中应用 HHE 可辅助心脏科医师快速诊断,且可降低 sTTE 转诊率。如在 Galderisi 等<sup>[19]</sup>的研究中,经培训后的医师对心脏科门诊患者( $n=304$ )先后进行查体及 HHE 检查,通过查体仅有 38.2% 的患者检出心脏异常,而查体结合 HHE 检查将心脏异常检出率提升至 69.7% ( $P<0.0001$ )。另一项研究<sup>[20]</sup>在 189 例门诊患者中发现,医师经查体后推荐 95 例患者行 sTTE 检查,但 HHE 初筛后发现其中的 58 例不需进一步行 sTTE,但在剩余 94 例查体后认为不需要行 sTTE 检查的患者中,则发现 27 例存在心脏结构功能异常需行 sTTE 检查。最终,经 HHE 检查后推荐 sTTE 检查的患者为 64 例。此过程中人均 HHE 检查耗时为( $180 \pm 86$ )s。

慢性心力衰竭(心衰)患者需定期门诊随访,除了指南指导的抗心衰药物调整,此过程中进行容量状态评估和相应的利尿剂方案调整也是预防心衰加重再入院的重要手段。一项研究<sup>[21]</sup>对心脏科门诊就诊的心衰患者利用 HHE 行 IVC 评价,心脏科医生在不知晓 IVC 结果的情况下对利尿剂方案进行调整。结果发现 16% 的患者被临床评估为容量正常且未被调整利尿剂,但实际上 HHE 发现有 IVC 增宽或呼吸塌陷率 $\leq 50\%$ ,而有 8% 的患者被临床评估为容量负荷过重而调增了利尿剂,实际上 IVC 正常。由此可见,HHE 指导心衰利尿方案调整具有很高的应用前景。LUS-HF 研究<sup>[22]</sup>进行了探索,将慢性心衰门诊患者随机分为 HHE 指导组( $n=61$ )和常规诊疗组( $n=62$ ),两组分别依据肺部 B 线和常规临床评估容量指导利尿剂调整,随访 180 d 发现 HHE 指导组祥利尿剂使用者更多(91% vs 75%,  $P=0.02$ ),心衰再入院/死亡风险也显著低于常规诊疗组( $HR=0.518, 95\% CI 0.268 \sim 0.998, P=0.049$ )。门诊 HHE 评估的容量状态,也被认为是心衰患者再入院风险预测指标。Gustafsson 等<sup>[23]</sup>利用 HHE 评估门诊心衰患者的 B 线,发现肺部有淤血征象(B 线 $\geq 3$ 条)的患者较没有淤血征象(B 线 $<3$ 条)的患者发生全因死亡或再入院的风险更高。

由此可见,在门诊诊疗中增加 HHE 的使用,不仅可提高心血管疾病初步诊断准确性,还能提高慢病管理有效性。有望减少不必要的检查,缩短患者就诊时间,甚至减少心衰再入院医疗支出。但现阶段,门诊医师人均配备 HHE 显然是不现实的,具备成本效益的 HHE 辅助门诊诊疗新模式值得进一步探索。

#### 1.4 心脏专科病房

sTTE 是心脏科病房评估心脏结构及功能的常规

检查,且在病情变化时可帮助病因分析。但 sTTE 检查需将患者转运至检查室,对于不宜转运的患者,常用床旁可移动式超声心动图仪,均需等待时间。HHE 在这些场景中,是理想的 sTTE 替代手段。一项研究<sup>[24]</sup>纳入 119 例在心脏科住院的患者,临床医师根据病史、体格检查及 sTTE 之外的检查结果做出初步诊断,随后对患者行 HHE 检查,结果发现平均需 4.4 min,16% 的患者初步诊断被修订,10% 的患者有新增诊断。相似地,HHE 可作为心脏科医师床旁会诊的辅助工具,相较于单用床旁评估、心电图或胸部 X 线检查结果进行诊断,结合 HHE 后,48.1% 的患者的初始诊断被修订,28.0% 的患者需行 sTTE 检查,20.8% 的患者转入心脏科病房治疗<sup>[25]</sup>。

近年,HHE 更用于指导心衰患者住院期间去淤血治疗和疗效评价。肺部 B 线和 IVC 是评价的重要指标。CAVAL US-AHF 研究<sup>[26]</sup>纳入 58 例急性心衰患者在入院 24 h 内随机分为 HHE 指导治疗组和常规治疗组,前者根据 B 线和 IVC 结果分为 3 个淤血等级,不同等级采用不同强度利尿方案,而常规治疗组根据临床经验进行利尿治疗。结果发现出院时仍有 B 线增多或 IVC 增宽的患者比例,在 HHE 指导治疗组远低于常规治疗组(13.3% vs 66.6%,  $P<0.001$ )。前者 90 d 内再入院或死亡患者比例也低于后者(13.3% vs 36.7%,  $P=0.038$ )。

出院时 HHE 评估肺部 B 线也能预测出院后不良事件风险。在纳入 136 例心衰住院患者的研究<sup>[27]</sup>中,出院当天行 HHE 肺部 B 线检查,发现出院时 B 线 $<10$ 条的患者出院后 3 个月生存率更高( $P<0.001$ )。Gargani 等<sup>[28]</sup>纳入 100 例心衰住院患者,发现出院前 B 线 $>15$ 条是 6 个月内心血管不良事件的独立预测因子。HHE 还能识别亚临床淤血(即无淤血症状和体征,但 HHE 检出 B 线阳性或 IVC 增宽)。Kang 等<sup>[29]</sup>发现在出院时临床医师评估容量状态为“干”的患者中,仍有 30.9% B 线阳性。随访 90 d 发现淤血症状体征和 B 线均阴性的患者 90 d 内再入院或死亡风险最低,低于仅有淤血症状体征或仅有肺部 B 线阳性患者。

#### 1.5 介入手术室

血管穿刺是心血管介入手术常规操作步骤,超声引导下动静脉穿刺能提高穿刺成功率,降低并发症风险。但受限于超声仪器设备的可及性,心血管介入手术仍主要依靠体表标志的盲法穿刺,HHE 的引入将有望改变这一现状。ACCESS 研究<sup>[30]</sup>是一项利用 HHE 引导腋静脉穿刺建立通路辅助植入式心脏电子设备植入的随机对照研究,与标准头静脉切开建立通路

( $n=99$ ) 比较, 该新型血管入路( $n=101$ ) 电极放置成功率更高(99.0% vs 86.9%,  $P=0.001$ ), 血管通路建立时间(3.4 min vs 10.6 min,  $P<0.001$ ) 和手术总耗时更短(33.8 min vs 47.9 min,  $P<0.001$ ), 但是二者手术并发症发生率无差异。此外, sTTE 帮助术者在术中、术后及时检出手术并发症, 以便快速处置, 在此场景下, HHE 也是很好的替代检查。有研究<sup>[31]</sup> 在射频消融术开始及结束时, 分别对患者进行 sTTE 和 HHE 检查, 结果发现 HHE 的设备启动和评估时间明显少于 sTTE( $P$  均  $<0.05$ )。且两种方法在心脏结构和功能诊断方面有显著的一致性(手术开始时轻度主动脉瓣反流的一致性为 95%, 中重度主动脉瓣反流为 99%, 轻度二尖瓣反流为 93%, 中重度二尖瓣反流为 95%, 心包积液与左心室血栓均为 100%)。

## 2 心血管疾病筛查

在社区高危人群中筛查心脏结构功能异常是心血管疾病防治的重要环节, 具有很高的卫生经济学价值。Wong 等<sup>[32]</sup> 在 1 529 例高血压患者中利用 HHE 进行胸主动脉瘤筛查, 结果发现胸主动脉瘤检出率为 7.5%。对 38 例检出阳性患者进一步行 CT 检查, 发现 HHE 诊断胸主动脉瘤的真阳性率为 92.1%, 假阳性率为 7.9%。但该研究未对 HHE 检出阴性患者进一步行影像检查, 因此该筛查方式的假阴性率未知。此外, 在先天性心脏病、风湿性心脏病高发地区进行 HHE 筛查, 也有助于提高疾病检出率。但心脏瓣膜病、复杂先天性心脏病的检出难度高于房室扩大、左心室收缩功能障碍这类较易识别的结构功能异常, HHE 的检出准确性如何, 不少研究也进行了探索。Riley 等<sup>[33]</sup> 对比 HHE 和 sTTE 诊断儿童左心发育不全综合征一致性, 证实 HHE 对右心室收缩功能定性和三尖瓣反流严重程度的评估与 sTTE 一致性较好(一致性相关系数分别为 0.80 和 0.74,  $P<0.001$ ), 诊断右心室收缩功能降低的敏感性和特异性分别为 100% 和 92%, 诊断中度或重度三尖瓣反流的敏感性和特异性分别为 94% 和 88%。Francis 等<sup>[34]</sup> 对 2 573 例青少年进行风湿性心脏病筛查, 风湿性心脏病检出率为 5.52%。与 sTTE 相比, HHE 诊断风湿性心脏病的敏感性为 70.4%, 特异性为 78.1%。因此 HHE 可考虑作为一种便携、经济的快速筛查心血管疾病的工具, 对于合理医疗资源的分配具有潜在意义。

## 3 非超声专科医师的 HHE 培训

sTTE 诊断准确性依赖于专业技术人员的专业水平, HHE 虽然解决了设备的可及性、便携性问题, 但对操作人员的高要求似乎也限制其不同临床场景的应用。尤其是 sTTE 技师专业培训指南要求最低 6 个

月临床实习期、检查至少 400 例患者, 这对有 HHE 使用需求的非专科医师来讲, 显然是不现实的。已有不少研究<sup>[4-5]</sup> 证实, 非超声专科医师经短期培训后即会使用 HHE 测量腔室和大血管内径, 检出左心室收缩功能降低、瓣膜功能异常和心包积液等异常征象, 足以满足以上临床场景中 HHE 使用需求。

在一项研究<sup>[35]</sup> 中, 两名内科医师接受为期 10 周 HHE 培训, 结果发现随着训练时间增加(从第 1 周、第 9 周到第 10 周), 他们和超声心动图专业技术人员相比, 诊断心脏结构功能异常的一致性逐渐提高。在培训结束时, 他们诊断左心室扩张(70%, Kappa = 0.52,  $P=0.01$ )、左心室收缩功能降低(80%, Kappa = 0.65,  $P=0.004$ )、右心室扩张(90%, Kappa = 0.71,  $P=0.002$ )、右心室收缩功能降低(100%, Kappa = 1.00,  $P<0.001$ ) 以及心包积液(100%, Kappa = 1.00,  $P<0.001$ ) 已具极高一致性。另一项研究<sup>[36]</sup> 对 3 名内科住院医师进行简单的 HHE 培训, 包括心脏解剖、超声心动图原理、腔室大小和功能定性评价、如何使用二维和彩色多普勒技术的系列讲座。以及课后一对一对图像获取和解读, 在指导老师监督下完成 15 例针对主动脉瓣结构功能的 HHE 筛查。培训结束后他们利用 HHE 共同完成 200 例新发现收缩期杂音患者的主动脉瓣狭窄筛查, 与经 sTTE 正规培训后的心脏专科医师完成的 sTTE 检查结果对比, 简单培训后的内科住院医师利用 HHE 检出主动脉瓣形态异常的敏感性为 86%, 特异性为 62%, 检测中重度主动脉瓣狭窄的敏感性为 90%。在未来, 如何建立非超声专科医师快速掌握 HHE 技术的高效培训体系值得探讨。

## 4 HHE 应用局限性及未来展望

HHE 为满足小巧、便携的需求, 搭载的超声成像技术不如 sTTE 精准、全面, 例如空间和时间分辨率更低, 仅能满足较明显的心脏结构功能异常的快速评价, 其采集的图像不能满足心肌应变等高级分析的需求。此外, 绝大多数 HHE 设备不具备频谱多普勒超声技术, 不能进行左心室舒张功能评价和瓣膜跨瓣压力检测, 尚不足以诊断射血分数保留的心衰和评价瓣膜病严重程度<sup>[37]</sup>。此外, HHE 设备图像存储空间有限, 在需要进行大规模检查以及线下分析时, 可行性受限。最重要的是, 虽然非超声专科医师通过短期培训能够掌握 HHE 使用, 留取较高质量图像并对常见心脏结构功能异常进行判读, 但对于更为细节、复杂的异常判读仍存在困难。而随着互联网、远程医疗的发展, 实现了 HHE 图像远程传输, 由超声专家对图像进行判读, 也能弥补非超声专科医师对复杂图像判读能力差的不足<sup>[38-40]</sup>。

## 5 小结

HHE 与 sTTE 相比,具有便携、实时、可移动性强、价格低廉等优势。随着技术进步,HHE 已能准确地评价多种心脏结构功能异常以及容量状态。多个研究证实 HHE 在不同医疗场景中能实现快速诊断、指导治疗、评价疗效及预测预后。虽然 HHE 尚有不能评价心室舒张功能、定量评价瓣膜狭窄等技术局限性,且诊断准确性依赖操作人员技术水平,但是将 HHE 植入各临床场景中仍有望提高心血管疾病诊断及及时性、准确性,并优化诊疗流程,值得推广应用。

## 参考文献

- [1] Mitchell C, Rahko PS, Blauwet LA, et al. Guidelines for performing a comprehensive transthoracic echocardiographic examination in adults: recommendations from the American Society of Echocardiography[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2019, 32(1): 1-64.
- [2] Ligtvoet C, Rijsterborgh H, Kappen L, et al. Real time ultrasonic imaging with a hand-held scanner. Part I—Technical description[J]. *Ultrasound Med Biol*, 1978, 4(2): 91-92.
- [3] Savino K, Ambrosio G. Handheld ultrasound and focused cardiovascular echography: use and information[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2019, 55(8): 423.
- [4] Bias M, Carrié C, Delaunay F, et al. Evaluation of a new pocket echoscopic device for focused cardiac ultrasonography in an emergency setting[J]. *Crit Care*, 2012, 16(3): R82.
- [5] Andersen GN, Haugen BO, Graven T, et al. Feasibility and reliability of point-of-care pocket-sized echocardiography[J]. *Eur J Echocardiogr*, 2011, 12(9): 665-670.
- [6] Picano E, Pellicka PA. Ultrasound of extravascular lung water: a new standard for pulmonary congestion[J]. *Eur Heart J*, 2016, 37(27): 2097-2104.
- [7] Scharonow M, Weilbach C. Prehospital point-of-care emergency ultrasound: a cohort study[J]. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2018, 26(1): 49.
- [8] Merchant RM, Topjian AA, Panchal AR, et al. Part 1: executive summary: 2020 American Heart Association Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. *Circulation*, 2020, 142(16 suppl 2): S337-S357.
- [9] Hafner C, Manschein V, Klaus DA, et al. Live stream of prehospital point-of-care ultrasound during cardiopulmonary resuscitation—A feasibility trial[J]. *Resuscitation*, 2024, 194: 110089.
- [10] Colclough A, Nihoyannopoulos P. Pocket-sized point-of-care cardiac ultrasound devices: role in the emergency department[J]. *Herz*, 2017, 42(3): 255-261.
- [11] Zieleskiewicz L, Lopez A, Hraiech S, et al. Bedside POCUS during ward emergencies is associated with improved diagnosis and outcome: an observational, prospective, controlled study[J]. *Crit Care*, 2021, 25(1): 34.
- [12] Lichtenstein D, Mezière G. A lung ultrasound sign allowing bedside distinction between pulmonary edema and COPD: the comet-tail artifact[J]. *Intensive Care Med*, 1998, 24(12): 1331-1334.
- [13] Cibinel GA, Casoli G, Elia F, et al. Diagnostic accuracy and reproducibility of pleural and lung ultrasound in discriminating cardiogenic causes of acute dyspnea in the emergency department[J]. *Intern Emerg Med*, 2012, 7(1): 65-70.
- [14] Gargani L. Lung ultrasound: a new tool for the cardiologist[J]. *Cardiovasc Ultrasound*, 2011, 9: 6.
- [15] Sauza-Sosa JC, Arratia-Carlin K, Fernandez-Tapia J. Point-of-care ultrasound assessment with handheld ultrasound device attached to cell phone[J]. *J Clin Ultrasound*, 2022, 50(2): 284-285.
- [16] Sachpekidis V, Adamopoulos C, Datsios A, et al. A tricky case of cardiogenic shock: diagnostic challenges in the COVID-19 era[J]. *Clin Case Rep*, 2020, 9(1): 420-424.
- [17] Samaeekia R, Jolly G, Marais R, et al. Utility of handheld ultrasound performed by cardiology fellows in patients presenting with suspected ST-elevation myocardial infarction[J]. *J Cardiovasc Echogr*, 2022, 32(4): 205-211.
- [18] Kansal M, Kessler C, Frazin L. Hand-held echocardiogram does not aid in triaging chest pain patients from the emergency department[J]. *Echocardiography*, 2009, 26(6): 625-629.
- [19] Galderisi M, Santoro A, Versiero M, et al. Improved cardiovascular diagnostic accuracy by pocket size imaging device in non-cardiologic outpatients: the NaUSiCa (Naples Ultrasound Stethoscope in Cardiology) study[J]. *Cardiovasc Ultrasound*, 2010, 8: 51.
- [20] Cardim N, Fernandez Golfin C, Ferreira D, et al. Usefulness of a new miniaturized echocardiographic system in outpatient cardiology consultations as an extension of physical examination[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2011, 24(2): 117-124.
- [21] Saha NM, Barbat JJ, Fedson S, et al. Outpatient use of focused cardiac ultrasound to assess the inferior vena cava in patients with heart failure[J]. *Am J Cardiol*, 2015, 116(8): 1224-1228.
- [22] Rivas-Lasarte M, Álvarez-García J, Fernández-Martínez J, et al. Lung ultrasound-guided treatment in ambulatory patients with heart failure: a randomized controlled clinical trial (LUS-HF study)[J]. *Eur J Heart Fail*, 2019, 21(12): 1605-1613.
- [23] Gustafsson M, Alehagen U, Johansson P. Imaging congestion with a pocket ultrasound device: prognostic implications in patients with chronic heart failure[J]. *J Card Fail*, 2015, 21(7): 548-554.
- [24] Skjetne K, Graven T, Haugen BO, et al. Diagnostic influence of cardiovascular screening by pocket-size ultrasound in a cardiac unit[J]. *Eur J Echocardiogr*, 2011, 12(10): 737-743.
- [25] di Bello V, La Carrubba S, Conte L, et al. Incremental value of pocket-sized echocardiography in addition to physical examination during inpatient cardiology evaluation: a Multicenter Italian Study (SIEC)[J]. *Echocardiography*, 2015, 32(10): 1463-1470.
- [26] Burgos LM, Baro Vila R, Goyeneche A, et al. Design and rationale of the inferior vena CAVA and Lung UltraSound-guided therapy in Acute Heart Failure (CAVAL US-AHF Study): a randomised controlled trial[J]. *Open Heart*, 2022, 9(2): e002105.
- [27] 徐峥嵘, 张耀, 张娜雯. 肺部超声对心力衰竭患者预后的评价[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2018, 10(3): 324-326, 330.
- [28] Gargani L, Pang PS, Frassi F, et al. Persistent pulmonary congestion before discharge predicts rehospitalization in heart failure: a lung ultrasound study[J]. *Cardiovasc Ultrasound*, 2015, 13: 40.
- [29] Kang Y, Zhong XK, Chen QW, et al. Prognostic values of B-lines combined with clinical congestion assessment at discharge in heart failure patients[J]. *ESC Heart Fail*, 2022, 9(5): 3044-3051.
- [30] Charles P, Ditac G, Montoy M, et al. Intra-pocket ultrasound-guided axillary vein puncture vs. cephalic vein cutdown for cardiac electronic device implantation: the ACCESS trial[J]. *Eur Heart J*, 2023, 44(46): 4847-4858.
- [31] Murat S, Ulus T, Serdar Yılmaz A, et al. Hand-held echocardiography during complex electrophysiologic procedures[J]. *J Cardiovasc Thorac Res*, 2023, 15(2): 80-85.
- [32] Wong RH, Yang F, Fujikawa T, et al. Pocket-size mobile echocardiographic screening of thoracic aortic aneurysms in hypertensive patients[J]. *Ann Thorac Surg*, 2021, 111(5): 1554-1559.
- [33] Riley AF, Ocampo EC, Hagan J, et al. Hand-held echocardiography in children with hypoplastic left heart syndrome[J]. *Congenit Heart Dis*, 2019, 14(5): 706-712.

- [36] Aliaga J, Bonaventura A, Mezzaroma E, et al. Preservation of contractile reserve and diastolic function by inhibiting the NLRP3 inflammasome with OLT1177® (Dapansutril) in a mouse model of severe ischemic cardiomyopathy due to non-reperfused anterior wall myocardial infarction [J]. *Molecules*, 2021, 26(12):3534.
- [37] Wohlford GF, van Tassel BW, Billingsley HE, et al. Phase 1B, randomized, double-blinded, dose escalation, single-center, repeat dose safety and pharmacodynamics study of the oral NLRP3 inhibitor dapansutril in subjects with NYHA II-III systolic heart failure[J]. *J Cardiovasc Pharmacol*, 2020, 77(1):49-60.
- [38] Liao Y, Liu K, Zhu L. Emerging roles of inflammasomes in cardiovascular diseases[J]. *Front Immunol*, 2022, 13:834289.
- [39] Shen S, Duan J, Hu J, et al. Colchicine alleviates inflammation and improves diastolic dysfunction in heart failure rats with preserved ejection fraction[J]. *Eur J Pharmacol*, 2022, 929:175126.
- [40] Mewton N, Rouville F, Bresson D, et al. Effect of colchicine on myocardial injury in acute myocardial infarction[J]. *Circulation*, 2021, 144(11):859-869.
- [41] Deftereos S, Giannopoulos G, Angelidis C, et al. Anti-inflammatory treatment with colchicine in acute myocardial infarction; a pilot study [J]. *Circulation*, 2015, 132(15):1395-1403.
- [42] Byrne NJ, Matsumura N, Maayah ZH, et al. Empagliflozin blunts worsening cardiac dysfunction associated with reduced NLRP3 (nucleotide-binding domain-like receptor protein 3) inflammasome activation in heart failure[J]. *Circ Heart Fail*, 2020, 13(1):e006277.
- [43] Li R, Lu K, Wang Y, et al. Triptolide attenuates pressure overload-induced myocardial remodeling in mice via the inhibition of NLRP3 inflammasome expression[J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2017, 485(1):69-75.
- [44] Wang Y, Wu Y, Chen J, et al. Pirfenidone attenuates cardiac fibrosis in a mouse model of TAC-induced left ventricular remodeling by suppressing NLRP3 inflammasome formation[J]. *Cardiology*, 2013, 126(1):1-11.
- [45] Audia JP, Yang XM, Crockett ES, et al. Caspase-1 inhibition by VX-765 administered at reperfusion in P2Y12 receptor antagonist-treated rats provides long-term reduction in myocardial infarct size and preservation of ventricular function[J]. *Basic Res Cardiol*, 2018, 113(5):32.
- [46] Everett BM, Cornel JH, Lainscak M, et al. Anti-inflammatory therapy with canakinumab for the prevention of hospitalization for heart failure [J]. *Circulation*, 2019, 139(10):1289-1299.
- [47] van Tassel BW, Canada J, Carbone S, et al. Interleukin-1 blockade in recently decompensated systolic heart failure: results from REDHART (Recently Decompensated Heart Failure Anakinra Response Trial) [J]. *Circ Heart Fail*, 2017, 10(11):e004373.
- [48] Abbate A, Trankle CR, Buckley LF, et al. Interleukin-1 blockade inhibits the acute inflammatory response in patients with ST-segment-elevation myocardial infarction[J]. *J Am Heart Assoc*, 2020, 9(5):e014941.
- [49] Quader M, Mezzaroma E, Kenning K, et al. Modulation of interleukin-1 and -18 mediated injury in donation after circulatory death mouse hearts[J]. *J Surg Res*, 2021, 257:468-476.
- [50] Xiao H, Li H, Wang JJ, et al. IL-18 cleavage triggers cardiac inflammation and fibrosis upon  $\beta$ -adrenergic insult[J]. *Eur Heart J*, 2018, 39(1):60-69.

收稿日期:2023-07-13

## (上接第 124 页)

- [34] Francis JR, Whalley GA, Kaethner A, et al. Single-view echocardiography by nonexpert practitioners to detect rheumatic heart disease: a prospective study of diagnostic accuracy[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2021, 14(8):e011790.
- [35] Acheampong B, Starnes JR, Awuku YA, et al. Feasibility of focused cardiac ultrasound training for non-cardiologists in a resource-limited setting using a handheld ultrasound machine[J]. *Cardiovasc J Afr*, 2022, 33:1-5.
- [36] Gulić TG, Makuc J, Prosen G, et al. Pocket-size imaging device as a screening tool for aortic stenosis[J]. *Wien Klin Wochenschr*, 2016, 128(9-10):348-353.
- [37] Cardim N, Dalen H, Voigt J, et al. The use of handheld ultrasound devices: a position statement of the European Association of Cardiovascular Imaging (2018 update) [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2019, 20(3):245-252.
- [38] Evangelista A, Galuppo V, Méndez J, et al. Hand-held cardiac ultrasound screening performed by family doctors with remote expert support interpretation [J]. *Heart*, 2016, 102(5):376-382.
- [39] Singh S, Bansal M, Maheshwari P, et al. American Society of Echocardiography: remote echocardiography with web-based assessments for referrals at a distance (ASE-REWARD) study[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2013, 26(3):221-233.
- [40] Kaneko T, Kagiya N, Nakamura Y, et al. Effectiveness of real-time tele-ultrasound for echocardiography in resource-limited medical teams [J]. *J Echocardiogr*, 2022, 20(1):16-23.

收稿日期:2023-10-18