

心脏超声技师在心脏超声造影检查中的操作指南：美国超声心动图协会专项更新

Thomas R. Porter, MD, FASE (Chair), Sahar Abdelmoneim, MD, J. Todd Belcik, BS, RCS, RDCS, FASE, Marti L. McCulloch, MBA, RDCS, FASE, Sharon L. Mulvagh, MD, FASE, Joan J. Olson, BS, RDCS, RVT, FASE, Charlene Porcelli, BS, RDCS, RDMS, FASE, Jeane M. Tsutsui, MD, and Kevin Wei, MD, FASE, Omaha, Nebraska; Rochester, Minnesota; Portland, Oregon; Houston, Texas; Charleston, South Carolina; São Paulo, Brazil
中文版翻译：吴爵非 中国南方医科大学南方医院心内科
李春梅 四川省人民医院心内科
中文版校对：幸运 美国纽约爱因斯坦医学院

(JAmSoc Echocardiogr 2014;27:797-810.)

关键词：超声心动图, 超声技师, 对比剂, 成像

在 2001 年，美国超声心动图协会(ASE)发表了一篇为超声技师进行心脏超声造影操作的指导性文章。该文章主要关注超声技师在以下四个方面的角色：对微泡理化特性及超声设备的理解，认识对比剂应用的适应症，必要时建立静脉注射的特权，以及对比剂输注或注射的书面政策的制定¹。本文的目的在于更新超声技师在这四个方面的进展以及提供在超声心动图室内应用对比剂的优化提示。这包括盐水对比剂及左心对比剂的优化应用，以及安全信息和左心对比剂应用的推荐政策。

I. 超声物理和设备知识的更新

自从 2001 年的文档发布以来，在提高应用商业化的超声对比剂进行左室造影和灌注成像的视觉效果这一领域取得了系列的进展。关于商业化的微泡的组成结构以及物理特性，请参阅 2008 年 ASE 专家共识文件的“对比剂”和“对比超声成像”章节²。近十年来，几乎市场上所有的超声系统均可实现低机械指数（Mechanical Index, MI）进行左室造影（Left Ventricular Opacification, LVO）的对比增强，同时极低 MI 技术的实时成像也几乎在所有商业化的系统中实现。从定义上界定，极低 MI 值定义为 < 0.2，低 MI 定义为 < 0.3，中等强度 MI 定义为 0.3 至 0.5，超过 0.5 的 MI 均定义为高 MI。实时极低 MI 技术可以同时检查左室腔及心肌内微泡的显影增强²。虽然心肌灌注成像技术并不是超声对比剂的批准适应症，但这种极低 MI 的成像技术已经在多个临床试验中被用来观察心肌灌注成像，以期提高急诊室冠状动脉疾病的检出，提高负荷试验过程中冠状动脉疾病的检出，以及提高心脏肿物的诊断。因此，超声技师应该熟悉各种对比成像方法（表 1）和各种技术的物理特性（图 1）的优缺点。

反向脉冲多普勒技术（最初由 Advanced Technology Laboratories 开发，现主要 GE 公司在应用）是一种通过发送交替极性多重脉冲到心腔和心肌从而克服运动伪影的组织抑制技术。虽然反向脉冲多普勒技术通过只接收偶次谐波提供了出色的组织抑制和高分辨率，然而在心尖切面的基底段心肌却会产生显著的衰减现象。

能量调节技术（由飞利浦医疗系统开发）可以提高极低 MI（0.05-0.20）信噪比。这也是一种多脉冲抑制技术，只有这个技术的能量或振幅、以及每个脉冲均是变化的。低能量脉冲产生线性响应，而略高能量的脉冲会从组织的获得线性响应，从微泡获得非线性响应。从两种不同的脉冲（被放大的低能量脉冲和略高能量脉冲）获得的线性响应可以从彼此中抵消，从而探头只检出来自微泡的非线性行为。能量调节技术同样可以检出基波非线性信号，但无法达到反向脉冲带来的图像质量和分辨率。

对比脉冲序列技术（由西门子医疗开发）结合了脉冲间的相位和幅度调制的多重脉冲技术，具有增强微泡在低 MI 的非线性行为，抵消从组织线性响应的目的等更复杂的特性。应用这一特殊的脉冲序列方案，对比成像可以在极低 MIs（<0.2）情况下同时观察 LVO 及实时心肌对比灌注而保持优秀的空间分辨率。超声技师应该意识在当对比剂需要应用这些脉冲序列方案中的差别（表 1），当与二维低 MI 谐波成像（LVO）对比时，有更好的组织抑制和微泡的对比增强效果。然而，并非所有厂商均提供了实时极低 MI 的成像软件，在这种情况下，应该考虑应用低 MI(<0.3)谐波成像。

本文档可提供如何进行极低 MI 实时成像的设置，以及视频实例提供特殊例子和潜在误差。写作组建议超声医师在超声对比剂使用的初学阶段、或者无法获得极低 MI 成像软件的情况下可按表 1 描述的低 MI 谐波成像方法入门。我们意识到经验在任何超声成像操作中都是很关键的，我们建议所有的试点医院均联系对比剂厂家代表进行对比剂剂量与低 MI 成像技术的优化以及跟超声厂家协商如何有效应用极低 MI 成像软件。

II.对比剂给药政策及建立静脉通道的更新

目前认为静脉通道的建立仍然是大部分心脏超声室开展超声造影的最大障碍。因为超声对比剂是提高室壁运动异常和多普勒信号检出的关键，超声技师需要与医院管理者共同工作，建立开展超声造影项目以推广其在技术困难时应用。2012年8月，Intersocietal Accreditation Commission (IAC) 组织官方公布了新的成人超声心动图认证的IAC指南和标准³。指南要求所有心脏超声系统均需配备可以进行超声对比剂优化的设置。IAC指南还推荐所有图像欠优的情况下应用超声对比剂，或图像欠优时进行替代的影像学检查。一些大的心血管临床项目已经根据IAC指南设置了帮助超声技师进行超声对比剂应用的政策。这一次更新再次强调2001年声明中ASE支持在医院和诊所中超声技师应该进行静脉注射的训练，包括无菌技术，静脉解剖，合适的穿刺点，患者的风险，以及医院对技术操作的批准。为了优化超声心动图质量从而通过减少不必要的额外操作以提高医疗质量，超声对比剂应该在适应症时及时应用，超声技师应该获得医院管理层面的支持从而达到IAC的要求。文档附件提供了一些已开展超声造影方案的医院的超声造影工作流程以减少对繁忙的临床工作量的影响。

III. 对比超声心动图检查时机及如何操作的更新

当腔室定量测量容积以及射血分数和局部室壁运动测量图像欠优时应当应用超声对比剂（见ASE专家共识文件的表3²）。欠优的图像定义为在任意三个心尖切面上有连续两个及以上节段无法检出。在静息或负荷检查时定量流速和压力阶差的频谱不当时应使用超声对比剂进行多普勒信号增强。当超声对比剂用来进行LVO的检查时也可应用于多普勒信号增强。写作组建议用户应同时熟悉附件中提到的弹丸注射技术和连续输注技术。弹丸式注射法会产生严重的左室声衰减，需要等待一段时间解决。如果是进行弹丸注射应用，推荐用量为0.5mL稀释后的Definity(Lantheus Medical Imaging, North Billerica, MA)(一支加8.5mL生理盐水稀释)，或者是0.3mL未稀释的Optison(GE Healthcare, Little Chalfont, United Kingdom).无论那种方案，盐水的冲管速度应该是大约10秒内推注3mL。根据对比剂应用的适应症，超声技师应该对MI进行优化以提高在对比剂在特定区域的检出。对比剂应该在表1描述的低MI成像或极低MI成像条件下进行输注，而不是在基波成像时进行。附件描述了写作组中不同专家进行弹丸注射或连续输注技术的方法。总体来说，低MI谐波成像需要在谐波

模式下把MI调至低于0.3然后弹丸式输注小剂量对比剂后生理盐水进行冲管（约5-10秒内3-5mL）。而极低MI实时成像技术是一种在无对比剂时去除心肌及瓣膜信号的组织抑制技术。短暂的（3-10帧）高MI“闪烁”可用来清除心肌内或心腔内肿物的对比剂，以用来研究这些区域的对比剂再充填速率。正常的心肌对比剂再充填应该在4秒内完成，而负荷状态下，再充填速度应该在2秒内完成（见第V部分）。时间增益补偿应该在静息图像下进行调整至基底到心尖均衡显示，这一般需要对近场的电位器（或者近场时间增益补偿设置）稍微进行调高。超声技师在不同临床情况下的特殊设置将在下面进行描述。美国超声心动图协会的ContrastZone网页(<http://www.contrastzone.com>)提供了应用对比剂进行LV0的额外提示和指示。

左室射血分数和节段性室壁运动评估

该临床设置包括当需要准确测量系列的射血分数指标时（如化疗时）和当心内膜需要清晰展示时（如胸痛患者评估或负荷超声心动图时）。在这种情形下，LV0时进行连续输注或缓慢弹丸/冲管技术应达避免基底阴影干扰或心尖部心腔内对比剂旋转的情况发生。对比剂旋转现象可以通过应用实时极低MI成像技术或在低MI谐波成像时减少近场扫描线密度。多中心研究证实应用低MI（<0.3）可通过心尖区域完全显像更有利于检出节段性室壁运动异常和射血分数的定量分析⁴。建议在进行节段性室壁运动分析和容积定量时必须是在左室完全对比剂显影没有心尖部对比剂旋转及基底部声衰减时进行。虽然灌注成像的适应症并未获得批准，使用跟左室造影同样的输注或缓慢弹丸/冲管注射技术短暂高MI脉冲破坏后心肌对比增强的检出确实与心肌血流灌注异常相关且可提高心内膜下室壁运动异常的检出²。

心尖肥厚型心肌病

心尖肥厚型心肌病约占肥厚型心肌病患者的7%，但因为心尖部心内膜显示不全，大部分患者无法被常规经胸超声心动图检出²。当怀疑心尖肥厚型心肌病但图像不能清晰显示或无法排除时，应进行超声造影检查。心尖肥厚型心肌病超声造影图像特征为左室腔呈铁锹形状改变，伴有明显心尖心肌室壁增厚⁵。

左室心肌致密化不全

心肌的致密化不全是一种不常见但却逐渐被大家认识到会导致心力衰竭及死亡的异常情况²。原因是心肌结构改变，表现为心肌节段性室壁运动减弱伴有两层结构的心肌肥厚：通常是一层致密化的薄的心外膜下的心肌及一层厚的不致密的心内膜下的心肌。当怀疑左室致密化不全但传统的二维成像无法充分显现时，非致密层的特性深小梁间凹口可通过左室小梁之间对比剂填充进心肌中膜进行判断⁶。在这种情况下，推荐应用谐波中等强度MI成像（如0.3-0.5）而非常规的低MI成像，从而可以更清晰的显示肌小梁的结构（录像1，可通过网址www.onlinejase.com获得）。虽然有不同针对单纯的或少见的心肌致密化不全的诊断标准，写作组建议应用对比超声时，诊断标准为非致密心肌与致密心肌比值>2:1。

左室血栓和心腔内占位评估

左室血栓一般最常见于左室心尖部²。心尖部血栓一般难于显示清晰或排除，特别是心尖切面受到短缩或者受到近场环降作用的干扰。使用超声对比剂可以减低左心室缩短的可能性，使一般情况下容易被遗漏的提示心尖部血栓的特征性“充盈缺损”改变被检出⁷。最近的一个研究显示，在因为心肌梗死或心力衰竭导致血栓高危的患者中，对比超声心动图与非对比增强超声心动图比较，几乎可提高一倍的左室血栓检出的敏感性(61% vs 33%, $P < .05$)和提高准确性(92% vs 82%, $P < .01$)，其中75%为心尖部血栓⁸。在这一研究中，对比超声心动图与延迟增强的心脏磁共振图像进行比较，虽然对比超声心动图的血栓检出率稍低($P < .05$)，但其诊断血栓的一致性与核磁共振检查相当($k = 0.79$, $P < .001$)。其中延迟增强的心脏磁共振检出的小血栓而对比超声心动图未检出的情况一般为形状与心室壁贴近或体积较小($P < .05$)。写作组建议当非对比检查时左室心尖显示不清而患者还存在严重的收缩功能障碍时应应用超声对比剂进行心腔血栓的检查。为了鉴别血栓与心腔内肿瘤，如有条件应使用极低MI灌注成像模式并行高MI闪烁⁹。血栓一般表现为非血管性，高MI闪烁后无对比剂增强显影，而肿瘤可显示为极低MI闪烁再充填成像后部分区域灌注呈现血供差（良性间质瘤，例如粘液瘤）或高血供状态（恶性病变）（录像2-4；可登录www.onlinejase.com）。如果没有极低MI成像软件，可应用低MI(<0.3)谐波成像观察肿物内是否有对比增强以帮助鉴别心腔占位。

左心室室壁瘤及假性动脉瘤

左心室室壁瘤，心肌梗死后的一种常见的无症状并发症是左室心尖最常见的异常²。它在超声心动图检查中

特征是室壁变薄，心尖扩大，常伴有心尖室壁运动减弱或反向运动。这些特征通常在超声心动图中很容易看到。但是，当心尖切面被缩短或者无法完全显示时，心尖部室壁瘤或许无法检出。超声对比剂可以帮助更好的观察心尖室壁运动异常，但注意的是仍需要减少心尖切面的缩短。另外，如果未使用对比剂一些伴随的异常（如心尖部血栓）也经常被遗漏。当超声技师应用对比剂进行心尖室壁瘤和血栓的检查时要求胸骨旁及心尖切面均使用以勾勒异常的范围和避免短缩现象。同样，应用对比剂发现狭颈和收缩期充盈可以对假性动脉瘤与室壁瘤进行鉴别¹⁰。（录像5；可通过www.onlinejase.com获取）证实对比剂在心尖和下壁假性动脉瘤在收缩期充盈；两个例子均被手术证实。

其他不常见的心尖异常

心内膜纤维化时，可见在一侧或左右室双侧心尖特征性的血栓及坏死组织的分层结构不伴有室壁运动异常及应用对比剂时灌注保留（图2）。

应激性心肌病（心尖球形综合征）通常影响左室中部到心尖区域，分布常无法跟冠状动脉性心脏病关联（图3）。这一异常导致的典型外观可通过注射对比剂后LV0进行勾勒¹¹。另外受累心肌节段灌注延迟而不是缺损也有助于鉴别应激性心肌病与冠状动脉性心脏病。尤其是以急性冠脉综合症发病的绝经后妇女，常伴有肾功能异常或其他冠脉造影禁忌症时，这是一很重要的诊断发现¹¹。

急诊室胸痛评估

急性胸痛是急诊室中常见的主诉症状。这一症状的病因很广，从良性的骨骼肌肉问题到危及生命的情形如急性心肌梗死（AMI），主动脉夹层或急性肺栓塞；其中，这些严重的疾病中，急性心肌梗死发生最频繁¹²。¹³。然而，因为病史，体格检查，心电图，胸片等敏感性均不高，为急性心肌梗死早期诊断带来了困难。血清心肌酶学标志物是目前判断一个患者是否得了急性心肌梗死的主要方法，但是心肌酶一般需要在症状发生数小时后才释放入血清里面¹⁴。即使短暂的冠脉堵塞（5-15min）会导致局部收缩功能受损¹⁵，因此，超声心动图可以用来检出患者是否存在急性冠脉综合征。更重要的是，如无节段性的室壁增厚异常便可排除心肌缺血引起的胸痛。局部功能正常可识别出24小时不良事件低危人群率为0.4%¹⁶。与正常功能患者比较，局部功能异常患者早期事件发生率为6倍^{17, 18}。

因此，超声技师对胸痛患者应用对比剂以获得最优的检出小范围局部室壁增厚异常的敏感性非常重要。应用对比剂已被证实可以显著的提高检出新发心肌节段异常^{11, 19}。超声技师的角色是快速的对怀疑急性冠脉综合征患者的所有左室节段进行分析，脑海里尤其应该记住的是如果连续两个节段的显示不清时，应应用对比剂对室壁运动进行进一步分析。录像6展示了一个只有当应用极低MI对比成像方式才检出的侧壁室壁运动异常的例子（可通过www.onlinejase.com获取）。对胸痛患者应用实时极低MI成像通过提供灌注信息可额外增加诊断和预测信息。当室壁运动异常时，如果对比剂在4秒内观察到再充填（正常灌注），可判断患者为中度心血管危险情况；高危患者为局部室壁运动异常同时伴有灌注异常（再灌注延迟）^{16, 17}。

IV. 对比剂注射和滴注的安全性更新

自从原来的超声技师造影指南公布后其中一个最重要的发展是2007年10月美国食品和药品监督局（FDA）对Optison和Definity发布了一个黑框警告以及相应的标签修改。这一警告最初的推荐是有肺动脉高压或肺高压高危的患者及心肺情况不稳定的患者接受对比剂注射30分钟内需密切检测。FDA同时要求厂家进行额外的临床试验以评估获得批准的对比剂对有无肺动脉高压患者的肺循环血流动力学影响及安全性评价。在这一警告发布后，系列的研究发表证实Optison及Definity的安全性^{20, 23}。一些Optison和Definity的禁忌症在2008年5月被去除，但标签修改仍要求对肺高压及心肺症状不稳定患者进行监测。这一监测要求也在2011年这一特殊情形的安全性研究完成后被去除（见下）。另外，一条关于对比剂在负荷超声心动图中有效性和安全性的声明也被去除，提示负荷超声时应用对比剂是安全及有效的。

目前FDA的标签如下：“严重心肺反应，包括死亡人数，在应用包裹氟碳气体的微粒后非常罕见。多数严重反应一般在应用对比剂30分钟内发生；需除外患者输注Definity/Optison之外的其他情况。过程中急救设备及受训练后的人群需随时在位。”目前应用对比剂的禁忌症有：（1）右向左分流，双向分流，或短暂右向左瘘；（2）氟碳气体过敏及（3）对血液，血液制品，或白蛋白过敏（在Optison应用时）。写作组根据

一个数千患者接受Definity或Optison造影后的综述得出的共识是^{20, 23}：危及生命的情况极其罕见（小于1/10000），因此这一剩下的警告不应成为不进行超声造影的借口。根据这一组合的大样本患者数据库的资料，有足够证据相信超声对比剂有很高的获益—风险比和明确的比其他影像设备造影剂更小的风险。

过敏反应应急方案

虽然超声对比剂的过敏反应非常罕见，仍建议超声技师与超声心动图室的医师护士等制定相关政策以早期识别及有效处理这些急性危及生命的反应。政策的目的是明确方案的启动过程，决策，以及当急性超声对比剂过敏时团队成员角色的植入。在对比剂给药前，心肺复苏人员及设备必须准备就绪，所有患者需监测急性反应。所有应用超声对比剂的超声心动图室均需配备过敏套装。套装需摆放在对比剂常用的区域。护士或相关医疗人员负责套装的维护及每个月检查有效期。当过敏反应发生时，护士应该评估患者根据症状给予初始的基础处理并立刻通知上级医师。根据过敏反应的严重程度，有需要时应要求应急快速反应团队启动。虽然支气管痉挛导致的呼吸困难最常见，其他反应比如休克，荨麻疹，颜面部或喉头水肿；抽搐也有发生。

虽然背痛是Definity最常见的副反应，但发生机制仍然在研究中。最主要是假设是与补体调节的反应有关，这在注射其他脂质膜成分时也被观察到。当注射超声对比剂过程中发生背痛，应停止注射并监测生命体征，无需进一步治疗。多数情况下数分钟后疼痛会自然消失。如果患者应用Definity后发生背痛却仍须进行超声造影检查，建议用Optison进行替代。

肺动脉高压时应用超声对比剂

FDA一开始考虑肺高压为静脉应用超声对比剂的禁忌症。这是基于早期研究证实无外壳包裹的微泡静脉注射后可引起肺血管阻力和肺动脉压增高，导致进行性的动脉血氧饱和度，心输出量，和每搏容积的下降。目前FDA批准的超声对比剂由高分子量气体及不同类型的外壳组成相对在循环系统中稳定存在且最重要的是大部分粒径 $<10\mu\text{m}$ 。几个回顾性及前瞻性研究关注超声对比剂对肺循环血流动力学和安全性^{23, 26}。其中一个4期，开放标签，非随机多中心的临床试验评价了Definity在正常右室收缩压（ $<35\text{mmHg}$ ）或右室收缩压升高（ $>35\text{mmHg}$ ）的效应，在对照组及右室收缩压升高组进行30-60秒内缓慢弹丸输入Definity（ 10ml/kg ）给予 10ml 生理盐水冲管后，并未发现明显肺血管或体循环血流动力学改变²⁴。一个1513位应用Definity患者大规模多中心研究（平均年龄 69 ± 14 岁；55%男性），其中911位（60%）有轻度肺高压，515位（34%）为中度肺高压，以及87位（6%）重度肺高压，研究证实不良反应非常罕见（0.002%）且多数不良反应并非来自Definity²⁵。而其中一个最大的回顾性队列研究观察了1900个体RVSP $>35\text{mmHg}$ ，414（7）个体RVSP $>50\text{mmHg}$ ，及118位个体（2%）RVSP $>60\text{mmHg}$ 。该研究发现无论短期（72小时）或长期（30天）随访并未增加心肌梗死的发生率及死亡率（图4）。另外，并无对比剂引起的副反应及RVSP之间的关联²⁶。

在肺循环血流动力学试验完成并证实无明显相关副反应后，2011年10月FDA进一步修改了黑框警告。包括去除要求对肺高压患者进行监护的声明。从超声技师的角度看，对比剂可以帮助肺高压患者评估局部右室室壁运动功能²²。但对比剂必须在较低输注速度下应用以免引起右室声衰减。对比剂同样可应用与帮助提高多普勒图像质量²，尤其是通过三尖瓣返流束评估肺动脉收缩压时。多普勒增益设置在这一应用时应减低以减少背景噪音。在这些数据的基础上，写作组建议如果肺高压患者需要对比剂增加右室乳化效果或左室造影或多普勒增强时，应该应用超声对比剂。

卵圆孔未闭和先天性心脏病患者的安全性

FDA指出，右向左分流时超声对比剂应用的禁忌症。但是，临床上卵圆孔未闭非常常见，发病率可达35%²⁷。最近的大量综述并未检出超声对比剂在包括卵圆孔未闭人群存在任何系统栓塞风险²⁸。因此，写作组不认为卵圆孔未闭患者存在小量右向左分流（盐水造影时见左房和左室盐水微泡显影但未充满左房和左室）会增加超声对比剂应用的风险。在矫正后或未矫正的先天性心脏病情况下，越来越多证据证实超声造影可能是安全的，并且可用与评估局部右室和左室局部室壁运动与灌注²⁹。虽然目前并无超声造影的儿科适应症，在成人矫正或未矫正的先天性心脏病患者，只要无大的右向左分流，若需要可考虑超声造影。

V. 优化超声造影检查的关键因素

为了保证使用超声对比剂后图像最优，应使用极低MI (<0.2) 结合厂家特殊的设备以优化造影乳化的效果。Philips, Siemens Acuson, Toshiba和GE等公司机器拥有实时极低MI模块，用户可以实时进行LV0成像而不受心尖旋转伪像的影响。因此，如果可以的话，超声技师应初始使用实时极低MI成像机器进行左室心内膜边界的勾勒。如果实时极低MI成像无法获得，可使用低MI (<0.3) 标准谐波成像进行但需要更多对比剂以获得完全乳化效果。主要的一点是超声技师应开始将聚焦点放在二尖瓣环平面然后根据心尖切面左室腔自心尖到二尖瓣环的乳化效果同质性决定是否调整超声对比剂输注。增益及图像压缩设置应调整至减少来自心肌及血液的背景信号。超声技师应通过减慢输注速度或减少弹丸注射的量及冲管速度以减少声衰减（表2）。弹丸注射造成的声衰减问题会随时间解决，因此，发生声衰减时图像存取应延迟至声衰减消失。一旦声衰减最小，且心尖部旋转未出现，超声技师应开始获取心尖4腔，2腔，和长轴切面。在每个切面，如果可以，应使用一次高MI“闪烁”破坏持续3至5帧以清除心肌对比剂。刚结束的脉冲创造出非常好的心内膜对比，从而提高了心内膜的呈现，并且使得后续几帧的心肌对比的再充填分析成为可能。因为声衰减可导致基低段显影较差，有意的短缩心尖切面可更好勾勒这些节段。从时间上看，有经验的超声技师可以在5到10分钟内使用极低MI实时成像设备完成一次局部心功能及心肌灌注的评估。

VI. 经胸和经食道超声检出右向左分流的盐水超声造影优化

盐水超声对比剂注射可以用来排除有无肺内或心内水平右向左分流。卵圆孔未闭（PFO）已被证实与中风，外周栓塞，减压病，平卧呼吸和低氧血症²⁹相关。虽然超声心动图检出PFO的临床意义仍有争议，进行这些疾病的筛查常规包括盐水超声对比剂的注射。文献明确显示经食道超声比经胸超声更优于检出这些分流³⁰，但筛查过程仍选用经胸超声进行。虽然彩色多普勒是检出室间隔缺损的首选，盐水超声对比剂仍在检出右向左分流及缺损封堵后残余分流时有用³⁰。弹丸注射无菌生理盐水对比剂微米级泡泡正常情况下不会通过肺循环是检出PFO的一个方法选择。建议使用8mL生理盐水与0.5mL空气混合后在通过三通连接的两个注射器间来回振荡混合后即刻通过前臂或手背静脉推注。特殊的生理动作及应用生理盐水和患者血液混合的方法是为了优化右房¹¹显影及检出通过房间隔进入左房的微泡（表3）。很重要的是当盐水对比剂到达右房时让患者进行Valsalva动作或咳嗽（短暂增加右房压力）。若可以，超声技师应使用大于20G针头进行前臂静脉或肘前静脉建立通道（如果患者左侧卧位成像最好取右手臂）。为了更好的提高检出分流的敏感性，优化呈现房间隔及应用组织谐波成像技术是提高分流检出敏感性的关键因素。

当怀疑永存左上腔静脉或无顶冠状静脉窦时应进行右手及左手盐水超声对比剂注射。虽然股静脉注射有助于液体直接到达间隔，但对于超声技师日常检出PFO太过于有创³²。超声技师需意识到典型的心内分流（通过房间隔或室间隔）通常在右房显影后的三个心动周期内出现，而肺动静脉分流通常至少需要5个心动周期才到达。但是，很重要的是盐水对比剂在高输出量状态的肺动静脉分流会出现的更早，以及盐水对比剂经过PFO时如果延迟咳嗽或Valsalva动作也会造成显影延迟。同样，盐水对比剂的假阴性可出现在注射振荡盐水时房间隔持续的向右房膨出的情况，因为这个位置PFO会保持关闭状态。当阴性结果出现后仍怀疑存在PFO时，重复进行盐水对比剂注射时可使用血液—盐水—空气混合或更加合适的Valsalva动作或咳嗽时间以保证结果确实为阴性。常规应注意进行这一技术时避免血源病原体暴露。在经食道超声检查时，推荐在生理盐水对比剂注射时直接观察隔孔型和隔原发孔，记录任何右向左分流的位置和大小。图像存取需在盐水对比剂出现在右房前开始，对比剂出现后持续至少10个心动周期。

VII. 超声技师应该了解的未来超声对比剂的发展

这一超声对比剂应用的更新主要针对帮助所有的超声技师进行目前可应用的超声软件的优化。然而也有其他的超声对比剂正在寻求在美国的批准使用，如在欧洲已应用多年的声诺维。声诺维是一种脂质包裹六氟化硫气体的微泡同样在进行实时极低机械指数成像时可经静脉滴注或小量弹丸注射³³，这一对比剂有其独特的特性将来获得批准后也需要更新。

另外，三维成像目前更多的应用于瓣膜病和左右室射血分数的定量分析。实时三维超声心动图已被用于提高静息及负荷超声时局部室壁运动的分析³⁴。最近有临床试验证实超声对比剂对于提高左室局部室壁运动和

射血分数分析有潜在作用^{35, 36}。但是, 对比剂在三维超声的应用需要类似与二维探头的优化设置, 更需注意减少左室心尖旋转现象。目前, 实时极低MI成像软件在三维探头中并未常规获得。写作组建议所有三维软件套装均需配备这一软件以获得在所有17节段更好的LV0和灌注评估效果。

而至于自动边界检测技术, 目前没有检测应用对比剂后的明亮腔室相关算法, 但是写作组推荐自动边界检出软件的厂家应重新设计他们的程序以针对超声对比剂, 这也可能更进一步提高这些软件应用的准确性。在经食道超声心动图时应用通过肺循环的超声对比剂最近有提到可以更好的勾勒出左心耳血栓形态以及对自发显影和血栓之间进行鉴别诊断(图5)。房颤电复律前行食道超声结合通过肺循环的对比剂排除血栓的阴性结果与更低的中风和系统栓塞风险相关³⁷。调整经食道超声探头设计使其包括极低MI实时序列将可进一步提高过肺对比剂在食道超声的应用。

在血管成像方面, 对比剂同样证实能提高颈动脉斑块图像(尤其是软斑块)及看见滋养血管的作用。同样对于检出腹主动脉瘤支架术后的血管内渗出可能有作用³⁸。在这个方面以及其他周围血管应用, 写作组建议建立特殊的适应症, 以及成像方案。

VIII. 推荐倡议

写作组推荐倡议考虑开展相关项目有助与帮助超声技师提高超声对比剂在重症情况的应用。在重症情况应用超声对比剂的获益正被逐渐认识, 住院后早期应用对比剂可减少死亡率³⁹。其中录像11例子可从www.onlinejase.com获取, 可看到应用对比剂后极低机械指数成像检出下侧壁室壁运动异常, 而普通组织谐波成像并未检出。需要注意的是这一室壁运动异常即使在很好的心内膜分辨率情况下也未被检出。对比剂在重症情况的应用价值可扩展到严重心衰患者, 安装左室辅助装置后患者应用对比增强剂后可提高检出在流入道和流出道的血栓, 或者假性动脉瘤(录像5, 可从www.onlinejase.com获取)^{40,41}。委员会强烈推荐前瞻性研究以评估重症情况时对比剂应用的价值。

虽然许多新的应用已经开发, 但证据表明超声对比剂在目前不同机构的应用并不均衡, 且总体使用率非常低。写作组支持以下倡议以推动合理应用:

- 1、与不同的组织共同合作(如国际超声造影协会IAC)以增加对超声对比剂在急救中心、急诊室、以及负荷超声检查中的价值的认知。
- 2、重新标志词汇“造影”或“超声对比剂”为“超声增强剂”
- 3、增加经过建立静脉通道和输注超声对比剂培训的超声技师的人数。
- 4、建议厂家植入极低MI软件至所有二维和三维超声平台。这些应标志为“优化增强显影”软件, 而不是“实时灌注”。

写作组推荐医院考虑在已经显示可以提高患者早期诊断和处理的情形进行对比剂的合理应用。这包括重症监护单元, 急诊室胸痛患者评估, 以及负荷超声心动图。写作组推荐倡议将超声对比剂词汇重新定义为超声增强剂, 目的是为了便于患者, 超声技师, 以及医生理解我们并非使用离子辐射或肾毒性制剂。写作组强烈建议超声技师和医师与医院管理部门一起发展标准的操作流程以增加可获得的合格的建立静脉通道及注射超声增强剂人员。最后, 建议所有目前的超声仪器均配备极低机械指数软件, 这些应标志为“优化增强显影”软件, 而不是“实时灌注”, 因为这些脉冲序列方案与目前低MI谐波软件比可以减少微泡破坏和更好的观察心内膜边界。

本文档设计为了帮助超声技师克服对比剂应用的技术及管理障碍。将来进一步技术改进及接受超声增强剂进入临床超声心动图实践, 我们期待在未来的指南加入更多的更新。

通告与免责声明

本报告为ASE为其成员提供仅供参考来源。本报告只包含的建议, 不应该被用来作为唯一的做出的医疗实践中决定的基础或任何员工的纪律处分。本报告所包含的意见和建议主要基于专家的意见, 而不是科学证实的数据。ASE对本报告, 包括适销性或保修及针对特定用途的完整性或信息的准确性有任何明示或暗示的保证。在任何情况下, ASE不对您, 您的病人, 或任何其他第三方所做的任何由您或其他各方依靠此

信息所采取的决定或行动负责。您对这些信息的使用，也不构成由ASE发起的医疗建议或创建ASE和你的病人或其他任何人之间的医患关系。

补充数据

与本文相关的补充数据可以在网上版本获得，网址为：<http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2014.05.011>.

附件

造影剂注射的最佳范例

机构：俄勒冈健康与科学大学

人员-建立静脉通道：超声技师/注册护士/培训医师/内科医师

人员-注射造影剂：超声技师/注册护士/培训医师/内科医师

人员-注射振荡的生理盐水：超声技师/注册护士/培训医师/内科医师

申请流程：门诊病人-填写纸质申请表并扫描进入电子病历。住院病人-将申请信息输入电子病历并由超声技师签名确认。

知情同意和/或教育：告知不良反应。

造影剂准备和注射方法：

输注：

1. 用 35ml 注射器抽出 27ml（用于 Optison）或 28.5ml（用于 Definity）生理盐水。
2. 用装有生理盐水的注射器抽出 3ml Optison 或 1.5ml Definity。注射器中留 0.5ml 的空气以便于使微泡保持于悬浮状态。轻轻地旋转注射器混合造影剂。
3. 注射器连接上延长管并用稀释的造影剂冲管。
4. 将注射器装进注射泵。
5. 对于大多数病人，大约 90ml/h 的输注速度可获得较好的左室造影/心内膜边缘轮廓。
6. 调整输注速度以获得足够的增强显影同时将远场衰减将至最低。

造影目的/适应症：为了优化声窗欠佳患者左室功能的评估或提供准确和可重复的定量化左室射血分数。造影剂的其他益处包括识别心腔内占位病变（如血栓、肿瘤）、心尖部异常（心尖肥厚型心肌病、心肌致密化不全、动脉瘤或假性动脉瘤）和增强多普勒血流信号（如肺静脉血流、主动脉血流信号）。

振荡生理盐水所需物品、准备和注射方法：

所需物品：

10ml 无菌生理盐水

三通开关

T 型延长管

10ml 带锁注射器

静脉穿刺针

止血带

酒精贴

胶带

4×4 纱布

创可贴

手套

准备: 将装有 10ml 无菌生理盐水的 10ml 注射器连接于三通开关的一端,另一端连接一装有 1ml 空气的 10ml 注射器。关闭三通开关通往静脉的一端,在两个注射器之间快速来回推注振荡生理盐水和空气,在注射者和图像准备好后打开通往静脉的活塞快速注射振荡的生理盐水。

机构: 南卡罗莱纳医科大学

人员-建立静脉通道: 超声技师/注册护士/执业护士/培训医师/内科医师

人员-注射造影剂: 注册护士/执业护士/培训医师/内科医师

人员-注射振荡的生理盐水: 超声技师/注册护士/执业护士/培训医师/内科医师

申请流程: 心脏培训医师或心脏主治医师批准申请。

知情同意和/或教育: 门诊病人签署知情同意书。住院病人接受不良反应的教育。

造影剂制备和注射方法:

所需物品- Optison

无菌生理盐水

3ml 注射器

3 或 5ml 注射器

准备: 将 Optison 瓶子置于两手掌之间来回旋转 20 秒将微泡摇匀。

Optison 必须用无菌通气针或 18-gauge 针头穿刺排气。

用 3ml 注射器抽出 3ml 造影剂。

注射 Optison 前需用生理盐水冲管。

1ml Optison 10 秒以上缓慢注射。

等待完全的左室造影并按照以下顺序采集图像: 四腔、二腔、三腔、胸骨旁左室长轴和胸骨旁左室短轴、胸骨旁心尖短轴。要为图像添加标签。

如有需要可增加造影剂剂量并重复上述步骤。

Optison 可在体内持续 7-8 分钟,取决于患者的体表面积。

造影结束后用 3 或 5ml 生理盐水冲管。

患者离院前需测量血压和查看患者。

造影目的/适应症:

1. 至少两个左室壁节段显示不清时。
2. 判断是否存在左室血栓形成。
3. 增强多普勒血流信号。

机构: 休斯顿卫理公会医院

人员-建立静脉通道: 超声技师/注册护士/执业护士/培训医师/内科医师

人员-注射造影剂: 超声技师/注册护士/执业护士/培训医师/内科医师

人员-注射振荡的生理盐水: 超声技师/注册护士/执业护士/培训医师/内科医师

申请流程: 建立申请单输入项如有需要带对比剂的完整超声心动图和/或三维成像

知情同意和/或教育: 告知不良反应。

造影剂准备和注射方法:

造影剂须用无菌通气针或 18-g 针头穿刺排气,勿注入空气。

剂量和用法. 弹丸注射: 我们实验室不采取弹丸注射。

1. 临床经验证实最有效的方法是初始注射 0.5ml 稀释的造影剂后按需持续注射。
2. 注射造影剂后用 1-2ml 生理盐水缓慢冲管，可将造影剂冲入静脉即可。

稀释输注：

1. 将 2ml Definity 或 3ml Optison 加至 50ml 生理盐水中。
2. 初始输注速度为 4.0ml/min，然后适量滴定。
3. 造影后要静脉冲管。

Definity 最大总剂量是 2 瓶或 4.0ml。

Optison 最大总剂量是 8.7ml。

造影目的/适应症：

1. 适用于超声心动图质量欠佳的患者，可在静息或运动或药物负荷状态下用左室造影增强左室心内膜边界显像。
2. 当多普勒信号欠佳时，超声造影剂可用于优化狭窄瓣膜的多普勒信号。使用时应将多普勒增益降至 20% 或更低。
3. 对于存在禁忌症的患者，心血管主治医师、心血管培训医师或申请内科医师要评估风险获益和使用何种造影剂。

振荡生理盐水所需的物品、准备和注射方法：

1. 操作前要向病人彻底解释清楚。
2. 准备物品：10ml 无菌生理盐水 1 支，三通开关 1 个，T 型延长管 1 个，10ml 带锁注射器 2 个，静脉穿刺针 1 个，止血带、胶带、4×4 纱布、创可贴、手套各一份。
3. 静脉穿刺和振荡生理盐水注射方法：
 - a. 护士或超声技师建立暂时的静脉通道。
 - b. 用 10ml 注射器抽取 10ml 生理盐水，连接静脉留置针前用生理盐水冲洗。
 - c. 将 T 型延长管和三通开关连接于静脉留置针。
 - d. 将一个装有 10ml 生理盐水和一个空的 10ml 注射器接到三通开关上。
 - e. 打开三通开关连接两个注射器，在两个注射器之间快速来回推注。
 - f. 当生理盐水振荡完全（变为不透明）时即可注射。如果需要可加入 1ml 空气或血液用以增强效果。
 - g. 根据超声技师选取的不同切面多次注射造影剂。
 - h. 造影结束后拔出静脉通道。

机构：明尼苏达州罗切斯特市梅奥诊所

人员-建立静脉通道：注册护士

人员-注射造影剂：注册护士

人员-注射振荡的生理盐水：注册护士

申请流程：超声心动图电子申请单；在超声心动室有一个规定，授权超声技师在任一切面有两个以上节段看不清的情况下给予超声造影，需明确患者不对造影剂过敏、不存在确诊的或怀疑较大的右向左分流或双向分流的疾病（除外 PFO），若使用 Optison，患者不应对血液、血制品或白蛋白有输血反应。若存在上述情况，需告知超声心动图监督委员会审查并决定是否行超声造影检查。

知情同意和/或教育：注册护士完成患者教育，告知患者风险、获益和潜在的副反应不良反应并获得口头同意。

造影剂准备和注射方法：

全氟丙烷脂质微球（Definity）

1. 用 Vialmix 振荡瓶子 45 秒以活化全氟丙烷脂质微球。

2. 抽取造影剂至装有 8.5ml 生理盐水的 10ml 注射器中，总量 10ml。
3. 注射 0.5ml 稀释的造影剂，然后用 3ml 生理盐水冲管，大于 10 秒。
4. 监测图像。
5. 若图像欠佳，重复上述操作直至图像达到最优化或稀释造影剂总剂量达到 10ml。

全氟丙烷蛋白微球（Optison）

1. 静脉注射 0.3ml 稀释造影剂，大于 10 秒，然后用 3ml 生理盐水冲管。
2. 监测图像。
3. 若图像欠佳，重复步骤 1 直至图像达到最优化（10min 内勿超过 5ml，每次检查最大剂量为 8ml）。

造影目的/适应症：

纳入标准：

- 为了增强心内膜边界显像
- 为了评价心腔内占位或血栓
- 为了评价心肌灌注
- 为了增强多普勒信号

如存在上述一项或以上，可进行造影检查。否则，不可进行造影，如有需要与监督医师讨论。

振荡生理盐水所需物品、准备和注射方法：

1. 用于 TTE 或 TEE：按照梅奥护士操作指引留置外周静脉套管针。将延长管和三通开关连接到静脉套管针上并固定。
2. 心包穿刺过程中，用振荡生理盐水确定导管位置：三通开关应与鞘管连接并固定。
3. 准备 2 个注射器，一个装有 5ml 生理盐水，另一个为空。
4. 将 2 个注射器接至三通开关，来回快速推注。
5. 将振荡生理盐水快速注射进入静脉通道（TTE 和 TEE）或鞘管（心包穿刺），用二维超声心动图观察增强造影效果。
6. 静息状态下获取心尖四腔切面，做 Valsava 动作再取一次。如有需要可考虑其他切面。
7. 如有需要重复上述操作。

机构：内布拉斯加大学医学中心-Definity

人员-建立静脉通道：注册护士建立静脉通道和注射造影剂

人员-造注射影剂：注册护士或心血管培训医师持续静脉输注造影剂。超声技师或内科医师采图。

人员-注射振荡的生理盐水：注册护士/超声技师/培训医师/内科医师

申请流程：建立申请单输入-如有需要带对比剂的完整超声心动检查。

知情同意和/或教育：告知不良反应。

造影剂准备和注射：

物品：

1. Definity
2. 20-gauge 或大号静脉套管针
3. Y 型连接器
4. 10ml 生理盐水
5. 透气胶膜
6. 30ml 注射器
7. 生理盐水
8. 具有安全阀门的配药鞘
9. 四通开关
10. 1ml 注射器

11. 带锁的套管
12. 硬塑料套管

Definity 持续输注：

1. 用 Vialmix 振荡 45 秒激活 Definity。
2. 用 20-gauge 或大号静脉套管针插管。
3. 连接 Y 型连接器和静脉套管针，用于 Definity 和负荷药物的输注。静脉通道应建立在右臂的大静脉上（左臂留置静脉通道有时会阻碍 Definity 回流向心脏）。
4. 需检查住院患者穿刺部位是否红肿。既有静脉通道应回血通畅，可接上装有生理盐水的注射器，轻轻回抽验证。
5. 当使用具有安全阀门的配药鞘时，两支注射器里面准备 29 毫升 0.9% 生理盐水然后接四通连接器，再连接上带锁的套管。
6. Definity 应置于 2-8℃ 中冷藏保存，使用前静置至室温。勿往瓶中注入空气。用 1ml 注射器缓慢抽出 0.8ml 造影剂并接上一个四通开关，在四通开关的另一端接上装有生理盐水的注射器，将 Definity 注入生理盐水中。8 字形旋转注射器轻轻地混合溶液。将四通开关连接于病人静脉留置针的 Y 型连接器上。
7. 若不是即将要静脉输注，造影剂不应与生理盐水混合。
8. 护士或指定人员以持续输注的方法注射造影剂。
9. 注射速度为 1ml/15 秒，或滴定至最佳的图像质量。
10. 激活 Definity 造影剂至白色乳状混悬液，激活后即刻使用，如激活后 5 分钟内未使用，在用注射器抽取造影剂前应用手来回振荡瓶子 10 秒以使 Definity 重新混匀。

造影目的/适应症：

1. 图像质量不佳，定义为在任何一个心尖长轴标准切面无法清晰观察到 2 个或 2 个以上连续的心肌节段心内膜结构。
2. 定量化评估心腔大小、容积、射血分数，评价局部室壁运动、和心内占位病变或血栓。
3. 增强多普勒信号。

振荡生理盐水所需物品、准备和注射方法：

1. 收到内科医师的医嘱。
2. 建立静脉通道，或评估既有的静脉通道是否通畅。
3. 在 10ml 注射器中将 9ml 生理盐水和 1ml 回抽的血液或空气混合，接上三通开关，在三通开关的另一端连接一个空的注射器。
4. 连接三通开关和静脉通路。在两个注射器之间来回快速推注直至微泡形成。
5. 告知超声技师，打开三通开关经静脉通路迅速注入振荡的生理盐水。
6. 抬高患者上肢加速血液向右心回流。
7. 按要求做好记录。

机构：内布拉斯加大学医学中心-Optison

人员-建立静脉通道：注册护士建立静脉通道和注射造影剂

人员-注射造影剂：注册护士或心血管培训医师持续静脉输注造影剂。超声技师或内科医师采图。

人员-注射振荡的生理盐水：注册护士/超声技师/培训医师/内科医师

申请流程：建立申请单-如有需要带对比剂的完整超声心动图。

知情同意和/或教育：告知不良反应。

造影剂准备和注射：

物品：

1. Optison

2. 20-gauge 或大号静脉套管针
3. Y 型连接器
4. 10ml 生理盐水
5. 透气胶膜
6. 30ml 注射器
7. 生理盐水
8. 具有安全阀的配药鞘
9. 四通开关
10. 3ml 注射器
11. 带锁的套管
12. 配药通气针

Optison 持续输注：

1. 用 20-gauge 或大号静脉套管针插管。
2. 连接 Y 型连接器和静脉套管针，用于 Optison 和负荷药物的输注。静脉通道应建立在右臂的大静脉上（左臂留置静脉通道有时会阻碍 Optison 回流向心脏）。
3. 需检查住院患者穿刺部位是否红肿。既有静脉通道应回血通畅，可接上装有生理盐水的注射器，轻轻回抽验证。
4. Optison 应置于 2-8℃ 中冷藏保存。轻轻翻转和旋转瓶子直至呈均一乳白色。用 Optison 配的配药通气针穿刺瓶子通气，勿注入空气。缓慢抽取 0.3ml Optison，接上四通开关，另一端接上装有 10ml 生理盐水的注射器。将 Optison 注入生理盐水并混匀，将四通开关连接于病人静脉留置针的 Y 型连接器上。
5. Optison 可在约 1 分钟内保持混悬状态。为了确保最好的成像质量，注射间期应轻轻翻转和旋转装有 Optison 的注射器。注射前检查确保 Optison 外观呈均一乳白色。
6. 护士或指定人员以持续输注的方法注射造影剂。
7. 经静脉通路缓慢注射 Optison 混悬液，数秒后应见到右心微泡显影。Optison 总剂量 10 分钟内不应超过 5ml 或每个病人不超过 8.7ml。

造影目的/适应症：

1. 图像质量不佳，定义为在任何一个心尖长轴标准切面无法清晰观察到 2 个或 2 个以上连续的心肌节段心内膜结构。
2. 定量化评估心腔大小、容积、射血分数，评价局部室壁运动、和心内占位病变或血栓。
3. 增强多普勒信号。