

美国超声心动图学会(ASE)报告

美国超声心动图学会儿科委员会起草的报告：

先天性和后天获得性心脏病患儿经食管超声心动图检查适应症和操作指南

翻译： 武汉大学人民医院 周青

Reviewer: Kan Liu, MD, Ph.D., Director, Echocardiography Laboratory, SUNY Syracuse

起草成员： Nancy A. Ayres, MD, Wanda Miller-Hance, MD, Derek A. Fyfe, MD, PhD, FASE, J. Geoffrey Stevenson, MD, FASE, David J. Sahn, MD, FASE, Luciana T. Young, MD, FASE, L. Luann Minich, MD, Thomas R. Kimball, MD, FASE, Tal Geva, MD, FASE, Frank C. Smith, MD, FASE, and Jack Rychik, MD

过去 15 年来，经食管超声心动图（transesophageal echocardiography, TEE）在后天获得性心血管疾病和先天性心脏病（congenital heart disease, CHD）患儿的诊疗过程中发挥了不可或缺的作用。这项检查尤其适用于那些仅通过经胸超声心动图（transthoracic echocardiography, TTE）不能明确诊断的复杂解剖结构、功能异常及血流动力学紊乱等。TEE 已成为 CHD 患儿在介入干预或手术治疗前必需的一项标准影像学检查【1-9】。随着探头的小型化以及新技术的发展，TEE 在 CHD 患儿诊疗的应用范围也不断扩展【10-13】。美国超声心动图学会（the American Society of Echocardiography, ASE）和心血管麻醉医师学会已制定了关于成人心脏疾病进行全面 TEE 检查的指南和标准【14】。由于后天获得性心脏病与先天性心脏病患儿（统称为“CHD 患儿”）特点不同，加上 TEE 应用的不断发展，美国超声心动图学会儿科委员会特别为此类患儿的 TEE 检查起草了指南。这份指南是在 1992 年版指南【15】基础上的更新，全面陈述了当前关于 CHD 患儿 TEE 检查的指征、禁忌症、安全问题以及操作培训等方面的问题。

I. CHD 患儿 TEE 检查的指征

术中 TEE

心脏手术的术中评估是 CHD 患儿需要进行 TEE 检查的最常见指征。术中 TEE 要求有相当周详的术前准备。对于每位需要在先天性心脏病手术中进行 TEE 术中监测的患儿，都应先

进行术前 TTE 检查,这样做是为了在进行术中 TEE 之前让超声心动图检查医生了解患儿病情。鉴于 TEE 成像固有的局限性,对于一些重要的解剖结构(例如:主动脉弓、主动脉峡部、左肺动脉远端以及肺血管侧支等),术中 TEE 不应作为唯一的诊断依据,对于这些部位,应用 TTE 探查更为清晰。此外,术中 TEE 检查还存在一些受限之处,例如不能获取最佳多普勒取样角度,完成检查的时间不充足以及手术室灯光条件不理想等。尽管术前 TTE 能提供术中 TEE 不能提供的某些信息,但是在手术即将开始前所进行的术中 TEE 仍能够提供附加的诊断信息,因此也有一定益处。术中 TEE 可以证实或排除术前 TTE 的可疑发现,并评价手术操作开始前患者心脏的血流动力学状况和心室功能等。此外,术中 TEE 获得的信息可以直接告知外科医生和麻醉医生,以便在手术开始前对手术方案及病情进行回顾和讨论。手术前的 TEE 也可以辅助放置中心静脉导管、选择适合的麻醉药品,并通过对心室大小及收缩功能的评价来辅助强心剂的选择和使用【16,17】。

既往已有文章提到了术中 TEE 对于先天性心脏畸形患者的实用性和重要性【1-9,18,19】。过去十年,在手术完成后及关闭胸腔之前对 CHD 患儿进行的 TEE 检查,总体上对改善先天性心脏病手术的预后具有重要贡献。在 TEE 诊断及临床证据的支持下,外科医生、超声医生及麻醉医生共同商讨以决定手术修复是否能够顺利进行。TEE 还被用于在拔除辅助循环插管、缝合胸骨及返回监护病房之前,发现需再次手术解决的问题。此外,TEE 检查可以在术后评价心脏功能、观察心腔内气体,并协助诊断可能出现的心脏节律异常。TEE 可被用于检测心脏移植后的心室功能和容量负荷状态【20】。鉴于微创操作时外科医生可直接观察到的视野有限,TEE 检查也可用于辅助评价心外科微创手术时心腔内状况。对于手术完成后病情较重且胸腔视野有限的患者,TEE 能够评价心室功能并协助判定是否可以进行胸骨缝合以及断开心室辅助装置或体外膜肺氧合的适合时机并监测血流动力学。当术后 TTE 检查不可行时,TEE 还可以替代用于监测强心药物及呼吸机设置调整之后的血流动力学变化【21】。

术中 TEE 还能为高危 CHD 患儿在进行非心脏手术时提供密切的心肌功能及血容量状态监测。能够从术中 TEE 监测中获益的高风险患者包括复杂先天性心血管畸形,虽经手术治疗但仍残留明显的解剖畸形以及心功能不全、心肌病和肺动脉高压等患者。

TEE 在心导管室的应用

TEE 对于很多先天性心脏病的心导管介入治疗有指导作用,可以减少射线接触时间及造影剂的用量。此外,TEE 能够连续动态评价介入治疗的效果,发现潜在的并发症【22-25】。TEE 已成为心导管室进行房间隔缺损(atrial septal defect, ASD)介入封堵术的标准影像学配

备。TEE 为介入医生在制定封堵方案时提供全面的信息，包括准确判断 ASD 的位置、大小、数量、缺损边缘质地以及缺损周围临近结构等。TEE 新技术如多平面及三维成像技术等，能够更好地显示房间隔并指导 ASD 封堵器放置的方位【26-31】。TEE 也同样可以用于指导经导管室间隔封堵治疗【32】。鉴于 TEE 能评估介入治疗即刻效果，这种影像学监测方法也同样适用于经导管射频消融术、球囊扩张瓣膜成型术及瓣膜闭锁激光穿孔术等【22】。

TEE 在手术室或心导管室之外的应用

患儿的 TEE 检查可以在手术室以外的地方进行，比如重症监护室、特殊检查室、内镜检查室以及配有监护设备及急救人员的超声心动图室等【33】。表 1 列出了患儿进行 TEE 检查的常见指征。怀疑 CHD 的患儿，如 TTE 检查后未能明确诊断，进行 TEE 检查可能会有所收获【33】。CHD 患儿术后存在心内或心外补片及管道时，TTE 检查获取图像可能存在困难（如 Fontan, Senning, Mustard 或 Rastelli 手术等）【34-38】。但对于 Fontan 术后的患者，TEE 在评价是否存在补片残余漏、开裂、血栓、梗阻等方面很有用【39】。进行心房修补的患者通常具有房性心动过速或形成心腔内血栓的风险，TEE 有助于在电复律治疗前排除心腔内血栓【40,41】。

表 1 CHD 患儿 TEE 检查的部分现行指征

诊断指征

患儿疑似 CHD，TTE 未确诊

存在 PFO，其分流的方向可能是脑卒中的病因

经静脉起搏器置入之前，用震荡生理盐水造影评估 PFO 是否可能发生右向左分流

在 Fontan, Senning 及 Mustard 术后评估心内或心外补片

主动脉夹层（Marfan 综合征）

评估心内的赘生物或者可疑脓肿

心包积液或者心功能的评价，对术后处于开胸状态的或者是声窗不好患者的监测

对房扑、房颤进行心脏复律之前评价是否存在有心内的血栓

评价置换瓣

围手术期指征

手术前即刻评价心脏解剖结构以及心功能

术后评价手术效果以及心功能

TEE 引导的介入治疗

引导房间隔或者室间隔缺损封堵器的放置

引导房间隔扩开或球囊房间隔造口术

导管室行瓣膜打孔及瓣膜扩张时导管头端的定位

射频消融术中引导

辅助外科介入操作切口最小化或视频辅助心脏手术

CHD: 先天性心脏病; TEE: 经食管超声心动图; TTE: 经胸超声心动图; PFO: 卵圆孔未闭。

对于可疑心内膜炎的婴幼儿,若是能获得足够清晰的经胸超声图像,那么 TEE 检查并非必需;但如果 TTE 图像不理想则仍需考虑进行 TEE 检查。相反,对于心内膜炎诊断明确的患儿,在明确感染灶的部位以及继发的血流动力学改变方面 TEE 较 TTE 更具优势。当患者怀疑有置换瓣功能障碍且 TTE 检查效果欠佳时,应进行 TEE 检查以排除这种情况。TEE 可以明确 TTE 检查不能明确的不明原因中风的年轻患者是否存在卵圆孔未闭,伴或不伴有 CHD。

II. 安全性问题

患儿安全性

在操作符合规范的情况下,TEE 对于患儿是安全的检查。一些大型临床试验报道患儿行 TEE 检查时发生并发症的几率为 1%-3%【4,42】。即便是体重 1.4kg 的幼儿都曾顺利接受术中 TEE 监测【43】,但对于体重小于 3kg 的婴幼儿插入探头时应倍加小心。

尽管并发症较少,但 TEE 操作后仍有可能出现口咽部及食管损伤,主要表现包括声嘶、吞咽困难等。极少数成人病例在 TEE 操作后发生了严重的甚至致命的并发症【44】,也有一例报道婴儿在 TEE 检查时发生了食管穿孔【45】。有学者应用内窥镜观察了长时间术中 TEE 监测后患儿食管粘膜的完整程度,或是对小型实验动物的食管进行病理检查【46,47】,结果表明 TEE 检查对于患儿是安全的,对服用了抗凝药物的小型实验动物也仅有很轻微的损伤或没有损伤。探头相关的损伤包括有热压力损伤以及机械操作导致的口咽部、咽喉部、食管及胃部的撕裂和穿孔等【38-51】。此外,TEE 检查的并发症还包括心律失常、肺部并发症(支气管痉挛、低氧血症、喉痉挛)以及循环紊乱等。

有报道患儿在进行术中 TEE 监测时会发生通气障碍【52,53】。一项研究表明,在 50 名

接受了术中 TEE 监测及术后食管镜检查的儿童（体重 3.0~39.8kg）中，两例患儿在插管时表现出低血压及气道梗阻，其中一例为体重 2.6kg 的法洛氏四联症患儿，另一例为体重 3.0kg 的完全性肺静脉畸形异位引流患儿【46】。另一项研究对行心脏手术的幼小婴儿在术中 TEE 监测时的血流动力学及通气状态变化进行了观察，发现术中 TEE 监测对血流动力学没有明显影响。在这项研究中，仅一名肺动脉瘤样扩张的患儿发生了通气障碍，因担心 TEE 探头可能导致气道压迫而退出探头停止了 TEE 监测【54, 55】。为了避免气道压迫的发生，对于有通气障碍的幼小婴儿，在不需要实时成像探查时应当将探头放置于咽喉部【56】。一例完全性肺静脉畸形异位引流的幼小新生儿在进行 TEE 检查时血流动力学状态受到了影响，因为 TEE 探头压迫影响到了后方静脉的回流【57】。TEE 的风险还包括压迫食管邻近的组织结构，例如气管、支气管、降主动脉或左房。如果患儿存在锁骨下动脉异常起源于降主动脉的情况，TEE 探头有可能会压迫异常起源的锁骨下动脉【58, 59】。

探头安全性

为了保证 TEE 检查时患者的安全，最重要的是确保探头绝缘层完整。每次使用探头前，须戴手套仔细检查其外部是否有缺损，特别要注意探头弯折部。TEE 探头的弯折区域可能会出现小的裂缝或破损。因此，需要手动调节操作旋钮使探头尖端朝各角度各方位旋转弯折，以仔细检查探头弯折部是否有破损。操作完毕之后，应当重新验视探头是否完好以排除在操作过程中探头发生破损的可能。探头制造商推荐了相应的探头清洗设备及特定品牌的消毒剂。每个超声心动图实验室都需制定 TEE 探头检查、清洗及消毒标准。TEE 探头的消毒时间需遵循制造商的详细说明。不适用的消毒剂或浸泡时间过长均可导致探头表面受损。制造商均建议在 TEE 探头使用一段时间后进行探头是否漏电的安全检查。探头需要放置在盐浴中，连接漏电测量仪并按照探头生产商制定的标准进行检查。

TEE 检查中感染性心内膜炎的预防

由内镜插管操作直接导致的感染性心内膜炎很少。在内窥镜检查过程中或完成的即刻可能会发生一过性菌血症，但由此所致的感染性心内膜炎极为罕见【60】。在胃肠镜检查过程中，有 2%-5% 的风险会造成菌血症，但是这些进入血液内的细菌不太可能导致感染性心内膜炎【61-63】。然而有记录表明有 7%-17% 的成人患者在经过食管插管的检查之后，头 10 分钟抽取的血液样本培养呈阳性【63, 64】。我们同意 AHA 指南的意见，对普通 TEE 患者不推荐常规使用抗生素预防感染性心内膜炎，但对于高危病人，例如瓣膜置换、瓣膜移植、心内膜

炎病史、紫绀型 CHD 及外科建立体-肺循环分流或导管的患者等【65】，可以考虑预防性使用抗生素。

CHD 患儿行 TEE 检查的禁忌症

表 2 列出了 CHD 患儿进行 TEE 检查的绝对及相对禁忌症。若患儿颈椎及胸椎发育异常，可能导致食管的正常走行方向发生扭转，此时需慎重考量 TEE 操作的风险与益处。唐氏综合症患者具有先天性的咽喉部狭窄同时还可伴有颈椎发育异常，有可能导致插管困难或失败【2】。食管手术史、吞咽困难史或有显著的凝血功能障碍也增加风险，为 TEE 检查的相对禁忌症【66】。

表 2 TEE 禁忌症

绝对禁忌症	相对禁忌症
未治愈的气管食管瘘	有过食管手术病史
食管梗阻或者狭窄	食管静脉曲张或者憩室
空腔脏器穿孔	胃或食管出血
气道管理不良	血管环、主动脉弓的异常伴或不伴气道受累
严重的呼吸衰竭	口咽部的病变
不合作的、没有镇静的患者	严重的凝血功能异常
	颈椎损伤或者异常

TEE：经食管超声心动图

III.为 CHD 患儿行 TEE 检查的知识储备、技能及培训的必要性

对患儿进行 TEE 检查时需要具有基础知识、相应的技能及培训经历，以上要求与成人 TEE 检查有所不同。特定的要求包括：对先天性心脏病有全面的认识与理解，具有儿童 TEE 检查的操作技能，在时间有限的情况下有效完成术中监测的操作能力，以及在术中为外科或介入医生清晰、准确表述图像所见的能力。为达到及保持对 CHD 患儿行 TEE 检查的能力要求，应当掌握以下技能、经验知识并有相应培训经历。

认知技能、技术技能和培训指导

检查者需要对先天性心脏病具有全面的认识，并具有应用二维超声，脉冲、连续及彩色多普勒等超声心动图技术诊断 CHD 的丰富经验。这些经验必须要通过对大量不同类型心脏畸形患者进行 TTE 检查及诊断而获得。基于操作风险和时间限制等原因，内科医生尝试在监督指导下进行 TEE 检查前，应当能够应用 TTE 诊断各种类型的心脏结构畸形。因此，内科医生如果希望单独对 CHD 患儿行 TEE 检查，其技能至少要达到普通儿科超声心动图要求 2 级以上水平（表 3）【67】。

表 3 训练以及保持操作技能的指南

内容	目的	培训时间	病例数
超声心动图（2 级）*	操作/诊断 TTE 的经验	6 个月或者相当	400: $\geq 200 < 1y$
食管插管	TEE 探头插管操作	灵活	25 例（12 < 2y）
TEE 检查	在监督指导下进行操作及诊断	灵活	50 例
进行 TEE 检查的经验（3 级）*	维持技能	每年	50 例或者达到该实验室制定的数量

TTE: 经胸超声心动图; TEE: 经食管超声心动图。

*引自文献 15,67,68.

为 CHD 患儿行 TEE 检查，超声心动图医生应了解口咽部的解剖结构，内窥镜技术，TEE 检查的潜在风险以及操作的禁忌症。既往已有出版关于食管插管培训的指南【14,68】，CHD 患儿可能合并有先天性的食管畸形，无论是否已修复，这都将使得食管插管变得困难或不可能完成。对于这些病例，在尝试行 TEE 前，应当权衡检查的风险与收益。对于年幼的儿童，必须由经验丰富的高年资医生进行食管超声插管，从而确保选择合适的探头及插管的安全性与正确性【52】。对于体重小于 3kg 的患儿，食管插管尤其具有挑战性。因此我们认为至少应在有经验的儿科超声心动图检查操作者、胃肠镜检查操作者或是麻醉医师的直接监督下进

行 25 例患儿的 TEE 检查后，才能单独开始进行 TEE 插管操作。这 25 例患者应该至少一半以上小于 2 岁，并且还需通过新生儿食管插管的特殊训练。

需要掌握的技能不仅包括食管插管的能力，还有通过调节探头以获取标准切面、优化图像及多普勒设置的能力等。在进行手术治疗时，超声心动图医生必须能够快速、清晰、准确地与外科或介入医生交流实时超声图像所见。要掌握以上技能，最好是在具有丰富儿科 TEE 操作经验的超声心动图医生的指导监督下，在有资质的超声心动图室通过日常培训获得。由于不同患者的检查要求及血流动力学状态不同，因此有必要在多种临床诊疗环境下进行操作以积累经验。这些诊疗单元包括手术室、重症监护室、门诊和心导管室等。在能够单独对 CHD 患儿行 TEE 检查前，受训者应当在指导监督下进行至少 50 例常规 TEE 检查的操作和诊断训练。

给未经儿科 TEE 系统操作培训的内科医生的建议

上述技能最好通过正规的侧重 TEE 技能训练的儿科心脏病学系统培训获得。没有经过儿科心脏病学系统培训或没有经过相关 TEE 培训的内科医生必须要充分掌握先天性心脏病、常规超声心动图以及 TEE 操作技能等相关知识，才有可能单独进行 TEE 检查及诊断。起草这篇指南并非禁止内科医生为患儿行 TEE 检查，而是要明确进行这项检查所需必要条件、技能以及在指导监督下进行专项训练并获得经验的必要性。强调这些要求的目的是为了保证患者的安全并在检查时尽可能地增加患者的舒适度。与未患 CHD 的成人相比，CHD 患儿的 TEE 诊断通常更复杂，操作风险更大【1,42,69-71】。

未经正规儿科心脏病学培训的内科医生必须要在有资质的儿科/先天性心脏病超声心动图室进行一段时间的高强度训练。内科医生在儿科心脏病临床专科培训时应当尽可能掌握心脏解剖、先天性心脏病病理、病理生理、鉴别诊断及可用于诊断的方法等相关知识。内科医生在开始学习对患儿进行 TEE 检查操作和诊断前，必须要达到 2 级（Level 2）儿科超声心动图医生技能水平，并充分掌握先天性心脏病理论知识【67】。此外，还应当首先在富有经验并达到等级 3（Level 3）技能水平的超声心动图医生指导监督下学习插管操作、探头调节、图像解读等培训内容。

许多儿科心血管麻醉医师都接受了适当的培训并具有患儿 TEE 操作的经验，并能够在手术室里解读 TEE 图像。通常应用中 TEE 能够观察左室收缩功能和心脏腔室大小，并监测心脏功能及心腔内容量状态。在术中监测时，应当有第二位受过 TEE 训练或先天性心脏病麻醉训练的医生在场，以确保能够通过 TEE 实时关注手术或介入期间及之后情况，包括患者的麻

醉监护指标和血流动力学状态。

维持熟练的操作技能

当达到了技能及知识储备的要求后，检查者应当每年至少进行 50 例患儿的 TEE 操作以维持操作的熟练度。一些大型医疗机构里很多医生都有资格进行 TEE 操作，估计每位医生年人均检查病例数量可能不足 50 例。在这种情况下，可以由 TEE 检查室主任制定考核标准，依据各位医生的 TEE 检查结果和检测质量来评价其是否维持在熟练水平。由此，每个检查室应制定检查规范及检测质量衡量标准，对医生 TEE 检查的操作水平和诊断准确性进行年度考核，包括并发症发生率及诊断符合率（由其他影像学检查诊断、术中发现以及患者临床诊断证实）。

IV.为患儿行 TEE 检查

为患儿进行系统的、完整的 TEE 检查经常能够获得附加的但有临床意义的重要发现。在积累大量 TEE 检查经验后，区分正常解剖结构、正常的解剖变异及异常病理状态就会变得相对容易。进行 TEE 检查的具体方法步骤已经在其他指南里详细描述。成年人 TEE 检查标准切面已经通过大量 TEE 操作实践得到公认【14】。这些标准切面可能也同样适用于儿童，但为患儿行 TEE 检查的标准切面尚未达成完全统一。不少医疗中心针对 TEE 在各种类型 CHD 诊断中的应用已经独立建立了非常好的检查规范。本次起草的指南并非推荐或规定儿童 TEE 成像规范或图像显像方法，而是强调在每一次为患儿进行 TEE 检查时尽量做到仔细、注重细节、检查方案的一致性及系统性。在日常工作基础上不断进行总结和回顾以期持续改进诊断质量。

总结

与成人 TEE 检查要求有所不同，患儿 TEE 检查较为独特，需要特定的知识与操作技能。我们概述了为患儿行 TEE 检查的指征、安全问题以及操作者培训和保持熟练技能的指导要求。TEE 检查已经对包括从婴幼儿到成人所有年龄段的 CHD 患者产生了实质性积极的影响。未来，更高质量的 TEE 检查将持续支持改善 CHD 的诊疗，满足复杂心血管疾病不断增加的影像学诊断需求。无论在治疗干预前后，TEE 均不断扩展其应用范围。我们希望这篇指南能够成为进行这项重要检查质量保证的基准。

引用文献:

1. Russell IA, Miller-Hance WA, Silverman NH. Intraoperative transesophageal echocardiography for pediatric patients with congenital heart disease. *Anesth Analg* 1998;87:1058-87.
2. Bezold LI, Pignatelli R, Altman CA, Feltes TF, Garajski RJ, Vick GW 3rd, et al. Intraoperative transesophageal echocardiography in congenital heart surgery. The Texas Children's Hospital experience. *Tex Heart Inst J* 1996;23:108-15.
3. O'Leary PW, Hagler DJ, Seward JB, Tajik AJ, Schaff HV, Puga FJ, et al. Biplane intraoperative transesophageal echocardiography in congenital heart disease. *Mayo Clin Proc* 1995; 70:317-26.
4. Randolph GR, Hagler DJ, Connolly HM, Dearani JA, Puga FJ, Danielson GK, et al. Intraoperative transesophageal echocardiography during surgery for congenital heart defects. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002;124:1176-82.
5. Bengur AR, Li JS, Herlong JR, Jaggars J, Sanders SP, Ungerleider RM. Intraoperative transesophageal echocardiography in congenital heart disease. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 1998;10:255-64.
6. Smallhorn JF. Intraoperative transesophageal echocardiography in congenital heart disease. *Echocardiography* 2002;19:709-23.
7. Cyran SE, Kimball TR, Meyer RA, Bailey WW, Lowe E, Balisteri WJ, et al. Efficacy of intraoperative transesophageal echocardiography in children with congenital heart disease. *Am J Cardiol* 1989;63:594-8.
8. Stevenson JG, Sorensen G, Gartman DM, Hall DG, Rittenhouse EA. Transesophageal echocardiography during repair of congenital cardiac defects: identification of residual problems necessitating reoperation. *J Am Soc Echocardiogr* 1993;6: 356-65.
9. Ungerleider RM. Biplane and multiplane transesophageal echocardiography. *Am Heart J* 1999;138:612-3.
10. Rice MJ, McDonald RW, Li X, Shen I, Ungerleider RM, Sahn DJ. New technology and methodologies for intraoperative, perioperative, and intraprocedural monitoring of surgical and catheter interventions for congenital heart disease. *Echocardiography* 2002;19:725-34.
11. Shiota T, Lewandowski R, Piel JE, Smith LS, Lancee C, Djoa K, et al. Micromultiplane transesophageal echocardiographic probe for intraoperative study of congenital heart disease repair in neonates, infants, children and adults. *Am J Cardiol* 1999;83:292-5.
12. Bruce CJ, O'Leary P, Hagler DJ, Seward JB, Cabalka AK. Miniaturized transesophageal echocardiography in newborn infants. *J Am Soc Echocardiogr* 2002;15:791-7.
13. Douglas DE, Fyfe DA. Use of miniature biplane transesophageal echocardiography during pediatric atrial catheter interventional procedures. *Am Heart J* 1996;132:179-86.
14. Shanewise JS, Cheung AT, Aronson S, Stewart WJ, Weiss RL, Mark JB, et al. ASE/SCA guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transesophageal echocardiography examination: recommendations of the American Society of Echocardiography Council for Intraoperative Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists task force for certification in perioperative transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiography* 1999;12:884-900.
15. Fyfe DA, Ritter SB, Snider AR, Silverman NH, Stevenson JG, Sorensen G, et al. Guidelines for transesophageal echocardiography in children. *J Am Soc Echocardiography* 1992;5: 640-4.
16. Andropoulos DB. Transesophageal echocardiography as a guide to central venous catheter placement in pediatric patients undergoing cardiac surgery. *J Cardio Vasc Anesth* 1999; 13:320-1.
17. Andropoulos DB, Stayer SA, Bent ST, Campos CJ, Bezold LI, Alvarez M, et al. A controlled study of transesophageal echocardiography to guide central venous catheter placement in congenital heart surgery patients. *Anesth Analg* 1999;89:65-70.
18. Ninomiya J, Yamauchi H, Hosaka H, Ishii Y, Terada K, Sugimoto T, et al. Continuous transesophageal echocardiography monitoring during weaning from cardiopulmonary bypass in children. *Cardiovasc Surg* 1997;5:129-33.
19. Rosenfeld HM, Gentles TL, Wernovsky G, et al. Utility of transesophageal echocardiography in the assessment of residual cardiac defects. *Pediatr Cardiol* 1998;19:346-51.
20. Wolfe LT, Rossi A, Ritter SB. Transesophageal echocardiography in infants and children: use and importance in the cardiac

- intensive care unit. *J Am Soc Echocardiography* 1993; 6:286-9.
21. Marcus B, Wong PC, Wells WJ, Lindesmith GG, Starnes VA. Transesophageal echocardiography in the postoperative child with an open sternum. *Ann Thorac Surg* 1994;58:235-6.
 22. Tumbarello R, Sanna A, Cardu G, Bande A, Napoleone A, Bini Rm. Usefulness of transesophageal echocardiography in the pediatric catheterization laboratory. *Am J Cardiol* 1993; 71:1321-5.
 23. van der Velde ME, Perry SB, Sanders SP. Transesophageal echocardiography with color Doppler during interventional catheterization. *Echocardiography* 1991;8:721-30.
 24. Rigby ML. Transesophageal echocardiography during interventional cardiac catheterization in congenital heart disease. *Heart* 2001;86:1123-9.
 25. van der Velde ME, Perry SB. Transesophageal echocardiography during interventional catheterization in congenital heart disease. *Echocardiography* 1997;14:513-28.
 26. Minich L, Snider AR. Echocardiographic guidance during placement of the buttoned double-disk device for atrial septal defect closure. *Echocardiography* 1993;10:567-72.
 27. Elzenga NJ. The role of echocardiography in transcatheter closure of atrial septal defects. *Cardiol Young* 2000;10:474-83.
 28. Zhu W, Cao QL, Rhodes J, Hijazi ZM. Measurement of atrial septal defect size: a comparative study between three-dimensional transesophageal echocardiography and the standard balloon sizing methods. *Pediatr Cardiol* 2000;21:465-9.
 29. Maeno YV, Benson LN, Boutin C. Impact of dynamic 3D transesophageal echocardiography in the assessment of atrial septal defects and occlusion by the double-umbrella device (CardioSEAL). *Cardiol Young* 1998;8:368-78.
 30. Cae Q, Radtke W, Berger F, Zhu W, Hijazi ZM. Transcatheter closure of multiple atrial septal defects. Initial results and value of two- and three-dimensional transesophageal echocardiography. *Eur Heart* 2000;21:941-7.
 31. Marx GR, Sherwood MC, Fleishman C, Van Praagh R. Theedimensional echocardiography of the atrial septum. *Echocardiography* 2001;18:433-43.
 32. van der Velde ME, Sanders SP, Keane JF, Perry SB, Lock JE. Transesophageal echocardiographic guidance of transcatheter ventricular septal defect closure. *J Am Coll Cardiol* 1994;23: 1660-5.
 33. Marcus B, Steward DJ, Khan NR, Scott EB, Scott GM, Gardner AJ, et al. Outpatient transesophageal echocardiography with intravenous propofol anesthesia in children and adolescents. *J Am Soc Echocardiography* 1993;6:205-9.
 34. Marelli AJ, Child JS, Perloff JK. Transesophageal echocardiography in congenital heart disease in the adult. *Cardiol Clin* 1993;11:505-20.
 35. Masani ND. Transesophageal echocardiography in adult congenital heart disease. *Heart* 2001;86:1130-40.
 36. Miller-Hance WA, Silverman NH. Transesophageal echocardiography (TEE) in congenital heart disease with focus on the adult. *Cardiol Clin* 2000;18:861-92.
 37. Seward JB. Biplane and multiplane transesophageal echocardiography: evaluation of congenital heart disease. *Am J Card Imaging* 1995;9:129-36.
 38. Fyfe D, Kline CH, Sade RM, Greene CA, Gillette PC. The utility of transesophageal echocardiography during and after Fontan operations in small children. *Am Heart J* 1991;122: 1403-15.
 39. Marcus B, Wong PC. Transesophageal echocardiographic diagnosis of right atrioventricular valve patch dehiscence causing intracardiac right-to-left shunting after Fontan operation. *Am Heart J* 1993;126:1482-4.
 40. Feltes TF, Friedman RA. Transesophageal echocardiographic detection of atrial thrombi in patients with nonfibrillation atrial tachyarrhythmias and congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol* 1994;24:1365-70.
 41. Fyfe D, Kline CH, Sade RM, et al. Transesophageal echocardiography detects thrombus formation not identified by transthoracic echocardiography after the Fontan operation. *J Am Coll Cardiol* 1991;18:1733-7.
 42. Stevenson JG. Incidence of complications in pediatric transesophageal echocardiography: experience in 1650 cases. *J Am Soc Echocardiogr* 1999;12:527-32.
 43. Mart CR, Fehr DM, Myers JL, Rosen KL. Intraoperative transesophageal echocardiography in a 1.4-kg infant with complex

- congenital heart disease. *Pediatr Cardiol* 2003;24: 84-5.
44. De Vries AJ, van der Maaten JM, Laurens RR. Mallory-Weiss tear following cardiac surgery: transesophageal echoprobe or nasogastric tube? *Br J Anaesth* 2000;84:646-9.
45. Muhiudeen-Russell IA, Miller-Hance WC, Silverman N. Unrecognized esophageal perforation in a neonate during transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2001; 14:747-9.
46. Greene MA, Alexander JA, Knauf DG, Talbert J, Langham M, Kays D, et al. Endoscopic evaluation of the esophagus in infants and children immediately following intraoperative use of transesophageal echocardiography. *Chest* 1999;116:1247-50
47. O'Shea JP, Southern JF, Ambra MN, Magro C, Guerrero JL, Marshall JE, et al. Effects of prolonged transesophageal echocardiographic imaging and probe manipulation on the esophagus— an echocardiographic-pathologic study. *J AmColl Cardiol* 1991;17:1426-9.
48. Kharasch ED, Sivarajan M. Gastroesophageal perforation after intraoperative transesophageal echocardiography. *Anesthesiology* 2000;85:426-8.
49. Spahn DR, Schmid S, Carrel T, Pasch T, Schmid ER. Hypopharynx perforation by a transesophageal echocardiography probe. *Anesthesiology* 1995;82:581-3.
50. Chow MS, Taylor MA, Hanson CW III. Splenic laceration associated with transesophageal echocardiography. *J of Cardio and Vas Anesth* 1998;12:314-5.
51. Savino JS, Hanson CW III, Bigelow DC, Cheung AT, Weiss SJ. Oropharyngeal injury after transesophageal echocardiography. *J of Cardio and Vas Anesth* 1994;8:76-8.
52. Stevenson JG, Sorensen GK. Proper probe size for pediatric transesophageal echocardiography. *Am J Cardiol* 1993;72: 491-2.
53. Muhiudeen I, Silverman N. Intraoperative transesophageal echocardiography using high resolution imaging in infants and children with congenital heart disease. *Echocardiography* 1993;10:599-608.
54. Andropoulos DB, Ayres NA, Stayer SA, Bent ST, Campos CJ, Fraser CD. The effect of transesophageal echocardiography on ventilation in small infants undergoing cardiac surgery. *Anesth Analg* 2000;90:47-9.
55. Andropoulos DB, Stayer SA, Bent ST, Campos CJ, Fraser CD. The effects of transesophageal echocardiography on hemodynamic variables in small infants undergoing cardiac surgery. *J Cardio Vasc Anesth* 2000;14:133-5.
56. Stayer SA, Bent ST, Andropoulos DA. Proper probe positioning for infants with compromised ventilation from transesophageal echocardiography. *Anesth Analg* 2001;92:1073-7.
57. Frommelt PC, Stuth EA. Transesophageal echocardiographic in total anomalous pulmonary venous drainage: hypotension caused by compression of the pulmonary venous confluence during probe passage. *J Am Soc Echocardiogr* 1994;7:652-4.
58. Bensky AS, O'Brien JJ, Hammon JW. Transesophageal echo probe compression of an aberrant right subclavian artery. *J Am Soc Echocardiogr* 1995;8:964-6.
59. Janelle G, Lobato EB, Tang Y. An unusual complication of transesophageal echocardiography. *J Cardio Vasc Anesth* 1999;13:223-34.
60. Foster E, Kusumoto F, Sobol S, Schiller N. Streptococcal endocarditis temporally related to transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1990;3:424-7.
61. Botoman V, Surawicz C. Bacteremia with gastrointestinal endoscopic procedures. *Gastrointest Endosc* 1986;32:342-6.
62. Bryne W, Euler A. Bacteremia in children following upper gastrointestinal endoscopy or colonoscopy. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1982;1:551-3.
63. Dennig K, Seldmayer V, Selig B, Rudolph W. Bacteremia with transesophageal echocardiography. *Circulation* 1989;80:II473.
64. Gorge G, Erbel R, Henrichs J, Wenchel H, Werner H, Meyer J. Positive blood cultures during transesophageal echocardiography. *Am J Cardiol* 1990;65:1404-504.
65. Dajani AS, Taubert KA, Wilson W, Bolger AF, Bayer A, Ferrieri P, et al. Prevention of bacterial endocarditis:

recommendations by the American Heart Association. JAMA 1997; 227:1794-1801.

66. Fleischer DE, Goldstein SA. Transesophageal echocardiography; what the gastroenterologist thinks the cardiologist should know about endoscopy. J Am Soc Echocardiogr 1990; 3:428-34.

67. Quinones MA, Douglas PS, Foster E, Gorcsan J, Lewis JF, Pearlman AS, et al. Competence statement in echocardiography: a report of the ACC/AHA/ACP-ASIM task force on clinical competence. J Am Coll Cardiol 2003;41:687-708

68. Pearlman AS, Gardin JM, Martin RP, Parisi AF, Popp RL, Quinones MA, et al. Guidelines for physician training in transesophageal echocardiography; recommendations of the American Society of Echocardiography Committee for Physician Training in Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 1992;5:187-94.

69. Fyfe D. Intraoperative transesophageal echocardiography in children with congenital heart disease: how, not who! J Am Soc Echocardiogr 1999;12:1011-3.

70. Aronson S. Adherence to physician training guidelines for pediatric transesophageal echocardiography affects the outcome of patients undergoing repair of congenital cardiac defects. J Am Soc Echocardiogr 1999;12:1008.

71. Fyfe D. Transesophageal echocardiography guidelines: return to bypass or to bypass the guidelines? J Am Soc Echocardiogr 1999;2:343-4.