

## Progresses of ultrasonography in diagnosis of endoleak after endovascular aneurysm repair

TANG Manshi, HUANG Xiaoling\*

(Department of Ultrasound, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

**[Abstract]** Endoleak is the most common complication after endovascular aneurysm repair (EVAR). Endoleak can increase the size of the aneurysm and eventually lead to the rupture of aneurysm. The abdominal aorta and stent in patients after EVAR need to be regularly followed up. CTA has been widely used to detect endoleak after EVAR at present. In recent years, the role of ultrasound in detection and classification of endoleak after EVAR has been more and more recognized. The progresses of ultrasonography in diagnosis of endoleak after EVAR were reviewed in this article.

**[Keywords]** aortic aneurysm, abdominal; ultrasonography; angiography

DOI:10.13929/j.1003-3289.201901016

## 超声诊断腹主动脉瘤腔内隔绝术后内瘘进展

唐曼诗, 黄晓玲\*

(重庆医科大学附属第一医院超声科, 重庆 400016)

**[摘要]** 内瘘是腹主动脉瘤腔内隔绝术(EVAR)后最常见的并发症之一, 可使动脉瘤增大, 最终导致动脉瘤破裂。对 EVAR 术后患者需要定期随访腹主动脉及支架情况, CTA 是目前临床最常用的随访手段。近年来, 超声在 EVAR 术后内瘘的诊断及分型中的作用得到越来越多认可。本文就超声在 EVAR 术后内瘘的诊断及分型中的进展进行综述。

**[关键词]** 主动脉瘤, 腹; 超声检查; 血管造影术

**[中图分类号]** R654.3; R445.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2019)08-1264-04

随着腹主动脉瘤腔内隔绝术(endovascular aneurysm repair, EVAR)技术的成熟及移植物的改进, 目前 EVAR 已成为腔内治疗腹主动脉瘤的首选方法<sup>[1-2]</sup>, 而 EVAR 术后并发症如内瘘、支架移位、支架狭窄或血栓形成及远端动脉栓塞等也引起越来越多的关注<sup>[3]</sup>。内瘘是 EVAR 术后最常见的并发症之一, 可使动脉瘤增大, 如不及时治疗, 最终会导致动脉瘤破裂<sup>[4]</sup>。CTA 是传统的 EVAR 术后随访手段, 但具有辐射性, 且检查费用较高。近年较多学者将超声用于 EVAR 术后随访。本文就超声在 EVAR 术后内瘘探查及分型中的作用进行综述。

### 1 内瘘的定义及分型

内瘘指血管内的血流进入被腔内支架所隔绝的动脉瘤内的现象, 可分为 5 型: I 型, 血流经支架近端或远端于瘤颈附着处进入动脉瘤内; II 型, 来自分支动脉(如肠系膜下动脉、腰动脉、髂内动脉、骶正中动脉、副肾动脉等)的反向血流进入动脉瘤内; III 型, 支架结构破损, 血管内的血流经破损处进入动脉瘤内, 包括连接部瘘、骨架脱节及覆膜破裂; IV 型, 支架孔隙过大, 血管内的血流经孔隙进入动脉瘤内, 多发生于术后 30 天内; V 型, 动脉瘤体增大, 瘤内压力增高, 但影像学检查未发现血流进入动脉瘤内。

**[第一作者]** 唐曼诗(1992—), 女, 重庆人, 在读硕士, 医师。研究方向: 血管超声。E-mail: tangmanshielf@163.com

**[通信作者]** 黄晓玲, 重庆医科大学附属第一医院超声科, 400016。E-mail: huangxiaoling\_4@163.com

**[收稿日期]** 2019-01-03 **[修回日期]** 2019-05-07

## 2 常规超声在 EVAR 术后并发内瘘中的应用

2.1 二维超声 (two-dimensionnal ultrasonography, 2DUS) 测量动脉瘤最大径 有学者<sup>[5]</sup>证实腹主动脉瘤直径与患者晚期死亡率独立相关, 而 2DUS 可观察术前、术后腹主动脉瘤最大径的变化。Patel 等<sup>[6]</sup>使用 2DUS 测量 784 例 EVAR 患者术前、术后腹主动脉瘤的最大径, 建立动脉瘤最大径随时间变化的轨迹模型, 以预测当前动脉瘤最大径和生长速率, 并进一步预测动脉瘤破裂概率及时间。Nyheim 等<sup>[7]</sup>认为 2DUS 测量的腹主动脉瘤最大径与 CT 测量结果相似; 但 Han 等<sup>[8]</sup>则认为 CT 可能高估横断面测量值, 2DUS 的测量值可能更为准确。2DUS 对腹主动脉瘤最大径的测量值可能类似于 CT 三维重建图像的测量值。因此, 在 2DUS 持续规律监测下, 如发现腹主动脉瘤增大(伴或不伴内漏), 可进一步行 CTA, 以明确引起动脉瘤增大的原因。

2.2 彩色多普勒超声 (color Doppler ultrasound, CDUS) 诊断 EVAR 术后并发内瘘的效能 早期研究<sup>[9]</sup>显示 CDUS 诊断 EVAR 术后并发内瘘优于或类似于 CTA。王福霞等<sup>[10]</sup>报道, CDUS 诊断 EVAR 术后并发内瘘的敏感度、特异度和准确率均较 CTA 高, 分别为 100%、95.8% 和 86.7%, 且敏感度高于其他报道<sup>[11]</sup>, 可能与其样本量小、仅与 CTA 结果比较、未得到 DSA 证实有关。

不同研究中 CDUS 诊断 EVAR 术后并发内瘘的敏感度差异较大。一项 Meta 分析<sup>[11]</sup>结果显示, CDUS 诊断 EVAR 术后并发内瘘总体敏感度为 74%, 特异度为 94%。Abraha 等<sup>[12]</sup>发现, 既往研究中 CDUS 诊断 EVAR 术后并发内瘘的准确率与其发表年份和研究质量相关, 并存在统计学效应偏倚; 2006 年以前 CDUS 诊断 EVAR 术后并发内瘘的敏感度高于 2006 年及以后, 原因在于低或不清楚质量的文献报告的敏感度估计值更高。

Karthikesalingam 等<sup>[11-13]</sup>分析 CDUS 在 EVAR 术后随访中的作用, 认为 CDUS 可准确、安全、有效地进行 EVAR 术后随访, 但其诊断 EVAR 术后并发内瘘的敏感度低, 且诊断准确率依赖于超声医师的经验和超声仪器设备。Schaeffer 等<sup>[14]</sup>采用 CDUS 和 CTA 检出 266 例患者 57 例次内瘘, 其中 I 型内漏 7 例次、II 型内瘘 50 例次, 但 19 例次 (19/57, 33.33%) CTA 无法分型, 9 例次 (9/57, 15.79%) CDUS 无法分型。

2.3 CDUS 在 EVAR 术后并发内瘘血流动力学方面的应用 CDUS 血流频谱分析可评估动脉瘤体内及漏口(主要为 II 型内瘘)的血流情况。Picel 等<sup>[15]</sup>报道,

动脉瘤体内出现双向波形和收缩期峰值流速 (peak systolic velocity, PSV) 较低与内瘘自发封堵有关; 但有学者<sup>[16]</sup>认为并不能依据动脉瘤体内血流频谱预测 II 型内瘘的演变, 而应测量内瘘瘘口处的血流频谱: 瘘口处 PSV 高和出现双向波形特征时, II 型内瘘自发封堵的可能性小, 且更有可能发生动脉瘤扩张、破裂。Monastiriotis 等<sup>[17]</sup>总结了 CDUS 下 II 型内瘘瘘口的 4 种血流频谱波形模式, 即高阻力低流速 (high-resistance low-flow, HRLF)、低阻力低流速 (low-resistance low-flow, LRLF)、低阻力高流速 (low-resistance high-flow, LRHF) 及双向血流 (to-fro flow, TFF)。HRLF 波形特点是 PSV 低但急剧上升, 舒张期无前向血流; LRLF 波形特点是 PSV 低且平缓, 舒张期有明显前向血流; LRHF 波形 PSV 更高, 舒张期持续前向血流; TFF 波形是双向波形, 收缩期逆行血流(从分支动脉进入动脉瘤体), 舒张期前向血流。CDUS 可将 II 型内瘘分为高速型和低速型, 以指导临床对 II 型内瘘的干预策略。

高速型 II 型内瘘瘘口持续开放与 EVAR 术前提前分支动脉的直径和数量有关, 分支动脉数量增多、直径增大会降低 EVAR 手术效果。与自发封堵型内瘘比较, EVAR 术前瘘口持续开放的 II 型内瘘肠系膜下动脉分支数量更多、开口直径更大, 成对的腰动脉分支数量更多<sup>[18]</sup>。

## 3 超声新技术在 EVAR 术后并发内瘘随访中的应用

3.1 CEUS CEUS 能克服常规超声的大部分局限性, 与 CTA 结果具有良好的一致性。Gilabert 等<sup>[19]</sup>证实 CEUS 诊断 EVAR 术后并发内瘘的效能与 CTA 基本一致, 该组 CEUS 诊断了 34 例内瘘中的 33 例, 仅 1 例为假阴性, 并对 26 例进行了正确分型; CEUS 诊断 EVAR 术后并发内瘘的敏感度为 97%, 特异度为 100%。Abraha 等<sup>[12]</sup>基于双变量回归分析模型得到 CEUS 诊断 EVAR 术后并发内瘘的总体敏感度为 94%, 特异度为 95%, 与 CTA 诊断结果类似。

CEUS 对低速型内瘘敏感度更高, 可诊断 CTA 无法显示的内瘘。Bredahl 等<sup>[20]</sup>研究显示, CEUS 对 EVAR 术后 CTA 未发现的 11 例内瘘均做出了诊断, 并证实为不伴瘤体扩张的 II 型内瘘。Yang 等<sup>[21]</sup>研究证实, 对 12 例临床怀疑内瘘但 CTA 检查阴性的患者, CEUS 能明确诊断并分型, 并最终对 6 例严重内瘘患者进行了血管内再介入治疗。

因 I 型、III 型内瘘与 II 型内瘘灌注时间不同, CEUS 可实时观察造影剂灌注过程, 清晰分辨内瘘与

造影剂灌注的时间,因此 CEUS 在确定内瘘的分型方面具有很好的应用价值<sup>[22]</sup>。张杰等<sup>[23]</sup>采用前瞻性研究,以 CEUS 对 9 例 EVAR 术后并发内瘘进行正确分型,与 CTA 分型结果一致。CEUS 在内瘘诊断及分型方面较 CDUS 有更高的敏感度,为 EVAR 术后更全面的随访提供了新的选择。

EVAR 术后患者常需接受多量 X 线辐射,如术前 CTA、术中 DSA、术后第 1 个月及每年 CTA 随访。CEUS 可使其免于射线暴露风险,且超声造影剂无肝肾毒性<sup>[24]</sup>。Hertault 等<sup>[25]</sup>以增强锥形束 CT (contrast enhanced cone beam CT, ceCBCT) 和 CEUS 随访 EVAR 术后患者,结果显示后者的射线暴露量(mSv)和注射碘对比剂的体积(ml)分别较前者减少 68%( $P<0.001$ )和 50%( $P<0.001$ )。

此外,术中 CEUS 能很好地显示覆膜支架近端主动脉和远端髂动脉锚定区,并排除或发现可能需要立即再次介入治疗的相关内瘘(I 型或 III 型内瘘),故可在 EVAR 术中和内瘘再介入栓塞治疗时观察技术成功与否。Kopp 等<sup>[26]</sup>报道,与术中 DSA 或术后 CTA 相比,术中 CEUS 可识别所有相关内瘘。CEUS 较适用于肾功能受损、碘对比剂过敏或可能存在碘诱导甲状腺碘功能亢进者。

CEUS 在 EVAR 术后随访中的局限性来自技术限制(硬件和软件)、操作者依赖性和患者相关因素(解剖和病理)。目前 CEUS 尚不能作为 EVAR 术后的常规检查方法,也无法达到“金标准”的水平。建议以 CEUS 作为 CTA 不能明确内瘘分型或肾功能受损患者的辅助检查手段。

**3.2 超微血管成像(superb microvascular imaging, SMI)** SMI 能利用新的算法通过消除噪声和背景伪影来净化多普勒血流信号,包括彩色模式(color SMI, cSMI)及灰阶模式(monochrome SMI, mSMI)。与传统 CDUS 比较,SMI 能识别更低速的血流,获得类似 CEUS 的图像,且无创、价格更低、无过敏风险。Cantisani 等<sup>[27]</sup>报道,CT、CDUS、CEUS 和 SMI 诊断 EVAR 术后并发内瘘的敏感度分别为 88%、100%、63% 和 75%,特异度分别为 100%、100%、96% 和 98%;SMI 诊断内瘘的特异度高,但敏感度低于 CEUS 和 CT。SMI 的优势为检查时间短、费用低,可用于随访阶段辅助提高 CDUS 的诊断准确率,特别是用于无法接受 CEUS 和 CTA 者。

**3.3 三维超声(three-dimensionnal ultrasonography, 3DUS)** 虽然 2DUS 能较准确测量动脉瘤最大径,但

可能受到 EVAR 术后动脉瘤形态或残留瘤体改变的影响而产生测量偏差。3DUS 可提供更多的图像平面定位和体积评估信息<sup>[28]</sup>。Arsicot 等<sup>[29]</sup>观察 48 例接受 2 次及以上 3DUS 检查的 EVAR 术后患者,结果显示,术后动脉瘤体积增加到 6.5 cm<sup>3</sup> 以上为可疑发生内漏,且 3DUS 和 CTA 测量 EVAR 术后动脉瘤体积的相关性好( $r=0.931$ ,  $P<0.001$ )。

综上所述,随着超声技术的不断发展,其在检出 EVAR 术后并发内瘘中占据越来越重要的地位。EVAR 术后随访的基本原则是早期发现和选择性治疗并发症。如果以超声为主的检查方法被广泛接受,有望显著降低检查的经济成本、辐射暴露和对比剂肾毒性风险。

### [参考文献]

- [1] Van Beek SC, Conijn AP, Koelemay MJ, et al. Editor's choice - Endovascular aneurysm repair versus open repair for patients with a ruptured abdominal aortic aneurysm: A systematic review and meta-analysis of short-term survival. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2014, 47(6):593-602.
- [2] Vallabhaneni R, Farber MA, Schneider FA. Debate: Whether young, good-risk patients should be treated with endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg*, 2013, 58(6):1709-1715.
- [3] Dakour-Aridi H, Paracha NZ, Locham S, et al. Assessment of failure to rescue after abdominal aortic aneurysm repair using the National Surgical Quality Improvement Program procedure-targeted data set. *J Vasc Surg*, 2018, 68(5):1335.e1-1344.e1.
- [4] Dias AP, Farivar BS, Steenberge SP, et al. Management of failed endovascular aortic aneurysm repair with explantation or fenestrated-branched endovascular aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg*, 2018, 68(6):1676.e3-1687.e3.
- [5] Deery SE, Ergul EA, Schermerhorn ML, et al. Aneurysm sac expansion is independently associated with late mortality in patients treated with endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg*, 2018, 67(1):157-164.
- [6] Patel R, Powell JT, Sweeting MJ, et al. The UK endovascular aneurysm repair (EVAR) randomised controlled trials: Long-term follow-up and cost-effectiveness analysis. *Health Technol Assess*, 2018, 22(5):1-132.
- [7] Nyheim T, Staxrud LE, Rosen L, et al. Review of postoperative CT and ultrasound for endovascular aneurysm repair using Talent stent graft: Can we simplify the surveillance protocol and reduce the number of CT scans? *Acta Radiol*, 2013, 54(1):54-58.
- [8] Han SM, Patel K, Rowe VL, et al. Ultrasound-determined diameter measurements are more accurate than axial computed tomography after endovascular aortic aneurysm repair. *J Vasc*

- Surg, 2010, 51(6):1381-1387.
- [9] 王节, 刘萃, 张国华, 等. 彩色双功超声扫描在腹主动脉瘤血管内修复术后随访的价值. 中国医学影像技术, 2004, 20(2):259-261.
- [10] 王福霞, 王文, 海录, 等. 彩色多普勒超声在腹主动脉瘤腔内修复术后内漏中的应用价值. 中国超声医学杂志, 2016, 32(10):908-911.
- [11] Karthikesalingam A, Al-Jundi W, Jackson D, et al. Systematic review and meta-analysis of duplex ultrasonography, contrast-enhanced ultrasonography or computed tomography for surveillance after endovascular aneurysm repair. *Br J Surg*, 2012, 99(11):1514-1523.
- [12] Abraha I, Luchetta ML, De Florio RA, et al. Ultrasonography for endoleak detection after endoluminal abdominal aortic aneurysm repair. *Cochrane Database Syst Rev*, 2017, 6:CD010296.
- [13] Pineda DM, Phillips ZM, Calligaro KD, et al. The fate of endovascular aortic aneurysm repair after 5 years monitored with duplex ultrasound imaging. *J Vasc Surg*, 2017, 66(2):392-395.
- [14] Schaeffer JS, Shakhnovich I, Sieck KN, et al. Duplex ultrasound surveillance after uncomplicated endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *Vasc Endovascular Surg*, 2013, 58(5):1439-1440.
- [15] Picel AC, Kansal N. Essentials of endovascular abdominal aortic aneurysm repair imaging: Postprocedure surveillance and complications. *AJR Am J Roentgenol*, 2014, 203(4):W358-W372.
- [16] Beeman BR, Murtha K, Doerr K, et al. Duplex ultrasound factors predicting persistent type II endoleak and increasing AAA sac diameter after EVAR. *J Vasc Surg*, 2010, 52(5):1147-1152.
- [17] Monastiriotis S, Lau I, Loh S, et al. Evolution of type II endoleaks based on different ultrasound-identified patterns. *J Vasc Surg*, 2018, 67(4):1074-1081.
- [18] Guentner O, Zeman F, Wohlgemuth WA, et al. Inferior mesenteric arterial type II endoleaks after endovascular repair of abdominal aortic aneurysm: Are they predictable? *Radiology*, 2014, 270(3):910-919.
- [19] Gilabert R, Bunesch L, Isabel Real MI, et al. Evaluation of abdominal aortic aneurysm after endovascular repair: Prospective validation of contrast-enhanced US with a second-generation US contrast agent. *Radiology*, 2012, 264(1):269-277.
- [20] Bredahl KK, Taudorf M, Lonn L, et al. Contrast enhanced ultrasound can replace computed tomography angiography for surveillance after endovascular aortic aneurysm repair. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2016, 52(6):729-734.
- [21] Yang X, Chen YX, Zhang B, et al. Contrast-enhanced ultrasound in detecting endoleaks with failed computed tomography angiography diagnosis after endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *Chin Med J (Engl)*, 2015, 128(18):2491-2497.
- [22] Millen A, Canavati R, Harrison G, et al. Defining a role for contrast-enhanced ultrasound in endovascular aneurysm repair surveillance. *J Vasc Surg*, 2013, 58(1):18-23.
- [23] 张杰, 戴向晨, 肖明, 等. 超声造影诊断腹主动脉瘤腔内隔绝术后 I、II 型内漏的价值. 中华超声影像学杂志, 2017, 26(4):296-301.
- [24] Chisci E, Harris L, Guidotti A, et al. Endovascular aortic repair follow up protocol based on contrast enhanced ultrasound is safe and effective. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2018, 56(1):40-47.
- [25] Hertault A, Maurel B, Pontana F, et al. Benefits of completion 3D angiography associated with contrast enhanced ultrasound to assess technical success after EVAR. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2015, 49(5):541-548.
- [26] Kopp R, Zuern W, Weidenhagen R, et al. First experience using intraoperative contrast-enhanced ultrasound during endovascular aneurysm repair for infrarenal aortic aneurysms. *J Vasc Surg*, 2010, 51(5):1103-1110.
- [27] Cantisani V, David E, Ferrari D, et al. Color doppler ultrasound with superb microvascular imaging compared to contrast-enhanced ultrasound and computed tomography angiography to identify and classify endoleaks in patients undergoing EVAR. *Ann Vasc Surg*, 2017, 40:136-145.
- [28] Bredahl K, Long A, Taudorf M, et al. Volume estimation of the aortic sac after EVAR using 3-D ultrasound-A novel, accurate and promising technique. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2013, 45(5):450-455.
- [29] Arsicot M, Lathelize H, Martinez RA, et al. Follow-up of aortic stent grafts: Comparison of the volumetric analysis of the aneurysm sac by ultrasound and CT. *Ann Vasc Surg*, 2014, 28(7):1618-1628.