

·临床研究 Clinical research·

CTA 融合导航技术在腹主动脉瘤腔内修复及保留髂内动脉治疗中的应用

安 涛, 阮 娜, 李文怡, 黄建文, 李纪华, 马 瑛, 何 旭, 许卫国, 李 勇

【摘要】 目的 探讨 CTA 融合导航技术在腹主动脉瘤腔内修复(EVAR)术中的应用价值,评价 CTA 融合导航在髂内动脉保留策略中的技术优势。**方法** 选取 2020 年 12 月至 2021 年 6 月在珠海市人民医院接受 CTA 融合导航 EVAR 术治疗的 12 例肾下型未破裂出血腹主动脉瘤患者。术前 CTA 扫描确诊,术中配准术前 CTA 与术中 DynaCT 扫描重建图像后,将融合图像叠加至术中透视影像,作为导丝等器械的路径导引。融合图像可作为双肾动脉支架锚定的参照。融合导航下根据髂动脉受累程度行髂内动脉单侧或双侧保留治疗。**结果** 12 例融合导航手术均获得成功。其中 5 例单侧髂内动脉栓塞并保留一侧髂内动脉,1 例双侧髂内动脉重建,6 例支架远端固定于髂总动脉远端并保留双侧髂内动脉。术后均未发现严重并发症。**结论** CTA 融合导航技术辅助 EVAR 手术安全可行,无需使用对比剂,有助于保留髂内动脉,技术优势明显,值得临床推广。

【关键词】 腹主动脉瘤;腹主动脉瘤腔内修复;计算机断层血管造影;保留髂内动脉;三维路线图
中图分类号:R654.3 文献标志码:B 文章编号:1008-794X(2022)-11-1093-04

Application of CTA fusion navigation technique in endovascular repair of abdominal aortic aneurysm with simultaneously preserving internal iliac artery AN Tao, RUAN Na, LI Wenyi, HUANG Jianwen, LI Jihua, MA Ying, HE Xu, XU Weiguo, LI Yong. Zhuhai Municipal People's Hospital, Zhuhai, Guangdong Province 519000, China

Corresponding author: LI Yong, E-mail: 403835178@163.com

【Abstract】 Objective To discuss the application value of CT angiography(CTA) fusion navigation technique in endovascular abdominal aortic aneurysm repair(EVAR), and to evaluate the technical advantages of CTA fusion navigation technique in preserving internal iliac artery. **Methods** A total of 12 patients with unruptured subrenal abdominal aortic aneurysm(AAA), who received EVAR with CTA fusion navigation technique at the Zhuhai Municipal People's Hospital of China between December 2020 and June 2021, were enrolled in this study. The diagnosis was confirmed by preoperative CTA scan. Fusion navigation technique was adopted during EVAR. The preoperative CTA images and intraoperative DynaCT reconstructed images were automatically registered, then the fused image was overlaid on the intraoperative fluoroscopy image, which was used as a route-map to guide the manipulation of guide wire and other interventional equipment. The fused image could be used as a reference for the anchoring of bilateral renal artery stents. According to the involvement degree of iliac artery, unilateral or bilateral preservation of internal iliac artery was carried out under the guidance of fused image navigation. **Results** Successful EVAR with CTA fusion navigation technique was accomplished in all the 12 patients. Embolization of unilateral internal iliac artery with preservation of opposite internal iliac artery was completed in 5 patients. Bilateral internal iliac artery reconstruction was employed in one patient. In 6 patients the distal part of stent was fixed to the distal end of the common iliac artery with reservation of bilateral internal iliac arteries. No serious postoperative complications occurred. **Conclusion** CTA fusion navigation technique-assisted EVAR is clinically safe and feasible. It can help preserve the internal iliac artery with no use of contrast agent. This technique has obvious advantages and deserves clinical promotion. (J Intervent Radiol, 2022, 31: 1093-1096)

【Key words】 abdominal aortic aneurysm; endovascular abdominal aortic aneurysm repair; CT angiography; preservation of internal iliac artery; three-dimensional route-map

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2022.11.013

作者单位: 519000 广东 珠海市人民医院(暨南大学附属珠海医院)

通信作者: 李 勇 E-mail: 403835178@163.com

腹主动脉瘤(abdominal artery aneurysm,AAA)病死率极高^[1]。腹主动脉瘤腔内修复(endovascular abdominal aortic aneurysm repair,EVAR)术创伤小、患者恢复快,已成为 AAA 治疗首选方法。腔内治疗需要术前对病变部位进行精确的影像学评估,且随着病例复杂性提高,术中对病变精准定位需求日渐迫切。常规手术中以二维图像为参考,需要反复造影确认,曝光时间延长的同时增加了碘对比剂用量,增加患者肾代谢负担,损伤肾功能。近年国外报道 CTA 融合导航下行 EVAR 术安全性和手术效率显著提升,国内鲜有报道。另外,AAA 常伴发髂动脉受累,至少保留一侧髂内动脉已成为共识^[2],如何快速超选髂内动脉进行合理栓塞或髂内动脉重建是术中一大难点。本研究应用胸腹主动脉 CTA 融合导航技术导引 EVAR 术并行保留髂内动脉治疗,效果显著。现报道如下。

1 材料与方法

1.1 一般资料

选取 2020 年 12 月至 2021 年 6 月在珠海市人民医院接受 CTA 融合导航 EVAR 术治疗的 12 例肾下型未破裂出血 AAA 患者。所有患者均为男性,年龄 40~84 岁,平均 65.1 岁。临床表现:腰部不适 1 例,全身酸痛乏力 2 例,长期粪便性状改变 2 例,腹部疼痛 3 例,体检发现 4 例。所有患者术前 1 周内经胸腹主动脉 CTA 明确诊断,腹主动脉穿透性溃疡 4 例,附壁血栓 6 例,髂动脉病变 9 例。患者均签署手术知情同意书。

1.2 设备与影像采集

采用德国 Siemens 公司 SOMATOM Definition 双源 CT 机,行双能量增强扫描。获取 3 套数据传送至 Siemens Syngo VB20 双源 CT 工作站进行后处理。Siemens 医疗 Artis Pheno DSA 机,Syngo Workplace 后处理工作站,Syngo 3D/3D Fusion 后处理软件包。

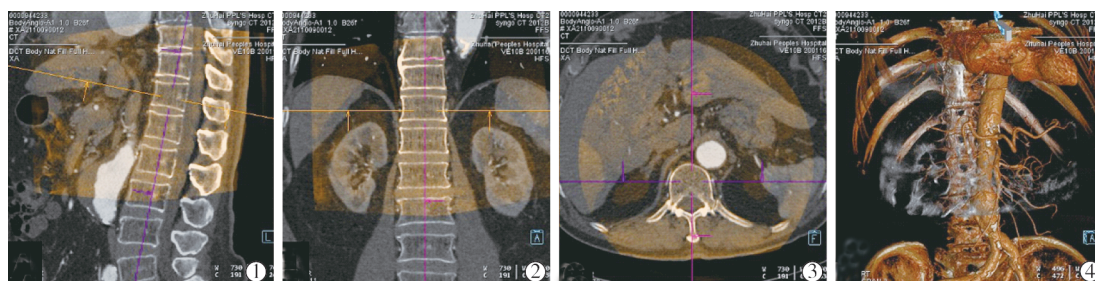
影像采集前行胸腹主动脉 CTA 显示胸腹主动脉、双侧髂动脉血管,提取胸腹主动脉髂动脉血管像进行术中导航。CTA 扫描:经肘正中静脉快速注入对比剂,在主动脉对比剂浓度达到峰值时进行胸腹部髂动脉扫描,范围自胸腔入口至盆底;CT 对比剂碘克沙醇用量:测试 15 mL,血管扫描 65 mL,速率 5 mL/s;CT 技术参数:kV100,mas;CARE Dose 4D,准直器宽度 0.6 mm,重建厚度 5 mm,扫描野 300 mm,螺距 1.5,图像重建函数核为 B30f 平滑算法。

1.3 导航准备

从影像存档及通讯系统(PACS)搜索患者胸腹主动脉 CTA 薄层图像并回传至 DSA 工作站,在三维界面显示,进入融合界面;同时患者取仰卧位,全身麻醉气管插管完备后进行胸腹部 4S DynaCT 扫描;系统自动进入配准界面,选择自动配准功能,两组图像参照骨性结构自动配准,如果匹配失败,需手动匹配,以第 11 胸椎第 1 腰椎为中心,在矢状位、冠状位、轴位 3 个平面调整满意后保存配准结果(如图 1);返回 3D 界面,裁剪 CTA 血管图像后开始自动导航。

1.4 手术过程

患者股动脉区常规消毒铺巾后,改良 Seldinger 法穿刺双侧股动脉,留置导管鞘,CTA 融合图像监控导引下插入导丝,引入猪尾导管,在双侧肾动脉近心端行腹主动脉造影;根据患者情况由股动脉至单侧或双侧髂内动脉远端,融合图像导航下选择性插入导丝、导管及微导管,根据导航图像所示髂内动脉定位完成髂内动脉主干及分支栓塞;融合导航下由股动脉至双侧肾动脉水平导入支架,路径图下支架上行至双肾动脉水平,小剂量造影精确定位后释放覆膜支架;根据需要移动机架、手术床、C 臂,融合图像随之自动适应,便于多角度观察血管情况;髂内动脉重建在主体支架释放完毕后,融合导航下经左肱动脉入路至髂内动脉选择性插入导丝导管,



①②③3 个平面中白色为 CTA 图像,橙色为 DynaCT 图像,两组图像骨性结构在矢状位、冠状位、轴位 3 个平面上准确匹配;④未剪裁的 CTA 显示匹配良好

图 1 配准界面

与髂外动脉同时释放平行支架,支架近端置于主体支架远端单侧支架腔内;所有支架释放完,根据造影情况,合理使用顺应性球囊扩张支架,使之与血管壁紧密贴合;造影显示无明显内漏,即可根据患者情况复苏或送监护室。

1.5 图像处理

所有图像由 1 名主管技师制作完成。除图像配准步骤,导航过程融合图像跟随由设备自动完成。

2 结果

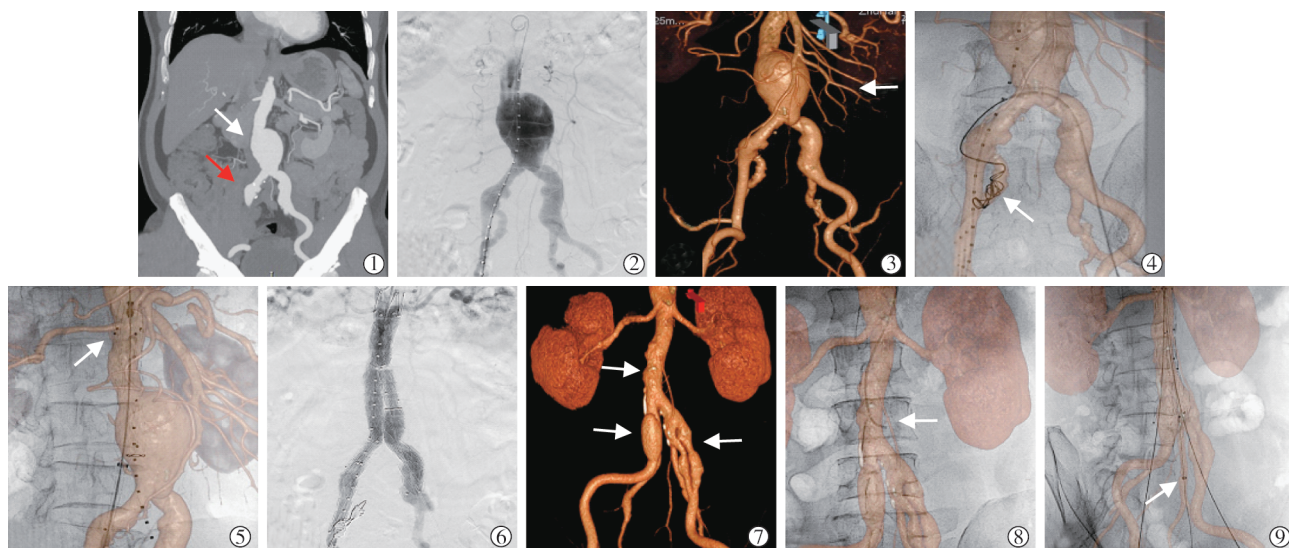
12 例患者术中应用 CTA 融合导航 EVAR 手术均获得成功。其中 5 例单侧髂内动脉栓塞并保留一侧髂内动脉,1 例双侧髂内动脉重建,6 例支架远端固定于髂总动脉远端并保留双侧髂内动脉。术后均未发现严重并发症。术中射线照射时间 6.8~79.6 min,平均 24.5 min;累积辐射剂量 305.5~3 056.4 mGy,平均 884.8 mGy;含碘对比剂 70~280 mL,平均 125.8 mL,患者均好转出院。1 例接受三明治重建技术行保留双侧髂内动脉治疗患者平均射线照射时间、累积辐射剂量及对比剂用量增加。通过 6 个月内回访,CTA、DSA 复查显示 11 例动脉瘤修复效果良好,血流通畅,未见明确复发;1 例发现一侧髂动脉支架内重度狭窄,治疗后 1 个月复查同侧髂动脉闭塞,动脉溶栓治疗后好转。判断该例可能与髂动脉支架远端锚定区血管迂曲,支架尺

寸选择偏大有关。典型病例 CTA 融合导航 EVAR 手术治疗影像见图 2。

3 讨论

EVAR 手术已较成熟,大型医院介入医师掌握了手术技术,先进设备也使操作更加便捷。然而传统方式仅依靠二维图像处理复杂病变,手术时间长,操作风险高,碘对比剂用量大等问题一直存在,术中定位不准使支架释放偏差造成术后内漏、支架移位等问题,在累及单/双侧髂动脉分叉的治疗中更为突出^[3,4]。临床上迫切需要新技术指导手术,降低风险。近年随着医学影像技术飞速发展,三维立体影像在神经血管、肿瘤介入等领域的应用非常广泛^[5]。EVAR 手术中提供可视化立体动态图像,有助于精准治疗、实时导航,应成为 EVAR 治疗新标准。国外有部分研究证实 CTA 导航 EVAR 手术的安全性和可行性,而我国在这方面的报道甚少^[6,7]。三维融合导航下保留髂内动脉治疗的资料更少。本研究通过少量病例总结了应用此技术的特点及优势。

CTA 融合导航技术使用便捷。胸腹主动脉 CTA 是诊断 AAA 的必要检查。重建后的图像可以立体全方位展示动脉瘤形态大小及分支血管情况,方便进行手术规划和测量。同时薄层轴位图像经过 PACS 系统回传至 DSA 机后处理工作站,就获得了图像配准的基本素材。通过术前麻醉、铺单后



▲患者 1:①腹主动脉 CTA 示腹主动脉中下段动脉瘤(白箭头),右髂动脉局部溃疡(红箭头),双侧髂动脉扩张;②主动脉 DSA 造影所示与 CTA 一致;③CTA 重建示动脉瘤瘤体、瘤颈及双侧髂动脉;④CTA 融合导航下髂内动脉栓塞(箭头),显示髂动脉形态及髂内动脉开口,导管及弹簧圈位置与融合图像一致;⑤融合导航下主体支架植入,支架近端在肾动脉下缘锚定(箭头);⑥术后造影评估支架位置及瘤腔隔绝情况
▲患者 2:⑦CTA 重建示腹主动脉下段多发溃疡及双侧髂总动脉-髂外动脉夹层动脉瘤(箭头);⑧融合导航下经左肱动脉下行的导管在腹主动脉位置(箭头);⑨融合导航下髂内动脉覆膜支架释放(箭头)

图 2 典型病例 CTA 融合导航 EVAR 手术治疗影像

DynaCT 扫描,把术前 CTA 断面图像与术中扫描图像配准,提取 CTA 血管树,叠加至术中实时透视图像,就实现了融合图像在术中的实时显示,即融合后的三维路图导航。术者根据需要调节融合图像阈值、挑选合适模板、调节背景比例等,在不同阶段更好地显示导管、导丝、支架等器械的位置方向、形态走行,更好地配合手术操作。

导航和定位是该技术两大重要功能。融合图像提供了导丝、器械在血管中上行的路径,术中实时显示器械在模拟血管腔的位置,准确指导手术操作。通过实时反馈计算机自动做好图像适应处理,实现多角度观察^[8],方便选择最佳工作位。有研究报道将术前 CTA 叠加至透视图像实时导航用于复杂动脉瘤修复,通过术前标记真假腔可减少术中造影、准确定位、辅助血管开通和血管开窗移植^[9]。也有研究显示,结合术前 CTA 与术中锥形束 CT 三维融合及应用 CO₂ 造影,足以用作腹部 EVAR 导航^[10]。这些报道均证实 CTA 融合导航的有效性。

AAA 保留髂内动脉策略即 AAA 治疗中至少保留一侧髂内动脉,避免同时栓塞双侧髂内动脉,以减少臀肌萎缩、跛行、性功能障碍等并发症。对于髂动脉受累患者,常予以栓塞一侧髂内动脉,但患者血管迂曲变形情况下,超选髂内动脉往往比较困难。CTA 融合导航可在实时三维动态监视下超选髂内动脉,转动 C 臂选择最佳工作位,在不使用对比剂造影前提下超选髂内动脉,释放弹簧圈并完成栓塞且准确(如图 2④);术中加硬导丝、覆膜支架等刚性材料置入会导致扭曲的血管拉伸变直,肾动脉开口向上移位,因此支架释放前在肾动脉水平小剂量造影定位可导引支架释放;对于血管本身未出现弯曲变形成角病例,刚性材料置入对血管形态、位置影响不大。

髂内动脉栓塞前无硬性材料置入,患者血管不会移位;即使置入硬性材料,髂血管可能拉直,但髂总动脉通常不会显著移位。CTA 融合导航技术能够帮助术者采用三明治技术对髂内动脉重建进行准确导引^[11](如图 2⑧⑨)。本组 12 例患者接受 CTA 融合导航手术全部成功。术者经验认为,该技术能够帮助髂内动脉超选及支架释放,缩短手术耗时。

有研究报道医师长时间工作导致躯体疲劳,并面临巨大心理压力,医师慢性疲劳状态导致患者不能得到高质量的医疗服务^[12]。传统 EVAR 手术疗效与医师经验水平、躯体疲劳、心理状态有直接关系。

CTA 融合导航实现了手术全程可视,术者在直观的立体图像导引下实施手术,增强了对手术过程的整体把控,缓解了术中心理压力,使手术顺畅安全,保证了治疗质量。

综上,CTA 融合导航 EVAR 手术弥补了二维 DSA 不足,术中病变血管位置、形态、结构清晰直观,能实时导引进行手术,且保留一侧髂内动脉及其他保留髂内动脉治疗可在零对比剂下完成,技术优势明显,值得进一步推广。本组患者皆为男性,在女性患者的应用仍需研究。本研究样本量较小,缺少对比数据,后续仍需大样本量随机对照研究。

[参考文献]

- [1] Shuai T, Kan YQ, Si Y, et al. High-risk factors related to the occurrence and development of abdominal aortic aneurysm[J]. J Intervent Med, 2020, 3: 80-82.
- [2] 郭宝磊, 符伟国. 腹主动脉瘤腔内修复术中重要血管保留方法与策略[J]. 中国实用外科杂志, 2018, 38: 1385-1390.
- [3] 何拯, 颜海燕, 付健, 等. 三明治技术在腹主动脉瘤累及髂总动脉腔内治疗中保留髂内动脉的疗效分析[J]. 介入放射学杂志, 2020, 29: 449-452.
- [4] 方坤, 罗明尧, 赵嘉伟, 等. 3D 导航技术在主动脉腔内修复术中的应用[J]. 临床外科杂志, 2019, 27: 938-942.
- [5] 梁越, 任华亮, 郑月宏, 等. 三维导航技术在主动脉病变介入治疗中的应用[J]. 中华普通外科杂志, 2015, 30: 666-668.
- [6] Schwein A, Chinnadurai P, Behler G, et al. Computed tomography angiography-fluoroscopy image fusion allows visceral vessel cannulation without angiography during fenestrated endovascular aneurysm repair[J]. J Vasc Surg, 2018, 68: 2-11.
- [7] Dijkstra ML, Eagleton MJ, Greenberg RK, et al. Intraoperative C-arm cone-beam computed tomography in fenestrated/branched aortic endografting[J]. J Vasc Surg, 2011, 53: 583-590.
- [8] 黄文诺, 张喜成, 吕朋华, 等. 复合手术室智能移动三维导航技术在近肾型腹主动脉瘤腔内治疗中的应用效果评价[J]. 中华介入放射学电子杂志, 2019, 7: 300-304.
- [9] Kaladji A, Dumenil A, Castro M, et al. Endovascular aortic repair of a postdissecting thoracoabdominal aneurysm using intraoperative fusion imaging[J]. J Vasc Surg, 2013, 57: 1109-1112.
- [10] Koutouzi G, Henrikson O, Roos H, et al. EVAR guided by 3D image fusion and CO₂ DSA: a new imaging combination for patients with renal insufficiency[J]. J Endovasc Ther, 2015, 22: 912-917.
- [11] 刘斌, 黄军利, 陈福真, 等. 髂动脉瘤及腹主动脉瘤腔内修复术中髂内动脉的保留策略[J]. 中华普通外科杂志, 2015, 30: 174-176.
- [12] 黄建, 王燕, 傅智勇, 等. 一个值得关注的问题: 医生疲劳与患者安全[J]. 中国医学伦理学, 2008, 21: 161-162.

(收稿日期: 2021-09-08)

(本文编辑: 边 佑)