

·综述 General review·

C 臂 CT 在颅内动脉瘤诊疗中研究进展

杨 凯, 张学贤, 李自恒, 熊 峰, 冯超凡, 赵 卫

【摘要】 C 臂 CT 在血管内介入治疗中的应用越来越广泛, 其较高的空间分辨率和术中影像即时采集, 为临床提供了更多选择。颅内动脉瘤诊断金标准仍为 DSA, C 臂 CT 可提供更多信息辅助动脉瘤诊断。术中即刻获取影像可为支架置放提供参考, 较为清晰地显示支架、动脉瘤、弹簧圈等相对位置, 这在术后随访中也有相当大的价值。现就 C 臂 CT 在颅内动脉瘤诊断、治疗和随访复查中的应用研究进展作一综述。

【关键词】 血流导向装置; C 臂 CT; 颅内动脉瘤

中图分类号: R743 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2022)-01-0109-04

Research progress of C-arm computed tomography in diagnosing and treating intracranial aneurysms

YANG Kai, ZHANG Xuexian, LI Zhiheng, XIONG Feng, FENG Chaofan, ZHAO Wei. Department of Medical Imaging, First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming, Yunnan Province 650032, China

Corresponding author: ZHAO Wei, E-mail: kyyyzhaowei@foxmail.com

【Abstract】 C-arm computed tomography(C-arm CT) has been more and more widely used in intravascular interventional treatment. Being of its higher spatial resolution ability and the advantage of intraoperative instant acquisition of image data, C-arm CT can provide clinical treatment with more options. Digital subtraction angiography(DSA) remains the gold standard for the diagnosis of intracranial aneurysms. C-arm CT can provide more information to help make the diagnosis of aneurysms. Instantly displaying the image of aneurysm is very helpful for the performance of stent implantation, as during the operation the stent, aneurysm and spring coils can be clearly visualized, which is also of great value for postoperative follow-up review. This article aims to make a comprehensive review about the latest research progress of C-arm CT application in the diagnosis, treatment and follow-up evaluation of intracranial aneurysms. (J Intervent Radiol, 2022, 31: 109-112)

【Key words】 flow diverter device; C-arm computed tomography; intracranial aneurysm

颅内动脉瘤血管内介入治疗通常采用支架辅助弹簧圈技术,近年来血流导向装置(flow diverter, FD)也逐步在临床应用。无论是传统支架辅助弹簧圈栓塞术,还是 FD 植入术,术中及时明确支架置放情况,如支架与动脉瘤位置关系、支架与弹簧圈相对情况及支架与载瘤动脉贴壁情况等尤为重要。支架打开不良或贴壁程度不佳均为术后不良事件发生的相关危险因素^[1-2]。术中常规二维造影时由于组织结构重叠,难以清晰显示支架情况。本文就 C 臂 CT 在颅内动脉瘤诊疗中的应用研究进展作一介绍。

1 高分辨率 C 臂 CT

C 臂 CT 是在平板探测器基础上发展而来,平板探测器替代影像增强器后使得 DSA 机采集类 CT 图像成为可能,早期称为平板探测器 CT(FD-CT)^[3]。逐步发展至今,市面以 XperCT(飞利浦)、DynaCT(西门子)以及高分辨率 VasoCT(飞利浦)、Dyna microCT(西门子)为主^[4],前者主要用于头、胸、腹等部位扫描,后者因视野更小、分辨率更高主要用于颅内弹簧圈和支架植入。C 臂 CT 扫描不同于常规诊断 CT。常规诊断 CT 的球管发射 X 线束为扇形,C 臂 CT 则为类椎体形椎束 X 线,锥束 CT 通过二维

探测器系统而不是传统 CT 一维探测器或系列,在单次机架旋转中产生整个体积数据集,其旋转一周即可获取重建感兴趣区所需信息^[5]。尽管其密度分辨率较低,但是在术前、术中及术后即刻可实时提供采集图像,具备一定的后处理技术,在颅内动脉瘤介入术中具有相当价值。

2 在颅内动脉瘤诊断中应用

颅内动脉瘤介入手术前,常规通过 CTA、MRA 及 DSA 二维/三维影像资料可清晰明确动脉瘤类型、大小、位置以及载瘤动脉情况,足以满足临床术前规划。但是一些较为特殊的动脉瘤则需通过高分辨率 C 臂 CT 提供更为全面资料。后循环因素及众多穿支且动脉瘤性质较多变^[6],故 C 臂 CT 应用于后循环的研究较多。Fukuda 等^[7]报道对 25 例椎动脉夹层(vertebral artery dissection, VAD)患者行 CTA、MRA、二维/三维 DSA 及高分辨率 C 臂 CT 检查,结果表明高分辨率 C 臂 CT 是检测内膜瓣/双腔(56%病例中发现)的最好方法,它具有高空间分辨率,可提供 VAD 详细管腔和管壁形态,为 VAD 诊断提供更多细节信息供临床参考。高分辨率 C 臂 CT 同时可显示基底动脉在不同区域的穿支血管^[8],从而制定术前方案,避免闭塞必要的穿支血管,避免脑梗死发生。对于伴有血栓形成的颅内动脉瘤,高分辨率 C 臂 CT 能清晰显示血管管腔、血栓和血栓内结构,有助于识别部分伴有血栓形成的动脉瘤血管通道^[9]。还可更为清晰地显示动脉瘤形态及破裂动脉瘤确切的破裂出血点^[10],越来越多地应用于颅内复杂动脉瘤显影。

3 在颅内动脉瘤治疗中应用

目前高分辨率 C 臂 CT 应用于支架植入术中和术后即刻的研究较多,术中影像采集方式也较灵活,可注射对比剂或不注射对比剂,可将对比剂进行稀释也可不稀释。按照手术方式不同,分为支架辅助弹簧圈治疗和 FD 治疗。

3.1 支架辅助弹簧圈治疗

近年来 FD 应用越来越广泛,但传统支架辅助弹簧圈治疗颅内动脉瘤仍为常规方法,尤其是应用于颅内宽颈动脉瘤治疗^[11]。支架辅助弹簧圈治疗颅内动脉瘤需要对瘤体进行致密填塞,颅内血管结构复杂,动脉瘤体与载瘤动脉位置关系也比较复杂,因此术中要及时明确支架打开情况及瘤颈处是否填塞致密^[12]。支架部署不完全、支架移位、术中弹簧

圈脱位等会导致术后支架内血栓生成,出现动脉瘤复发^[13]。李腾飞等^[14]、朱涛等^[15]系列研究表明高分辨率 C 臂 CT 结合金属去伪影技术、注射 0.9%氯化钠溶液稀释的对比剂,可很好地显示不同支架打开情况及动脉瘤体栓塞情况,对支架展开不良和贴壁不良情况及时进行导丝、导管“按摩”,必要时行球囊扩张,对瘤颈栓塞不完全者及时继续填塞,从而有效降低术后并发症发生率和动脉瘤复发率。目前有研究通过术后不注射对比剂采集支架与弹簧圈影像方式与术前三维血管影像融合,从而形成同时具备支架、弹簧圈和血管的影像,其融合所获图像也可满足临床需求^[16]。以影像融合为基础的新方式正在逐渐发展,在不增加辐射剂量的同时可减少对比剂应用。支架辅助弹簧圈治疗颅内动脉瘤手术过程中通过高分辨率 C 臂 CT 可显示支架打开情况,同时可观察动脉瘤体弹簧圈填塞情况,以便及时应对。术后即刻行 C 臂 CT 扫描,根据影像信息结合术前对比剂用量和蛛网膜下腔高密度区域位置,有助于区分蛛网膜下腔高密度影是对比剂渗漏引起,还是蛛网膜下腔出血所致^[17]。

3.2 FD 治疗

FD 因其高金属覆盖率和网孔率,对载瘤动脉内血流进行重塑,并将其引流至远端血管,使动脉瘤形成血栓并逐渐闭塞。目前在中国上市的 FD 主要有 Pipeline Flex 和 Tubridge^[18]。FD 释放的关键在于支架贴壁性,已有较多研究表明 FD 贴壁不良会导致支架内血栓形成及动脉瘤延迟闭塞和复发^[19-20],因此术中要及时明确支架贴壁性,而高分辨率 C 臂 CT 应用使其成为可能。目前常用方法是一定程度稀释对比剂(对比剂与 0.9%氯化钠溶液按 10%~20%配比),可在显示支架的同时显示血管影像,提高两者对比度。术中和术后即刻行高分辨率 C 臂 CT,可及时针对支架打开不良或贴壁不良进行调整^[21-22]。然而 Kocer 等^[23]报道对 8 例患者分别行术中(对比剂稀释 10%)和术后随访(对比剂未稀释)高分辨率 C 臂 CT 检查,结果表明两者影像质量无差异。目前相关研究及样本量较少,难以证实两者差异性。Hassan 等^[24]报道采用虚拟稀释软件行 2 次 C 臂 CT 采集,先采集获取支架影像(未注射对比剂),再采集获得血管轮廓(注射未稀释对比剂),经后处理工作站处理模拟不同对比剂稀释程度的影像,以便在不增加辐射剂量基础上,选择支架与血管对比度最好的稀释程度。当然,基于影像融合的 C 臂 CT 图像采集,在 FD 中也同样具有良好的应用前景^[25]。

4 在动脉瘤治疗后应用

动脉瘤治疗术后患者常规接受 CTA 或 MRA 随访,必要时接受 DSA 检查,目前大多评价标准均基于以上造影检查方式。DSA 造影为有创方式,常规 C 臂 CT 是在导管超选至靶血管行影像采集,而经静脉注射对比剂的血管造影 CT (angiographic computed tomography with intravenous contrast agent application, ivACT) 则是一种相对无创的 C 臂 CT 影像采集方式^[26]。Saake 等^[27]对比分析 14 例颅内 FD 植入患者接受常规 DSA 与 ivACT 随访的可行性和诊断价值,结果证明两者具有一定的一致性;认为 ivACT 在检出瘤体残留方面与 DSA 相比具有更高的灵敏度和特异度,应用于术后随访复查具可行性,但潜在缺点是扫描时间较长,对患者运动伪影敏感性较高,要求造影中制动,且扫描过程中静脉对比剂充盈难以控制和推算,均需要后续研究进一步探索。Flood 等^[28]报道通过活体猪模型定量对比 C 臂 CT 与组织形态计量学评价支架内组织生长情况,结果表明 C 臂 CT 对支架内膜增生程度检测具有较高可信度。目前关于 C 臂 CT 在动脉瘤支架植入术后应用的研究报道较少,关于 ivACT 的研究也较少。术后 C 臂 CT 结合金属伪影消除技术随访复查支架内狭窄患者与传统二维 CT 复查相比,可从横断面更加直观地显示支架内狭窄及程度,同时辅助其他造影方式,为临床提供参考。

5 结语

目前关于 C 臂 CT 在颅内支架植入中的研究报道较多。术前行 C 臂 CT 扫描可分辨伴有血栓形成的动脉瘤及夹层动脉瘤真实的血管通道,为术中导管顺利超选提供参考。术中及术后即刻 C 臂 CT 造影已逐渐成为常规,可及时显示支架置放情况和动脉瘤栓塞程度,以便术中及时干预,但术中对对比剂是否需要稀释、稀释程度和注射协议亟需规范。术后随访中 C 臂 CT 应用研究报道较少,经静脉注射对比剂 C 臂 CT 对比剂注射方案尚需进一步研究。总之, C 臂 CT 在动脉瘤诊疗过程中可提供其他造影方法无法显示的细节影像学信息,起到重要的辅助作用。

[参考文献]

- [1] Kühn AL, Wakhloo AK, Gounis MJ, et al. Use of self-expanding stents for better intracranial flow diverter wall apposition[J]. Interv Neuroradiol, 2017, 23: 129-136.
- [2] Chesnutt JK, Han HC. Computational simulation of platelet interactions in the initiation of stent thrombosis due to stent malapposition[J]. Phys Biol, 2016, 13: 016001.
- [3] Kyriakou Y, Struffert T, Dorfler A, et al. Basic principles of flat detector computed tomography (FD-CT)[J]. Radiologe, 2009, 49: 811-819.
- [4] Tognolini A, Louie J, Hwang G, et al. C-arm computed tomography for hepatic interventions: a practical guide[J]. J Vasc Interv Radiol, 2010, 21: 1817-1823.
- [5] Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work?[J]. Dent Clin North Am, 2008, 52: 707-730.
- [6] Gu Y, Chen L, Zhang Y, et al. Reconstructive treatment of symptomatic vertebral artery dissecting aneurysms with Willis covered stent: initial experience[J]. J Interv Med, 2020, 3: 184-191.
- [7] Fukuda K, Higashi T, Okawa M, et al. Utility of cone-beam computed tomography angiography for the assessment of vertebral artery dissection[J]. J Clin Neurosci, 2018, 48: 76-80.
- [8] Shimada K, Tanaka M, Kadooka K, et al. Efficacy of high-resolution cone-beam CT in the evaluation of perforators in vertebral artery dissection[J]. Interv Neuroradiol, 2017, 23: 350-356.
- [9] Shintai K, Matsubara N, Izumi T. High-resolution cone beam CT for evaluation of vascular Channel in intracranial partial thrombosed aneurysm[J]. Nagoya J Med Sci, 2018, 80: 279-284.
- [10] Lauric A, Heller RS, Schimansky S, et al. Benefit of cone-beam CT angiography in visualizing aneurysm shape and identification of exact rupture site[J]. J Neuroimaging, 2015, 25: 56-61.
- [11] 陈衍江, 权涛, 徐浩文, 等. 多支架辅助弹簧圈栓塞和密网支架治疗颅内宽颈大动脉瘤效果比较[J]. 介入放射学杂志, 2020, 29: 871-875.
- [12] Zwarzany L, Poncyjusz W, Burke TH. Flat detector CT and its applications in the endovascular treatment of wide-necked intracranial aneurysms. A literature review[J]. Eur J Radiol, 2017, 88: 26-31.
- [13] Yuki I, Ishibashi T, Dahmani C, et al. Combination of high-resolution cone beam computed tomography and metal artefact reduction software: a new image fusion technique for evaluating intracranial stent apposition after aneurysm treatment[J]. BMJ Case Rep, 2019, 12: e230687.
- [14] 李腾飞, 马骥, 袁慧峰, 等. 高分辨 C 型臂 CT 联合去金属伪影技术在颅内动脉瘤 LVIS 支架辅助栓塞术中的应用[J]. 中华神经外科杂志, 2019, 35: 541-546.
- [15] 朱涛, 李晓, 吕丽红, 等. 高分辨率 C 形臂 CT 联合金属条纹伪影消除技术在颅内动脉瘤支架辅助栓塞术中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2019, 28: 826-831.
- [16] Kato N, Yuki I, Ishibashi T, et al. Visualization of stent apposition after stent-assisted coiling of intracranial aneurysms using high resolution 3D fusion images acquired by C-arm CT[J]. J Neurointerv Surg, 2020, 12: 192-196.
- [17] Shinohara Y, Sakamoto M, Takeuchi H, et al. Subarachnoid hyperattenuation on flat panel detector-based conebeam CT immediately after uneventful coil embolization of unruptured intracranial aneurysms[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2013, 34: 577-582.

- [18] 中国医师协会神经介入专业委员会出血性脑血管病神经介入专业委员会(学组),中国医师协会神经外科医师分会神经介入专业委员会,中国医师协会介入医师分会神经介入专业委员会. 血流导向装置治疗颅内动脉瘤的中国专家共识[J]. 中华神经外科杂志, 2020, 36:433-445.
- [19] Cherian J, Dabagh M, Srinivasan VM, et al. Balloon-mounted stents for treatment of refractory flow diverting device wall malapposition [J]. Oper Neurosurg(Hagerstown), 2020, 19: 37-42.
- [20] Naganuma T. Acute stent malapposition: harmful or harmless? [J]. Int J Cardiol, 2020, 299:106-107.
- [21] Reyes D, Becerra V, Alcala I, et al. Usefulness of cone beam intra-arterial CTA for evaluation of flow diverters: a practical approach for daily use[J]. Interv Neurol, 2018, 7: 457-463.
- [22] Ding D, Starke RM, Durst CR, et al. DynaCT imaging for intraprocedural evaluation of flow - diverting stent apposition during endovascular treatment of intracranial aneurysms[J]. J Clin Neurosci, 2014, 21: 1981-1983.
- [23] Kocer N, Kandemirli SG, Ruijters D, et al. A technical note on intra-arterial cone-beam computed tomography for the evaluation of flow-diverter stents: image quality differences between diluted and non-diluted contrast medium[J]. Interv Neuroradiol, 2020, 26: 164-169.
- [24] Hassan AE, Wise J, Burke EM, et al. Visualization of flow diverter stent wall apposition during intracranial aneurysm treatment using a virtually diluted cone beam CT technique (Vessel ASSIST)[J]. Neuroradiology, 2021, 63: 125-131.
- [25] 付培基,李腾飞,马 骥,等. 高分辨 C 臂 CT 联合 3D-DSA 双容积重建融合技术在颅内动脉瘤血流导向装置(Tubridge)置入术贴壁评估中的初步应用[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2020, 23:833-838.
- [26] Psychogios MN, Wachter D, Mohr A, et al. Feasibility of flat panel angiographic CT after intravenous contrast agent application in the postoperative evaluation of patients with clipped aneurysms[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2011, 32: 1956-1962.
- [27] Saake M, Struffert T, Goelitz P, et al. Angiographic CT with intravenous contrast agent application for monitoring of intracranial flow diverting stents[J]. Neuroradiology, 2012, 54: 727-735.
- [28] Flood TF, van der Bom IM, Strittmatter L, et al. Quantitative analysis of high-resolution, contrast-enhanced, cone-beam CT for the detection of intracranial in-stent hyperplasia[J]. J Neurointerv Surg, 2015, 7: 118-125.

(收稿日期:2020-12-14)

(本文编辑:边 伟)

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告