

Diagnosis of intracranial aneurysms: accuracy of digital subtraction bone removal CT angiography and dual energy bone removal CTA

ZHANG Long-jiang, CHAI Xue, ZHAO Yan-e, ZHOU Chang-sheng,

GU Hai-feng, ZHENG Ling, LU Guang-ming*

(Department of Medical Imaging, Nanjing General Hospital of Nanjing Military Command, Nanjing 210002, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the diagnostic accuracy of digital subtraction bone removal CT angiography (DS-BR-CTA) and dual energy bone removal CTA (DE-CTA) compared with conventional and rotational DSA. **Methods** A total of 264 patients underwent 3D-DSA were enrolled, 190 of them underwent also DS-BR-CTA, while 74 underwent DE-CTA as well. Aneurysms detected with DS-BR-CTA and DE-CTA were analyzed compared with 3D-DSA on per-patient and per-aneurysm basis. The sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value of two methods for diagnosis of aneurysm were calculated. **Results** Taking DSA as the standard, the sensitivity and specificity of DS-BR-CTA to detect intracranial aneurysms was 96.90% and 98.36% on per-patient basis, while 97.37% and 99.97% on per-aneurysm basis, and the sensitivity and specificity for the detection of aneurysm ≤ 3 mm was 88.89% and 98.36%. The sensitivity and specificity of DS-BR-CTA to detect intracranial aneurysms was 98.25% and 100% on per-patient basis, 95.52% and 100% on per-aneurysm basis, and the sensitivity and specificity for the detection of aneurysm ≤ 3 mm was 90.91% and 100%. **Conclusion** DE-CTA has a comparable diagnostic accuracy with DS-BR-CTA to diagnose intracranial aneurysms, and can be used in the routine workflow for detection of intracranial aneurysms.

[Key words] Intracranial aneurysm; Tomography, X-ray computed; Angiography

双源 CT 数字减影 CTA 与双能量 CTA 检出颅内动脉瘤的准确性

张龙江, 柴 学, 赵艳娥, 周长圣, 顾海峰, 郑 玲, 卢光明*

(南京军区南京总医院医学影像科, 南京 江苏 210002)

[摘 要] **目的** 以常规 DSA 和三维旋转 DSA 为参照标准, 评价双源 CT 数字减影去骨 CT 血管成像(DS-BR-CTA)和双能量直接去骨 CTA(DE-CTA)诊断颅内动脉瘤的价值。 **方法** 190 例患者接受 DS-BR-CTA 检查, 74 例患者接受 DE-CTA 检查。以 3D-DSA 为标准, 以患者和发生部位为单位, 计算 DS-BR-CTA 和 DE-CTA 诊断颅内动脉瘤的敏感性、特异性、阳性预测值(PPV)和阴性预测值(NPV)。 **结果** DS-BR-CTA 诊断敏感性和特异性分别为 96.90%、98.36%; 97.37%、99.97%; 对 ≤ 3.0 mm 的动脉瘤, 其诊断敏感性高达 88.89%, 特异性达 98.36%; DE-CTA 检测颅内动脉瘤的诊断敏感性和特异性分别为 98.25%、100%; 95.52%、100%, 对 ≤ 3.0 mm 动脉瘤的敏感性为 90.91%, 特异性为 100%。 **结论** 双源 CT 的 DE-CTA 诊断颅内动脉瘤的准确性与 DS-BR-CTA 相当, 可作为常规技术用于颅内动脉瘤的诊断流程中。

[关键词] 颅内动脉瘤; 体层摄影术, X 线计算机; 血管造影术

[中图分类号] R739.41; R814.42 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2009)10-1773-04

常规数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)及三维旋转 DSA 是诊断颅内动脉瘤的金标准, 但均为

有创性检查, 且费用昂贵, 常不能很好地显示动脉瘤与周围组织的关系。近年来迅速发展的多层螺旋 CT 逐渐成为颅内动脉瘤无创性诊断的主流技术^[1-4], 数字减影去骨 CT 血管成像(digital subtraction bone removal CT angiography, DS-BR-CTA)使得颈内动脉虹吸段动脉瘤能够在 CT 上得到很好显示, 已在临床广泛应用^[1-4]。双源 CT 双能量扫描是近年的研究热点之一^[5-8], 双能量直接去骨 CTA(dual energy CTA, DE-CTA)可用于检测颅内动脉瘤^[9-10]。本研究的目的是通过

[作者简介] 张龙江(1976—), 男, 陕西泾阳人, 博士, 主治医师。研究方向: 心血管系统影像学。E-mail: kevinzhanglongjiang@yahoo.com.cn

[通讯作者] 卢光明, 南京军区南京总医院医学影像科, 210002。

E-mail: cjr_luguangming@vip.163.com

[收稿日期] 2009-01-07 **[修回日期]** 2009-06-08

与常规 DSA 和旋转 DSA 进行对照,比较双源 CT 的 DS-BR-CTA 与 DE-CTA 诊断颅内动脉瘤的准确性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2007 年 1 月—2008 年 12 月,共 264 例患者纳入本研究。其中 190 例患者接受 DS-BR-CTA,男 108 例,女 82 例,年龄 26~75 岁,平均 (48.3 ± 9.4) 岁;74 例患者接受 DE-CTA,男 29 例,女 45 例,年龄 20~68 岁,平均 (51.9 ± 9.0) 岁。所有患者临床表现均是自发性蛛网膜下腔出血,排除由于外伤引起蛛网膜下腔出血的患者。所有患者检查前均获得书面知情同意书。

1.2 设备与方法 采用 Siemens Somatom Definition DSCT 机。

1.2.1 DS-BR-CTA 首先进行常规扫描定位像后进行头部平扫,扫描范围从下颌骨至颅顶。扫描参数:球管电压 120 kV,球管电流 300 mA,准直器宽度 64×0.6 mm,视野 160 mm,自动重建层厚 0.75 mm,层距 0.5 mm,螺距 1.2,球管旋转时间 0.33 s/圈。平扫完成后,经右侧肘前静脉以 3~4 ml/s 流率应用双筒高压注射器注射优维显 (300 mgI/ml) 70~80 ml,之后再以相同流率注射 40 ml 生理盐水。使用人工智能触发扫描,触发点定于平颈总动脉分叉部,触发阈值 100 HU,延时 3 s 扫描。扫描方向由足侧向头侧顺动脉血流

方向扫描,扫描时间 5~7 s。其他扫描条件与平扫完全相同以便于进行减影处理。

1.2.2 DE-CTA 首先进行常规扫描定位像后直接进行增强双能量扫描模式,经右侧肘前静脉以 4 ml/s 流率应用双筒高压注射器注射优维显 (300 mgI/ml) 80 ml,注射完后再以相同的流率注射 40 ml 生理盐水。使用人工智能触发扫描,触发点定于颈总动脉分叉部,触发阈值 100 HU,延时 5 s 开始自动扫描。扫描范围从下颌骨至颅顶,扫描方向由足侧向头侧顺动脉血流方向扫描,扫描时间 5~7 s。扫描参数:2 个球管电压分别为 140 kVp 和 80 kVp,有效电流分别为 51 mAs 和 213 mAs,准直器宽度 64×0.6 mm,矩阵 512×512 ,自动重建层厚 0.75 mm,层间距 0.5 mm,扫描螺距 0.7,球管旋转时间 0.5 s/圈。

1.2.3 影像重组及分析 扫描完成后,将自动重建数据传输至工作站 (Syngommvvp VE23A),联合利用 Inspace 软件和 NeuroDSA 软件或双能量减影软件 (head bone removal) 进行减影去骨重组,包括最大密度投影、多平面重组、容积再现,对出现动脉瘤的靶血管进行选择性地成像,使动脉瘤大小、形态以及瘤径清晰显示以便进行更精确的测量。由 2 名有经验医师分别独立进行分析,确定动脉瘤的有无、单发或者多发、分布、测量瘤短轴、瘤颈及长轴,意见不一致时,共同协商决定。动

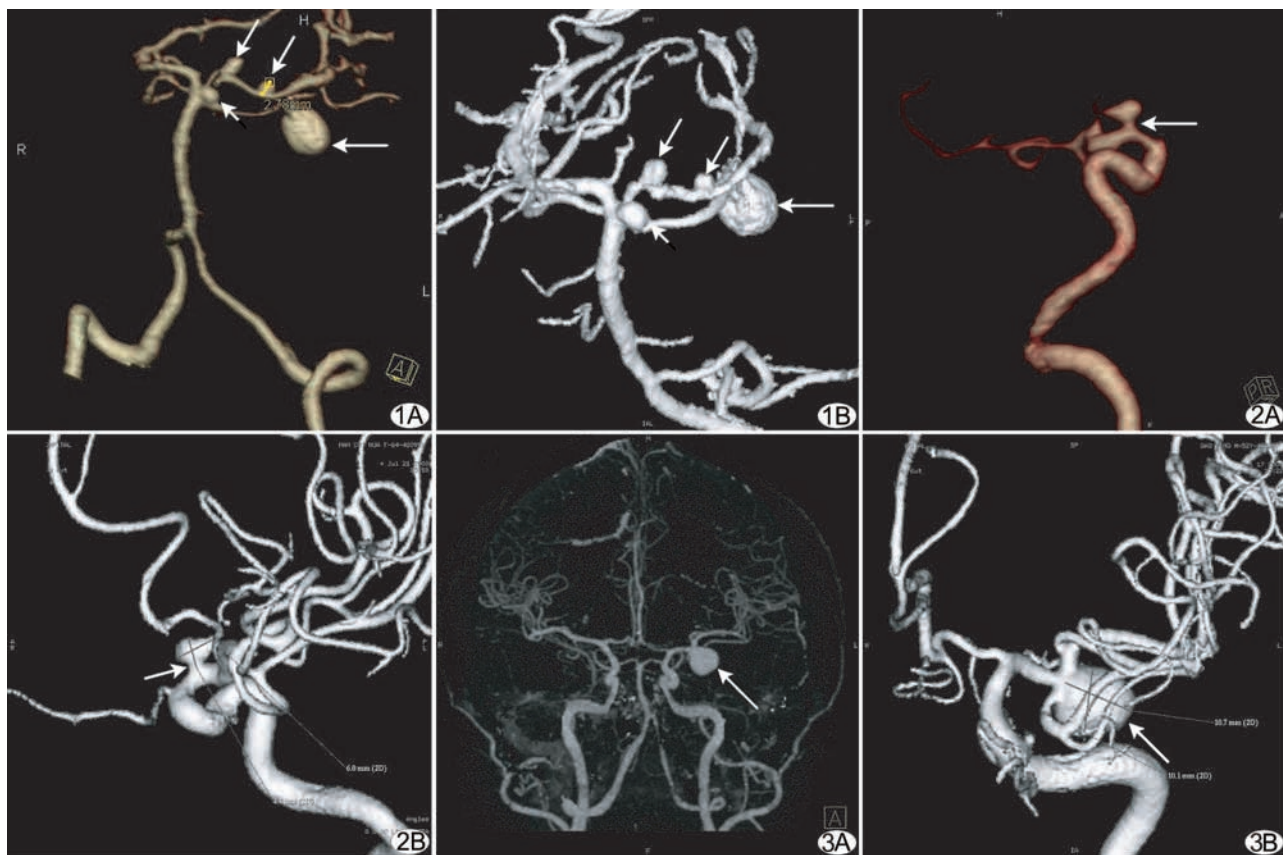


图 1 多发动脉瘤 A. DS-BR-CTA 的 VR 显示; B. 3D-DSA。基底动脉末端和左侧大脑后动脉多发大小不一的动脉瘤(箭),DS-BR-CTA 与 3D-DSA 表现一致 **图 2** 左侧后交通动脉瘤 A. 载瘤动脉的 DS-BR-CTA 的 VR 显示; B. 3D-DSA 清晰显示左侧后交通动脉瘤及其窄的瘤径(箭) **图 3** 左侧大脑中动脉分叉部动脉瘤 A. DE-CTA 的 MIP 显示; B. 3D-DSA 显示左侧大脑中动脉分叉部瘤样扩张(箭)

脉瘤大小按长轴大小分为三个等级: >5.0 mm、3~5 mm、<3.0 mm。每例患者至少有 1 个动脉瘤即为阳性,无动脉瘤为阴性。为便于进行动脉瘤的分析,按照动脉瘤的常见 16 个发病部位进行记录(双侧小脑后下动脉、椎动脉、颈内动脉、后交通动脉、大脑中动脉、大脑后动脉、大脑前动脉、基底动脉以及前交通动脉),出现动脉瘤为阳性;无动脉瘤为阴性。

1.3 DSA 检查及影像后处理和分析 使用 GE 数字减影血管造影设备进行常规和三维 DSA 检查。分别对左、右颈内动脉和左椎动脉造影摄片。将 C 臂围绕人体头部纵轴进行 2 次旋转采集,分别获得蒙片数据和造影数据;在三维工作站(Advantage Workstation 4.0)进行影像重建。由 2 名有经验的影像医师独立阅读常规 DSA 及三维 DSA 图像,确定动脉瘤的有无、单发或者多发、分布,意见不一致时经共同协商决定。选择瘤颈显示清晰的位置分别测量瘤径、动脉瘤的短轴及长轴,分类方法同 1.2.3 所述。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 11.5 统计学软件。DS-BR-CTA 和 DE-CTA 检测动脉瘤数目及分布与常规和旋转 DSA 对比,采用四格表计算两种 CTA 技术检测动脉瘤的敏感性、特异性、阳性预测值(positive predictive value, PPV)和阴性预测值(negative predictive value, NPV)。

2 结果

2.1 DS-BR-CTA 190 例接受 DS-BR-CTA 的患者中,3D-DSA 共检出 129 例(67.89%)、152 个动脉瘤,61 例(32.11%)患者未检出动脉瘤。129 例动脉瘤患者中,110 例为单发,19 例为多发(图 1)。3D-DSA 检出的 152 个动脉瘤分布位置如下:后交通动脉 48 个(图 2)、前交通动脉 35 个、大脑中动脉 30 个、颈内动脉 23 个、大脑前动脉 4 个、大脑后动脉 4 个、基底动脉 2 个、椎动脉 3 个、小脑后下动脉 3 个。3.0 mm 以下动脉瘤 27 个,3.1~5.0 mm 动脉瘤 56 个,5.0 mm 以上 69 个。

表 1 DS-BR-CTA 检出颅内动脉瘤的诊断效能

指标	结果				统计学分析(%)			
	真阳性	假阳性	真阴性	假阴性	敏感性	特异性	PPV	NPV
患者为单位(例)	125	1	60	4	96.90	98.36	99.21	93.75
部位为单位(个)	148	1	2887	4	97.37	99.97	99.33	99.86
按大小分类(个)								
>5.0 mm	69	0	60	0	100	100	100	100
3.1~5 mm	56	0	60	1	98.21	100	100	98.36
≤3.0 mm	27	1	60	3	88.89	98.36	96.00	95.24

表 2 DE-CTA 诊断颅内动脉瘤的效能

指标	结果				统计学分析(%)			
	真阳性	假阳性	真阴性	假阴性	敏感性	特异性	PPV	NPV
患者为单位(例)	56	0	17	1	98.25	100	100	94.44
部位为单位(个)	64	0	1117	3	95.52	100	100	99.73
按大小分类(个)								
>5.0 mm	28	0	17	1	96.55	100	100	94.44
3.1~5 mm	29	0	17	1	96.67	100	100	94.44
≤3.0 mm	10	0	17	1	90.91	100	100	94.44

以 3D-DSA 为诊断标准,DS-BR-CTA 正确检出 125 例患者 148 个动脉瘤,60 例患者无动脉瘤,1 例患者假阳性,4 例假阴性(表 1)。5 例 DS-BR-CTA 漏误诊患者中,1 例 CTA 假阳性患者诊断为前交通动脉瘤,报告大小 2.0 mm,4 例假阴性动脉瘤分别位于前交通动脉、后交通动脉、颈内动脉海绵窦段以及大脑中动脉远段分支动脉各 1 个,其中 3 例直径小于 3.0 mm,1 例直径 3.5 mm。

2.2 DE-CTA 74 例接受 DE-CTA 的患者中,3D-DSA 共检出 57 例、67 个动脉瘤,9 例为多发,17 例无动脉瘤。67 个动脉瘤中,22 个位于后交通动脉、14 个位于前交通动脉、12 个位于大脑中动脉(图 3)、8 个位于颈内动脉、5 个位于大脑前动脉、2 个位于基底动脉,位于右侧椎动脉、右侧小脑后下动脉、右侧大脑后动脉以及左侧脉络膜前动脉各 1 个。3.0 mm 以下动脉瘤 10 个,3.1~5.0 mm 动脉瘤 29 个,5.0 mm 以上 28 个。

以 3D-DSA 为诊断标准,DE-CTA 正确检出 56 例患者中的 64 个动脉瘤,17 例患者无动脉瘤。3 例动脉瘤被漏诊,其中 1 例位于左侧脉络膜前动脉远端,未发现明显的载瘤动脉而漏诊,1 例位于左侧大脑中动脉分叉部,大小为 1.7 mm,另 1 例位于位于左侧颈内动脉眼段,直径 4.0 mm。DE-CTA 检测颅内动脉瘤的诊断效能见表 2。

3 讨论

受颅底骨骼的干扰,早期利用 CT 显示颈内动脉颅内段动脉瘤成为一个棘手的问题,因而提出了不同的方法去除颅底的骨骼,以显示颈内动脉颅内段结构,DS-BR-CTA 即是其中的典型代表。Romijn 等^[4]的研究显示,以患者为单位,DS-BR-CTA 的敏感性、特异性、PPV 和 NPV 分别为 99%、90%、98%、95%;以部位为单位,上述指标分别为 91%、100%、97%、99%;对于 3.0 mm 动脉瘤的敏感性为 99%,对于 <3.0 mm 动脉瘤的敏感性仅为 38%。赵艳娥等^[1]利用 DS-BR-CTA 研究 95 例患者,发现其诊断颅内动脉瘤的敏感性和特异性分别为 94.2%和 100%;诊断小于 3.0 mm 动脉瘤的敏感性为 80.0%。本研究 DS-BR-CTA 结果显示,分别以患者和动脉瘤部位为单位,双源 CTA 对动脉瘤诊断的敏感性、特异性分别为 96.90%、97.37%和 98.36%、99.97%。尽管 DS-BR-CTA 有良好的图像质量,诊断颅内动脉瘤的准确性堪与 DSA 媲美,已广泛应用于临床,但该技术需要采集平扫和增强 2 次容积数据,增大了患者接受的辐射剂量;而且重症或烦躁患者检查期间的轻微运动导致两次扫描之间层面的空间配准不良,可致减影难以成功。因此,寻求新的解决方法仍属必要。

基于血液中碘成分与钙化或骨性成分的 X 线衰减率的差异,DE-CTA 利用双能量算法直接分离出复杂结构中的血管,达到去除骨性结构(包括血管硬斑块)的方法。Watanabe 等^[9]认为利用 DE-CTA 在单次采集下即可去除骨结构,可用于颅内动脉瘤和狭窄的评价。牛忠锋等^[10]发现

DE-CTA 和常规 CTA 在检出率、瘤颈和瘤体显示上具有同等效果,然而上述两组研究均未给出该技术诊断颅内动脉瘤准确性的数据。本研究发现,仅行单次对比增强 DE-CTA 即可较为满意地去除颅骨的干扰,清晰显示颅内血管结构;在诊断颅内动脉瘤方面与 DSA 相比有很高的诊断准确性,即使对 ≤ 3.0 mm 的动脉瘤的诊断敏感性也高达 90.91%。本研究结果与前期 DS-BR-CTA 诊断颅内动脉瘤的结果相近^[1],但 ≤ 3.0 mm 动脉瘤的诊断准确性远远高于 Romijn 等^[4]的报道。从 Romijn 等^[4]的研究中可知,DS-BR-CTA 和 DE-CTA 在诊断颅内动脉瘤方面准确性相当。尽管本研究未比较 DS-BR-CTA 和 DE-CTA 的图像质量和辐射剂量,但已发现,尽管颅底 DS-BR-CTA 总的影像质量优于 DE-CTA(主要是岩段和虹吸段的影像质量较差),但颅内血管 DE-CTA 和 DS-BR-CTA 影像质量无明显差异;而且由于减少了 1 次容积 CT 平扫,DE-CTA 较 DS-BR-CTA 总的辐射剂量降低约 60%^[11]。

总之,DE-CTA 诊断颅内动脉瘤的准确性与 DS-BR-CTA 相当,堪与 DSA 媲美,具有高度诊断敏感性的同时减少了患者的辐射剂量,可作为临床检测颅内动脉瘤的一种常规方法。

[参考文献]

- [1] Zhao YE, Zhang LJ, Zhou CS, et al. Intracranial aneurysms on dual-source CT angiography: comparison with conventional and three dimensional DSA. Chin J Radiol, 2008, 42(9):941-944.
赵艳娥,张龙江,周长圣,等.颅内动脉瘤双源 CT 血管成像与常规和三维 DSA 结果的比较.中华放射学杂志,2008,42(9):941-944
- [2] McKinney AM, Palmer CS, Truwit CL, et al. Detection of aneurysms by 64-section multidetector CT angiography in patients acutely suspected of having an intracranial aneurysm and comparison with digital subtraction and 3D rotational angiography. Am J Neuroradiol, 2008, 29(3):594-602.
- [3] Pozzi-Mucelli F, Bruni S, Doddi M, et al. Detection of intracranial aneurysms with 64 channel multidetector row computed tomography: comparison with digital subtraction angiography. Eur J

- Radiol, 2007, 64(1):15-26.
- [4] Romijn M, Gratama van Andel HA, van Walderveen MA, et al. Diagnostic accuracy of CT angiography with matched mask bone elimination for detection of intracranial aneurysms: comparison with digital subtraction angiography and 3D rotational angiography. Am J Neuroradiol, 2008, 29(1):134-139.
- [5] Graser A, Johnson TR, Bader M, et al. Dual energy CT characterization of urinary calculi: initial in vitro and clinical experience. Invest Radiol, 2008, 43(2):112-119.
- [6] Thieme SF, Becker CR, Hacker M, et al. Dual energy CT for the assessment of lung perfusion—correlation to scintigraphy. Eur J Radiol, 2008, 68(3):369-374.
- [7] Zhang LJ, Lu GM, Huang W, et al. Initial observations of dual energy lung perfusion imaging using dual-source CT. Chin J Radiol, 2008, 42(11):1183-1186.
张龙江,卢光明,黄伟,等.双源 CT 双能量肺灌注成像的初步观察.中华放射学杂志,2008,42(11):1183-1186.
- [8] Zhang LJ, Lu GM. Dual source CT and its clinical applications. Chin J Radiol, 2008, 42(2):206-208.
张龙江,卢光明.双源 CT 及其临床应用.中华放射学杂志,2008, 42(2):206-208.
- [9] Watanabe Y, Uotani K, Nakazawa T, et al. Dual-energy direct bone removal CT angiography for evaluation of intracranial aneurysm or stenosis: comparison with conventional digital subtraction angiography. Eur Radiol, 2009, 19(4):1019-1024.
- [10] Niu ZF, Qu HY, Gao ZL, et al. Application value of energy subtract angiography in diagnosis of cerebral aneurysms using dual-source CT. Chin J Med Imaging Technol, 2008, 24(9):1319-1322.
牛忠锋,曲海源,高振龙,等.双源 CT 双能量减影法 CTA 在脑动脉瘤诊断中的应用价值.中国医学影像技术,2008, 24(9):1319-1322.
- [11] Chai X, Zhang LJ, Lu GM, et al. Dual energy CT intracranial angiography: image quality, radiation dose and initial application results. Chin J Radiol, 2009, 43(7):725-729.
柴学,张龙江,卢光明,等.双能量 CT 头颅血管成像的影像质量、辐射剂量及初步临床应用.中华放射学杂志,2009, 43(7):725-729.