

# 双源 CT 双能量血管成像对颈内动脉海绵窦瘘的诊断价值

王莉 段艳华 王锡明 王建 程召平 乌大尉 武乐斌

**【摘要】 目的** 探讨双源 CT 双能量血管成像 (DE-CTA) 对颈内动脉海绵窦瘘 (CCF) 的诊断价值。**方法** 选择 14 例临床疑诊 CCF 的患者进行 DE-CTA。利用直接能量减影后的数据进行去骨图像重组,同时将能量平均后数据进行非去骨图像重组。由 4 名多年从事脑血管疾病影像诊断的放射科医师独立分析图像,其中 2 名评价颈内动脉海绵窦段 DE-CTA 的图像质量,2 名评价瘘口位置、数量、大小及有无异常的颅内静脉扩张,比较各种后处理方法对 CCF 瘘口及相关病变的显示情况。利用 *Kappa* 检验分析 2 名医师对图像质量评价的一致性。利用 *t* 检验及相关性分析评价去骨与非去骨重组图像测得的瘘口大小。**结果** 14 例患者 28 条颈内动脉颅内段均可以满足影像评价标准。14 例患者经行双能量直接去骨颅脑 CTA 检查均确诊为 CCF,其中,病变位于双侧 2 例,左侧 7 例,右侧 5 例。14 例患者共 16 处病变,非去骨及去骨重组图像均发现瘘口 16 处。去骨及非去骨重组图像测得瘘口的平均大小分别为  $(0.36 \pm 0.10)$ 、 $(0.35 \pm 0.11)$  mm,两者差异无统计学意义 ( $t = 0.29, P > 0.05$ ),且二者测量值之间有很好的相关性 ( $r = 0.97, P < 0.05$ )。去骨重组图像发现 8 例患者 13 支大脑皮质静脉扩张,非去骨重组图像仅发现 6 例患者 9 支大脑皮质静脉扩张。**结论** DE-CTA 图像多种重组方法相结合对 CCF 的诊断和治疗方案的制定具有重要价值。

**【关键词】** 颈动脉海绵窦瘘; 体层摄影术, X 线计算机; 图像处理, 计算机辅助

**Clinical value of dual-energy CT angiography in the diagnosis of carotid cavernous fistula** WANG

Li\*, DUAN Yan-hua, WANG Xi-ming, WANG Jian, CHENG Zhao-ping, WU Da-wei, WU Le-bin.

\*Department of Medical Imaging, Shandong University Provincial Hospital, Jinan 250021, China

Corresponding author: WANG Xi-ming, Shandong Medical Imaging Research Institute, Shandong Provincial Key Laboratory of Diagnosis and Treatment of Cardio-Cerebral Vascular Disease, Jinan 250021, China, Email: wxming369@163.com

**【Abstract】 Objective** To explore the clinical value of dual-energy CT angiography (DE-CTA) in the diagnosis of carotid cavernous fistula. **Methods** Fourteen patients suspected of carotid cavernous fistula underwent DE-CTA between Dec. 2008 and Feb. 2010. Image post-processing of DE-CTA was performed with the dedicated software to obtain bone-removal and non bone-removal images. Four experienced radiologists evaluated image quality of DE-CTA, the number, location and size of fistulae and dilation of cerebral veins. The bone-removal and non bone-removal images were compared for displaying of fistulae and other related lesions. *Kappa* test was used to test the consistency of image quality evaluation between two radiologists. The sizes of fistulae were measured with bone-removal DE-CTA images and non bone-removal DE-CTA images respectively and their results were compared by using student's *t*-test and the correlation test. **Results** Twenty-eight intracranial internal carotid arteries of 14 patients showed acceptable image quality. Fourteen cases were diagnosed as carotid cavernous fistula with both bone-removal and non bone-removal DE-CTA images. Two patients presented with bilateral lesions, while 7 patients presented with left lesions and 5 patients had right lesions. Totally, sixteen fistulae lesions were detected in 14 patients. The mean size of fistulae was  $(0.36 \pm 0.10)$  mm by bone-removal images, whereas  $(0.35 \pm 0.11)$  mm by non bone-removal images. There was no significant difference between the two methods ( $t = 0.29, P > 0.05$ ), and good correlation was found between the two methods ( $r = 0.97, P < 0.05$ ). Thirteen dilated cerebral veins in 8 cases were found by bone-removal images versus 9 dilated cerebral veins in 6 cases by non bone-

removal images. **Conclusions** Image post-processing of DE-CTA is a simple and useful method to identify carotid cavernous fistula. DE-CTA is also useful for therapeutic planning.

**【Key words】** Carotid-cavernous sinus fistula; Tomography, X-ray computed; Image processing, computer-assisted

颈内动脉海绵窦瘘(carotid cavernous fistulas, CCF)是颅底部较常见的一种血管性疾病,指颈内动脉与海绵窦间存在瘘道,从而使动脉血直接经瘘道进入海绵窦,造成一系列循环紊乱和临床综合征,此病多因外伤引起<sup>[1]</sup>。随着 CT 扫描技术和后处理功能的发展,MSCT 已成为诊断颅内血管疾病简单有效的检查方法。DSA 是诊断血管性疾病的金标准,但其为有创性检查,很难被大多数患者接受。双源 CT 双能量血管成像(DE-CTA)能在 1 次增强扫描期间通过 2 种能量级别 X 线衰减信息提取出血管结构,同时通过 2 种能量平均加权后的数据进行非去骨图像重组,可以清晰显示血管与邻近骨性结构的关系,相比以往减影 CTA 可以缩短检查时间,避免 2 次扫描间层面的空间配准不良,减少患者接受的辐射剂量<sup>[2]</sup>。本研究旨在研究 DE-CTA 多种后处理图像对 CCF 的诊断价值。

## 资料与方法

1. 临床资料:搜集 2008 年 12 月至 2010 年 2 月期间山东大学附属省立医院临床疑诊 CCF 行 DE-CTA 检查的 14 例患者,男 11 例,女 3 例。年龄 23~65 岁,平均(39±6)岁。有外伤史者 13 例。出现症状至就诊时间为 3 d 至 2 年。14 例患者均有不同程度的搏动性突眼,球结膜充血,视物模糊;复视者 10 例,阵发性头痛者 9 例,偶发鼻出血 2 例。所有患者均无碘对比剂过敏史,无心、肾、肝功能衰竭。检查前所有患者或家属均签署知情同意书。

2. 扫描设备及参数:所有患者扫描均采用 Siemens Somatom definition 双源 CT,均于检查前行碘过敏试验,观察 15 min 后均未出现严重不良反应。进行常规定位像扫描后直接进行双能量血管成像,扫描时经右肘前静脉应用双筒高压注射器以 4.0 ml/s 流率注射碘海醇(350 mg I/ml)70~80 ml,之后再以相同流率注射 30 ml 生理盐水,使用人工智能触发扫描,触发层面定为颈内动脉,触发阈值 100 HU,延迟 4 s 开始自动扫描。扫描范围从下颌骨至颅顶,足头方向扫描,扫描时间 5~7 s。2 个 X 线管电压分别为 140、80 kV,有效电流分别为 51、213 mAs,重建层厚 0.75 mm,层间距 0.5 mm,螺距 0.7, X 线管旋转时间 0.5 s/周。

3. 图像后处理:DE-CTA 扫描完成后,获得 3 组自动重建数据,即 80、140 kV 及平均加权(权重因子为 0.3)数据,将自动重建数据传输至工作站(Leonardo),利用双能量减影软件进行减影去骨,将减影后数据和平均加权数据分别进行 MPR、MIP 及 VR 图像重组获得去骨和非去骨 2 组图像。

由 4 名多年从事脑血管疾病影像诊断的放射科医师独立分析图像:甲、乙 2 名医师分别独立评价所有患者的去骨重组图像,丙、丁 2 名医师对平均加权的图像进行分析,经后处理重组获得显示瘘口的最清晰图像,分别确定 CCF 的有无,记录瘘口的位置、数量,测量瘘口的大小,测量 3 次取其平均值,观察有无异常扩张的大脑皮质静脉以及 Willis 环的开放情况,评价结果不一致时进行 2 次阅片,协商后统一意见。甲、乙 2 名医师以 5 分法评价 28 支 140 段颈内动脉颅内段(C1~C5 段)的图像质量<sup>[3]</sup>:5 分,显影清晰,管壁光滑锐利,无明显缺失;4 分,血管壁显影较清晰,管腔约 1/3 缺失;3 分,血管壁显影尚可,管腔 <1/2 缺失;2 分,血管壁显影可,管腔 >1/2 缺失,基本能评价;1 分,血管壁显影差,无法评价,血管节段性中断,大部分或全部被去除。

4. 统计学分析:采用 SPSS 13.0 软件对所得数据进行统计学分析,利用 Kappa 检验分析甲、乙 2 名医师对图像质量评价的一致性<sup>[2]</sup>。利用 t 检验及相关性分析评价去骨与非去骨重组图像测得的瘘口大小。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

14 例患者的 28 支 140 段颈内动脉颅内段均可满足影像学评价。其中,5 分 45 段(32.1%),4 分 35 段(25.0%),3 分 40 段(28.6%),2 分 20 段(14.3%)。C1 段(终段)图像质量最好,平均图像质量评分(4.36±0.22)分,C5 段(颈动脉管段)图像质量最差,平均图像质量评分(3.14±0.29)分;C2、C3 及 C4 段的平均图像质量评分分别为(4.21±0.19)、(3.75±0.26)、(3.36±0.27)分。甲、乙 2 名医师对图像质量评价的一致性较好(Kappa=0.74, $P < 0.05$ )。

1. CCF 的诊断:本组 14 例患者经 DE-CTA 检查均诊断为 CCF,病变位于左侧 7 例(图 1~3),右侧

5 例, 双侧 2 例(图 4~8)。去骨和非去骨 DE-CTA 重组图像均发现 14 例患者的海绵窦不同程度扩张, 并迂曲成团状, 14 例患者均有不同程度增粗的眼上静脉、面静脉。

非去骨及去骨重组图像均发现瘘口 16 处, 位于 C4 与 C5 段交界部 2 处, C4 段 6 处, C4 与 C3 段交界部 4 处, C3 段 4 处。去骨及非去骨重组图像测得瘘口的平均大小分别为  $(0.36 \pm 0.10)$ 、 $(0.35 \pm 0.11)$  mm, 二者差异无统计学意义 ( $t = 0.29, P > 0.05$ ), 且二者测量值之间有很好的相关性 ( $r = 0.97, P < 0.05$ )。

2. 异常扩张的大脑皮质静脉的显示: 去骨重组图像显示 8 例患者有 13 支异常扩张的大脑皮质静脉(图 5~7), 而非去骨重组图像显示 6 例患者有 9 支异常扩张的大脑皮质静脉(图 8)。

3. Willis 环的显示: 通过调整层厚去骨及非去骨 MIP 重组图像均显示 7 例患者有完整的 Willis 环(前交通动脉、双侧大脑前动脉 A1 段、双侧颈内动脉末端、双侧后交通动脉及双侧大脑后动脉显示清晰), 而去骨及非去骨 VR 仅显示 3 例患者有完整的

Willis 环。

## 讨 论

CCF 的临床主要症状为搏动性突眼, 是颈内动脉及其分支与海绵窦之间形成异常的动、静脉交通所致的 1 组临床综合征, 是颈内动脉海绵窦段或该段的分支破裂, 形成与海绵窦直接沟通的动静脉瘘。

1. CCF 的影像诊断: 海绵窦膨大及眼上静脉扩张是 CCF 最具特异性的影像征象<sup>[4]</sup>。DSA 可以提供供血动脉的来源、瘘口的位置和大小、静脉的引流方向及脑动脉的盗血情况和对侧脑动脉的代偿情况, 被认为是最具诊断价值的检查方法, 但其有创性已很难被患者接受<sup>[4-5]</sup>。彩色多普勒血流显像可以显示眶内粗大血管、血流方向及速度<sup>[6]</sup>。MRI 可以显示供血动脉、引流静脉、眼外肌、视神经及脑组织情况, 而且无需对比剂, 无放射损伤, 但是 MRI 难以显示细小血管分支, 对瘘口的显示也存在一定的局限性<sup>[7]</sup>。普通 CT 平扫与增强扫描可以显示扩张的眼上静脉全程、引流侧的海绵窦扩大、眼外肌和视神经的充血水肿, 但均不能准确观察供血动脉的来源

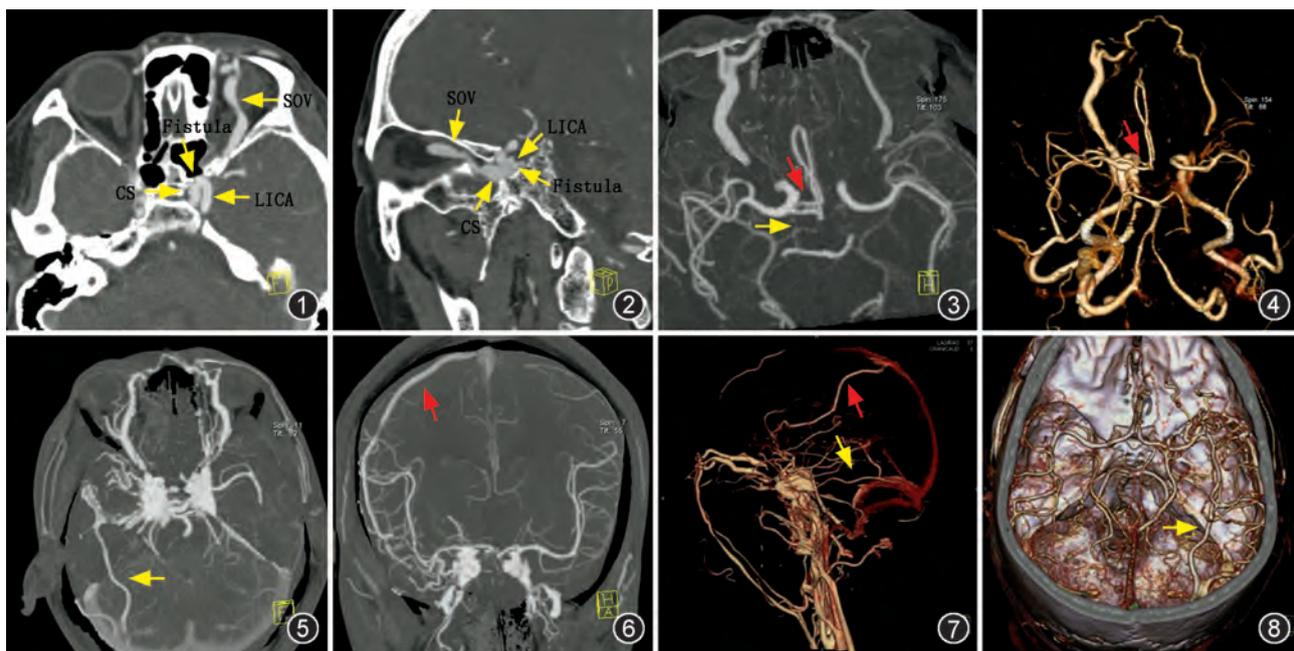


图 1~4 女, 57 岁, 3 个月前有头面部外伤史。双源 CT 双能量血管成像 (DE-CTA) 诊断左侧颈内动脉海绵窦瘘 (CCF)。图 1 为斜横轴面非去骨 MPR 图像, 示左侧颈内动脉 (LICA) 与海绵窦 (CS) 相通, 瘘口 (Fistula) 显示清晰 (箭), 同时可见增粗的左侧眼上静脉 (SOV, 箭)。图 2 为斜矢状面非去骨 MIP 图像, 同样可以显示左侧颈内动脉与海绵窦间的瘘口以及增粗的左眼上静脉, 同时还可以看出瘘口位于颈内动脉 C3 段 (箭)。图 3 为去骨 MIP 重组图像, 示双侧眼上静脉增粗 (左侧为著), Willis 环不完整, 左侧后交通动脉纤细 (黄箭), 左侧见 2 支大脑前动脉 (红箭), 右侧大脑前动脉缺如, 右侧后交通动脉未开放。图 4 为去骨 VR 图像, 显示双侧眼上静脉均增粗 (左侧为著), 左侧海绵窦扩张 (红箭)。图 5~8 男, 37 岁, 10 d 前车祸伤及头面部。DE-CTA 诊断双侧 CCF。图 5 斜横轴面去骨 MIP 图像, 示双侧海绵窦扩大, 双侧眼上静脉增粗, 同时右侧大脑半球内可见 1 支异常增粗的引流静脉 (黄箭)。图 6 为斜冠状面去骨 MIP 图像, 示双侧海绵窦扩大, 右侧大脑半球内见 1 支增粗的大脑上静脉回流至上矢状窦 (红箭)。图 7 为去骨 VR 图像, 示扩大的海绵窦, 增粗的眼上静脉、面静脉 (黄箭) 及 2 支异常增粗的引流静脉 (红箭)。图 8 为非去骨 VR 图像, 仅见 1 支引流静脉 (黄箭), 漏诊了图 7 红箭所示的引流静脉

及海绵窦内瘘口的情况<sup>[8]</sup>。MSCT 脑血管造影操作简单,可以清晰显示供血动脉及引流静脉,但受骨质结构的影像,对异常扩张的大脑皮质静脉显示欠清晰,常规减影 CTA 通过双期扫描可以去除骨质影像,清晰显示异常扩张的大脑皮质静脉<sup>[5]</sup>,但空间配准不良会导致减影难以成功<sup>[9]</sup>。本研究通过双源 CT 双能量直接去骨 CTA 及其强大的后处理功能可以清晰显示瘘口数量、位置、大小、其他颅内引流静脉及 Willis 环的开放情况。

2. DE-CTA 对 CCF 的诊断价值及优势:CTA 目前已成为脑血管疾病的重要检查方法<sup>[10]</sup>。尤其是减影 CTA 的问世,消除了颅底骨骼的干扰,大大提高了对颅底病变的检出率<sup>[2-3,10]</sup>,但是常规减影 CTA 需要平扫和增强 2 次扫描,要求 2 次扫描时患者保持绝对不动,否则会因为空间配准不良导致减影效果差。DE-CTA 通过 1 次扫描获得 2 组不同能量的数据,利用能量减影,达到去除骨性结构包括血管钙化斑块的目的,很好地解决了常规减影 CTA 存在的空间配准不良的问题。比较常规减影 CTA 与双能量直接去骨 CTA 的颅内动脉重组图像,后者较前者图像质量略有下降,但显示病变无差别<sup>[9]</sup>,且目前国内外已有文献将双能量直接去骨技术用于头颈部动脉瘤及动脉狭窄的诊断<sup>[11-12]</sup>,与金标准 DSA 相比,得出此技术具有较高的诊断准确率,提示 DE-CTA 对脑血管疾病的诊断具有临床应用的可行性。本研究 DE-CTA 诊断 CCF 患者 14 例,通过多种后处理方法可以清晰显示瘘口位置、大小,显示异常扩张的颅内静脉及 Willis 环开放情况。

3. CTA 各种后处理方法对 CCF 的诊断价值:术前明确 CCF 的瘘口大小及位置,对于手术方案的制定有重要的临床价值。本研究通过多种后处理方法对 14 例 CCF 患者的 16 个瘘口进行显示,得出斜矢状面 MPR 及 MIP 图像对瘘口的显示率最高,并可通过旋转显示瘘口的最大截面,进行瘘口大小的测量;去骨 VR 图像可以通过动脉期早显扩张的海绵窦、增粗的眼静脉等间接征象诊断本病,对瘘口的显示却比较困难。本研究中去骨 VR 显示 6 处瘘口,优于非去骨 VR 图像(显示 2 处)。

扩张的海绵窦及眼静脉是 CCF 常见的影像表现,也是各种后处理方法均容易发现的征象,除此,部分 CCF 还有其他颅内引流静脉的增粗,如皮质静脉及各种静脉窦,这些扩张的静脉为蛛网膜下腔出血、硬膜下血肿及其他神经功能障碍的发生创造了

条件,具有重要的临床意义<sup>[1]</sup>。本研究中去骨重组图像发现 8 例 13 支异常扩张的颅内引流静脉,而非去骨重组图像因受颅骨遮盖仅显示 6 例 9 支。

CCF 患者的血管内介入治疗主要是闭塞瘘口,但对于部分需闭塞颈内动脉的 CCF 患者,Willis 环开放情况的准确评估对手术方案的选择有重要的临床意义。非去骨薄层 MIP 通过调整层厚可清晰显示 Willis 环的细节及全貌,明确 Willis 环的开放情况,而非去骨和去骨的 VR 图像对细小的后交通动脉显示欠佳,不能准确评估 Willis 环开放情况。

综上所述,双源 CT 双能量直接去骨 CTA 多种后处理方法相结合,可全面清晰显示 CCF 的瘘口数量、位置、大小及 Willis 环开放情况,同时还可以显示颅内其他引流静脉,不仅有利于本病的诊断,而且可以指导手术方案的制定。

#### 参 考 文 献

- [1] 唐军,刘延军,李丰新,等. 急性血管内栓塞治疗外伤性颈内动脉海绵窦瘘. 中华放射学杂志,2006,40:966-969.
- [2] 张龙江,赵艳娥,柴学,等. 双源 CT 双能量直接去骨血管成像诊断颈内动脉颅内段动脉瘤并与 DSA 对照. 中国临床医学影像杂志,2009,20:603-606.
- [3] Sarikaya B, Sarikaya S, Deniz FE, et al. Unregistered subtracted CT angiography for the visualization of intracranial arteries at or near the skull base: preliminary experience. Diagn Interv Radiol, 2007,13:105-108.
- [4] 程金伟,魏锐利,蔡季平,等. 颈动脉海绵窦瘘的影像学诊断. 中华眼科杂志,2007,43:36-39.
- [5] 尤云峰,吕富荣,吕发金,等. CT 血管造影减影技术在脑静脉系统疾病诊断中的应用价值. 第三军医大学学报,2008,30:758-760.
- [6] 梁红. 彩色多普勒超声对颈动脉-海绵窦瘘的诊断价值. 实用医学影像杂志,2007,8:256-257,266.
- [7] 全世杰,董光,曹培成,等. 颈动脉海绵窦瘘的 MRI 诊断(附 12 例报告). 中华放射学杂志,2004,38:1197-1200.
- [8] 胡燕飞,王仲均,全伟,等. 数字减影血管造影对海绵窦瘘的诊断及其血管内治疗. 中华眼科杂志,1999,35:197-199.
- [9] 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,2009,43:725-729.
- [10] 吕发金,谢鹏,罗天友,等. 数字减影 CT 血管成像在蛛网膜下腔出血诊断中的价值. 中国医学影像技术,2007,23:45-48.
- [11] Deng K, Liu C, Ma R, et al. Clinical evaluation of dual-energy bone removal in CT angiography of the head and neck: comparison with conventional bone-subtraction CT angiography. Clin Radiol, 2009,64:534-541.
- [12] 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, 2009,19:1019-1024.

(收稿日期:2010-05-08)

(本文编辑:张琳琳)