

文章编号 1006-8147(2017)03-0231-04

论著

## 双源 CT 血管造影在先天性主动脉缩窄诊断中的应用价值

王承胜,段青,薛蕴菁,黄新明,王莉莉,王华

(福建医科大学附属协和医院放射科,福州 350001)

**摘要** 目的:探讨双源 CT 血管造影(DSCTA)诊断先天性主动脉缩窄的应用价值。方法:回顾性分析临床拟诊并经手术证实的 32 例主动脉缩窄患者的影像学资料。所有患者术前同时行彩色多普勒超声心动图(CDE)和 DSCTA。根据双源 CT 图像确定是否存在主动脉病变以及伴随的心血管畸形,并与超声心动图及手术结果对照分析。结果:32 例患者的主动脉缩窄术前 DSCTA 均获得正确诊断。28 例为局限性缩窄,4 例形成弥漫性长管状缩窄。DSCTA 诊断主动脉缩窄的敏感性为 100%(32/32),而 CDE 为 84.38%(27/32)。5 例为单纯型主动脉缩窄,27 例为伴有其它心血管畸形的复杂型主动脉缩窄。在复杂型主动脉缩窄中,DSCTA 诊断 19 例合并室间隔缺损,1 例漏诊。DSCTA 诊断的准确性为 95%(19/20),而 CDE 为 100%(20/20)。其余畸形 DSCTA 和 CDE 均诊断正确。结论:双源 CT 血管造影能准确地对主动脉缩窄进行诊断,并能同时显示合并胸部的大血管及心脏畸形。

**关键词** 体层摄影术;X 线计算机;主动脉缩窄;血管造影术

中图分类号 R814.43

文献标志码 A

### Value of dual-source CT angiography in the diagnosis of congenital aortic coarctation

WANG Cheng-sheng, DUAN Qing, XUE Yun-jing, HUANG Xin-ming, WANG Li-li, WANG Hua

(Department of Radiology, Union Hospital, Fujian Medical University, Fuzhou 350001, China)

**Abstract Objective:** To investigate the value of dual-source CT angiography (DSCTA) in the diagnosis of congenital aortic coarctation.

**Methods:** The image data of 32 patients with coarctation of aorta confirmed by surgery were analyzed retrospectively. All patients underwent both color doppler echocardiography(CDE) and DSCTA before operation. According to dual-source CT images, the presence of aortic lesions were determined and found to be associated with cardiovascular abnormalities, which were compared with CDE and surgical results. **Results:** All 32 patients with coarctation of aorta were diagnosed accurately on preoperative DSCTA. Twenty-eight cases were localized of coarctation, and 4 cases were diffuse long tubular coarctation. The sensitivity of DSCTA was 100% (32/32) for coarctation of aorta, while for CDE, the sensitivity was 84.38%(27/32). Five cases were simple coarctation of aorta, and 27 cases were complex coarctation of aorta which was accompanied with other cardiovascular malformations. In patients with complex coarctation of aorta, 19 cases with ventricular septal defect were diagnosed by DSCTA, and 1 case missed the diagnosis. The accuracy on DSCTA was 95% (19/20), while CDE was 100% (20/20). The rest of the malformations were diagnosed accurately on both DSCTA and CDE. **Conclusion:** DSCT angiography can make accurate diagnosis in patients with coarctation of aorta, and can also show accompanied thoracic great vessels and cardiac malformations.

**Key words** tomography; X-ray computed; coarctation of aorta; angiography

主动脉缩窄(coarctation of aorta, CoA)是比较少见的先天性心脏病, 占有先天性心脏病的 5%~7%<sup>[1]</sup>。过去主要依靠心血管造影来进行诊断,随着近年来医学影像学设备的发展与检查技术的不断更新, 多层螺旋 CT 以其很高的时间和空间分辨率在心脏及血管成像中具有突出的优势,为先天性主动脉缩窄提供了可靠的无创性检查手段。作为一种无创性检查方法,心电门控的双源 CT 血管造影(dual-source CT angiography, DSCTA)可以全面地评估心脏及大血管结构<sup>[2]</sup>。本研究通过回顾性分析 32 例经 DSCTA 诊断的主动脉缩窄病例,探讨双源 CT 血管

造影在其诊断中的价值。

### 1 资料与方法

1.1 一般资料 收集我院 2007 年 8 月-2016 年 6 月同时行彩色多普勒超声心动图(color doppler echocardiography, CDE)和双源 CT 检查并经临床手术证实的主动脉缩窄患者 32 例(男性 25 例,女性 7 例,年龄 2 个月~39 岁,平均 10.6 岁)。22 例患者于胸骨左缘第 2~4 肋间可闻及收缩期喷射性杂音;17 例患者上肢血压高,下肢血压低;7 例患儿哭闹后呼吸困难、口唇发绀。

### 1.2 检查方法

1.2.1 扫描前准备 检查前获得患者或其家属知情同意并签字确认,充分交代注意事项,缓解患者

作者简介 王承胜(1981-),男,主治医师,博士,研究方向:CT、MR 诊断;E-mail:wangchsh@sina.cn。

紧张情绪,对成人和能配合的患儿进行呼吸训练。对不能配合的患儿检查前口服水合氯醛镇静。

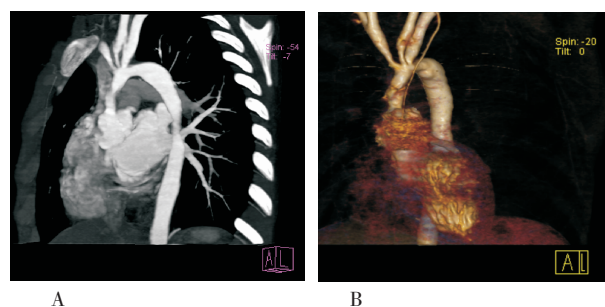
**1.2.2 成像技术** 采用德国 SIEMENS 公司生产的 SOMATOM Definition 双源 CT 机。在升主动脉根部平扫一层作为触发参考平面,于此平面主动脉腔内设置感兴趣区,采用回顾性心电门控技术,人工智能触发扫描系统,当感兴趣区内造影剂的 CT 值达到预设的阈值 100 Hu 时,嘱患者屏气,延迟 3~5 s 后自动触发扫描。造影剂采用欧乃派克(350 mg/mL,通用电气药业有限公司)。成人经右肘静脉以 5.0 mL/s 流率,小儿经右肘静脉或下肢静脉以 0.3~1.2 mL/s 流率注入适量造影剂,造影剂用量为 1.5 mL/kg 体质量。螺距为 0.20~0.43,具体根据扫描过程中心率的改变自动调节螺距。探测器准直为 32×0.6 mm,层面采集厚度为 64×0.6 mm。扫描条件根据患者年龄及体质量不同作适当调整。扫描范围为胸廓入口至膈肌。

**1.2.3 图像后处理及分析** 将采集的同一时相的原始数据由机器自动进行横断面薄层重建并将重建后的薄层图像传至图像后处理工作站进行图像重组。方法包括最大密度投影(MIP)、多平面重组(MPR)及容积再现(VR),以显示心内结构、心脏大血管连接、心外大血管和侧支血管等。所有图像均由 2 名高年资放射科医师采用盲法独立观察分析,结论不一致时通过共同协商并作出最后诊断,同时与超声心动图及手术结果对照。

## 2 结果

结合原始横断面图像及后处理图像,与手术结果比较,全部 32 例患者术前 DSCTA 诊断正确。但在横断面原始图像上,2 例局限性轻度狭窄病例漏诊为正常。故在横断面原始图像诊断的准确性为 93.75%(30/32),而在 MPR 及 VR 图像诊断的准确性均为 100%(32/32)。DSCTA 清晰显示了病变的部位、程度、范围、形态及缩窄处与左锁骨下动脉的关

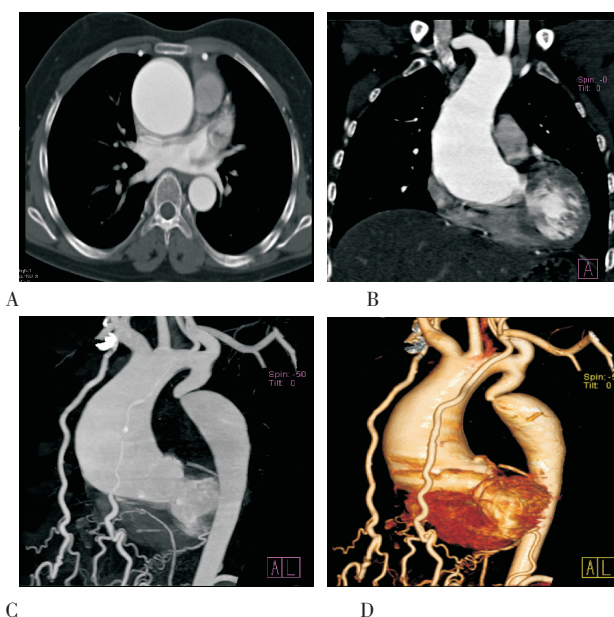
系(图 1~3)。



升主动脉及主动脉弓、降主动脉近段见两处长管状缩窄,头臂干、左颈总动脉及左锁骨下动脉起源靠近,头臂干及左颈总动脉起始处狭窄(A);VR 图像更直观、三维立体地显示了上述病变的位置及解剖关系(B)

图 1 主动脉长管状缩窄

Fig 1 Long tubular coarctation of aorta



主动脉弓降部远端缩窄,最窄处约 0.3 cm。升主动脉明显扩张膨大,直径约 4.8 cm,同层面降主动脉直径约 2.2 cm(A);冠状面重建图像显示了病变受累的范围(B);狭窄远端胸主动脉狭窄后扩张,双侧内乳动脉明显扩张(C,D)

图 2 主动脉缩窄伴升主动脉瘤样扩张

Fig 2 Aortic coarctation with expansion mimic ascending aortic aneurysm



主动脉弓部缩窄(A);同时合并右室双出口,升主动脉和肺动脉起于右心室,肺动脉主干增粗(B);室间隔缺损(C)

图 3 主动脉缩窄伴心脏复杂畸形

Fig 3 Aortic coarctation with complex cardiac malformation



28例为局限性缩窄,增厚的主动脉壁呈嵴状或膜状突入动脉内腔造成环状缩窄,甚至呈细线状,狭窄长度为4 mm~2 cm不等(图2、3);4例形成弥漫性长管状缩窄(图1)。DSCTA诊断主动脉缩窄的敏感性为100%(32/32),而CDE为84.38%(27/32)。

5例为单纯型主动脉缩窄,27例为伴有其它心血管畸形的复杂型主动脉缩窄。在5例单纯型主动脉缩窄中,2例伴升主动脉瘤样扩张(图2),3例伴狭窄后不同程度扩张(图2),3例伴广泛侧支循环形成(图2)。伴有其它心血管畸形的复杂型主动脉缩窄27例,其中DSCTA诊断19例合并室间隔缺损(图3),1例漏诊,诊断的准确性为95%(19/20),而CDE为100%(20/20)。其余畸形DSCTA和CDE均诊断正确。其中16例合并动脉导管未闭,未闭的动脉导管直径2~5 mm不等。合并肺动脉高压12例(图3),合并房间隔缺损、大动脉转位及双上腔静脉各4例,合并右室双出口3例(图3),合并迷走右锁骨下动脉2例,1例同时合并头臂干及左颈总动脉狭窄(图1)。多数为同时合并几种畸形,合并畸形中最多见者为室间隔缺损,其次为动脉导管未闭。

### 3 讨论

主动脉缩窄是指在动脉导管(或动脉韧带)区域的主动脉局限性狭窄,指由头臂干到第一肋间动脉之间的主动脉管腔缩窄。大多数主动脉缩窄发生在主动脉峡部,左锁骨下动脉和动脉导管(或动脉韧带)之间<sup>[3]</sup>。根据是否合并其它心脏和/或血管畸形,将其分为单纯型和复杂型。单纯型较少见,本组单纯型5例,这类患者因不伴有其它心血管畸形,如果缩窄的程度较轻,一般没有症状或症状轻微,发现时年龄多较大。更多见的是复杂型,复杂型主动脉缩窄常合并动脉导管未闭、室间隔缺损、主动脉瓣二瓣化畸形及残存左上腔静脉<sup>[4]</sup>等,其中以动脉导管未闭和室间隔缺损最为常见,与本研究结果一致。本组有27例合并多种心血管发育畸形,最多见的是室间隔缺损(20例),其次是动脉导管未闭(16例),复杂型因多伴有不同程度的血液动力学改变,临床会出现相应的症状和体征,发现时年龄多较小。主动脉缩窄的临床表现与其畸形病变及程度密切相关。本组17例患者上肢血压高,下肢血压低。主要是由于狭窄近心端血压增高,使左心后负荷增加,出现左心室肥厚、扩张,同时伴有继发性不易控制的上肢及头颈部血压升高,血流增多;下肢血压降低,血流减少。本组22例患者有心脏杂音,心脏听诊于胸骨左缘第2~4肋间闻及3~4/6级收缩期杂音,根据缩窄的程度、范围及侧支循环情况不

同,杂音的性质可为喷射样、吹风样及叹气样等。

对于主动脉缩窄的影像学诊断,数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)是其诊断的金标准<sup>[5]</sup>。DSA可以提供缩窄段和主动脉弓分支血管的高分辨率图像,也可以对缩窄段进行测量,观察侧支血管及其他心脏畸形。但DSA是侵入性有创检查,对于患病的婴幼儿需全身麻醉,具有一定的风险,病情较重和刚出生的婴幼儿可能无法耐受,患者接受的辐射剂量大,所需费用高。对于缩窄处管径<5 mm者行主动脉插管,导管常很难通过缩窄处,使DSA检查受到一定的限制<sup>[6]</sup>。

随着影像设备及检查技术的不断更新发展,迫切需要快速、准确且无创性的检查方法。目前用于诊断包括主动脉缩窄的先天性心脏病的无创性检查方法有CDE、CT及MRI等<sup>[7-9]</sup>。CDE简单、无创,是诊断先天性心血管疾病常用检查方法。与CT相比,CDE可实时动态观察心脏和主动脉的运动幅度和范围,特别对房室壁及瓣膜的形态和功能状态的观察具有更为精确和直观的优势,故对于复杂型主动脉缩窄所伴发的其它心脏畸形,CDE可能更有优势。本研究中DSCTA漏诊1例室间隔缺损,而在CDE则全部获得正确诊断,考虑可能与缺损范围较小且心脏搏动所产生的运动伪影干扰有关。但CDE由于受到主观和客观因素的影响尚不能完全满足临床手术方案的需要。本组32例主动脉缩窄病例有5例漏诊,考虑主观因素方面主要受操作者对本病的认识水平、经验及操作技术等影响;客观因素方面主要受肺内气体、胸壁骨质及肥胖等因素的干扰,特别对主动脉弓降部显示欠清,不能显示侧支血管有关。故CDE对显示心外大血管及其空间位置关系有一定的局限性。MRI能多方位、多参数成像,但成像时间长,不适用于小儿或不能合作的重症患者。

近年来,多层螺旋CT以其快速准确和价廉无创的优势而越来越多地应用于包括胸主动脉在内的血管病变的检出和评估。与常规多层螺旋CT相比,双源CT是具有2套高压发生器、0兆球管<sup>[10]</sup>及探测器组的64排螺旋CT。机架仅旋转90°(2个球管同时曝光)进行扫描即可获48幅1.2 mm或64幅0.6 mm层厚的高质量CT图像<sup>[11]</sup>。实现了各向同性扫描,空间分辨率明显提高,在显示图像的细节方面有明显提升。检查时间比目前常规64层螺旋CT快1倍,时间分辨率为83 ms<sup>[10]</sup>,即使患者年龄较小,难以配合屏气者亦可获得足以满足诊断的图像。在主动脉病变的检查中,完全可以1次屏气即可完成整个胸主动脉扫描。Onbas等<sup>[12]</sup>报道与心血管造影

相比,CTA 的辐射剂量只有心血管造影的 1/3~1/2。而双源 CT 的 CARE Dose 4D 软件及 ECG 心电脉冲自适应的射线剂量调控技术等的应用<sup>[13]</sup>,使心率越快患者(如婴幼儿)自动设置的螺距越大,扫描时间越短,X 线剂量与单源 CT 相比,能以较低的辐射剂量获得较好的图像质量及较高的准确性<sup>[14-15]</sup>。回顾性心电门控技术有利于减少心脏运动伪影<sup>[16-18]</sup>,本研究将其用于心脏和胸主动脉的联合检查,可以重建心动周期中任一时相的图像且可以减少运动伪影,有利于显示精细的解剖结构。但横断面 CT 图像是二维图像,其空间分辨率不高,对于隐匿的较小病变且主动脉弓迂曲者不易观察,如果不结合临床资料及多种重建方法仔细观察,很容易漏诊或误诊。故双源 CT 需配合其强大的图像后处理功能,MIP 可以直接显示病变段及迂曲扩张的肋间、乳内和后纵隔动脉等侧支血管。MPR 显示心脏与大血管的空间位置关系及心内的解剖结构。VR 成像技术能够三维显示心脏大血管的全貌、解剖结构和毗邻关系<sup>[9]</sup>,可以任意角度旋转观察,为诊断提供丰富的信息。本组 2 例局限性轻度狭窄病例在横断面原始图像上漏诊为正常,而在 MPR 及 VR 图像上最终获得正确诊断。

总之,DSCTA 是主动脉缩窄非常有效的影像学检查方法,在主动脉缩窄及其伴发的心血管畸形的术前诊断中具有重要价值。与 CDE 相结合实现了优势互补,可完全取代有创的 DSA 检查。

#### 参考文献:

- [1] Shih M C, Tholpady A, Kramer C M, et al. Surgical and endovascular repair of aortic coarctation: normal findings and appearance of complications on CT angiography and MR angiography[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2006,187(3):W302
- [2] Blanke P, Bulla S, Baumann T, et al. Thoracic aorta: prospective electrocardiographically triggered CT angiography with dual-source CT--feasibility, image quality, and dose reduction[J]. *Radiology*, 2010,255(1):207
- [3] 李瑞利,葛夕洪,祁吉. 主动脉缩窄的影像学评价[J]. *国际医学放射学杂志*, 2011,34(4):325
- [4] Pasquini L, Fichera A, Tan T, et al. Left superior caval vein: a powerful indicator of fetal coarctation[J]. *Heart*, 2005,91(4):539
- [5] Yoo S M, Lee H Y, White C S. MDCT evaluation of acute aortic syndrome[J]. *Radiol Clin North Am*, 2010,48(1):67
- [6] Riquelme C, Laissy J P, Menegazzo D, et al. MR imaging of coarctation of the aorta and its postoperative complications in adults: assessment with spin-echo and cine-MR imaging[J]. *Magn Reson Imaging*, 1999,17(1):37
- [7] Pache G, Grohmann J, Bulla S, et al. Prospective electrocardiography-triggered CT angiography of the great thoracic vessels in infants and toddlers with congenital heart disease: feasibility and image quality[J]. *Eur J Radiol*, 2011,80(3):e440
- [8] Hussain T, Lossnitzer D, Bellsham-Revell H, et al. Three-dimensional dual-phase whole-heart MR imaging: clinical implications for congenital heart disease[J]. *Radiology*, 2012,263(2):547
- [9] Boisselle P M, Bremerich J, de Roos A, et al. Expert opinion: computed tomography versus magnetic resonance imaging for young adults with congenital heart disease[J]. *J Thorac Imaging*, 2013,28(6):331
- [10] Achenbach S, Ropers D, Kuettner A, et al. Contrast-enhanced coronary artery visualization by dual-source computed tomography--initial experience[J]. *Eur J Radiol*, 2006,57(3):331
- [11] Scheffel H, Alkadhi H, Plass A, et al. Accuracy of dual-source CT coronary angiography: First experience in a high pre-test probability population without heart rate control[J]. *Eur Radiol*, 2006,16(12):2739
- [12] Onbas O, Olgun H, Ceviz N, et al. Interrupted aortic arch associated with absence of left common carotid artery: imaging with MDCT[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2006,29(3):429
- [13] Flohr T G, McCollough C H, Bruder H, et al. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system[J]. *Eur Radiol*, 2006,16(2):256
- [14] Nie P, Wang X, Cheng Z, et al. The value of low-dose prospective ECG-gated dual-source CT angiography in the diagnosis of coarctation of the aorta in infants and children[J]. *Clin Radiol*, 2012,67(8):738
- [15] Xu J, Zhao H, Wang X, et al. Accuracy, image quality, and radiation dose of prospectively ECG-triggered high-pitch dual-source CT angiography in infants and children with complex coarctation of the aorta[J]. *Acad Radiol*, 2014,21(10):1248
- [16] Nieman K, Pattynama P M, Rensing B J, et al. Evaluation of patients after coronary artery bypass surgery: CT angiographic assessment of grafts and coronary arteries[J]. *Radiology*, 2003,229(3):749
- [17] Rodenwaldt J. Multislice computed tomography of the coronary arteries[J]. *Eur Radiol*, 2003,13(4):748
- [18] Ropers D, Baum U, Pohle K, et al. Detection of coronary artery stenoses with thin-slice multi-detector row spiral computed tomography and multiplanar reconstruction[J]. *Circulation*, 2003,107(5):664
- [19] Pannu H K, Flohr T G, Corl M, et al. Current concepts in multi-detector row CT evaluation of the coronary arteries: principles, techniques, and anatomy[J]. *Radiographics*, 2003,23(suppl1):S111

(2016-08-21 收稿)