

# 高清 CT 容积螺旋穿梭技术在先天性心脏病中的初步研究

杨丕丕 张立仁 董智 刘喆 刘军波 刘士辰 曹会志

**【摘要】** 目的 研究高清 CT(HDCT)容积螺旋穿梭技术(VHS)在诊断先天性心脏病(CHD)方面的应用价值。方法 搜集行 HDCT VHS 扫描及超声心动图(ECHO)检查的 CHD 患者 43 例,分析经手术证实的 24 例(儿童 21 例,成人 3 例) HDCT 结果,与 ECHO 结果进行对比,评价 HDCT 对 CHD 病变、血流动力学、冠状动脉及合并心外病变的显示能力。有效剂量(mSv) = 剂量长度乘积(DLP) × K。**结果** 手术证实心内畸形 36 处,HDCT 符合率 100.0% (36 处)与 ECHO 一致。心脏大血管连接部及心外血管畸形 44 处,HDCT 符合率(95.4%,42/44)明显优于 ECHO(59.1%,26/44)。ECHO 提示间隔缺损右向左及左向右分流分别为 5 和 6 例,HDCT 均符合;双向分流 14 例,HDCT 除 1 例观察不清外,其余 13 例仅显示右向左分流。HDCT 冠状动脉开口及近段走行均完全显示。有效剂量:儿童(3.38 ± 1.86) mSv,成人(10.27 ± 2.59) mSv。**结论** HDCT VHS 诊断 CHD 中有较大优势,能够准确、无创地反映心脏、心外结构及血流动力学信息,为临床诊断提供帮助。

**【关键词】** 心血管畸形; 体层摄影术,X 线计算机

**Volume helical shuttle of high-definition CT in congenital heart disease: preliminary study** YANG Pi-pi\*, ZHANG Li-ren, DONG Zhi, LIU Zhe, LIU Jun-bo, LIU Shi-chen, CAO Hui-zhi. \* Department of Radiology, TEDA International Cardiovascular Disease Hospital, Tianjin 300457, China  
Corresponding author: ZHANG Li-ren, Email: cjr. zhangliren@vip. 163. com

**【Abstract】 Objective** To assess the clinical value of volume helical shuttle (VHS) of high-definition CT (HDCT) in the diagnosis of congenital heart disease(CHD). **Methods** Forty-three patients suffering from CHD were examined with VHS of HDCT and echocardiography (ECHO). Twenty-four patients (21 children, 3 adults) received surgery. Based on surgical data, the diagnostic accuracy of CHD by VHS of HDCT was compared with that by ECHO with respect to the intra-cardiac lesion, extra-cardiac lesion and hemodynamics. The visibility of the origin and proximal course of coronary arteries was also evaluated on VHS. CT effective doses were calculated, using  $mSv = DLP \times K$ . **Results** Thirty-six intra-cardiac deformities were found by operation, and the diagnostic accuracy of both VSH and ECHO were 100.0% (36/36). VHS successfully detected 42 of 44 (95.4%) cardiac-vascular connection and large vascular deformities, whereas ECHO only detected 26 (59.1%). The right-to-left shunt and left-to-right shunt of septal defects revealed by VHS were 5 and 6 patients respectively, which all coincided with the results of ECHO. Fourteen bi-directional shunt of septal defects were detected by ECHO, and 13 of them were diagnosed as right-to-left shunt by HDCT except an illegibility in 1 patient. The origin and proximal course of coronary arteries were all visible on VHS. Effective dose for children was (3.38 ± 1.86) mSv, and for adults was (10.27 ± 2.59) mSv. **Conclusions** VHS of HDCT scan is advantageous in the diagnosis of CHD. It can depict the intra- and extra- cardiac structures as well as coronary arteries and provide hemodynamic information.

**【Key words】** Cardiovascular abnormalities; Tomography X-ray, computed

MSCT 已广泛应用于心血管疾病的检查<sup>[1-3]</sup>,随着近年来影像设备和技术的不断更新,使以往无法

动态观察血流动力学改变成为可能<sup>[4-5]</sup>。高清 CT (high-definition CT, HDCT) 的容积螺旋穿梭 (volume helical shuttle, VHS) 技术在不降低图像质量的前提下大大提高了扫描范围,能够在数据采集期间使 CT 扫描床持续穿梭往复运动,并应用多种技术提高时间采样、实现最小“过扫描”,从而可以得到 4D 血管和大范围的器官灌注图像。此项技术

DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2012.02.004

作者单位:300457 天津,泰达国际心血管病医院放射科(杨丕丕、张立仁、董智、刘喆、刘军波);GE 中国 CT 影像研究中心(刘士辰、曹会志)

通信作者:张立仁,Email:cjr. zhangliren@vip. 163. com

在先天性心脏病 (congenital heart disease, CHD) 诊断中的应用笔者尚未检索到文献报道, 因此探讨 HDCT VHS 技术在 CHD 的应用及其价值。

### 资料与方法

1. 临床资料: 搜集 2010 年 6 月至 2011 年 2 月本院收治的 CHD 患者 43 例, 均行 HDCT VHS 技术扫描及超声心动图 (echocardiography, ECHO) 检查。分析其中经手术证实的 24 例, 男 18 例, 女 6 例, 年龄 2 个月至 33 岁, 其中儿童 21 例 (<1 岁 5 例, 1~5 岁 14 例, >5 岁 2 例), 成人 3 例。1 例因劳累后心悸、气短就诊, 余 23 例因发现心脏杂音和 (或) 发绀就诊。24 例均行畸形根治手术。

2. 扫描技术: 应用美国 GE Discovery CT750 HD 扫描仪, 采用 VHS 技术。根据身高及体质量设定扫描参数, 电压 80 或 100 kV, 自动 mA, 噪声指数 14~22, 扫描范围 11~28 cm (自胸廓入口至膈下), 扫描视野 32 cm × 32 cm, 层厚 5 mm, 螺距 1.375, 扫描床持续穿梭往复 10 次。不能合作患儿扫描前行水合氯醛中度麻醉, 待患儿熟睡后于平静呼吸状态下进行扫描, 能合作的患儿和成人扫描时嘱平静呼吸。采用非离子型对比剂碘海醇 (350 mg I/ml), 应用高压双筒注射器, 儿童选择足背浅静脉注射, 对比剂总量 1.5~2.0 ml/kg, 流率 0.8~3.0 ml/s, 成人选择肘静脉注射, 对比剂总量 70~100 ml, 流率 4.0~4.5 ml/s, 注射完毕后以相同流率注射生理盐水 5~20 ml。扫描延迟时间 6~8 s。

3. 重建方法及后处理方法: 将原始数据采用自适应统计迭代重建技术 (adaptive statistical reconstruction, ASiR) 30% 进行重建, 重建层厚 1.25 mm, 扫描仪按照扫描顺序自动拆分为 10 组数据 (扫描床穿梭 1 次获得 1 组数据), 即获得心脏动态灌注图像, 将其传至专业图像工作站 (AW 44, GE) 进行图像后处理, 并采用 4D Shuttle Review 分析图像。主要后处理方法有 VR、MPR、MIP 及连续或电影模式, 动态观察 HDCT VHS 技术对 CHD 及其血流动力学的显示情况。

4. 放射剂量计算方法: 根据有效剂量 (effective dose, ED) = 剂量长度乘积 (DLP) × K, 计算 ED 值 (mSv), K 为换算因子, 儿童 <1 岁为 0.039, 1~5 岁为 0.026, >5 岁为 0.018; 成人 0.014 (胸部检查)<sup>[6]</sup>。

### 结 果

1. HDCT VHS 技术对 CHD 病变的显示 (图 1):

24 例患者中单纯 CHD 5 例, 间隔缺损为主合并动脉导管未闭 4 例, 主动脉缩窄 1 例。复杂 CHD 19 例, 间隔缺损合并右室流出道狭窄 1 例, 合并主动脉缩窄 3 例, 合并肺静脉畸形连接 2 例; Fallot 三联症 10 例, 右室双出口 1 例, 完全型大动脉异位 1 例, 动脉导管未闭合并主动脉弓缩窄 1 例。累计经手术证实心内畸形 36 处, HDCT 和 ECHO 均证实 36 处, 符合率 100.0%; 心脏大血管连接部及心外血管畸形 44 处, HDCT 证实 42 处, 漏诊 2 处, 符合率 95.4%; ECHO 证实 26 处, 漏诊 18 处, 符合率 59.1%。

2. HDCT VHS 技术对血流动力学的显示 (图 2~4): 将对比剂由腔静脉流入右心-肺动脉、左心-主动脉, 再回流入腔静脉记为一个完整的心脏循环, 将对比剂由腔静脉流入右心房记为心脏循环的起始, 对比剂最终回流入腔静脉记为心脏循环的终止。心脏循环起始于扫描床持续穿梭往复的第 1 至第 4 次, 完成 1 个心脏循环需要扫描床持续穿梭往复 4~10 次, 平均 8 次。对房室间隔缺损分流方向的判断, ECHO 提示右向左分流 5 例, HDCT 均显示右向左分流, 即当右心显影而左心未显影时, 可见对比剂由右心自缺损处流入左心, 符合率 100.0%; ECHO 提示左向右分流 6 例, HDCT 均显示左向右分流而无右向左分流, 即当右心显影而左心未显影时, 缺损未显示, 而当左心显影后, 缺损方能显示, 符合率 100.0%; ECHO 提示双向分流 14 例, HDCT 除 1 例观察不清外, 其余 13 例 (92.8%) 均显示右向左分流, 即当右心显影而左心未显影时, 可见对比剂由右心自缺损处流入左心, 但当左心显影后, 对比剂由左心流入右心的密度差不明显, 因此不能判断是否合并左向右分流。

3. HDCT VHS 技术对冠状动脉及 CHD 合并心外病变的显示 (图 5~8): 综合观察多组数据, 按照左冠状动脉主干, 前降支近、中、远段, 回旋支近、远段, 右冠状动脉近、中、远段进行分段分析。全组患者均能完整显示冠状动脉开口; 6 例可见冠状动脉 3 支主干全程走行; 13 例可见 2 支主干全程走行, 即左冠状动脉主干及前降支近、中段、回旋支近段、右冠状动脉全程显示完整, 而前降支远段或回旋支远段显示不清; 其余 5 例可见 3 支主干近段走行。此外显示肺栓塞 1 例, 肺及支气管发育异常 2 例。

4. 有效剂量: 儿童 1.50~8.96 mSv, 平均 (3.38 ± 1.86) mSv, 其中 <1 岁 2.10~4.38 mSv, 平均 (2.95 ± 0.95) mSv, 1~5 岁 1.50~8.96 mSv, 平均 (3.66 ± 2.09) mSv, >5 岁 1.58~3.29 mSv, 平

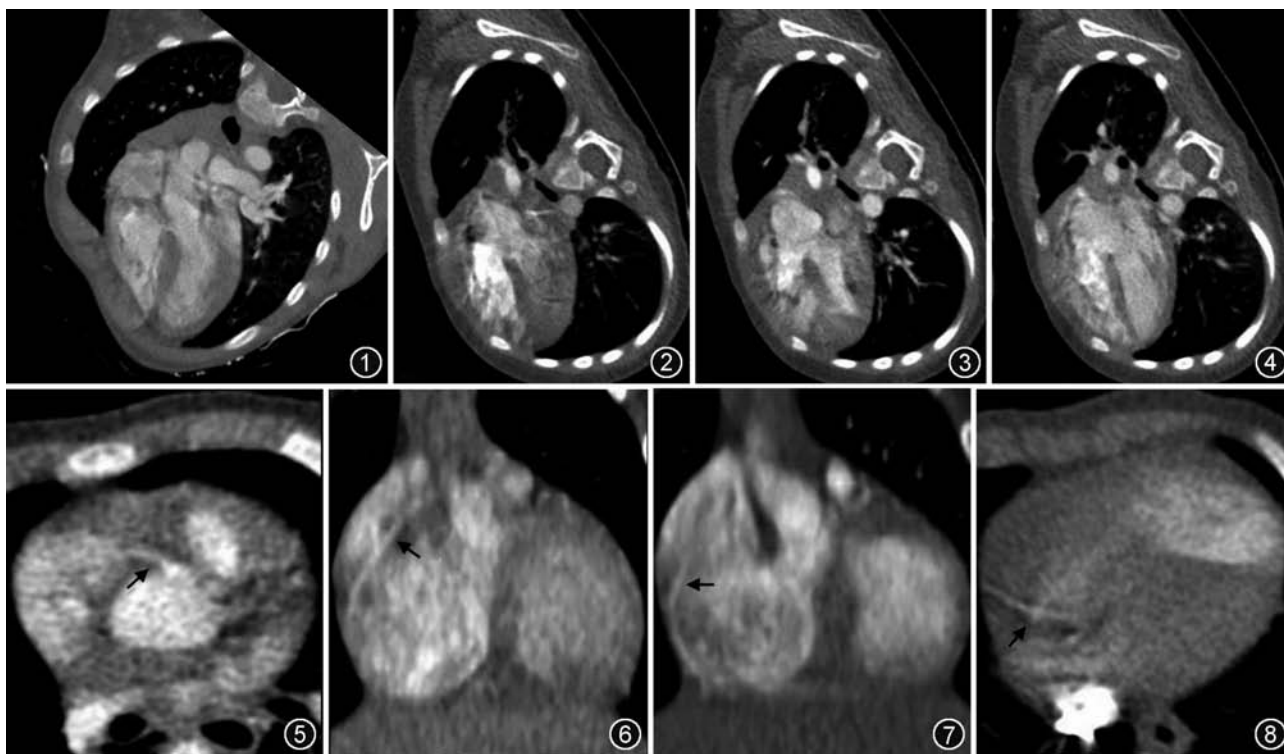


图1 临床诊断室间隔缺损(VSD),高清CT(HDCT)示室间隔连续性中断,手术证实VSD直径为4.5 mm 图2~4 临床诊断Fallot四联症,HDCT示VSD,右向左分流,分别在图2、3、4中顺序显示 图5~8 HDCT示右冠状动脉开口(图5箭)、近段(图6箭)、中段(图7箭)及远段(图8箭)

均( $2.44 \pm 1.21$ ) mSv;成人  $8.26 \sim 13.20$  mSv,平均( $10.27 \pm 2.59$ ) mSv。

## 讨 论

1. HDCT VHS 技术对病变的显示: CT 心脏大血管成像是诊断 CHD 的重要工具,它能够清晰显示心脏大血管畸形的解剖结构,特别对于心外血管病变如冠状动脉起源异常、体肺侧支等显示能力优于 ECHO<sup>[7]</sup>,对于判断 CHD 有无合并肺及气管等病变有独特优势<sup>[8-9]</sup>。心电门控 MSCT 虽可获得较高质量的心脏大血管成像<sup>[10]</sup>,但其在 CHD 中,由于心率、心律以及屏气配合等因素的影响,很难获得清晰的 Z 轴方向图像,不利于显示解剖结构;而非心电门控 MSCT 所获得的图像有运动伪影干扰,对于心内解剖细节以及冠状动脉开口、走行等显示能力也不令人满意。

VHS 技术由于采用多次往复采集,获得多组数据,弥补了单次采集因呼吸、心率等伪影以及扫描延迟时间不恰当等遗漏病变的不足。本组病例 HDCT 诊断心内畸形符合率 100.0%,与 ECHO 结果一致,以往学者认为 MSCT 对判断直径  $< 5$  mm 的间隔缺损有一定困难<sup>[11]</sup>,而本组病例间隔缺损  $< 5$  mm 病

变经多组数据综合分析均能诊断;诊断心脏大血管连接部及心外血管畸形符合率明显优于 ECHO。因此,VHS 技术不仅对于心外畸形的诊断率有明显优势,对于心内畸形的诊断率也有所提高。本组病例中 HDCT 漏诊 2 例肺动脉瓣狭窄病变,手术证实此 2 例患者肺动脉瓣均为二瓣且交界处粘连,因此考虑漏诊原因与诊断医师对肺动脉瓣形态改变认识不足以及心脏大血管搏动伪影导致的图像质量下降和 VHS 时间分辨率不足有关。

CHD 患者伴冠状动脉异常的发生率较高<sup>[12]</sup>,且冠状动脉的位置、走行对于复杂 CHD 的术前评估非常重要,关系到能否进行早期彻底校正性的手术<sup>[13]</sup>。本组病例冠状动脉开口及近段走行显示率明显优于以往 MSCT 结果<sup>[14]</sup>,而对于以往文献报道显示不佳的冠状动脉远段显示率也较高<sup>[13]</sup>。由于 VHS 技术能够使单组图像中未能显示的冠状动脉节段在多组图像中相互补充,从而明显提高了显示率,对复杂 CHD 术前决定手术方案很有价值。

2. HDCT VHS 技术对血流动力学的显示:以往 MSCT 多为静态成像,采用 VHS 技术获得的心脏灌注成像能够分析血流方向,估测循环时间,动态观察血流动力学改变。在显示房室间隔缺损分流方面,

HDCT 对单纯左向右分流或单纯右向左分流的判断与超声结果完全一致,可做到精确诊断;在复杂畸形双向分流的判断上,本技术观察右向左分流很敏感,但由于对比剂经过肺循环到达左心后的密度减低,与持续流入右心的高浓度对比剂无明显密度差别,此时虽然解剖畸形显示得很清楚,但对左向右分流的血流方向观察受限,也不能分析血流量大小,与 ECHO 相比不具有优势。与右心导管技术相比,本技术也不能提供血氧饱和度、心内压力、阻力等参数。

3. 有效剂量:由于 VHS 技术是对心脏进行反复扫描来监测对比剂的流进流出,因此剂量成为值得关注的问题,如何降低有效剂量,尤其对于儿童非常重要<sup>[15]</sup>。VHS 技术采用优化自动毫安(auto mA)及 ASiR 技术降低了 X 线剂量,在得到丰富图像数据的同时,儿童有效剂量与以往 CHD 非门控 MSCT 或双源 CT 心脏 CTA 检查结果相比仍有优势<sup>[16-17]</sup>,成人有效剂量也在 2010 年美国心脏协会专家共识中提及的 64 层冠状动脉 CTA 检查有效剂量范围内<sup>[18]</sup>。基于本组病例完成一个心脏循环扫描床平均穿梭往复 8 次,因此如能恰当选择延迟时间,适当减少扫描床穿梭往复次数,同时缩小扫描范围、合理降低噪声指数,还可以进一步降低有效剂量。

总之,HDCT VHS 技术在诊断 CHD 中优势明显,不仅能够在不增加有效剂量的前提下提供多组数据,准确、无创地反映心脏及心外结构,同时能够提供部分血流动力学信息,为临床诊断提供更多帮助。如何优化扫描方案,达到图像质量与有效剂量之间的最佳平衡,有待进一步探索。

#### 参 考 文 献

- [1] Tomasian A, Malik S, Shamsa K, et al. Congenital heart diseases: post-operative appearance on multi-detector CT: a pictorial essay. *Eur Radiol*, 2009, 19:2941-2949.
- [2] Wiant A, Nyberg E, Gilkeson RC. CT evaluation of congenital heart disease in adults. *AJR*, 2009, 193:388-396.
- [3] Wilson GT, Gopalakrishnan P, Tak T. Noninvasive cardiac imaging with computed tomography. *Clin Med Res*, 2007, 5: 165-171.
- [4] 萧毅, 田建民, 弓静, 等. 64 层 CT 在先天性心脏病诊断中的应用. *中国医学计算机成像杂志*, 2007, 13: 167-170.
- [5] 晏子旭, 徐磊, 杨琳, 等. 320 排容积 CT 低剂量左心房肺静脉成像. *中国医学影像技术*, 2010, 26:1772-1774.
- [6] AAPM task group 23 of the diagnostic imaging council CT committee. The measurement, reporting, and management of radiation dose in CT (AAPM Report 96). Washington: Am Assoc Phy Med, 2008;13.
- [7] Dillman JR, Hernandez RJ. Role of CT in the evaluation of congenital cardiovascular disease in children. *AJR*, 2009, 192: 1219-1231.
- [8] Siegel MJ. Multiplanar and three-dimensional multi-detector row CT of thoracic vessels and airways in the pediatric population. *Radiology*, 2003, 229:641-650.
- [9] Spevak PJ, Johnson PT, Fishman EK. Surgically corrected congenital heart disease: utility of 64-MDCT. *AJR*, 2008, 191: 854-861.
- [10] Ben Saad M, Rohnan A, Sigal-Cinquabre A, et al. Evaluation of image quality and radiation dose of thoracic and coronary dual-source CT in 110 infants with congenital heart disease. *Pediatr Radiol*, 2009, 39:668-676.
- [11] 黄美萍, 梁长虹, 曾辉, 等. 多层螺旋 CT 在小儿复杂先天性心脏病诊断中的应用. *中华放射学杂志*, 2004, 38:726-731.
- [12] Carvalho JS, Silva CM, Rigby ML, et al. Angiographic diagnosis of anomalous coronary artery in tetralogy of Fallot. *Br Heart J*, 1993, 70:75-78.
- [13] 杨明, 滕皋军, 莫绪明, 等. 64 层螺旋 CT 心电图与非门控扫描显示复杂先天性心脏病患儿冠状动脉. *中国医学影像技术*, 2008, 24:1943-1946.
- [14] Goo HW, Park IS, Ko JK, et al. Visibility of the origin and proximal course of coronary arteries on non-ECG-gated heart CT in patients with congenital heart disease. *Pediatr Radiol*, 2005, 35: 792-798.
- [15] Goo HW. State-of-the-art CT imaging techniques for congenital heart disease. *Korean J Radiol*, 2010, 11:4-18.
- [16] Taylor AM. Cardiac imaging: MR or CT? which to use when. *Pediatr Radiol*, 2008, 38 Suppl 3:S433-S438.
- [17] 侯志辉, 吕滨, 唐翔, 等. 儿童先天性心脏病双源 CT 胸部增强扫描剂量分析. *中华放射学杂志*, 2011, 45: 18-21.
- [18] American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents, Mark DB, Berman DS, et al. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SAIP/SCAI/SCCT 2010 Expert Consensus Document on Coronary Computed Tomographic Angiography: a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents. *Circulation*, 2010, 121: 2509-2543.

(收稿日期:2011-09-07)

(本文编辑:任晓黎)