

· 儿科影像学专题 ·

CT 容积螺旋穿梭技术评估儿童先天性心脏病血液分流位置及方向的研究

曹永丽, 彭芸, 王帆宁, 刘勇

【摘要】 目的:探讨 CT 容积螺旋穿梭(VHS)技术对儿童先天性心脏病血液分流位置及方向的评估价值。**方法:**32 例先天性心脏病患儿(男 24 例,女 8 例,年龄 1~24 个月,中位年龄 3 个月),采用 64 排 CT-VHS 技术进行心血管检查,观察和分析心血管畸形的类型和程度,同时记录血液分流的方向和位置,并将 CT 诊断结果与超声心动图检查结果进行比较。**结果:**超声心动图检查共发现 26 例患儿存在 44 处分流。CT-VHS 技术共发现 24 例患儿存在 30 处分流,包括 24 处心内分流和 6 处大血管间分流。分流表现包括单纯左向右分流 20 例患儿共 22 处分流,其中室间隔缺损 8 例、房间隔缺损 10 例、动脉导管未闭 2 例、主-肺动脉间隔缺损 2 例;单纯右向左分流 6 例共 6 处分流,包括室间隔缺损 4 例、动脉导管未闭 2 例;双向分流见于 2 例房间隔缺损的患儿。以超声心动图检查结果作为金标准,CT VHS 技术检出分流的敏感度、特异度及符合率分别为 60.9% (28/46)、75.0% (6/8)和 63.0% (34/54)。**结论:**CT-VHS 技术对小儿先心病的诊断准确性高,除了能显示解剖形态学异常,还能作为一种非侵入性检查方法准确客观地显示有无分流及分流的位置和方向,对血流动力学改变具有一定的诊断价值。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 容积螺旋穿梭技术; 先天性心脏病; 血流动力学

【中图分类号】 R814.42; R541.1 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2013)07-0715-04

Volume helical shuttle CT scanning technique for evaluating the location and direction of shunt in congenital heart disease of children CAO Yong-li, PENG Yun, WANG Fan-ning, et al. Imaging center, Beijing Children's Hospital Affiliated to Capital Medical University of Medical Science, Beijing, 100045, P. R. China

【Abstract】 Objective: To demonstrate the value of volume helical shuttle (VHS) CT scanning technique in the evaluation of the location and direction of shunt in congenital heart disease of children. **Methods:** 32 children (24 boys and 8 girls) having congenital heart disease with the age ranged from 1~24m (mean 3m) were recruited. 64-slice CT with VHS technique was used to study the pattern and degree of cardiovascular deformity, and the location and direction of shunt were recorded simultaneously. The CT findings were compared with those of echocardiogram retrospectively. **Results:** 44 shunts in 26 patients were identified on echocardiogram. 30 shunts in 24 patients were assessed on CT with VHS technique, including 24 intra-cardiac shunts and 6 inter-arterial shunts. The patterns of shunt showed as simple left-to-right shunt in 20 children (22 shunts) including ventricular septal defect (n=8), atrial septal defect (n=10), patent ductus arteriosus (n=2), aorticopulmonary septal defect (n=2); simple right-to-left shunt in 6 children (6 shunts) including ventricular septal defect (n=4), patent ductus arteriosus (n=2); and bilateral shunt in 2 patients with atrial septal defect (n=2). Using echocardiogram as the gold standard, the sensitivity, specificity and accuracy of CT with VHS technique in identifying shunt flow was 60.9% (28/46), 75.0% (6/8) and 63.0% (34/54), respectively. **Conclusion:** Dynamic CT with VHS technique could be used in the diagnosis of congenital heart diseases in children. Apart from displaying anatomic deformities, it is a non-invasive technique to objectively demonstrate the presence, the location and direction of shunt, and plays a helpful role in the evaluation of hemodynamic changes.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Volume helical shuttle technique; Congenital heart diseases

先天性心脏病是儿童时期心脏病变中的常见疾病。多排螺旋 CT 可以对复杂大血管畸形进行全面、准确、立体的观察和分析^[1],但一直未能满足临床对血流动力学异常改变情况的需求。CT 容积螺旋穿梭(volume helical shuttle, VHS)技术在观察先天性心脏病的形态学异常方面已体现出较大的临床应用价

值,螺旋往复穿梭扫描技术可以实现 31cm 四维动态 CTA 的优势,本研究拟应用此技术,尝试评估先天性心脏病 CT 扫描中难以评估的血流异常情况,为临床提供更多的信息。

材料与方 法

搜集 2012 年 1 月—8 月在本院进行 CT 检查并行手术治疗的 32 例先天性心脏病患儿的病例资料,男 24 例,女 8 例,年龄 1~24 个月,中位数 3 个月。体重 3~11 kg,平均 5.9 kg。心率 95~154 次/分,平均 120.9 次/分。

作者单位:100045 北京,首都医科大学附属北京儿童医院影像中心
作者简介:曹永丽(1980-),女,北京人,主治医师,主要从事儿科影像学诊断工作。
通讯作者:彭芸, E-mail: ppengyun@yahoo.com
基金项目:首都医学发展基金(2009-2077),北京市卫生系统高层次卫生技术人才培养项目(2011-3-054),科技重大专项项目(课题)(2011ZX09302-007-01)

检查前 4~6 h 禁食、禁水,口服 10% 水合氯醛 (0.5 mL/kg) 镇静。采用 GE HD750 CT 机行非心电图螺旋扫描。注射非离子型对比剂碘普罗胺 (300 mg I/mL), 1.2~2.0 mL/kg, 流率 0.5~1.2 mL/s, 5~12 s 后开始扫描, 平均 8.0 s。连续 7~12 次 (穿梭) 扫描, 扫描时间 8.8~14.0 s, 平均 11.6 s。动态增强扫描范围自胸廓入口下缘至膈水平, 范围 110~130 mm, 平均 112.7 mm。扫描方向从头向足、再从足向头, 来回穿梭扫描。根据患儿大小及病情决定穿梭扫描的数量。固定管电压 80 kV, 管电流 40~80 mAs, 平均 64 mAs, 层厚 5.000 mm, 重建层厚 0.625 mm。采用适应性统计迭代算法 (adaptive statistical iterative reconstruction, ASIR) 进行重建, ASIR 取 90%。扫描完毕, 将重建的图像传至 AW 4.5 工作站, 薄层图像连续动态观察, 并行多平面重组 (MPR)、最大密度投影 (MIP)、容积再现 (VR) 重组及电影动态显示, 保存有意义的重建图像。由两名分别具有 2 年和 6 年儿科影像学医生进行图像分析评估, 有不同意见病例讨论后达成一致。

超声检查均采用 Philip500 机型。由有经验的高年住院医师及以上级别心脏彩超专业医师操作并得出诊断结论。

结果

CT 对疾病的诊断结果: 14 种先天性心脏病, 共

59 例次。房间隔缺损 17 例次, 室间隔缺损 14 例次, 动脉导管未闭 7 例次, 右室双出口 4 例次, 主动脉弓发育不良 2 例次, 主动脉弓离断 2 例次, 主-肺动脉间隔 2 例次, 肺动脉吊带 2 例次, 永存左上腔静脉 2 例次, 主动脉弓缩窄 2 例次, 完全性大动脉转位 2 例次, 主动脉瓣上狭窄 1 例次, 完全型心内膜垫缺损 1 例次, 肺动脉狭窄 1 例次。

CT 对分流的诊断: ① 分流数量方面, CT-VHS 技术在 24 例中发现 30 例次分流, 包括 24 例次心内分流和 6 例次大血管间分流。24 例次心内分流包括室间隔缺损 12 例次, 房间隔缺损 12 例次。大血管间分流包括动脉导管未闭 4 例次, 主-肺动脉间隔缺损 2 例次。② 分流表现, 包括单纯左向右分流 (图 1) 20 例患儿共 22 例次分流, 室间隔缺损 8 例次, 房间隔缺损 10 例次, 动脉导管未闭 2 例次, 主-肺动脉间隔缺损 2 例次; 单纯右向左分流 (图 2) 6 例患儿共 6 例次分流, 其中室间隔缺损 4 例次, 动脉导管未闭 2 例次; 双向分流 (图 3) 见于 2 例患儿的房间隔缺损。③ 分流显示的时间, 左向右分流显示时间为 7.20~22.50 s; 右向左分流显示时间为 8.17~12.50 s。

超声心动发现 26 例患者共 44 处分流。CT 与心脏彩超对分流的诊断结果比较见表 1。以超声心动检查结果作为金标准, CT-VHS 检测分流的敏感度、特异度及符合率分别为 60.9% (28/46)、75.0% (6/8)

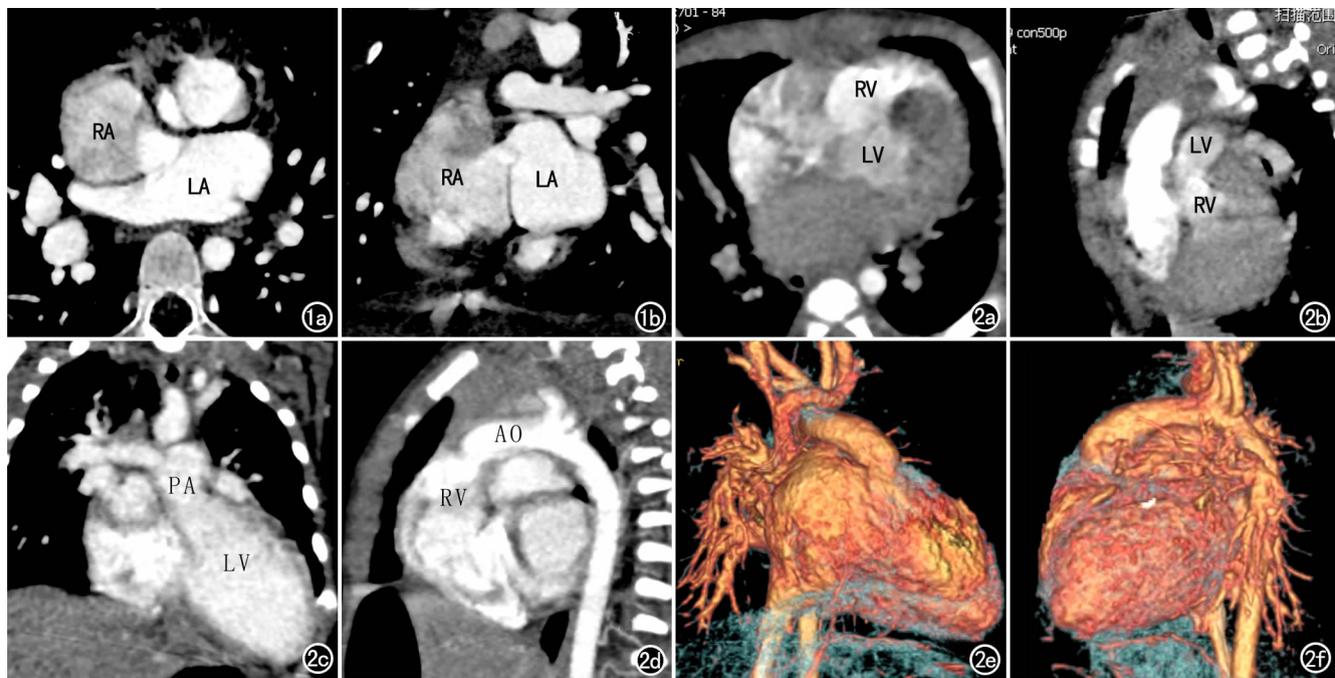


图 1 男, 24 个月, 房间隔缺损。注入对比剂后 15.9s 可见左房 (LA) 内高密度对比剂经房间隔缺损射入右房内 (RA)。a) 横轴面; b) 矢状面重组图像。图 2 男, 1 个月, 完全型大动脉转位伴室间隔缺损。a) 注入对比剂后 11.2s 横轴面图像; b) 同一时期斜矢状面重组图像, 均可见右室 (RV) 内高浓度对比剂经室间隔缺损射入左室内 (LV); c) 注入对比剂后 14.6s 斜冠状面重组图像, 可见左室 (LV) 连接肺动脉 (PA); d) 与图 c 同一时期矢状面重组图像, 可见右室 (RV) 连接主动脉 (AO); e) 三维重组图像示左室连接肺动脉; f) 三维重组图像示右室连接主动脉。

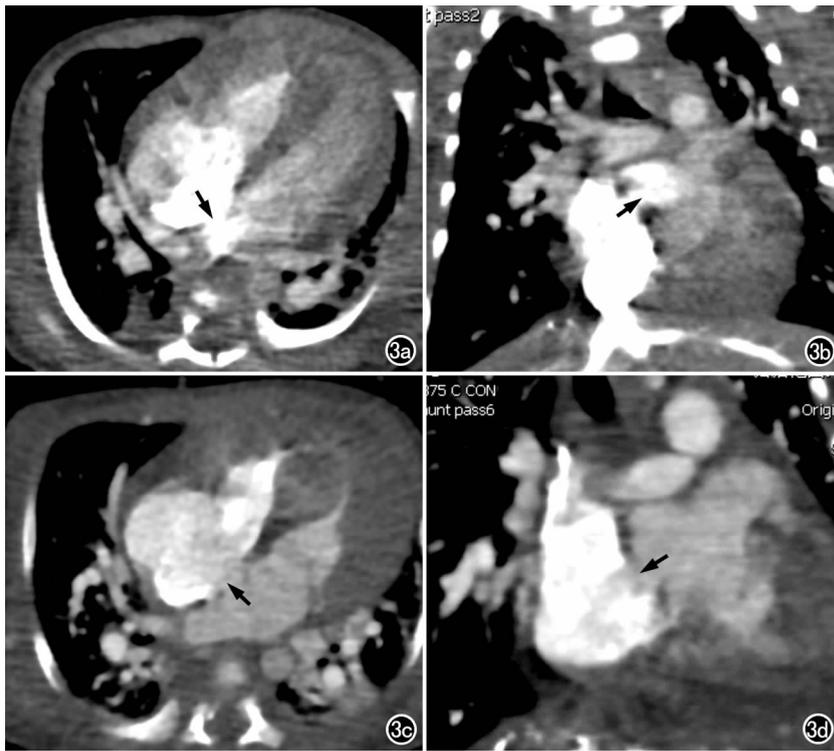


图3 男,2个月,房间隔缺损。a) 注入对比剂后12.3s横轴面图像; b) 同一时期冠状面重组图像,均可见右房内高密度对比剂经房间隔缺损射入左房内(箭); c) 注入对比剂后17.0s横轴面图像; d) 与图c同一时期斜矢状面重组图像,均可见左房内低密度对比剂经房间隔缺损射入右房内(箭)。

表1 CT和超声诊断心内分流情况 (处)

分流类型	CT	心脏彩超	CT诊断效能
左向右	22	28	假阴性6处,真阳性22处
右向左	6	4	假阳性2处,真阳性4处
双向	2	12	假阴性10处,真阳性2处
无分流	8	6	假阴性2处,真阳性6处
合计	30	44	真阳性28处,真阴性6处,假阳性2处,假阴性18处

和63.0% (34/54)。

讨论

宝石能谱CT作为一款全新设计、全新平台的高清能谱CT,采用了宝石作为探测器材料,其特有的高纯度和高通透性的物理学特性,再加上影像链中采样率的增高,专有的高清算法,使得宝石能谱CT能够在更低的剂量下获得更为清晰的图像质量,达到目前业内最高的空间分辨力和密度分辨力^[2]。宝石能谱CT在低剂量的条件下,实现了螺旋往复穿梭扫描技术,使得灌注覆盖范围远远超过了探测器宽度的限制,在保证灌注时间分辨力和避免锥形束伪影的同时实现了31 cm四维动态CTA和大范围灌注成像,可以达到相当于500排CT的覆盖范围^[3-4]。VHS提供几乎实时的血流动力学变化信息,形成类似电影样成像,能够提供血流信息,比如血流的方向等^[5]。

采用VHS进行心脏扫描时,为降低辐射,本研究中所采用的噪声指数为11~13。随着噪声指数增加,扫描的射线剂量下降,图像质量随之下降。为保证图像质量,在VHS技术的后处理中应用了ASIR重建方式。有研究显示,在低剂量情况下采用ASIR重建图像噪声明显降低,图像质量显著提高^[5-6]。VHS采用较大的噪声指数和适当的ASIR值,既可以得到满足诊断需要的重建图像,又能有效降低辐射剂量^[7]。

1. 影响分流显示的条件

1.1 启动扫描的时间

最佳扫描时间是第一个穿梭造影剂仅充盈右房,其余心腔没有对比剂。一般来说扫描时间为开始注射对比剂后6~8 s。患儿的心率、心功能等均会影响扫描时间。

心率:心率偏快的患儿,因为心内循环速度快,对比剂在心脏大血管内行走速度比正常情况下快,扫描时间可适当提前。当心率过快时,会影响成像质量,干扰检查结果。本组中有1例患儿心率

154次/分,心脏彩超显示动脉导管未闭,动脉水平有低速分流。于打药后5秒开始CT-VHS扫描,可以显示动脉导管未闭,却未见到明确分流。分析原因,考虑患儿心率过快,运动伪影较重,且本身分流量较小,伪影和分流的异常密度混杂在一起,很难分辨。所以要保证图像质量和可靠性,对患者心率应该有一定的要求,一般来讲,尽量控制在120次/分以内较为适宜。

心功能:常规用射血分数(EF)来表示。EF偏低时,心脏向大血管内射血能力减低,心内循环减慢,对扫描时间和分流显示时间均有影响,应比正常扫描时间向后延迟1~2 s。

1.2 扫描持续时间

主要由扫描的穿梭数决定。一般为8~10个穿梭。最后一个穿梭最好为上腔静脉充盈回流,此时右房对比剂变淡,伪影减小,使左右心腔存在一定密度差,且心脏结构清晰,此时为观察心内分流的最佳时机。扫描持续时间可根据扫描的穿梭数决定。穿梭数的多少主要由进床范围和心率决定。

进床范围(扫描范围):主要根据患儿身高来决定。身高大的患儿扫描范围必然应加大,每个穿梭扫描的时间就要增加,计算穿梭数时应当考虑这一点。同时需强调的一点是,对于肺静脉异位引流等需大范围扫描(超出心脏及主肺动脉之外)的患儿,我们不提倡在

容积穿梭时将扫描范围加大,因为必然会增加射线剂量,加之穿梭扫描会让扩大的范围加倍,剂量也加倍。所以对于此类患儿,我们是在正常心脏扫描范围内做容积穿梭扫描,最后一个穿梭结束后,再补一期大范围扫描。这样既不丢失病变,又能减少射线剂量。心率:心率快时,循环速度加快,不仅影响开始扫描的时间,也会影响扫描持续时间,两者均应比正常情况提前。扫描持续时间缩短,即意味着其它条件相同的情况下,扫描穿梭数可相应减少。

1.3 分流量的多少

分流两侧心腔或血管内的压力差大、分流多时分流显示就清晰、可靠,压力小、分流少时分流不易显示或不够可靠。

1.4 对比剂总量及流率

如果对比剂总量过大、流速过慢,则扫到穿梭 10 时,右心本应浓度减低,但此时仍为高密度对比剂,两侧心腔密度差小,无法在扫描晚期显示分流;而如果对比剂总量过小、流速过快时,穿梭数过少,扫描时间稍有误差,不仅增加对分流的漏诊概率,心内和大血管结构的显示也会受到影响。

2. 不同分流的显示特点

左向右分流:①心内分流:压力差较大的房间隔缺损或室间隔缺损于扫描早期可以看到左心低密度血液分流至右心内,呈局部的不均匀充盈缺损,但此种分流较难判断,多易与右房内伪影相混淆。大多数比较准确的左向右分流显示,为右心对比剂逐渐变淡,左心对比剂浓度相对较高,表现为左心高密度影通过间隔缺损射入右心腔内。②大动脉间分流:对于动脉导管未闭比较难观察,因为主动脉内充盈对比剂时,肺动脉内也有对比剂,两者间的密度差较小。本组患儿中 4 例经心脏彩超证实的左向右分流动脉导管未闭,CT 扫描时 4 例均能看到动脉导管未闭,但仅 2 例显示分流,分析原因为扫描时间过早,主动脉与肺动脉间密度差不大。主-肺动脉间隔缺损时,左向右分流 CTA 显示清晰。

右向左分流:①心内分流:本组右向左分流的患儿开始扫描时间为打药后 5~12s,均在第 1~2 个穿梭看到心内的右向左分流。如果开始扫描时间过晚,左右心房内充盈对比剂,分流便不易显示。②大动脉间分流:比较容易观察,因为在右心系统和肺动脉内有对比剂,而左心至少是左室内尚未有对比剂充盈时,主动脉内亦无对比剂。此时如果存在大动脉间的右向左分流,主动脉会在左室充盈对比剂之前提前强化,诊断分流是明确而又可靠的。同时还能间接证明肺动脉压力增高。因为正常情况下主动脉压力高于肺动脉压力,两者间若有交通,应该是主动脉侧血液流入肺动脉侧。

双向分流:本研究中所指的双向分流是指在不同扫描时间主要分流方向不同。其实双向分流应该随时存在,我们能看到的,只是在某个扫描时间内的主要分流方向。所以 VHS 在双向分流的诊断结果上与心脏彩超差异较大。

总之,分流既可以是高密度流向低密度,也可以是低密度流向高密度。不同疾病,观察分流的时间不同;同一疾病,扫描时间不同,分流的表现也可以不同,如较大房间隔缺损扫描早期可以是左心低密度向右心高密度内分流,扫描晚期是左心高密度向右心低密度内分流,双向分流可以在不同的时间表现为不同方向为主的分流。

3. 本研究中的不足之处

为了保证图像质量,传统方法是使用小的螺距、增加探测器重叠扫描的范围,但会导致辐射剂量增加。本研究中采用非螺旋扫描消除了重叠覆盖,整个心脏成像的辐射剂量减少 80% 以上,低至 2~3 mSv。辐射量较单期扫描大,较双期扫描小。本组中辐射剂量为 1.79~4.02 mSv,平均 3.37 mSv,部分扫描辐射量偏大,考虑和以下几个因素有关:第一,机器设定的最小扫描范围为 110 mm,对部分小婴儿来说偏大,这是硬件缺陷,无法避免;第二,穿梭数偏多。因为刚开始使用宝石 CT,启动扫描时间掌握不准确,有提前或延后的情况,为了不漏诊,最初选择穿梭数多为 10~12 个。积累一定经验后后期的部分患者适当减少了穿梭数(6~8 个)。

所以,在掌握扫描技术和熟悉分流特点的情况下,CT-VHS 不仅能很好显示病理解剖形态上的异常,更能作为一种无创的检查方法,为临床提供血流动力学的直接参考信息。

参考文献:

- [1] 汪洁,王青. MSCT 在复杂性先天性心脏病诊断中的应用价值和限度[J]. 国际医学放射学杂志,2009,32(3):124-128.
- [2] 张国桢. CT 的现状与展望[J]. JCT,2010,11(4):6-9.
- [3] 邓凯,张成琪,李伟,等. 宝石能谱 CT 的特点及临床应用价值[J]. 中国医药导报,2011,8(25):16-17.
- [4] 侯光,黄燕鹏,郑练,等. 500 层宝石 CT 在肠系膜动脉三维重建的临床应用[J]. 中国医药指南,2011,9(8):37-43.
- [5] Masahiro O, Tonslk K, Takamichi M, et al. Hepatocellular nodules in liver cirrhosis[J]. Abdom Imaging,2011,36(1):273-281.
- [6] Leipsic J, Nguyen G, Brown J, et al. A prospective evaluation of dose reduction and image quality in chest CT using adaptive statistical iterative reconstruction[J]. AJR,2010,195(5):1095-1099.
- [7] 齐丽萍,陈颖,高顺禹,等. CT 肺动脉造影检测肺栓塞_采用容积螺旋穿梭技术捕捉最佳成像时相[J]. 中国医学影像技术,2012,28(3):507-511.