

论 著

前瞻性 与 回顾性 MSCT在儿童复杂性先天性心脏病中的成像质量与剂量比较

1. 广州市白云区人民医院

(广东 广州 510550)

2. 广东省妇幼保健院

(广东 广州 511400)

3. 广州医科大学附属第一医院

(广东 广州 510120)

张秉权¹ 刘永熙² 邓 宇³

曾庆思³

【摘要】目的 比较前瞻性心电门控与回顾性心电门控冠状动脉CT对于小儿先天性心脏病的诊断价值、图像质量及辐射剂量。**方法** 回顾性分析76例经手术证实的先天性心脏病,所有患者均在本院行MSCT心脏成像,并记录患者心率、扫描时间、有效剂量。其中行前瞻性心电门控及回顾性心电门控MSCT心脏成像各38例。76例患者均经手术证实并在术前经胸骨后心脏超声(TTE)检查。所有心脏CTA图像均由两名高年资心胸组影像科医师采用双盲法对图像质量进行评分,评分标准参照五点分级量表,评估内容包括整体图像质量,心腔结构、冠状动脉开口、冠状动脉主干及主、肺动脉的显示情况。**结果** 76例患儿均成功完成扫描,76例患儿的心腔结构、心外大血管、冠状动脉开口及主干均能清晰显示,其中前瞻心电门控组患儿的有效剂量及扫描时间与回顾性心电门控组相比有显著差异($P<0.05$)。前瞻性心电门控组患儿的平均有效剂量比回顾性心电门控组减少约76.21%。**结论** MSCT前瞻性心电门控心脏成像在保证图像质量的前提下辐射剂量明显低于回顾性心电门控,应为先天性心脏病儿童心脏MSCT检查的首选。

【关键词】 心电门控; 前瞻性; 回顾性; 先天性心脏病

【中图分类号】 R445

【文献标识码】 A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2018.02.028

通讯作者: 曾庆思

Comparison of Imaging Quality and Dose in Prospective and Retrospective MSCT in Children with Complex Congenital Heart Disease

ZHANG Bing-quan, LIU Yong-xi, DENG Yu, et al., Baiyun District People's Hospital of Guangzhou, Guangzhou 510550, Guangdong Province, China

[Abstract] *Objective* To compare the image quality, dose, diagnostic value of perspective ECG-triggering and retrospective ECG gating coronary artery computed tomography. *Methods* Retrospective analysis of 76 cases of congenital heart disease, which was confirmed by surgery, all patients in our hospital MSCT cardiac imaging, and record the patients' heart rate, scan time, effective dose. Line of prospective heart switch controlled switch and a retrospective heart MSCT imaging all the 38 cases of heart. 76 patients were confirmed by surgery and preoperative via after sternal cardiac ultrasound (TTE) examination. The image quality of all cardiac CTA images evaluated by two high qualification radiologists by double blind method, classification of quantitative criteria refer to five tables, evaluation content includes the overall image quality, opening heart cavity structure, coronary artery, coronary artery and the mainpulmonary artery showed. *Results* 76 cases of children were successfully completed the scan, 76 cases of children with cardiac structure, extravascular large blood vessels, coronary artery opening and trunk can clearly show that the prospective ECG gating group of effective dose and scan time And there was significant difference compared with retrospective ECG gated group ($P<0.05$). The mean effective dose of the prospective ECG gated group was about 76.21% lower than the retrospective ECG gated group. *Conclusion* MSCT prospective ECG gated cardiac imaging is superior to retrospective ECG under the premise of ensuring image quality. It should be the first choice for MSCT in children with congenital heart disease.

[Key words] ECG-gating; Prospective; Retrospective; Congenital Heart Disease; CT

儿童先天性心脏病(congenital heart disease, CHD)是最常见的先天性畸形,发生率高达1%,也是先天性畸形的首要死因。目前国内应用MSCT诊断儿童复杂性先天性心脏病的研究较少,婴幼儿因心率控制、呼吸控制、检查前镇静处理等制约,多数采用回顾性心电门控,辐射剂量较大^[1-2]。故而,本研究通过对76例复杂性先天性心脏病患儿行回顾性及前瞻性MSCT心脏成像,比较两类门控方式心脏成像的图像质量及辐射剂量。

1 资料与方法

1.1 病例资料 本研究通过了医院伦理委员会的审查,选择2015年5月~2016年5月在我院拟行复杂性心脏病手术的患儿100例,最后纳入76例,其中法洛氏三联症35例,完全性大动脉转位15例,肺动脉闭锁15例,右室双出口9例,术前将其随机分配至回顾性($n=38$)及前瞻性($n=38$)心电门控组,所有患者均于心脏MSCT成像后3天至2个月内行手术治疗。

1.1.1 纳入标准: (1)所有患儿均已行经心脏超声检查诊断为复杂性先天性心脏病; (2)所有病人均经手术证实。

1.1.2 排除标准: (1)未能配合完成检查者; (2)对碘剂过敏者; (3)年龄大于12岁者。

1.2 扫描设备及技术

1.2.1 扫描设备：所有患儿均使用德国Siemens Definition AS+128层CT行心血管成像。扫描前均使用咪达唑仑对患儿作镇静处理。因经过镇静处理的患儿心率会有所下降且多数心律变得较为整齐，故均未对患儿心率进行控制。常规使用铅皮护罩对患儿的晶状体和性腺进行保护。取仰卧位扫描。扫描范围自胸廓入口至左膈下2cm。使用非离子型对比剂欧乃派克(300mg/ml)，婴幼儿血管脆弱，低碘浓度对比剂黏稠度相对较低，不易引起对比剂渗漏；同时，对比剂引起的腔静脉伪影更小。剂量为2.0~2.5ml/kg，用双筒高压注射器，注射流速为0.5~2.0ml/s，然后以相同流速追加1.0~2.0ml/kg体重的生理盐水。使用对比剂跟踪技术自动触发扫描或手动触发扫描。

1.2.2 扫描参数：80~100kv，100~150mA，准直128×0.625mm，转速为0.4s/r，层厚0.6mm。扫描采用前瞻性心电门控或回顾性心电门控。前瞻性心电门控采集时间窗为30%~50%R-R间期的自动最佳期相。

1.3 图像重建及后处理 所有图像重建层厚0.75mm，层间隔为0.5mm，卷积核为B26f，扫描后将数据发送到syngoMMWP工作站进行分析后处理，图像后处理包括多平面重组(MPR)、最大密度投影(MIP)和容积再现(VR)等方法重组。

1.4 图像质量评估 由两名高年资心胸组影像科医师(分别具有15年以上影像阅片经验，8年以上心胸影像阅片经验，3年以上心脏影像阅片经验的影像科医师)以双盲法对图像质量进行评估，评估内容包括整体图像质量，心腔

结构、冠状动脉开口、冠状动脉主干及主、肺动脉的显示情况。对图像质量评价有分歧时，一同重新阅片，达成一致意见。

评分标准如下：使用五点分级量化表评估总体图像质量^[3]。没有运动伪影和冠状血管清晰显示的情况下给出1分(极好)；如果出现少量伪影和冠状血管轻微模糊，则给出2分(良好)；如果出现中度伪影和冠状血管中度模糊，但冠状血管没有出现结构不连续的，则给出3分(一般)；出现严重的伪影，冠状血管行程出现双边或不连续，则给出4分(差)；如果数据不可用于评估，血管结构与周围组织不可区分，则给出5分(不可读)。图像质量的示例如图1-10所示。以满足日常临床诊断为目的，图像质量评分为3或更好被认为是可接受的，而评分为4或5被认为是不可接受的。

患儿平均心率103次/分，行前瞻性心电门控扫描，诊断为永存动脉干伴冠状动脉开口异常(左冠脉开口于无冠状窦)，MSCT心脏成像能清晰显示心腔结构、冠状动脉开口、冠状动脉主干及主、肺动脉的情况。

1.5 辐射剂量的计算 通过CT自动计算得到的心脏扫描容积CT剂量指数(CTDI_{vol})和剂量长度乘积(DLP)，计量心脏CT检查的有效剂量(ED)^[4]使用公式 $ED=k \cdot DLP$ ；k值为胸部剂量转换系数。仪器自动生成CT剂量指数[volume CT dose index, CTDI(单位；mCy)]和剂量长度乘积[dose length product, DLP](单位：mGy/cm)。然后根据公式换算成有效剂量[Effective dose, ED(单位；mSv)]： $ED=DLP \times k$ ，其中k为换算因子(胸部，儿童4个月以下0.0392；1岁以下0.026；6岁以下0.018)^[5]。

1.6 统计方法 应用商业统计软件SPSS19.0对上述数据进行统计学分析，计数资料以个数及百分比%表示，计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示。采用两组独立样本t检验比较两组心脏CT检查的辐射剂量。两位医师图像质量评分的一致性评估，参考Rekha Raju等^[6]的方法，通过k-statistics实现；分类方法如下：一般(k=0.21-0.40)，合适(k=0.41-0.60)，好(k=0.61-0.80)，以及非常好(k=0.81-1.00)。图像质量取两组平均值再行Wilcoxon等级检验， $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 辐射剂量的比较 38例前瞻性扫描平均剂量45.10mGy/cm(21-73)，38例回顾性扫描平均剂量约189.58mGy/cm(143-261)，两组剂量进行W检验，P值分别为0.974、0.965，随后进行方差齐性检验，F值为14.24，P值小于0.05，进行T检验后P值小于0.01。说明前瞻性门控与回顾性门控扫描的有效剂量差异具有统计学意义。前瞻性心电门控组患儿的平均有效剂量比回顾性心电门控组减少约76.21%。

2.2 辐射剂量与扫描时间的关系 扫描时间方面：38例前瞻性扫描平均时间3.50秒，38例回顾性扫描平均时间5.03秒，两组时间进行W检验，P值分别为0.930、0.957，两组时间进行方差齐性检验，F值为0.690，P值为0.409，P值小于0.01；辐射剂量方面：38例前瞻性扫描平均剂量45.10(21-73)，38例回顾性扫描平均剂量约189.58(143-261)，两组剂量进行W检验，P值分别为0.974、0.965，随后进行方差

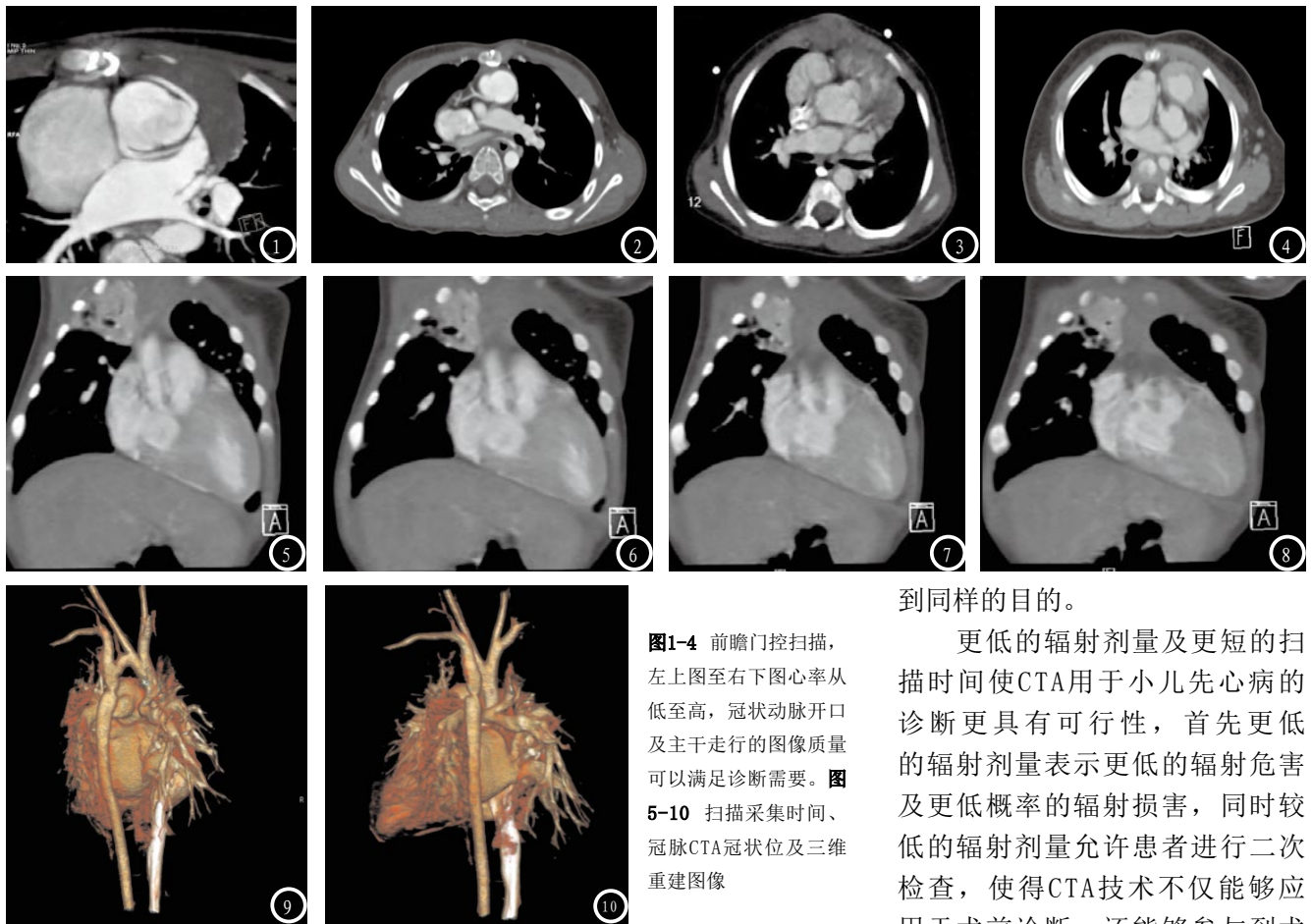


图1-4 前瞻门控扫描，左上图至右下图心率从低至高，冠状动脉开口及主干走行的图像质量可以满足诊断需要。图5-10 扫描采集时间、冠脉CTA冠状位及三维重建图像

到同样的目的。

更低的辐射剂量及更短的扫描时间使CTA用于小儿先心病的诊断更具有可行性，首先更低的辐射剂量表示更低的辐射危害及更低概率的辐射损害，同时较低的辐射剂量允许患者进行二次检查，使得CTA技术不仅能够应用于术前诊断，还能够参与到术后疗效评估当中。其次，更少的扫描时间不仅可以减少因扫描时间过长带来的运动伪影，而且可以适用于不同心率的患者，由于扫描时间的减少，心率快慢对大螺距扫描的影响较小。A. M. den Harder^[7]等人的研究表明在CT冠状动脉成像使心电脉冲管电流能够明显减少辐射剂量，在我们的研究中也使用了西门子公司的Care Dose 4D技术，该技术根据患者体厚、球管角度，扫描长轴和不同扫描器官全自动动态实时调节管电流的大小，相比传统管电流保持不变的检查技术大大减少了患者所受的辐射剂量，这一点与M. Koplay^[8]等的研究结果相似。

3.2 前瞻性及回顾性门控序列扫描图像质量的对比 研究发现，所有76例患儿的心内结构、冠状动脉开口、冠状动脉主干及

齐性检验，F值为14.24，P值小于0.05，进行T检验后P值小于0.01。显示辐射剂量差异与扫描时间具有统计学意义，说明扫描时间尤其是曝光时间是辐射剂量的主要影响因素。

2.3 心率与辐射剂量的关系 使用SPSS分别对前瞻性心电门控组(PG)扫描时间(PGTime)与辐射剂量(PGDose)、回顾性心电门控组(RG)扫描时间(RGTime)与辐射剂量(RGDose)绘制散点图，并做Spearman秩相关系数检验，得出回顾心电门控组秩相关系数为0.147，前瞻心电门控组秩相关系数为-0.344。结果显示前瞻心电门控组与回顾心电门控组辐射剂量与患者心率并无明显相关，说明在我们的数据中，心率并不是决定辐射剂量的主要原因。但是，心率增加会导致前瞻性心电门控扫描的辐射剂量相对心率较

慢者有一定程度的增加，这是由于一定采集时间内心电触发次数增多间接导致扫描时间延长所致。

3 讨论

3.1 前瞻性心电门控与回顾性心电门控扫描时间与辐射剂量的对比 38例行前瞻性心电门控扫描的辐射剂量(21-73, 45.10)明显小于回顾性辐射剂量(143-261, 189.58)， $P < 0.01$ ，这主要与扫描时间有关。对比两组患者扫描时间发现，前瞻组扫描时间明显短于回顾组， $P < 0.01$ 。应用大螺距扫描在一定程度上缩短了扫描时间，同样可以达到降低辐射剂量的作用。所以，为了达到降低辐射剂量的目的，除了扫描仪器升级换代带来各种飞跃以外，还可以通过多种扫描技术结合达

心外大血管均能够在图像中分辨, 并可以清晰显示冠状动脉异位起源的情况。由此可见(1)心率的快慢对心电门控MSCT心脏成像在心内结构、冠状动脉及心外大血管的诊断影响不大; (2)该研究中前瞻性心电门控序列与回顾性心电门控序列扫描图像的诊断价值相当; (3)心电门控MSCT心脏成像在发现心内结构畸形的同时, 还能够兼顾观察到患儿冠状动脉起源的情况。

3.3 CARE技术的运用

CARE技术即自动综合选择管电压和管电流的技术, 该技术实现了患者个体化的剂量管理, 已在双源CT得到应用, 韩雪等对CARE技术对128层螺旋CT冠状动脉造影的辐射剂量与图像质量的研究中得出CARE技术能在不降低图像质量的前提下明显降低辐射剂量^[9]。在我们的研究中回顾性心电门控组扫描剂量与韩雪等研究中的平均剂量相似, 而前瞻心电门控组剂量较之明显偏低, 进一步说明前瞻性心电门控能够降低患者所受的辐射剂量。

综上所述, MSCT前瞻性心电门控心脏成像在保证图像质量的

前提下辐射剂量明显低于回顾性心电门控, 应为先天性心脏病儿童心脏MSCT检查的首选扫描方案。除此之外, 多种扫描技术的结合可以进一步降低辐射剂量, 在保证心脏成像质量符合诊断目的的前提下, 进一步拓展了其在儿童心脏疾病方面的应用。随着CT扫描仪扫描时间不断减少、探测器灵敏度不断提高、后处理算法不断更新等因素综合影响, MSCT心脏成像的剂量有望进一步降低。

参考文献

- [1] 苗颖, 宾精文, 布桂林. 128层CT前门控低剂量扫描在小儿复杂先天性心脏病的临床应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2016, 14(10): 51-54.
- [2] 张晓凡, 王志伟, 郝明珠, 等. 优化CTA技术在婴幼儿复杂先天性心脏病术前诊断的研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2016, 14(11): 47-49.
- [3] 张梦龙, 魏勤, 王兢. 小儿心脏双源CT图像质量和辐射剂量多模态对比研究[J]. 医学影像学杂志, 2016, 26(4): 617-619, 629.
- [4] Zhimin Liu, Lei Song, Tong Yu, et al. Application of low dose radiation and low concentration contrast media in enhanced CT scans in children with

congenital heart disease[J]. International Journal of Clinical Practice, 2016, 70(9B): B22-B28.

- [5] 朱巧洪, 林翰菲, 孙翀鹏, 等. 128层多排螺旋CT前门控与非门控技术在小儿先天性心脏病中的应用对比[J]. 实用医学影像杂志, 2015, 16(1): 30-33.
- [6] Rekha Raju, et al. Comparison of image quality, and diagnostic interpretability of a new volumetric high temporal resolution scanner versus 64-slice MDCTA[J]. Clinical Imaging, 2016, (40): 205-211.
- [7] A. M. den Harder, et al. New horizons in cardiac CT[J]. Clinical Radiology, 2016, 71(8): 758-767.
- [8] M. Koplay, et al. Radiation dose and diagnostic accuracy of high-pitch dual-source coronary angiography in the evaluation of coronary artery stenoses[J]. Diagnostic and Interventional Imaging, 2016, 97(4): 461-469.
- [9] 韩雪, 王朝晖, 郑新, 等. CARE技术在128层螺旋CT冠状动脉造影中的应用[J]. 医学影像学杂志, 2014, 24(10): 1716-1720.

(本文编辑: 黎永滨)

【收稿日期】2017-05-16