

# 儿童先天性心脏病双源 CT 胸部增强扫描剂量分析

侯志辉 吕滨 唐翔 韩磊

**【摘要】** 目的 分析儿童先天性心脏病接受双源 CT 扫描时辐射剂量。方法 70 例患儿, 年龄 1 个月至 8 岁, 均接受双源 CT 胸部增强扫描。将患儿按年龄分为 <1 岁组 (44 例)、1~5 岁组 (14 例)、>5 岁组 (12 例), 使用方差分析比较 3 个年龄组的双源 CT 检查辐射剂量, 再使用 SNK 检验两两间差异; 使用多元线性回归分析剂量长度乘积 (DLP) 与年龄、体重、管电压、管电流、螺距、扫描层数间的关系。结果 70 例患儿双源 CT 辐射剂量为  $DLP = (144.46 \pm 74.07) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$ , 有效剂量 (ED) =  $(4.68 \pm 2.34) \text{ mSv}$ 。3 个年龄组 DLP 均不完全相同 [ <1 岁组  $(104.00 \pm 56.26) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$ , 1~5 岁组  $(199.00 \pm 76.22) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$ , >5 岁组  $(208.00 \pm 73.87) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$ ,  $F = 8.26, P = 0.0009$  ], <1 岁组与 1~5 岁组, <1 岁组与 >5 岁组差异均有统计学意义 ( $q$  值分别为 5.21, 6.52,  $P$  值分别为 0.009, 0.004), 1~5 岁组与 >5 岁组间差异无统计学意义 ( $q = 0.28, P = 0.48$ )。3 个年龄组 ED [ <1 岁组中位数为 3.20 mSv, 1~5 岁组为  $(5.17 \pm 1.98) \text{ mSv}$ , >5 岁组为  $(3.74 \pm 1.33) \text{ mSv}$ ,  $F = 0.54, P = 0.59$  ], 差异没有统计学意义。DLP 与年龄 (中位数为 4.3 岁,  $r = 0.54186, P = 0.0008$ )、体重 (中位数为 12.1 kg,  $r = 0.56371, P = 0.0004$ )、管电压 [ $(95.48 \pm 6.99) \text{ kV}$ ,  $r = 0.63269, P < 0.01$ ]、管电流 [ $(138.55 \pm 40.67) \text{ mA}$ ,  $r = 0.79608, P < 0.01$ ]、扫描层数 [ $(236.10 \pm 46.51)$  层,  $r = 0.72192, P < 0.01$ ] 均呈正相关, 与螺距 ( $0.48 \pm 0.03, r = -0.46693, P = 0.0047$ ) 呈负相关。结论 1 岁以上先天性心脏病患儿接受双源 CT 检查的 DLP 显著高于 1 岁以下患儿, 但由于 1 岁以下患儿的 ED 系数高于其他各组, 各年龄组 ED 差异无统计学意义。

**【关键词】** 儿童; 心脏缺损, 先天性; 体层摄影术, X 线计算机; 辐射剂量

**Evaluation of radiation dose in chest scan with enhanced dual-source computed tomography in children with congenital heart disease** HOU Zhi-hui, LÜ Bin, TANG Xiang, HAN Lei. Department of Radiology, Fuwai Cardiovascular Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences, Peking Union Medical College, Beijing 100037, China

Corresponding author: LÜ Bin, Email: cjr.lubin@vip.163.com

**【Abstract】** **Objective** To evaluate the radiation dose from enhanced dual-source computed Tomography (DSCT) scan on children with congenital heart disease (CHD). **Methods** Seventy children with CHD, age from 1 month to 8 years old, were scanned with enhanced DSCT. Children were divided by age into <1 year old group, 1—5 years old group, >5 years old group. The differences among three groups were tested by  $F$  test. Then, the SNK test was used to compare the difference between each group. Multiple linear regression analysis was used to test the relationship of dose length product (DLP) with the age, weight, voltage, current, pitch and scan sheet. **Results** The average value of DLP was  $(144.46 \pm 74.07) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$  for all the 70 cases, and that of effective dose (ED) was  $(4.68 \pm 2.34) \text{ mSv}$ . There were significant differences of DLP among the 3 groups [ <1 year  $(104.00 \pm 56.26) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$ , 1—5 years  $(199.00 \pm 76.22) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$ , >5 years  $(208.00 \pm 73.87) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$ ,  $F = 8.26, P = 0.0009$  ]. The SNK test showed statistical differences of DLP between <1 year old group and 1—5 years old group, and between <1 year old group and >5 years old group ( $q = 5.21, 6.52, P = 0.009, 0.004$ ). The difference of DLP between 1—5 years old group and >5 years old group did not reach significant ( $q = 0.28, P = 0.48$ ). The differences of ED was not statistically significant among the three groups [ <1 year 3.20 mSv, 1—5 years  $(5.17 \pm 1.98) \text{ mSv}$ , >5 years  $(3.74 \pm 1.33) \text{ mSv}$ ,  $F = 0.54, P = 0.59$  ]. DLP was positively correlated

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2011.01.004

作者单位: 100037, 中国医学科学院 协和医学院 北京阜外心血管病医院放射科

通信作者: 吕滨, Email: cjr.lubin@vip.163.com

with age (4.3 years,  $r=0.54186$ ,  $P=0.0008$ ), weight (12.1 kg,  $r=0.56371$ ,  $P=0.0004$ ), voltage [ $95.48 \pm 6.99$  kV,  $r=0.63269$ ,  $P<0.01$ ], current [ $138.55 \pm 40.67$  mA,  $r=0.79608$ ,  $P<0.0001$ ] and scan sheet ( $236.10 \pm 46.51$ ,  $r=0.72192$ ,  $P<0.01$ ). DLP was negative correlated with pitch ( $0.48 \pm 0.03$ ,  $r=-0.46693$ ,  $P=0.0047$ ). **Conclusion** Higher DLP was observed in children over 1 year old under enhanced DSC scan, but ED was not statistically significant among the three groups due to the higher K value in the children under 1 year old.

**【Key words】** Child; Heart defects, congenital; Tomography, X-ray computed; Radiation dosage

自从 1972 年 CT 被用于临床以来,随着其成像能力的不断飞跃,接受 CT 检查的人数也快速增多。因此,在人们关注其诊断疾病能力的同时,患者所受 X 线辐射剂量的问题也日益凸显。特别是对于先天性心脏病儿童的辐射剂量问题,更是给予了特别的关注,第四届欧洲小儿放射框架会议就在成人 CT 检查标准的基础上制定了小儿 CT 检查指南<sup>[1,2]</sup>;美国食品与药品管理局(FDA)也提出了对 CT 辐射剂量的严格控制问题,特别是对于儿童<sup>[3]</sup>。本研究针对 CT 用于儿童先天性心脏病检查的剂量、与年龄的关系、与扫描参数之间的相关性,回顾性分析北京阜外心血管病医院双源 CT 检查对先天性心脏病儿童的辐射剂量问题。

### 资料与方法

1. 病例选择及分组:连续选择自 2009 年 5 月至 9 月间于本院行双源 CT 胸部增强检查的先天性心脏病患儿,图像均满足诊断的需要。入选年龄 <8 周岁。共 70 例,男 46 例,女 24 例。详细记录每例患儿的性别、年龄、体重、心率、心律波动、CT 扫描的管电压、管电流、螺距、层数、剂量长度乘积(dose length product, DLP; 图 1~4)。按照美国医学物理学家协会 CT 诊断成像委员会(AAPM)所制定的不同年龄对应不同的有效剂量 K 值分组方法<sup>[4]</sup>,

根据年龄将儿童分为 <1 岁组(44 例)、1~5 岁组(14 例)、>5 岁组(12 例)3 组。

2. 扫描及成像设备:采用双源 CT(西门子 Definition)扫描机进行回顾性心电门控螺旋扫描,对 <1 岁的患儿采取 80 kV 的管电压,对 >5 岁的患儿采取 100 kV 的管电压,对 1~5 岁的患儿根据体重个性化选择管电压(10 kg 以下选择 80 kV, 10 kg 以上选择 100 kV),管电流 100~257 mA,螺距 0.34~0.50,扫描层数 175~350。采用图像处理工作站(GE Advantage Workstation 4.3)对图像进行后处理。对患儿扫描均由经验丰富的技师完成。

3. 放射剂量指标分析:CT 扫描后均自动生成 DLP。并根据有效剂量(effective dose, ED) = DLP × K, 计算 ED 值(mSv; K 为换算因子,对于胸部检查, <1 岁组为 0.039, 1~5 岁组为 0.026, >5 岁组为 0.018)<sup>[4]</sup>。

4. 统计学处理:应用 SPSS 17.0 软件进行分析。使用方差分析比较 3 个年龄组双源 CT 辐射剂量,再使用 SNK 法检验两组间差异。使用多元线性回归分析 DLP 与年龄、体重、管电压、管电流、螺距、扫描层数间的关系。 $P<0.05$  为有统计学意义。

### 结果

1.3 组之间 DLP 和 ED 的比较:70 例患儿双源

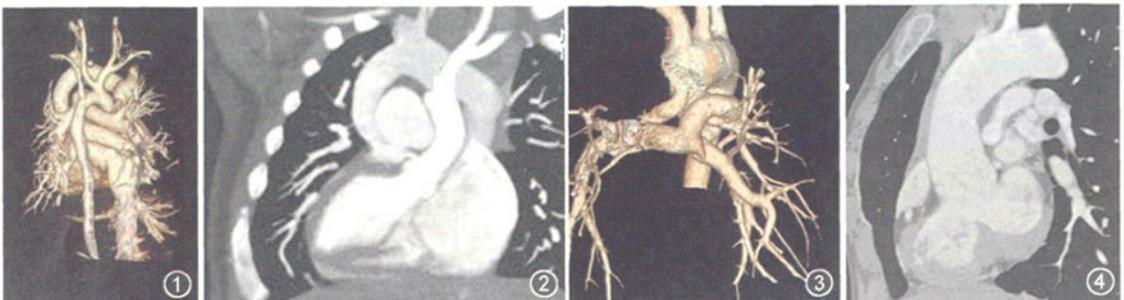


图 1,2 男,3 个月,体重 6.5 kg,管电压 80 kV,管电流 115 mA,螺距 0.5,扫描层数 175,心率 131 次/min,剂量长度乘积(DLP) 39 mGy·cm,诊断为完全性肺静脉异位引流(心上型)。图 1 为 VR 图像,显示 4 支肺静脉汇成垂直静脉,异位引流入上腔静脉。图 2 为 CPR 图像,显示 4 支肺静脉汇成垂直静脉,异位引流入上腔静脉。图 3,4 男,6 岁,体重 20 kg,管电压 100 kV,管电流 234 mA,螺距 0.4,扫描层数 225,心率 84 次/min, DLP 263 mGy·cm,诊断为肺动脉闭锁。图 3 为 VR 图像,显示肺动脉闭锁,左、右肺动脉发育良好。图 4 为 CPR 图像,显示主肺动脉与右心室无连接,可见室间隔缺损,主动脉增宽,骑跨于室间隔之上

CT 检查辐射剂量平均为  $DLP = (144.46 \pm 74.07) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$ , 其中  $< 1$  岁组  $(104.00 \pm 56.26) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$ ,  $1 \sim 5$  岁组  $(199.00 \pm 76.22) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$ ,  $> 5$  岁组  $(208.00 \pm 73.87) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$ 。3 个年龄组 DLP 之间差异有统计学意义 ( $F = 8.26, P = 0.0009$ , 表 1)。 $< 1$  岁组与  $1 \sim 5$  岁组,  $< 1$  岁组与  $> 5$  岁组差异均有统计学意义 ( $q$  值分别为  $5.21, 6.52, P$  值分别为  $0.009, 0.004$ ),  $1 \sim 5$  岁组与  $> 5$  岁组均显著高于  $< 1$  岁组;  $1 \sim 5$  岁组与  $> 5$  岁组间差异无统计学意义 ( $q = 0.28, P = 0.48$ )。

表 1 不同年龄组先天性心脏病患儿双源 CT 增强检查剂量长度乘积的比较 ( $\text{mGy} \cdot \text{cm}$ )

组别	例数	最小值	25%	50%	平均值	75%	最大值
$< 1$ 岁	44	30	36	82	104	169	270
$1 \sim 5$ 岁	14	83	90	207	199	226	303
$> 5$ 岁	12	117	145	263	208	264	282

注:25%、50%、75% 分别代表第 1 四分位数、中位数、第 3 四分位数

DLP 分别乘以相应组别的 K 值, 3 个年龄组得到 ED 的平均值为  $(4.68 \pm 2.34) \text{ mSv}$ , 其中  $< 1$  岁组中位数为  $3.20 \text{ mSv}$ ,  $1 \sim 5$  岁组为  $(5.17 \pm 1.98) \text{ mSv}$ ,  $> 5$  岁组为  $(3.74 \pm 1.33) \text{ mSv}$  (表 2)。3 个年龄组 ED 之间的差异没有统计学意义 ( $F = 0.54, P = 0.59$ )。

表 2 不同年龄组先天性心脏病患儿双源 CT 增强检查有效吸收剂量的比较 ( $\text{mSv}$ )

组别	例数	最小值	25%	50%	平均值	75%	最大值
$< 1$ 岁	44	1.17	1.40	3.20	4.06	6.60	10.53
$1 \sim 5$ 岁	14	2.16	2.34	5.38	5.17	5.88	7.88
$> 5$ 岁	12	2.11	2.61	4.73	3.74	4.75	5.08

2. DLP 与扫描参数之间的相关性分析: 采用多元回归分析, 本组 70 例患儿 DLP 与年龄 (中位数为  $4.3$  岁,  $r = 0.54186, P = 0.0008$ )、体重 (中位数为  $12.1 \text{ kg}$ ,  $r = 0.56371, P = 0.0004$ )、管电压 [ $(95.48 \pm 6.99) \text{ kV}$ ,  $r = 0.63269, P < 0.01$ ]、管电流 [ $(138.55 \pm 40.67) \text{ mA}$ ,  $r = 0.79608, P < 0.01$ ]、扫描层数 [ $(236.10 \pm 46.51)$  层,  $r = 0.72192, P < 0.01$ ] 均呈正相关, 与螺距 ( $0.48 \pm 0.03$ ,  $r = -0.46693, P = 0.0047$ ) 呈负相关。

### 讨 论

由于小儿处于生长发育期, 细胞分裂更新速度和比例远高于成人, 对射线的敏感性是成人的 10 多倍<sup>[5]</sup>, 这也正是不同年龄段有着不同 ED K 值的原

因 (年龄越小, K 值越大)。由于 CT 强大的三维后处理功能, 先天性心脏病患儿接受 CT 检查的数量在与日俱增<sup>[6]</sup>。所以, 儿童接受 CT 检查所受到的辐射剂量问题和如何减少辐射剂量成为关注的焦点。

1. 先天性心脏病患儿双源 CT 检查辐射剂量的现状: 从笔者对 70 例先天性心脏病患儿的检查结果看, ED 平均为  $(4.68 \pm 2.34) \text{ mSv}$ , 可见 ED 并不像想象中的那么低。虽然  $< 1$  岁患儿受到 CT 的 DLP 较小, 但是他们有着最大的 ED K 值, 使得他们的 ED 并没有低于其他年龄组。随着年龄的增长, 儿童的身高、体重变化很大, 为了得到满意的图像质量, 就要使用更高的管电压、管电流。从笔者对辐射剂量和这些扫描参数之间关系的分析结果来看, 这些参数都是和剂量呈正相关。

通常对 1 岁以下的婴幼儿采用  $80 \text{ kV}$  的管电压进行扫描, 对 5 岁以上儿童用  $100 \text{ kV}$  的管电压扫描。对  $1 \sim 5$  岁的儿童根据其体重和体质量指数 (BMI) 进行选择。儿童具有心率快和波动大 2 个特点, 这就给可以显著降低辐射剂量的前瞻性心电门控扫描带来了不便之处, 以前对儿童的扫描多采用回顾性心电门控, 今后对前瞻性心电门控的个性化设计、前瞻性和回顾性心电门控剂量对比的研究将是工作的重点, 也是进一步降低辐射剂量的方向。对儿童扫描一般采用  $0.5$  的螺距, 螺距和剂量呈负相关, 在保证诊断质量的前提下, 应该尽量加大螺距, 减少扫描的重叠数据, 也是控制剂量的途径。

通过本研究可以看出减低儿童 CT 检查辐射剂量刻不容缓, 特别是对于 1 岁以下的新生儿, 在辐射剂量不能得到有效控制的情况下, 应尽可能的减少 CT 检查。

2. 扫描参数和剂量的关系及对减少剂量方法的探索: 影响 CT 射线剂量的因素包括 X 线管的管电压、管电流、曝光时间、螺距、X 线的剂量分布、散射线的含量、准直器的大小和前置滤线器的结构、图像噪声、探测器的效率、探测器单元、信号收集系统的电子噪声、图像层厚、重建方法、C2 重组智能后处理技术等系统技术性能指标和扫描技术参数。本研究结果显示, 管电压、管电流和辐射剂量的相关性较大。其中可以人为控制的降低辐射剂量的因素主要有: 降低管电压, 增加螺距, 运用合适的前置滤线器, 降低管电流以及 C2 重组智能后处理技术等方法<sup>[7]</sup>。降低管电压, 可降低射线辐射剂量。有报道, 当管电压从  $140 \text{ kV}$  降至  $100 \text{ kV}$  时, 辐射剂量随之下降  $26.5\%$ <sup>[8]</sup>。螺距与辐射剂量呈反比, 增加螺

距,受检者接受的 X 线剂量随之下降,有报道用大螺距扫描在满足诊断的前提下,可以显著减低辐射剂量<sup>[9]</sup>。前置滤线器在增加心脏部位信号的同时,能大大减少外围皮肤的剂量,可降低射线剂量约 15%。运用智能性后处理技术亦可在提高成像质量的同时降低射线辐射剂量。降低管电流技术,也是最常用的降低放射辐射剂量的方法之一,且国外报道基于胸廓前后径的电流调制技术比基于 BMI 的电流调制技术更加优越<sup>[10]</sup>。本研究中没有对这些技术进行量化的分析比较,是今后研究的重点。

综上所述,1 岁以上先天性心脏病患儿接受双源 CT 的 DLP 高于 1 岁以下患儿,各年龄组间 ED 的差异没有统计学意义。儿童先天性心脏病 CT 扫描,目前辐射剂量偏高,在图像质量满足诊断的前提下,要更多的关注如何降低辐射剂量问题。

### 参 考 文 献

- [1] Dendy PP, Whitehouse GH. Workshop on medical X-ray imaging: potential impact of new EC directive. Report on a meeting held in Malmö, Sweden, on 13—15 June 1999. Br J Radiol, 2000, 73: 799-801.
- [2] Menzel HG, Schibilla H, Teunen D. European guidelines on quality criteria for computed tomography. EUR 16262 EN, Luxembourg: European Commission, 1999:1-4.
- [3] Food and Drug Administration. FDA public health notification: reducing radiation risk from computed tomography for pediatric and small adult patients. Pediatr Radiol, 2002, 32: 314-316.
- [4] 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: American Association of Physicists in Medicine, 2008:13.
- [5] 潘志立. 低剂量螺旋扫描技术在儿童中的应用. 安徽医学, 2005, 26: 80-81.
- [6] Paul JF, Rohnean A, Sigal-Cinqualbre A. Multidetector CT for congenital heart patients: what a paediatric radiologist should know. Pediatr Radiol, 2010, 40: 869-875.
- [7] 刘昌盛, 李茂进. 64 排 CT 冠状动脉成像几种管电流控制方式的比较分析. 中国医学影像技术, 2008, 24: 1473-1475.
- [8] Sun Z, Ng C. Dual-source CT angiography in aortic stent grafting: an in vitro aorta phantom study of image noise and radiation dose. Acad Radiol, 2010, 17: 884-893.
- [9] Goetti R, Leschka S, Baumüller S, et al. Low dose high-pitch spiral acquisition 128-slice dual-source computed tomography for the evaluation of coronary artery bypass graft patency. Invest Radiol, 2010, 45: 324-330.
- [10] Rogalla P, Blobel J, Kandel S, et al. Radiation dose optimisation in dynamic volume CT of the heart: tube current adaptation based on anterior-posterior chest diameter. Int J Cardiovasc Imaging, 2010, 26: 933-940.

(收稿日期: 2010-08-03)

(本文编辑: 任晓黎)

## · 招聘启事 ·

### 上海交通大学医学院附属新华医院诚聘医学专业技术人才

上海交通大学医学院附属新华医院是上海市三级甲等综合性医院。医院现有职工 3000 余人,床位 1200 余张,经过 3 年建设后医院拥有床位将达到 2000 余张,是一所集医、教、研为一体的大型著名医院。为进一步加强学科队伍人才建设,特向海内外诚聘优秀学科带头人和优秀学科骨干。

#### 一、学科带头人、亚学科或亚专业带头人

1. 招聘条件: (1) 长期从事医、教、研工作,学术上有突出贡献,具有丰富的临床经验和三级甲等医院工作经历; (2) 年龄小于 50 岁,具有博士学位,高级职称; (3) 有正高级职称、博士生导师或承担国家级重点和重大科研项目的人才优先考虑。

2. 招聘专业: 心血管内科(冠心病介入、心脏监护专业)、消化内科(胃肠专业)、普外科(肝移植专业)、心胸外科(普胸专业)、妇科、产科、儿内科(儿童急救、肾脏、消化、感染专业)、儿外科(儿童泌尿、心血管、普外专业)、肿瘤科、老年医学科、急救中心、病理科、口腔科、放射科。

#### 二、学科或亚专业骨干

1. 招聘条件: (1) 长期从事医、教、研工作,有三级甲等医院工作经历,专业技术特长突出; (2) 年龄小于 45 岁,具有博士学位,中级及以上职称; (3) 具有研究生导师资格、承

担国家级科研项目或省市级重点科研项目者优先考虑。

2. 招聘专业: 心血管内科、消化内科、呼吸内科、内分泌科、神经内科、血液科、老年医学科、肿瘤科、肛肠外科、普外科、心胸外科、泌尿外科、麻醉重症科、整形外科、骨科、妇科、产科、儿内科、儿外科、儿童与青少年保健科、儿骨科、康复医学科、超声诊断科、病理科、核医学科、放射科、口腔科、眼科、耳鼻咽喉头颈外科、急救中心、药剂科、儿童内分泌遗传代谢、临床流行病学、统计学专业。

#### 三、招聘临床专业医师

招聘条件: (1) 有三级医院相关工作经历,具有较强临床技能; (2) 年龄 35 岁以下,有博士学位,初级以上职称; (3) 具有硕士学位,条件优秀者可适当放宽; (4) 具有较强的科研、教学能力及经验者优先考虑。

凡应聘者,请将本人简历(请注明应聘岗位)、毕业证书、学位证书、职称证书、执业医师证及相关证明材料寄(送)我院人力资源部。

地址: 上海市控江路 1665 号; 邮编 200092; 电话: 65790000 转 6105; Email: xhhr@xinhumed.com.cn; 网址: www.xinhumed.com.cn。

(上海交通大学医学院附属新华医院)