

## ✧心脏、血管影像学

## CT evaluation on aortic arch development in children with coarctation of aorta

LYU Ying<sup>1,2</sup>, CHEN Xin<sup>1,2</sup>, TIAN Lu<sup>1,2</sup>, ZHANG Li<sup>1,2</sup>, ZHANG Ting<sup>1,2</sup>, HE Ling<sup>1,2\*</sup>

(1. Department of Radiology, Children's Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400014, China; 2. Ministry of Education Key Laboratory of Child Development and Disorders, Chongqing International Science and Technology Cooperation Center Child Development and Disorders, Key Laboratory of Pediatrics in Chongqing, Chongqing 400014, China)

**[Abstract]** **Objective** To evaluate the development of aortic arch in children with coarctation of aorta (CoA) using CT. **Methods** CT data of 47 children with histopathologically proved CoA (CoA group) and 47 children with non-cardiovascular diseases (control group) were retrospectively analyzed. The maximum internal diameter of ascending aorta (AOA), the proximal arch segment (D1), the distal arch segment (D2) and isthmus (D3), the maximum inner diameter of the descending aorta at the diaphragm (DA) were measured. The ratio of D1/AOA, D2/AOA, D3/AOA and DA/AOA were calculated. The differences of the above parameters were compared between the two groups, and the correlation between the above parameters and age were analyzed. **Results** The ratio of D1/AOA, D2/AOA and D3/AOA in CoA group were lower than those in control group (all  $P < 0.01$ ). There was no significant difference in DA/AOA between the two groups ( $P = 0.3263$ ). In CoA group, aortic arch dysplasia was found in 26 children, including 11 of D1/AOA  $\leq 0.6$ , 15 of D2/AOA  $\leq 0.5$  and 13 of D3/AOA  $\leq 0.4$ . No obviously correlation was found between D1/AOA, D2/AOA, D3/AOA, DA/AOA and age in both two groups (all  $P > 0.01$ ). The ratio of D1/AOA, D2/AOA and D3/AOA greater than the congenital heart disease database classification standard in 5 children with active arch dysplasia who were followed up. **Conclusion** Children with CoA often have aortic arch dysplasia, and dysplasia in the posterior arch is common. **[Keywords]** child; aorta coarctation; aortic arch; tomography, X-ray computed **DOI:** 10.13929/j.1003-3289.201805130

## CT 评估主动脉缩窄患儿主动脉弓发育情况

吕莹<sup>1,2</sup>, 陈欣<sup>1,2</sup>, 田露<sup>1,2</sup>, 张黎<sup>1,2</sup>, 张挺<sup>1,2</sup>, 何玲<sup>1,2\*</sup>

(1. 重庆医科大学附属儿童医院放射科, 重庆 400014; 2. 儿童发育疾病研究教育部重点实验室 重庆市儿童发育重大疾病诊治与预防国际科技合作基地 儿科学重庆市重点实验室, 重庆 400014)

**[摘要]** **目的** 通过 CT 评估主动脉缩窄 (CoA) 患儿主动脉弓的发育情况。 **方法** 回顾性分析 47 例经病理确诊的 CoA 患儿 (CoA 组) 的 CT 资料, 选取同期 47 例非心血管疾病患儿为对照组, 测量 2 组肺动脉主干层面升主动脉最大内径 (AOA)、横弓前部最大内径 (D1)、横弓后部最大内径 (D2)、峡部最大内径 (D3) 及降主动脉穿横膈最大内径 (DA), 计算

**[基金项目]** 重庆市教委科学技术研究项目 (KJ1600238)。

**[第一作者]** 吕莹 (1986—), 女, 重庆人, 在读硕士, 主治医师。研究方向: 儿童胸部影像诊断。E-mail: 14069010@qq.com

**[通信作者]** 何玲, 重庆医科大学附属儿童医院放射科, 400014; 儿童发育疾病研究教育部重点实验室 重庆市儿童发育重大疾病诊治与预防国际科技合作基地 儿科学重庆市重点实验室, 400014。E-mail: heling508@sina.com

**[收稿日期]** 2018-05-23 **[修回日期]** 2018-10-15

D1/AOA、D2/AOA、D3/AOA 及 DA/AOA 比值;比较 2 组上述参数的差异,分析 2 组上述参数与年龄的相关性。结果 CoA 组 D1/AOA、D2/AOA、D3/AOA 均低于对照组( $P$  均 $<0.001$ ),2 组 DA/AOA 差异无统计学意义( $P=0.326$ );CoA 组中,26 例合并主动脉弓发育不良,其中 11 例 D1/AOA $\leq 0.6$ 、15 例 D2/AOA $\leq 0.5$ 、13 例 D3/AOA $\leq 0.4$ 。2 组 D1/AOA、D2/AOA、D3/AOA 及 DA/AOA 与年龄均无显著相关性( $P$  均 $>0.01$ )。术后接受随访的 5 例主动弓发育不良患儿 D1/AOA、D2/AOA 或 D3/AOA 均大于先天性心脏病数据库分类标准。结论 CoA 患儿常合并主动脉弓发育不良,且以横弓后部发育不良多见。

[关键词] 儿童;主动脉缩窄;主动脉弓;体层摄影术,X 线计算机

[中图分类号] R714.53; R814.42 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2019)01-0069-04

主动脉缩窄(coarctation of aorta, CoA)属于梗阻类主动脉弓疾病,发病率为 0.03%<sup>[1]</sup>,占所有先天性心脏病的 5%~7%<sup>[2]</sup>;早期狭窄不严重时较难发现,常至出现心前区杂音及高血压等临床表现时才被重视。CoA 伴主动脉弓发育不良时,病情更复杂,病死率较高<sup>[3]</sup>,故评估 CoA 时主动脉弓发育情况对临床具有重要意义。本研究通过 CT 评估 CoA 患儿主动脉弓的发育情况,以期提高对本病的认识。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2014 年 10 月—2017 年 4 月于我院经病理确诊的 CoA 患儿 47 例(CoA 组),男 26 例,女 21 例,年龄 4 天~10 岁,中位年龄 2 个月。纳入标准:合并动脉导管未闭、房间隔缺损、室间隔缺损或永存左上腔静脉;排除主动脉弓分支发育变异及主动脉弓其他相关性疾病,如双主动脉弓、血管炎症及动脉瘤等。选取同期 47 例因呼吸系统疾病接受胸部 CT 检查的患儿作为对照组,男 23 例,女 24 例,年龄 1 个月~14 岁,中位年龄 10 个月,排除心血管疾病及主动脉弓分支发育变异。

1.2 仪器与方法 采用 GE LightSpeed 64 排 VCT 或 Philips Brilliance iCT 机,对无法配合的患儿,检查前予以 10%水合氯醛(0.5 ml/kg 体质量)口服或苯巴比妥钠针(5 mg/kg 体质量)肌肉注射镇静,扫描范围从下颈部至膈肌水平。扫描参数:管电压 80~100 kV,管电流 35~85 mAs,螺距 0.2 mm,层厚 5.0 mm、层间距 5.0 mm,图像重建层厚 0.625 mm。增强扫描采用高压注射器经手、足背静脉注入碘海醇(300 mgI/ml)、碘克沙醇(270 mgI/ml)2 ml/kg 体质量,流率 0.6~3.0 ml/s。

1.3 图像分析 采用 MPR、MIP 等图像后处理技术,使升主动脉、主动脉弓、降主动脉及胸主动脉穿横膈处在斜矢状位上位于最大层面。测量肺动脉主干层面升主动脉最大内径(ascending aorta, AOA)、横弓前部最大内径(D1)、横弓后部最大内径(D2)、峡部最大内径(D3)及穿横膈处降主动脉最大内径

(descending aorta, DA),见图 1。由 2 名从事心血管疾病研究的高年资医师采用盲法阅片并测量,意见不一时经讨论达成一致;测量 2 次,取平均值。计算 D1/AOA、D2/AOA、D3/AOA 及 DA/AOA 的比值。根据先天性心脏病数据库分类标准<sup>[4]</sup>:D1/AOA $\leq 0.6$ 、D2/AOA $\leq 0.5$ 或 D3/AOA $\leq 0.4$ ,三者满足其一,即认为合并主动脉弓发育不良。

1.4 随访 对于术后接受随访的主动脉弓发育不良患儿,以上述方法再次测量 AOA、D1、D2 及 D3,计算 D1/AOA、D2/AOA 或 D3/AOA 比值,若上述比值大于先天性心脏病数据库分类标准<sup>[4]</sup>,则认为主动脉弓术后再发育。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 22.0 统计分析软件,对数据进行正态分析(Kolmogorov-Smirnov 检验)和方差齐性(Levene 检验)检验,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示;采用独立样本  $t$  检验比较 2 组 D1/AOA、D2/AOA、D3/AOA 及 DA/AOA 的差异。以线性相关分析法观察 2 组 D1/AOA、D2/AOA、D3/AOA 及 DA/AOA 与年龄的相关性,其中  $|r| \leq 0.3$  时,相关性较差; $0.3 < |r| \leq 0.6$  时,中度相关; $0.6 < |r| < 0.8$  时,相关性较高; $|r| \geq 0.8$  时,高度相关。 $P < 0.01$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

CoA 组 D1/AOA、D2/AOA、D3/AOA 均低于对照组( $P$  均 $<0.001$ ),但 2 组 DA/AOA 差异无统计学意义( $P=0.326$ ),见表 1。CoA 组中,26 例合并主动脉弓发育不良,其中 11 例 D1/AOA $\leq 0.6$ 、15 例 D2/AOA $\leq 0.5$ 、13 例 D3/AOA $\leq 0.4$ 。

表 1 2 组主动脉内径参数比较( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别    | D1/AOA          | D2/AOA          | D3/AOA          | DA/AOA          |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| CoA 组 | 0.70 $\pm$ 0.11 | 0.56 $\pm$ 0.11 | 0.47 $\pm$ 0.10 | 0.73 $\pm$ 0.14 |
| 对照组   | 0.87 $\pm$ 0.08 | 0.79 $\pm$ 0.08 | 0.75 $\pm$ 0.09 | 0.71 $\pm$ 0.08 |
| $t$ 值 | -8.196          | -10.329         | -13.269         | 0.993           |
| $P$ 值 | $<0.001$        | $<0.001$        | $<0.001$        | 0.326           |

CoA 组  $D1/AOA$  ( $r = 0.159$ )、 $D2/AOA$  ( $r = 0.239$ )、 $D3/AOA$  ( $r = 0.168$ )、 $DA/AOA$  ( $r = 0.348$ ) 与年龄均无显著相关性 ( $P$  均  $> 0.01$ )。对照组  $D1/AOA$  ( $r = 0.165$ )、 $D2/AOA$  ( $r = 0.229$ )、 $D3/AOA$  ( $r = 0.373$ )、 $DA/AOA$  ( $r = 0.118$ ) 亦与年龄均无显著相关性 ( $P$  均  $> 0.01$ )。

术后 9 例患儿接受随访,其中 5 例术前合并主动弓发育不良(1 例  $D1/AOA \leq 0.6$ 、5 例  $D2/AOA \leq 0.5$ 、1 例  $D3/AOA \leq 0.4$ ),随访时间 20 天~15 个月,中位时间 7 个月。5 例主动弓发育不良患儿术后  $D1/AOA$ 、 $D2/AOA$  或  $D3/AOA$  均大于先天性心脏病数据库分类标准,见表 2、图 2。

表 2 5 例主动弓发育不良患儿手术前后主动弓内径参数结果

| 病例<br>编号 | D1/AOA |      | D2/AOA |      | D3/AOA |      |
|----------|--------|------|--------|------|--------|------|
|          | 术前     | 术后   | 术前     | 术后   | 术前     | 术后   |
| 1        | 0.62   | 0.74 | 0.43*  | 0.60 | 0.45   | 0.55 |
| 2        | 0.46*  | 0.69 | 0.43*  | 0.65 | 0.58   | 0.57 |
| 3        | 0.81   | 0.72 | 0.50*  | 0.62 | 0.44   | 0.71 |
| 4        | 0.79   | 0.72 | 0.45*  | 0.51 | 0.38*  | 0.41 |
| 5        | 0.73   | 0.68 | 0.42*  | 0.57 | 0.48   | 0.43 |

注: \*: 小于先天性心脏病数据库分类标准

### 3 讨论

CoA 指主动脉先天性管腔狭窄,常见于近动脉导管处。多项研究<sup>[5-7]</sup>显示 CoA 患儿常合并主动弓发育不良。本研究中,CoA 组  $D1/AOA$ 、 $D2/AOA$ 、 $D3/AOA$  均低于对照组,与既往研究<sup>[7]</sup>相符,表明 CoA 组主动弓(横弓前部、横弓后部及峡部)发育较对照组

差。分析原因:①胚胎发育异常;②CoA 引起血流阻力增大,随着梗阻程度加重,血管壁弹性降低。正常情况下,从缩窄远端进入降主动脉的血流量减少,可致降主动脉发育亦较差。本研究中 2 组  $DA/AOA$  差异无统计学意义 ( $P = 0.326$ ),提示降主动脉穿横膈层面发育未受影响,可能是动脉导管开放或侧支血管建立使流经降主动脉的血流量增加得以代偿所致。虽然主动脉随年龄增长而逐步发育,其管径亦相应增大,但本研究中,2 组  $D1/AOA$ 、 $D2/AOA$ 、 $D3/AOA$ 、 $DA/AOA$  均与年龄无显著相关,原因可能与样本量较少有关。目前对于主动弓发育不良的诊断标准尚存争议<sup>[7-8]</sup>,国内研究<sup>[9-11]</sup>多采用先天性心脏病数据库分类标准。本研究以此标准诊断主动弓发育不良,CoA 组 26 例合并主动弓发育不良,以横弓后部发育不良最多见(15 例  $D2/AOA \leq 0.5$ )。与单纯 CoA 相比,合并主动弓发育不良的 CoA 不仅在形态学上表现为主动弓管径变小,血流动力学亦存在差异;且与横弓后部、峡部发育不良相比,横弓前部发育不良引起心脏做功量增加更明显<sup>[12]</sup>,原因可能在于发育不良的主动弓管径变小,致左心室后负荷增大,而左心室血流在心脏收缩期不能全部通过狭窄的主动弓进入降主动脉,导致左心室容量负荷进一步增大。

儿童处于生长发育阶段,主动弓发育呈动态变化,且主动弓发育不良可能是 CoA 术后再狭窄及远期高血压等的危险因素,故应定期随访 CoA 患儿术后主动弓发育情况<sup>[13]</sup>。本组术后 9 例患儿接受随访,其中 5 例术前合并主动弓发育不良,术后  $D1/AOA$ 、 $D2/AOA$  或  $D3/AOA$  均大于先天性心脏病数据库分

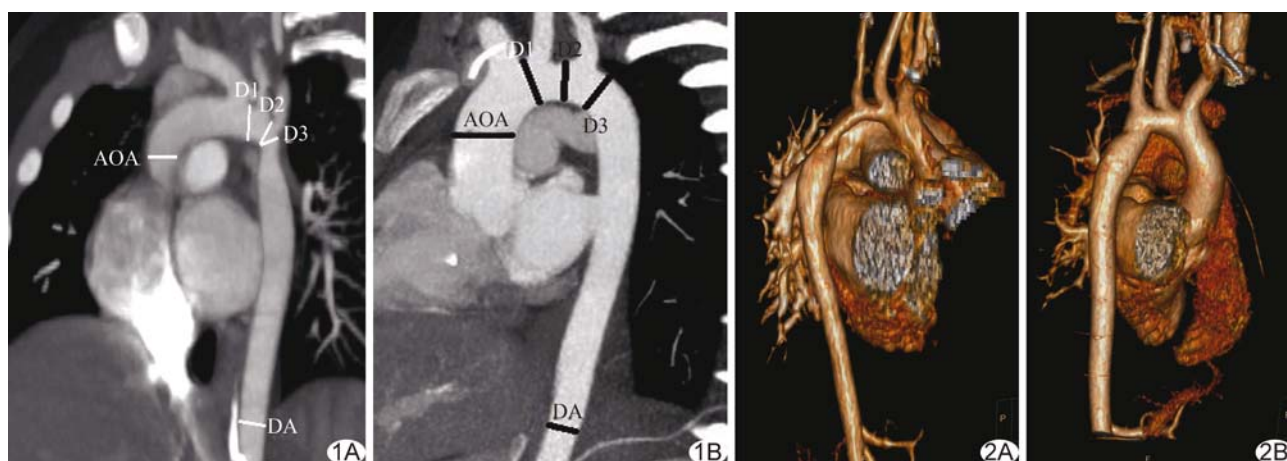


图 1 斜矢状位 MIP 图像数据测量示意图 A. CoA 组; B. 对照组 (AOA:升主动脉最大内径;D1:横弓前部最大内径;D2:横弓后部最大内径;D3:峡部最大内径;DA:降主动脉穿横膈处最大内径) 图 2 患儿女,1 岁,主动弓容积再现图 A. 术前横弓后部及峡部发育不良; B. 术后 15 个月随访,横弓后部及峡部较术前再发育

类标准<sup>[4]</sup>,原因可能是缩窄解除后,血流动力学的变化促使主动脉弓进一步发育,但能否发育至正常水平尚有待进一步观察。但也有学者<sup>[14]</sup>认为术前发育不良的主动脉弓术后发育受阻可能与存在弹力蛋白及胶原蛋白异常导致血管壁顺应性降低有关。本研究术后接受随访的 5 例合并主动脉弓发育不良患儿未出现上述情况,可能与患儿发病年龄小、病程较短、血管弹力膜结构变形不严重或修复能力较强有关。

综上所述,CoA 患儿常合并主动脉弓发育不良,以横弓后部发育不良多见。外科手术解除缩窄后,CoA 患儿的主动脉弓可再发育,但能否发育至正常水平尚需进一步观察。观察主动脉弓发育情况对评估 CoA 具有重要意义,临床应重视定期随访。

### [参考文献]

- [1] Ringel RE, Gauvreau K, Moses H, et al. Coarctation of the Aorta Stent Trial (COAST): Study design and rationale. *Am Heart J*, 2012,164(1):7-13.
- [2] Pádua LM, Garcia LC, Rubira CJ, et al. Stent placement versus surgery for coarctation of the thoracic aorta. *Cochrane Database Syst Rev*, 2012,16(5):CD008204.
- [3] Liu JY, Kowalski R, Jones B, et al. Moderately hypoplastic arches: Do they reliably grow into adulthood after conventional coarctation repair? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2010, 10(4):582-586.
- [4] Tomoyasu T, Oka N, Miyamoto T, et al. Surgical strategy for Severe aortic hypoplasia and aortic stenosis with ventricular septal defect and normal left ventricle. *Pediatr Cardiol*, 2013, 34(5): 1107-1111.
- [5] 刘晓伟,满婷婷,何怡华. 超声评估主动脉缩窄胎儿主动脉弓狭窄部位的血流动力学特点. *中国医学影像技术*, 2017, 33(2): 251-254.
- [6] 连庆峰,王丽君,闫欣,等. 双源 CT 门控下心胸联合血管成像诊断主动脉缩窄. *中国医学影像技术*, 2010, 26(9):1688-1690.
- [7] Aluquin VP, Shutte D, Nihill MR, et al. Normal aortic arch growth and comparison with isolated coarctation of the aorta. *Am J Cardiol*, 2003,91(4):502-505.
- [8] Elgamal MA, McKenzie ED, Fraser CD Jr. Aortic arch advancement: The optimal one-stage approach for surgical management of neonatal coarctation with arch hypoplasia. *Ann Thorac Surg*, 2002,73(4):1267-1272, discussion 1272-1273.
- [9] 鲁亚南,刘锦纷,徐志伟,等. 主动脉弓补片成形术治疗婴幼儿主动脉缩窄合并主动脉弓发育不良. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2010,17(6):455-458.
- [10] 蒙强,易蔚,金振晓,等. 主动脉弓滑动成形术治疗婴幼儿主动脉缩窄并主动脉弓发育不良. *中国体外循环杂志*, 2016, 14(2): 68-72.
- [11] 李志强,刘扬,刘爱军,等. 主动脉弓缩窄合并主动脉弓发育不良的外科治疗. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2014, 21(1):62-66.
- [12] Coogan JS, Chan FP, Ladisa JF Jr, et al. Computational fluid dynamic simulations for determination of ventricular workload in aortic arch obstructions. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2013, 145(2):489-495.
- [13] Rakhra SS, Lee M, Iyengar AJ, et al. Poor outcomes after surgery for coarctation repair with hypoplastic arch warrants more extensive initial surgery and close long-term follow-up. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2013,16(1):31-36.
- [14] Sakurai T, Stickley J, Stümper O, et al. Repair of isolated aortic coarctation over two decades: Impact of surgical approach and associated arch hypoplasia. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2012,15(5):865-870.

## 消 息

《中国医学影像技术》作者投稿请登录本刊网站(www. cjmit. com)主页,点击左上角“作者登录”进入,第一次投稿需完成作者注册;专家审稿请点击“审稿登录”进入。

为了便于广大作者、读者查阅本刊文献,本站提供从 1985 年起的过刊和现刊的全文检索。