

[文章编号] 1674-8115(2011)09-1303-04

· 论著 ·

## 非青紫型先天性心脏病外周肺血管病変影像学方法比较

吴昊<sup>1</sup>, 钟玉敏<sup>1</sup>, 高伟<sup>2</sup>, 朱铭<sup>1</sup>, 孙爱敏<sup>1</sup>, 王谦<sup>1</sup>, 顾晓红<sup>1</sup>

(上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心 1. 放射科, 2. 心内科, 上海 200127)

**[摘要]** 目的 探讨无创性影像学诊断方法在非青紫型先天性心脏病(CHD)外周肺血管形态学上的诊断价值。方法 对200例合并外周肺血管狭窄的非青紫型CHD患儿(其中164例合并外周肺血管狭窄,36例合并术后残存外周肺血管狭窄),在手术前或心导管造影(ACG)前行CT血管造影(CTA)和(或)磁共振成像血管造影(MRA)检查,分别测量外周肺血管狭窄处内径,并与手术或ACG实测值进行配对样本T检验。结果 ACG、CTA和MRA均能清晰显示外周肺血管及其分支形态学发育情况,CTA和MRA对外周肺血管内径的测量值与手术或ACG实测值相似。结论 CTA、MRA是无创性评估外周肺血管形态学发育情况的良好影像学诊断方法,可以取代有创性ACG检查。

**[关键词]** 非青紫型先天性心脏病; 外周肺血管; CT血管造影; 磁共振成像血管造影; 心导管造影

[DOI] 10.3969/j.issn.1674-8115.2011.09.021 [中图分类号] R725.4; R445 [文献标志码] A

## Comparison of imaging diagnosis of peripheral pulmonary vascular anomaly of acyanotic congenital heart disease

WU Hao<sup>1</sup>, ZHONG Yu-min<sup>1</sup>, GAO Wei<sup>2</sup>, ZHU Ming<sup>1</sup>, SUN Ai-min<sup>1</sup>, WANG Qian<sup>1</sup>, GU Xiao-hong<sup>1</sup>

(1. Department of Radiology, 2. Department of Cardiology, Shanghai Children's Medical Center, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200127, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the application of noninvasive imaging diagnosis of peripheral pulmonary vascular anomaly of acyanotic congenital heart disease (CHD). **Methods** Computed tomography angiography (CTA) and/or magnetic resonance imaging angiography (MRA) were performed on 200 patients with acyanotic CHD and peripheral pulmonary vascular stenosis (36 of whom had postoperative residual peripheral pulmonary vascular stenosis) before operation or angiocardiography (ACG), the diameters of stenotic segment of peripheral pulmonary vessels were measured by CTA and MRA, and were compared with those obtained by ACG or intraoperative direct vision through paired-samples T test. **Results** ACG, CTA and MRA could clearly demonstrate the morphology of peripheral pulmonary vessels and their branches. There was no significant difference between the diameters of stenotic segment of peripheral pulmonary vessels measured by CTA and MRA and those obtained by ACG or intraoperative direct vision. **Conclusion** CTA and MRA are favorable noninvasive imaging methods in evaluation of morphology of peripheral pulmonary vessels, and can replace the invasive ACG.

**[Key words]** acyanotic congenital heart disease; peripheral pulmonary vessel; computed tomography angiography; magnetic resonance imaging angiography; angiocardiography

近年来各种先天性心脏病(congenital heart disease, CHD)的外科手术或介入治疗水平已有较大突破,而治疗前的心血管解剖结构和血流动力学的准确性、定量测定越来越受到重视,成为影像学研究的重要课题。外周肺血管发育情况是非青紫型CHD手术方案选择的重要参考指标之一,并与术后转归密

切相关。目前临幊上常用心导管造影(angiocardiography, ACG)测量肺血管内径来评估肺血管发育情况,但ACG为有创性检查,不利于反复系统观察肺血管的发育情况。本研究探讨非创伤性检查CT血管造影(computed tomography angiography, CTA)、磁共振成像血管造影(magnetic resonance imaging angiog-

[基金项目] 浦东新区科技发展基金创新资金(KJ2008-Y35)(Foundation of Development and Innovation of Science and Technology from Pudong New District, KJ2008-Y35)。

[作者简介] 吴昊(1987—),女,硕士生;电子信箱:wuhao@semc.com。

[通信作者] 钟玉敏,电子信箱:zyumin2002@gmail.com。

raphy, MRA)在非青紫型 CHD 外周肺血管形态学上的诊断价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

随机选取 2007 年 6 月—2011 年 3 月上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心心胸外科收治的 200 例非青紫型 CHD 患儿, 其中 164 例合并有外周肺血管狭窄, 36 例合并术后残存外周肺血管狭窄。其中男性 125 例, 女性 75 例; 年龄 1 个月~18 岁, 中位年龄 1.8 岁(其中 <1 岁 52 例, 1~5 岁 118 例, 6~10 岁 21 例, 11~18 岁 9 例)。所有患儿手术(operation, OP)前和(或)ACG 前 3 周内均行 CTA 和(或)MRA 检查, 其中房间隔和(或)室间隔缺损 86 例; 主动脉瓣上狭窄 29 例; 肺动脉吊带 25 例; 肺动脉瓣狭窄 12 例; 动脉导管未闭合并主动脉缩窄 8 例; 完全型房室通道畸形 2 例; 肺发育不良 2 例; 非青紫型 CHD 术后 36 例。

### 1.2 CTA 和 MRA 测量外周肺血管内径的方法

CT 检查采用 GE Prospeed A X Advantx 16 排螺旋 CT 机(GE), <5 岁的患儿应用 10% 的水合氯醛 0.4~0.5 mL/kg 镇静, 以非离子型对比剂碘海醇(300 mg/mL)为造影剂(剂量 2 mL/kg), 使用造影剂增强横断面扫描。具体扫描参数: 管电压 120 kV, 管电流 160~200 mA, 准直 0.625 mm, 层厚 0.625 mm, 螺距 0.562, 旋转速度 0.5 s/r, 床进 5.62 mm/r, 0.31 mm 间隔重建。MRI 检查采用 GE SIGNA 1.5T 超导 MRI 机(GE), 镇静方法同 CT 检查, 以钆喷酸葡胺(469.01 mg/mL)为造影剂(剂量 0.4 mL/kg), 使用心电门控或外周脉搏门控自旋回波 T1WI 和梯度回波电影序列、三维快速扰相位梯度回波序列作造影增强 MRA 扫描, 扫描体位为矢状面或冠状面扫描。CTA、MRA 心血管扫描图像在 GE AW 4.2 工作站上作最大密度投影重建。用计算机辅助测量系统分别测量外周肺血管直径, 包括右肺动脉(right pulmonary artery, RPA)和左肺动脉(left pulmonary artery, LPA)起始部内径、远端近第一分支狭窄处内径以及肺静脉(pulmonary vein, PV)起始部狭窄处内径, 分别测量 3 次取平均值。

### 1.3 ACG 测量外周肺血管内径的方法

采用飞利浦 FD-1010 和 GE advantx LC-LP 双 C 臂心血管造影机作数字电影摄影(GE)。以非离子型的碘海醇 350 mg/mL 作为造影剂(剂量为 1~1.5 mL/kg), 采用双向轴位成角投照技术, 投照位置为坐观位的数字减影心血管造影胶片, 以心导管直径为

定标, 用计算机辅助测量系统分别测量 RPA 和 LPA 起始部内径、远端狭窄处内径和 PV 起始部狭窄处内径, 分别测量 3 次取平均值。

### 1.4 对外周肺血管测量方法的比较及病例数

CTA 测量值与 OP 测量值比较共 121 例; CTA 测量值与 ACG 测量值比较共 7 例; CTA 测量值与 OP、ACG 测量值比较共 13 例; MRA 测量值与 OP 测量值比较共 42 例; MRA 测量值与 ACG 测量值比较共 6 例; MRA 测量值与 OP、ACG 测量值比较共 7 例; CTA、MRA 测量值与 OP 测量值比较共 3 例; CTA、MRA 测量值与 OP、ACG 测量值比较共 1 例。

### 1.5 统计学方法

采用 SPSS 11.3 软件进行统计学分析, 计量数据用  $\bar{x} \pm s$  表示。对 CTA、MRA 所测量的 LPA、RPA、PV 狹窄处内径与相应的 OP 或 ACG 测量值进行方差齐性检验,  $P > 0.05$  表示方差齐, 在此基础上对测量值之间进行配对  $T$  检验,  $P < 0.05$  表示差异有统计学意义。对 CTA 或 MRA 测量值( $Y$ )与 OP 或 ACG 测量值( $X$ )进行 Pearson 相关性检验, 并建立直线回归方程。

## 2 结 果

### 2.1 RPA、LPA、PV 起始部狭窄处内径的测量分析

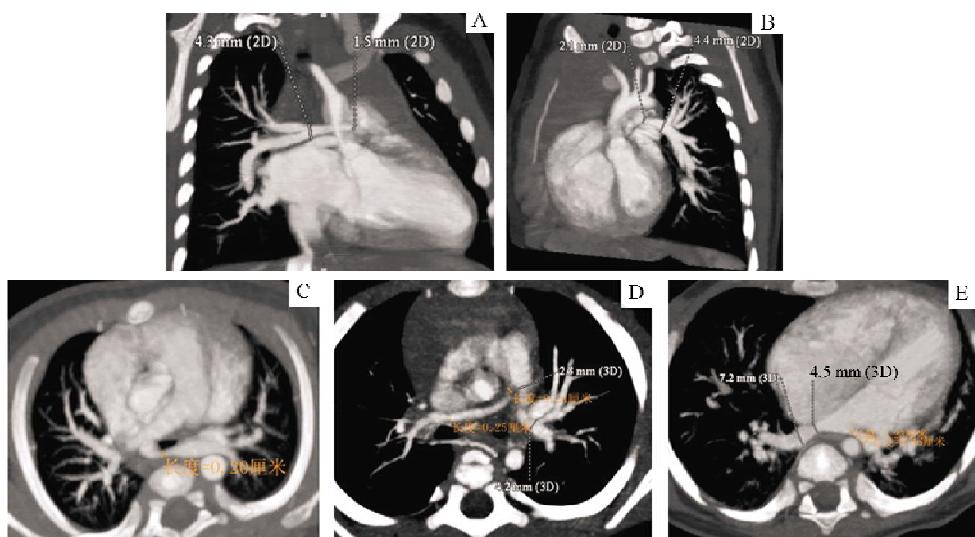
MRA 和 CTA 均能显示 RPA、LPA、PV 起始部狭窄处内径的图像信息(图 1、2), 经配对样本  $T$  检验显示, 两种影像学方法所测量的内径值与 OP 或 ACG 测量值差异无统计学意义( $P$  值分别为 0.094、0.232、0.175)。两配对样本测量值差值及差值 95% 可信区间数值很小, 进一步说明两种影像学方法所测量的内径值与 OP 或 ACG 测量值差异无统计学意义(表 1)。

### 2.2 RPA 和 LPA 远端内径的测量分析

MRA 和 CTA 均能显示 RPA、LPA 远端内径的图像信息(图 1、2), 对测量值进行方差齐性检验,  $P > 0.05$ , 方差齐, 经配对样本  $T$  检验, 两种影像学方法所测量的内径值与 ACG 测量值无统计学差异( $P$  值分别为 0.161 和 0.535)。两配对样本测量值差值及差值 95% 可信区间数值很小, 进一步说明两种影像学方法所测量的内径值与 ACG 测量值差异无统计学意义(表 2)。

### 2.3 CTA/MRA( $Y$ )与 OP/ACG( $X$ )的 Pearson 相关性检验

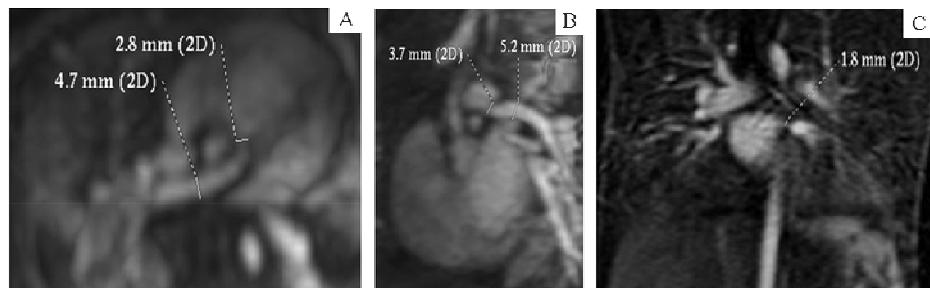
对 CTA 或 MRA 测量值( $Y$ )与 OP 或 ACG 测量值( $X$ )分别进行 Pearson 相关性检验, 均  $P < 0.05$ ,  $Y$  与  $X$  具有相关性, 可得到 5 个相关系数  $R$  值。在此基础上, 建立 5 个线性回归方程  $Y = A + BX$ (表 3)。



A. RPA 起始部和远端狭窄处内径；B. LPA 起始部和远端狭窄处内径；C. LPA 吊带前后径明显狭窄；D. LPA 和 RPA 均匀狭窄；E. LPV 和 RPV 起始部狭窄处内径。

图 1 CTA 显示外周肺血管狭窄

Fig 1 Stenosis of peripheral pulmonary vessels demonstrated by CTA



A. RPA 起始部和远端狭窄处内径；B. LPA 起始部和远端狭窄处内径；C. LPV 起始部狭窄处内径。

图 2 MRA 显示外周肺血管狭窄

Fig 2 Stenosis of peripheral pulmonary vessels demonstrated by MRA

表 1 RPA、LPA 和 PV 起始部狭窄处内径 CTA/MRA 测量值与 OP/ACG 测量值的比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Tab 1 Comparison of measurements between CTA/MRA and OP/ACG in the stenotic proximal segment of RPA, LPA and PV ( $\bar{x} \pm s$ )

方法	RPA 起始部内径 ( $n = 180$ )	LPA 起始部内径 ( $n = 180$ )	PV 起始部狭窄处内径 ( $n = 45$ )
$Y$ : CTA 或 MRA 测量值/mm	$7.00 \pm 3.07$	$6.70 \pm 2.77$	$7.54 \pm 2.04$
$X$ : OP 或 ACG 测量值/mm	$7.05 \pm 3.07$	$6.72 \pm 2.76$	$7.51 \pm 2.04$
$D$ : $Y-X$ (mm)	$-0.472 \pm 0.377$	$-0.211 \pm 0.236$	$0.033 \pm 0.024$
D95% CI (mm)	[ -0.103, 0.008 ]	[ -0.056, 0.014 ]	[ -0.015, 0.082 ]
T 值	-1.682	-1.200	-1.377

表 2 RPA 和 LPA 远端狭窄处内径的 CTA/MRA 测量值与 ACG 测量值比较 ( $\bar{x} \pm s, n = 30$ )

Tab 2 Comparison of measurements between CTA/MRA and ACG in the stenotic distal segment of RPA and LPA ( $\bar{x} \pm s, n = 30$ )

方法	RPA 远端内径	LPA 远端内径
$Y$ : CTA 或 MRA 测量值/mm	$5.86 \pm 2.07$	$6.11 \pm 2.18$
$X$ : ACG 测量值/mm	$5.88 \pm 2.06$	$6.14 \pm 2.15$
$D$ : $Y-X$ (mm)	$-0.013 \pm 0.051$	$-0.033 \pm 0.290$
D95% CI (mm)	[ -0.032, 0.006 ]	[ -0.142, 0.075 ]
T 值	-1.439	-0.629

表 3 CTA 或 MRA 测量值 ( $Y$ ) 与 OP 或 ACG 测量值 ( $X$ ) 的相关性 ( $\bar{x} \pm s$ )

Tab 3 Correlation of CTA or MRA measurements ( $Y$ ) with OP or ACG measurements ( $X$ ) ( $\bar{x} \pm s$ )

外周肺血管测量部位	回归方程 ( $Y = A + BX$ )	相关系数 ( $R$ )	P
RPA 起始部狭窄处内径	$Y = -0.007 + 0.994X$	0.992	<0.05
LPA 起始部狭窄处内径	$Y = -0.024 + X$	0.996	<0.05
RPA 远端狭窄处内径	$Y = -0.03 + 1.003X$	1.000	<0.05
LPA 远端狭窄处内径	$Y = -0.067 + 1.006X$	0.991	<0.05
PV 起始部狭窄处内径	$Y = 0.079 + 0.994X$	0.997	<0.05

### 3 讨 论

我国每年约有 15 万 CHD 患儿出生,如未经治疗,约 1/3 的患儿在 6~12 个月时死亡,另 1/3 虽能度过婴幼儿期,但逐渐出现中、重度肺高压及心功能不全等并发症,部分失去手术指征,而诊断的不准确会带来更多并发症和更高的手术病死率。

在非青紫型 CHD 中,较为常见的为左向右分流 CHD,如室间隔缺损、房间隔缺损、房室间隔缺损、动脉导管未闭等,这些 CHD 常可以合并有外周肺血管病变(如外周肺动脉狭窄和肺静脉狭窄);有些非青紫型 CHD 本身即为肺血管病变(如单纯外周肺动脉狭窄或外周肺动脉缺如伴肺发育不良、LPA 异常起源于 RPA 即 LPA 吊带、肺动脉异常起源于升主动脉等)。非青紫型 CHD 中如为肺血管病变或合并肺血管病变,手术难度都将大大提高,如何在术前准确诊断肺血管病变,使外科医师术前能制定出良好的手术方案,术后有良好的随访指标显得格外重要。

传统的检查方法主要是心脏超声和 ACG。心脏超声对于心内缺损及心室大动脉连接的诊断优势显而易见,但是对于心外大血管异常诊断不及 ACG。ACG 可以选择性血管造影,清晰显示外周肺血管的起源、走行、形态、远端情况和排列关系等<sup>[1]</sup>,而且能进行多项血流动力学指标如心血量排量测定及心功能、体循环血流量及肺循环血流量、体肺血流量之比、分流量计算和血管阻力计算,因此 ACG 早已成为 CHD 诊断的金标准<sup>[2]</sup>。但是 ACG 毕竟是有创检查,有风险,造影剂和 X 线剂量大,检查时间长,易受体位影响,可能因位置重叠而导致漏诊,检查过程、时间及结果与影像诊断者的经验密切相关,不适合作为常规及随访检查手段。

随着 CT 和 MRI 的广泛应用,特别是计算机软件的不断更新,CT、MRI 无创性检查替代有创的 ACG 越来越多地应用于临床<sup>[3]</sup>。近年来,有学者发现 CT、MRI 在肺血管发育情况方面与心导管和 ACG 具有高度相关性,敏感度和特异度均较高<sup>[4]</sup>,特别是 MRI 和 CT 的血管造影技术能清晰显示外周肺血管及其分支,并对外周肺血管起始部、远端分支及汇合鉴别敏感性、特异性均与 ACG 高度相关<sup>[5]</sup>。特别值得一提的是 CT 和 MRI 的扫描为断层扫描,避免了图像重叠,CTA 和 MRA 还能进行三维血管重组,可以从任意角度观察外周肺血管病变。

尽管国外对 CTA、MRA 和 ACG 在 CHD 方面的研究报道较多,但对外周肺血管的详细测量比较研

究较少。本研究表明,CTA 和 MRA 通过三维重组,从不同角度观察外周肺血管病变并对 RPA、LPA 起始部和远端狭窄处内径、PV 起始部狭窄处内径进行测量,测量值与 OP 测量值或 ACG 测量值相似,再次证明 CTA 和 MRA 在诊断非青紫型 CHD 肺血管病变形态学上堪比 ACG,在显示肺血管发育不良、狭窄、闭锁上甚至优于 ACG<sup>[6]</sup>,是一种无创、有效的诊断手段。CT 和 MRI 可较清楚显示非青紫型 CHD 术后残余外周肺血管病变,使患儿免于用 ACG 复查术后情况<sup>[7]</sup>。特别是 MRI 检查,虽然其图像的空间分辨率不及 CT,但是无射线、造影剂用量小且为非含碘造影剂;同时,MRI 能进行心功能测定以及体肺循环血流量、体肺血流量之比、分流量计算,虽然 MRI 在肺血管阻力的测定及肺动脉高压的评估方面仍无法取代 ACG,但可以预见 MRI 将是 CHD 无创伤性检查的主要发展方向<sup>[8,9]</sup>。

综上所述,CTA 和 MRA 作为一种无创性影像学诊断方法,可以较准确地反映外周肺血管的形态和大小,在小儿非青紫型 CHD 外周肺血管病变形态学评估方面可代替有创性 ACG 的检查,具有广阔的临床应用前景。

### [参考文献]

- [1] Champion HC, Michelakis ED, Hassoun PM. Comprehensive invasive and noninvasive approach to the right ventricle pulmonary circulation unit: state of the art and clinical and research implications [J]. Circulation, 2009, 120(11): 992~1007.
- [2] Puranik R, Muthurangu V, Celermajer DS, et al. Congenital heart disease and multi-modality imaging[J]. Heart Lung Circ, 2010, 19(3): 133~144.
- [3] Geva T. Future directions of congenital heart disease imaging[J]. Pediatr Cardiol, 2002, 23(2): 117~121.
- [4] Mertens L, Ganame J, Eyskens B. What is new in pediatric cardiac imaging? [J] Eur J Pediatr, 2008, 167(1): 1~8.
- [5] Krishnamurthy R. Neonatal cardiac imaging[J]. Pediatr Radiol, 2010, 40(4): 518~527.
- [6] Siegel MJ. Cardiac CTA: congenital heart disease [J]. Pediatr Radiol, 2008, 38(Suppl 2): S200~S204.
- [7] Haramati LB, Glickstein JS, Issenberg HJ, et al. MR Imaging and CT of vascular anomalies and connections in patients with congenital heart disease: significance in surgical planning[J]. Radiographics, 2002, 22(2): 337~347.
- [8] Krishnamurthy R. The role of MRI and CT in congenital heart disease[J]. Pediatr Radiol, 2009, 39(Suppl 2): S196~S204.
- [9] Chan FP. MR and CT imaging of the pediatric patient with structural heart disease[J]. Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Ann, 2009; 99~105.