

## • 血管介入 Vascular intervention •

## CT 血管造影与 DSA 诊断肺隔离症的对比研究

梁 欣, 李 卉, 张国滨, 李明华, 赵俊功

【摘要】 目的 评估 64 排 CT 血管造影(CTA)对肺隔离症(PS)的诊断价值。方法 43 例疑似肺隔离症患者在数字减影血管造影(DSA)或手术前接受 64 排 CTA 检查。从患者及异常供血动脉方面评估 CTA 的准确性、敏感性、特异性、阳性预测值(PPV)和阴性预测值(NPV)。结果 肺隔离症在 CT 平扫显示为囊性(5 例)、实性(25 例)或囊实性病灶(13 例),病灶从 1.5 cm 至 12 cm 不等。CTA 诊断 37 例患者为肺隔离症,6 例为非肺隔离症。DSA 和(或)手术显示 37 例患者为肺隔离症,6 例为非肺隔离症。从患者方面评估,CTA 诊断肺隔离症的准确率为 97.7%,敏感度为 97.3%,特异度为 100%,PPV 为 100%,NPV 为 85.7%。从异常供血动脉方面评估,CTA 诊断肺隔离症的准确率为 98.0%,敏感度为 97.8%,特异度为 100%,PPV 为 100%,NPV 为 85.7%。从患者、血管两方面比较,CTA 与 DSA 的诊断效能差异无统计学意义( $P < 0.05$ )。结论 CTA 可以替代 DSA 用于术前诊断肺隔离症。CTA 不仅能显示异常的供血动脉,而且可以提供异常肺实质、气管及周围肺气肿等具体信息。

【关键词】 肺隔离症; CT 血管造影; 数字减影血管造影; 栓塞

中图分类号:R563 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2012)-010-0816-05

## The diagnosis of pulmonary sequestration: a comparative study between CT angiography and DSA

LIANG Xin, LI Hui, ZHANG Guo-bin, LI Ming-hua, ZHAO Jun-gong. Department of Diagnostic and Interventional Radiology, the Sixth Affiliated People's Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200233, China

Corresponding author: LI Hui, E-mail: lihui1993@gmail.com

【Abstract】 Objective To evaluate 64-row computed tomography angiography (CTA) in diagnosing pulmonary sequestration. Methods A total of 43 patients suspected of having pulmonary sequestration received CTA before the performance of digital subtraction angiography (DSA) or surgery. Based on the clinical manifestations and the detection of abnormal aberrant systemic artery, the diagnostic accuracy, sensitivity, specificity, positive predictive values, and negative predictive values of CTA were evaluated. The results were compared with the surgical and DSA findings. Results On plain CT scanning, the pulmonary sequestrations were manifested as cystic ( $n = 5$ ), solid ( $n = 25$ ) or cystic-solid lesions ( $n = 13$ ). The maximum lesion's diameter varied from 1.5cm to 12cm. The diagnosis of pulmonary sequestration was proved by CTA in 37 cases, and the lesions of the remaining 6 cases were not pulmonary sequestration. DSA and/or surgery showed that 37 patients suffered from pulmonary sequestration and 6 patients were not affected with pulmonary sequestration. Based on the patient's clinical data, the diagnostic accuracy, sensitivity, specificity, positive predictive values, and negative predictive values of CTA were 97.7%, 97.3%, 100%, 100% and 85.7%, respectively. If the evaluation was made according to the presence of abnormal aberrant systemic artery, the diagnostic accuracy, sensitivity, specificity, positive predictive values, and negative predictive values of CTA would be 98.0%, 97.8%, 100%, 100% and 85.7%, respectively. When the comparison was made based on the two respects, i.e. the patient's clinical data and the presence of aberrant systemic artery, the difference in the diagnostic efficiency between CTA and DSA was not statistically significant ( $P < 0.05$ ). Conclusion CTA can effectively substitute for DSA in making preoperative diagnosis of pulmonary sequestration. CTA can not only reveal abnormal aberrant systemic artery but also provide

detailed information about abnormal lung parenchyma, air passage and the circumambient local emphysema. (J Intervent Radiol, 2012, 21; 816-820)

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2012.10.005

作者单位: 200233 上海市第六人民医院介入放射科

通信作者: 李 卉 E-mail: lihui1993@gmail.com

**【Key words】** pulmonary sequestration; computed tomography angiography; digital subtraction angiography; embolization

肺隔离症(PS)是一种罕见的先天性肺疾病,定义指一部分肺组织发育不良且无功能,并接受异常的供血动脉<sup>[1]</sup>。常规数字减影血管造影(DSA)是诊断 PS 的金标准<sup>[2-3]</sup>。虽然,DSA 可以清楚地识别 PS 的异常供血动脉,但不足之处是有创伤、射线、耗时长、相对昂贵、需要住院治疗等。近年来,无创的 CT 血管造影(CTA)和磁共振成像技术(MRI)已证明是有效和安全的,可替代 DSA 诊断 PS<sup>[4-8]</sup>。

虽然,MRI 能显示叶内型隔离症的囊腔性质及固体、液体、出血、黏液组分,但 MRI 由于呼吸运动造成伪影,不能准确评估肺部异常病变<sup>[2,5-6,9-11]</sup>。目前,CTA 是 PS 最常用的无创性诊断工具,因为其成像速度快、空间分辨率高,且能显示支气管解剖结构和肺实质病变<sup>[4,11-20]</sup>。本文旨在评估 64 排 CTA 对 PS 的诊断价值。

## 1 材料和方法

### 1.1 一般资料

2008 年 5 月至 2011 年 12 月,将 43 例经 CTA 检查疑似 PS 患者纳入研究,其中男 26 例,女 17 例,年龄 1 d ~ 45 岁,平均 $(4.73 \pm 9.15)$ 岁,病变位于左下叶 27 例,右下叶 16 例。43 例患者分别接受弹簧圈栓塞术、手术切除或保守治疗。将 DSA 或手术证实为 PS 的诊断作为金标准。本研究得到学术审查委员会批准,所有患者或其家属均知情并签署

书面同意书。

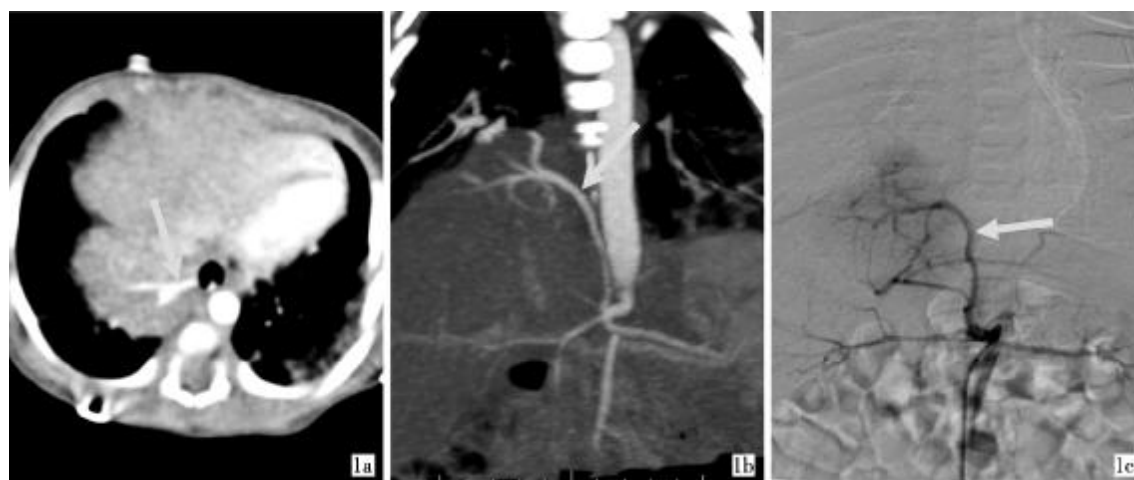
### 1.2 方法

#### 1.2.1 图像采集

1.2.1.1 CTA: 所有 CTA 检查均在 64 排螺旋 CT (light speed VCT 或 Discovery CT 750 HD, GE 医疗集团)完成。CTA 参数:0.625 mm × 64 层,120 kVp, 1.375 : 1 的螺距,100 ~ 600 mA, 采集时间 25.6 s。CTA 对比剂标准剂量为 0.7 ml/kg 体重,加在 40 ml 生理盐水中,使用高压注射器以 4 ml/s 速度通过 22 号针头注入肘前静脉。在升主动脉对比剂浓度达 100 Hu 时,CT 扫描仪自动从肺尖部扫描至上腹部水平,并收集图像。将获得的图像数据发送到工作站,利用 1 024 mm × 1 024 mm 矩阵进行三维图像重建,包括呼吸道和胸腔血管结构的斜、冠状和矢状最大密度投影(MIP)、多平面重建(MPR)、三维容积重建(VR)。

经扫描发现有来源于主动脉的侧支动脉患者诊断为 PS。在 MPR、MIP 和 VR 基础上,通过调整透亮度或层厚,对 PS 的起源、分布和病程进展进行评估。PS 直径在 MPR 上测量,同时对受累肺组织的肺动脉和肺静脉进行评估。通过 MPR 和 MIP 对所涉及的肺段支气管进行重建,同时对支气管分支的数目和走行及肺容积进行评估。见图 1。

1.2.1.2 DSA: DSA 由 1 名介入放射科医师操作完成。常规二维 DSA (Axiom Artis VB22N, Siemens)



1a 横断 MPR 重建图像可见右肺下叶后基底段密度均匀实质性病变,并可见异常的供血动脉(箭头) 1b 冠状面 MIP 重建图像显示出异常的供血动脉(箭头)从肝总动脉分支出来,供应右下肺叶肿块 1c 腹腔干造影显示异常动脉从肝总动脉分支出来(箭头)

图 1 右下肺隔离症 CT 血管造影所见

参数单一:矩阵,1 024 mm × 1 024 mm;视野,17 ~ 20 cm。造影通道为脐动脉(新生儿)和股动脉。在评估 1 个完整的血流动力学后,首先获得能显示全身动脉走行的最初主动脉造影照片。对于异常血管,选择性插入 4 F 或 5 F 导管。造影旨在观察 PS 大小、位置及引流静脉。2 名研究者采用双盲法诊断和分析 PS。

**1.2.2 图像分析** 3 名研究者采用双盲法分析 CTA 数据,在一台脱机工作站上从多角度进行分析。原始图像、经 MIP 图像、经 VR 图像均显示在银屏上,这样可以考虑合适的窗宽阈值。对于诊断 PS 时观察者之间的差异,通过达成共识或采用多数决策方法解决。

**1.2.3 数据分析** 采用 SPSS13.0 系统对数据进行分析。用卡方检验比较患者人数变化和基本特征变量,用数值和百分比表示。持续变量用均数表示,如果是正常分布,可行配对样本 *t* 检验。从两个方面来描述统计:患者(有或无 PS)和动脉。CTA 诊断 PS 时,所用参数与 DSA 相同[即准确性、敏感度、特异度、阳性预测值(PPV)和阴性预测值(NPV)],均以百分比表示(95%可信区间)。利用  $\kappa$  统计计算不同研究者之间测定结果的可靠性。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 CTA 扫描结果

CT 平扫显示 PS 为囊性(5 例)、实性(25 例,图 1a)或囊实性病灶(13 例),病灶 1.5 ~ 12 cm 不等。CTA 诊断 37 例患者为 PS,6 例为非 PS。PS 部位及类型见表 1。囊性病灶中 2 例不强化,3 例显示囊壁强化。实性 PS 均为明显强化。13 例囊实性 PS 显示为实性部分强化而囊性部分不强化。另外 12 例患者表现为周围肺气肿。37 例患者在 CTA 上可见发

自胸主动脉的异常供血动脉(图 1a、1b),其余 6 例未见明显供血动脉。

表 1 肺隔离症部位及类型

参数	肺隔离症(37 例)	非肺隔离症(6 例)	P 值
定位/ <i>n</i> (%)			
左下叶	24	3	< 0.001
右下叶	13	3	
类型/ <i>n</i> (%)			
叶内型	22	—	—
叶外型	15	—	—
异常的全身性血管/ <i>n</i>			
降主动脉	10	—	—
腹主动脉	31	—	—
单支动脉	6	—	—
多支动脉	—	—	—
引流静脉/ <i>n</i>	25	—	—
肺静脉	9	—	—
奇静脉	1	—	—
半奇静脉	2	—	—

### 2.2 DSA 或手术结果

根据参考标准,检测到 37 例患有 PS,6 例未证实有 PS。DSA 或手术发现 43 例患者中 37 例共 45 支异常的全身性动脉,其中 2 例同时检测到 3 支异常动脉,4 例同时检测到 2 支异常动脉;其余 31 例均检测到单支异常动脉(图 1c)。

### 2.3 CTA 的诊断效能

从患者、血管两方面评估 CTA 对 PS 的诊断准确性、敏感度、特异度、PPV 和 NPV,详见表 2。从患者方面评估,CTA 发现 37 例有 PS,6 例无 PS。从异常的全身性动脉方面评估,CTA 发现 37 例共有 44 支异常的全身性动脉,其中 1 例同时检测到 3 支异常动脉,5 例同时检测到 2 支异常动脉,其余 31 例患者仅检测到单一异常动脉。1 例患者有 3 支异常动脉,其中的 1 根在 CTA 上显示为假阴性。从患者、血管两方面比较,CTA 的诊断效能与 DSA 差异无统计学意义( $P < 0.05$ )。

表 2 评估 CTA 诊断肺隔离症的性能

评估	TP	TN	FP	FN	$\kappa$ 值	敏感度(%)	特异度(%)	PPV(%)	NPV(%)	准确性(%)
从患者方面/ <i>n</i>										
所有患者(43 例)	36	6	0	1	0.89 - 1.0	97.3(36/37)	100	100	85.7(6/7)	97.7(42/43)
从动脉方面/ <i>n</i>										
所有异常动脉(51 支)	44	6	0	1	0.89 - 1.0	97.8(44/45)	100	100	85.7(6/7)	98.0(50/51)
单支异常动脉(37 支)	31	6	0	0	0.89 - 1.0	100	100	100	100	100
多支异常动脉(20 支)	13	6	0	1	1.0	92.9(13/14)	100	100	85.7(6/7)	95.0(19/20)

注: TP = 真阳性; TN = 真阴性; FP = 假阳性; FN = 假阴性; PPV = 阳性预测值; NPV = 阴性预测值

## 3 讨论

本项前瞻性研究基于我们的假设:CTA 可以替代 DSA 作为一种可靠的诊断 PS 的工具。研究发现,

CTA 不仅可以准确地识别 PS 的存在,而且可以提供 PS 部位、大小、异常供血动脉数目及与主动脉的关系。本研究中,CTA 诊断 PS 的高度准确性(> 95%)和敏感度(> 95%)与 DSA 相同,意味着 CTA

不仅可以取代 DSA 诊断 PS,而且可以鉴别 PS 与其他类似病变。

PS 是一种罕见的先天性畸形, 占所有肺畸形的 0.15% ~ 6.4%<sup>[21-22]</sup>, 是独立于气管支气管树以外的无功能性支气管肺组织, 且接受体循环动脉供血。异常的全身性动脉供血可能单个或多个, 后者占 15% ~ 20%<sup>[23]</sup>。PS 常涉及到肺组织和血管, 并分为叶内型或叶外型<sup>[1]</sup>。PS 可以发生在儿童或成人。虽然患者可能无临床症状, 但在特定部位会出现肺炎反复发作。

在对疑似 PS 病例的调查研究中, 图像研究有两个主要目标: (1) 排除其他疾病; (2) 确认存在异常的动脉供血<sup>[11,16,23]</sup>。X 线平片上最常见的表现是在左下肺叶后基底段的均匀阴影。然而, 诊断 PS 的主要目的是找出异常的全身性动脉供血, 它有助于区别由其他原因引起的肺部阴影, 如支气管扩张、肺不张、支气管闭锁等。在某些情况下, 异常的全身性动脉的存在和定位对具有症状的 PS 患者的术前评估至关重要, 因为其附属的动脉和静脉引流充分决定术中情形<sup>[24]</sup>。

传统上, PS 的诊断需要动脉造影, 以确定供应肺病变部分的异常动脉供血, 并为术前诊疗计划提供有价值的信息<sup>[2,25]</sup>。近年来, 随着无创成像技术的发展, 已经证明无创成像技术与血管造影相比同样有效且更为安全。无创成像技术包括 CTA 和 MRI<sup>[37]</sup>, 其中 CTA 成为临床诊断 PS 应用最广泛的无创性工具。CT 和 CTA 不仅可以准确地显示异常的全身动、静脉引流的起源和走行, 而且可以评估异常的肺实质和呼吸道。

与多普勒超声成像、MRI 相比, CTA 在评价 PS 方面具有优势<sup>[2]</sup>。这些优点来自容积采集(薄层重建, 多平面和三维格式转换)和快速扫描(减少镇静状态持续时间和减少静脉注射对比剂)<sup>[24]</sup>。CTA 没有 MRA 昂贵, 并且适用于患有幽闭恐惧症患者及有金属植入物患者。相比其他评价 PS 的技术, CT 能产生更多关于肺组织包括呼吸道的信息, 如支气管扩张症、肺不张(包括因支气管病变引起)、其他支气管肺前肠畸形和支气管闭锁, 它们在临床表现和 X 线平片上极其相似, 不适于彩色多普勒超声成像和 MRI 诊断, 但是通过 CT 检查却具有较高的准确性<sup>[24]</sup>。因此, CTA 是其中唯一诊断 PS 的方法。

本研究结论与文献报道基本一致, 即 CTA 能替代 DSA 术前准确诊断 PS。本研究采用公认的 CTA 和 DSA 技术及评价标准对结果进行对比, 因此结论

更准确、更适用于外科术前患者的分析研究。但本研究是单中心研究, 小样本使我们无法对结果标准化。其次, CTA 扫描使患者接触电离辐射和静脉注射对比剂。

总之, CTA 可以替代 DSA 用于术前诊断 PS。CTA 不仅能显示异常的供血动脉, 而且可以提供异常肺实质、气管及周围肺气肿等具体信息。

#### [参考文献]

- [1] Felker RE, Tonkin IL. Imaging of pulmonary sequestration [J]. Am J Roentgenol, 1990, 154: 241 - 249.
- [2] Franco J, Aliaga R, Domingo ML, et al. Diagnosis of pulmonary sequestration by spiral CT angiography [J]. Thorax, 1998, 53: 1089 - 1092.
- [3] 唐晓军, 谭仲俊, 蔡义兵, 等. 肺隔离症引发大咯血的介入治疗[J]. 介入放射学杂志, 2007, 16: 734 - 736.
- [4] Ikezoe J, Murayama S, Godwin JD, et al. Bronchopulmonary sequestration: CT assessment [J]. Radiology, 1990, 176: 375 - 379.
- [5] Abbey P, Das CJ, Pangtey GS, et al. Imaging in bronchopulmonary sequestration [J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2009, 53: 22 - 31.
- [6] Lehnhardt S, Winterer JT, Uhrmeister P, et al. Pulmonary sequestration: demonstration of blood supply with 2D and 3D MR angiography [J]. Eur J Radiol, 2002, 44: 28 - 32.
- [7] Curros F, Chigot V, Emond S, et al. Role of embolisation in the treatment of bronchopulmonary sequestration [J]. Pediatr Radiol, 2000, 30: 769 - 773.
- [8] Lee HY, Hwang B, Lee PC, et al. Congenital atresia of unilateral pulmonary veins associated with a single ventricle: a rare case report and literature review [J]. Circ J, 2008, 72: 1544 - 1546.
- [9] Au VW, Chan JK, Chan FL. Pulmonary sequestration diagnosed by contrast enhanced three-dimensional Mr angiography [J]. Br J Radiol, 1999, 72: 709 - 711.
- [10] Wang S, Ruan Z, Liu F, et al. Pulmonary sequestration: angioarchitecture evaluated by three - dimensional computed tomography angiography [J]. Thorac Cardiovasc Surg, 2010, 58: 354 - 356.
- [11] Kang M, Khandelwal N, Ojili V, et al. Multidetector CT angiography in pulmonary sequestration [J]. J Comput Assist Tomogr, 2006, 30: 926 - 932.
- [12] Wei Y, Li F. Pulmonary sequestration: a retrospective analysis of 2625 cases in China [J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2011, 40: e39 - e42.
- [13] Scialpi M, Cappabianca S, Rotondo A, et al. Pulmonary congenital cystic disease in adults. Spiral computed tomography findings with pathologic correlation and management [J]. Radiol Med, 2010, 115: 539 - 550.

- [14] Yu H, Li HM, Liu SY, et al. Diagnosis of arterial sequestration using multidetector CT angiography[J]. Eur J Radiol, 2010, 76: 274 - 278.
- [15] Clemente A, Morra A. Use of multidetector CT angiography and 3D postprocessing in a case of pulmonary sequestration [J]. Clin Imaging, 2007, 31: 210 - 213.
- [16] Schussler JM, Dockery WD, Gilbey JG, et al. An alternate route: 64 - slice CT diagnosis of pulmonary pseudosequestration [J]. Am J Med, 2007, 120: 23 - 25.
- [17] Siegel MJ. Multiplanar and three-dimensional multi-detector row CT of thoracic vessels and airways in the pediatric population [J]. Radiology, 2003, 229: 641 - 650.
- [18] Lee EY, Siegel MJ, Sierra LM, et al. Evaluation of angioarchitecture of pulmonary sequestration in pediatric patients using 3D MDCT angiography[J]. Am J Roentgenol, 2004, 183: 183 - 188.
- [19] Hang JD, Guo QY, Chen CX, et al. Imaging approach to the diagnosis of pulmonary sequestration[J]. Acta radiol, 1996, 37: 883 - 888.
- [20] Takemura R, Ohnishi S, Takahashi S, et al. Pulmonary sequestration diagnosed by three - dimensional reconstruction computed tomography[J]. Intern Med, 2010, 49: 1683 - 1684.
- [21] Van Raemdonck D, De Boeck K, Devlieger H, et al. Pulmonary sequestration: a comparison between pediatric and adult patients [J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2001, 19: 388 - 395.
- [22] Ko SF, Ng SH, Lee TY, et al. Noninvasive imaging of bronchopulmonary sequestration [J]. Am J Roentgenol, 2000, 175: 1005 - 1012.
- [23] Frush DP, Donnelly LF. Pulmonary sequestration spectrum: a new spin with helical CT[J]. Am J Roentgenol, 1997, 169: 679 - 682.
- [24] 石建成, 朱石柱, 刘怀军, 等. 叶内型肺隔离症多层螺旋 CT 影像表现特征[J]. 临床放射学杂志, 2011, 30: 1284 - 1287.
- [25] Fumino S, Iwai N, Kimura O, et al. Preoperative evaluation of the aberrant artery in intralobar pulmonary sequestration using multidetector computed tomography angiography [J]. J Pediatr Surg, 2007, 42: 1776 - 1779.

(收稿日期:2012-07-28)

(本文编辑:侯虹鲁)