

论 著

螺旋CT后处理重建技术在诊断肺动静脉畸形的临床价值*

陕西省中航工业3201医院呼吸科
(陕西 汉中 723100)伍永升 付 伟 宋利明
王正煜

【摘要】目的 探索螺旋CT后处理重建技术在诊断肺动静脉畸形(PAVM)的临床价值。**方法** 以2013年1月至2018年1月在本院收治的17例的PAVM患者为研究对象,所有纳入患者均经德国西门子64层螺旋CT机平扫和增强扫描。扫描后采用原始图像后处理技术容积重建(Volumetric Reconstruction, VR)、最大密度投影(Maximum Intensity Projection, MIP)和多平面重建(Multiplanar Reconstruction, MPR)技术重现肺血管图像。**结果** CT肺血管重建共发现22个病灶,形态基本为圆形、卵圆形,供血动脉管径0.3~2cm,引流静脉管径为0.5~3.5cm,病灶直径为5.0~7.5cm,全部位于胸膜下,左、右肺分别为14个和8个病灶,采用MPR从多方位共观察到17(77.27%)病灶;采用MIR重建共观察到19(86.36%)个病灶;采用VR重建共观察到20(90.91%)个病灶,其检测一致性分别为0.77、0.86、0.91;采用MPR、MIR和VR共同诊断,共检出病灶22(100%)个,检测一致性为1.00。**结论** 螺旋CT后处理重建技术对PAVM具有较高的临床诊断价值。

【关键词】 肺动静脉畸形; 螺旋断层扫描; 后处理重建技术

【中图分类号】 R322.3+5

【文献标识码】 A

【基金项目】 陕西省科技厅资助基金项目(20132350)

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2019.12.012

通讯作者: 伍永升

Clinical Value of Spiral CT Post-processing Reconstruction Technique in the Diagnosis of Pulmonary Arteriovenous Malformations*

WU Yong-sheng, FU Wei, SONG Li-ming, et al., Department of Respiratory, China Aviation Industry 3201 Hospital, Hanzhong 723100, Shaanxi Province, China

[Abstract] Objective To explore the clinical value of spiral CT post-processing reconstruction technique in the diagnosis of pulmonary arteriovenous malformations (PAVM). **Methods** 17 patients with PAVM admitted to our hospital from January 2013 to January 2018 were selected for the study. All patients were given German Siemens 64-slice spiral CT machine for plain scan and enhanced scan. After scanning, the original image post-processing techniques of Volume Reconstruction (VR), Maximum Intensity Projection (MIP) and Multiplanar Reconstruction (MPR) were used to reproduce pulmonary vascular images. **Results** A total of 22 lesions were found in CT pulmonary vascular remodeling, and their morphology was round and oval, and the diameter of blood supply artery was 0.3–2 cm, and diameter of drainage vein was 0.5–3.5 cm and the diameter of lesion was 5.0–7.5 cm, and all lesions were located under the pleura, and there were 14 lesions in left lung and 8 lesions in right lung. A total of 17 (77.27%) lesions were observed by MPR from multi-direction. A total of 19 (86.36%) lesions were observed by MIR reconstruction. 20 (90.91%) lesions were observed by VR reconstruction, and the detection consistencies were 0.77, 0.86 and 0.91 respectively. A total of 22 (100%) lesions were detected by combined diagnosis of MPR, MIR and VR, and the detection consistency was 1.00. **Conclusion** Spiral CT post-processing reconstruction technique has a high clinical diagnostic value for PAVM.

[Key words] Pulmonary Arteriovenous Malformations; Spiral Computed Tomography; Post-processing Reconstruction Technique

肺动静脉畸形(pulmonary arteriovenous malformation, PAVM)又称肺动静脉瘘,是典型的先天性发育异常所致的疾病,可引起脑梗塞、大咯血等严重并发症,早期诊断和治疗是提高其治愈率的关键^[1]。目前,该病的诊断主要依赖CT检查和数字减影血管造影(Digital Subtraction Angiography, DSA)技术^[2]。既往研究表明,DSA是PAVM诊断的金标准,但DSA为有创性检查,需要通过手术实施,且检查相对时间较长,价格较高^[3]。寻找一种新的准确、快速、易操作、经济的无创诊断方法对PAVM诊断具有重要意义。近年来随着CT技术的发展,多层螺旋CT(Multi Spiral Computed Tomography, MSCT)通过不间断地采集投影数据,在大大缩短扫描时间的同时提高分辨率,重现高质量的三维立体图像^[4]。MSCT后处理重建技术可以从多平面显示肺血管的形态,是目前无创性诊断肺血管相关疾病的重要手段之一^[5]。因此,本研究探索螺旋CT后处理重建技术在诊断肺动静脉畸形的临床价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集2013年1月到2018年1月在本院收治的17例的经DSA确诊的PAVM为研究对象,男10例,女7例,年龄18~75岁,平均(38.47±15.18)岁,受教育程度、肿瘤情况、现阶段治疗情况。纳入标准:经DSA证实为PAVM;均获得患者及其家属同意。排除标准:患者不能配合或不能耐受MSCT检查者;患者不能配合或不能耐受DSA检

查者。经DSA证实, 17例PAVM中14例单发, 病灶位于左肺舌叶2个, 左肺下叶7个, 右肺下叶5个。2例为双发病灶, 病灶位于左肺下叶2个, 右肺下叶2个。1例为多发病灶, 病灶于左肺下叶3个, 右肺下叶1个, 共发现PAVM病灶22个。

1.2 检查方法 本研究由1位资深CT医生进行操作, 所有纳入患者均经德国西门子64层螺旋CT机扫描, 扫描范围为肺尖至后肋膈角。常规平扫扫描参数: 100kV, 135mAs, 扫描速度0.35s/360°, 螺距0.9, 准直宽度0.6mm×64, 层厚0.75mm, 重建层厚1.0mm, 重建间隔0.5mm。MSCT扫描: 增强扫描参数同平扫, 使用非离子型对比剂优维显(300mg I/mL, 50~60mL), 经外周静脉注射流速为4.0mL/s; 使用人工智能触发, 触发点在肺动脉主干, 触发阈值为100HU, 延迟时间为10s。

1.3 图像重建 对原始图像进行三维重建, 所采用的后处理技术包括容积重建(Volumetric Reconstruction, VR)、最大密度投影(Maximum Intensity Projection, MIP)和多平面重建(Multiplanar Reconstruction, MPR)。在MPR上测量瘤囊的大小、近瘤囊处供血动脉及引流静脉管径; MIP采用透视法获得二维图像, 图像中密度最大的像素被保留, 低密度结构被去除; 并采用肺血管阈值重建VR图像, 旋转至最佳角度及方位观察病灶, 并测量病灶的大小及供血动脉的直径。

1.4 结果判读 由3位具有MSCT诊断5年以上经验的医师分别对PAVM影响特征做出诊断, 再解释不一致的情况下, 最终经协商达成一致意见。记录病灶的部位、形态、大小、数量、供血动

脉和瘤囊的直径、供血动脉和引流静脉数量。

1.5 统计学处理 采用SPSS 17.0软件对所得数据进行分析, 分类资料以率(%)表示, 分类资料之间比较采用 χ^2 检验, 且差异均以 $P<0.05$ 表示具有统计学意义。采用Kappa一致性检验不同后处理重建技术检出病灶与金标准之间的一致性。

2 结果

2.1 MSCT平扫 MSCT平扫薄层肺窗(层厚为1.00mm)发现PAVM瘤样扩张呈单发或多发, 病灶密度均匀, 大小不等, 直径1.8~7.5cm, 边缘光滑, 多呈圆形、椭圆形、逗点状或结节状, 见图1。

2.2 MSCT肺血管重建 MSCT肺血管重建共发现22个病灶, 形态基本为圆形、卵圆形, 供血动脉管径0.3~2cm, 引流静脉管径为0.5~3.5cm, 病灶直径为5.0~7.5cm, 全部位于胸膜下, 左、右肺分别为14个和8个病灶; 在MIP及VR重建上21个病灶能充分显示供血肺动脉、引流肺静脉的空间关系与解剖细节, VR显示更为直观, 1个病灶由于供血动脉与引流静脉直接沟通, 仅在MPR上充分显示, 见图1-4。

2.3 不同重建方法下病灶检出情况 采用MPR从多方位共观察到17(77.27%)病灶; 采用MIR重建共观察到19(86.36%)个病灶; 采用VR重建共观察到20(90.91%)个病灶; 采用MPR、MIR和VR共同

诊断, 共检出病灶22(100%)个, 4组重建技术间差异无统计意义($\chi^2=5.871$, $P=0.118$), 见表1。

3 讨论

PAVM在临床上比较少见, 是一种典型的先天性发育异常疾病, 少数可由于外伤、肿瘤、血吸虫病等引起, 主要是由于肺动静脉之间异常交通引起的血流短路^[6]。已有研究根据病灶的多少可将PAVM分为单纯性PAVM、复杂型PAVM和弥漫型PAVM, 临床易并发脑梗塞、脑缺血和脑脓肿等严重疾病, 早发现、早诊断是治疗PAVM的关键^[7]。既往研究主要以DSA检查作为PAVM诊断的金标准, 但DSA是一种有创检查, 需要通过手术实施, 且检查相对时间较长, 目前很少用作PAVM诊断^[8]。MRI是近年来诊断PAVM的优良方法, 可以清晰地观察血管构筑, 区分复杂型和简单型PAVM有重要价值, 适合于有含碘造影剂禁忌症者, 但费用较高, 具有一定的局限性, 且其对弥漫型PAVM的检测也有一定限制^[9]。MSCT三维肺血管成像技术是一种无创性血管成像技术, 随着CT技术的不断发展, 其时间分辨率和空间分辨率大大提高, 扫描时间大大缩短, 可比较直观地从各个角度展示肺血管的空间结构和病理特征, 具有快捷、直观和重复性高等优势, 在PAVM病变的诊断与治疗中发挥着重要作用^[10]。

MSCT后处理重建技术主要包括三种: MPR、MIR和VR。MPR是横

表1 不同重建方法下病灶检出情况

重建技术	病灶检出情况	灵敏度	Kappa值
MPR	17	77.27	0.77
MIR	19	86.36	0.86
VR	20	90.91	0.91
MPR+MIR+VR	22	100	1.00

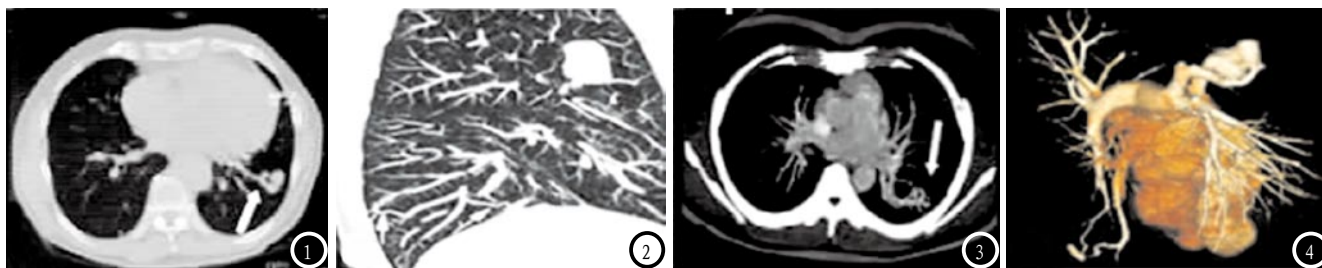


图1-4 CT平扫及MSCT肺血管重建。患者为同一病例，单发性PAVM。图1 表示CT平扫显示PAVM瘤体及粗大的引流静脉；图2 表示薄层肺窗MPR上显示肺下叶病灶；图3 表示MIP显示肺PAVM瘤体、供血动脉及引流静脉；图4 表示VR清楚显示各病灶的供血动脉、引流静脉及瘤囊状的血管结构。

轴位图像上的多平面重建方法，可以将扫描范围内所有轴位图像叠加起来在进行重组，多角度观察病变，不仅能直接显示病灶部位与供血动脉、引流静脉的二维关系，还可以显示病灶的病理特征，包括动脉瘤腔内附壁斑块、血管壁钙化的情况等，为PAVM治疗方案的选择提供了影像学依据，可以降低术中并发症的发生情况，提高预后^[11]。MIP分为整体MIP及薄层MIP，通过计算被扫描物每条射线上所遇到的最大密度像素而产生，整体MIP为去骨后的全部最大密度的血管图像叠加，图像重叠较多，不利于病灶观察，薄层MIP选用不同的层厚对病灶敏感层面进行局部重叠成像，能清楚显示病灶的细节，其重建方法简便，重建速度快^[12]。VR为容积成像，可以通过任意角度旋转图像观察供血动脉及引流静脉，可以更好地体现畸形血管的解剖结构^[13]。在这3种方法中，MPR是将层面的体素重组，可以多角度观察病变，不会丢失信息，但不能完整显示走行迂曲的血管；MIP数据去除低密度结构，保留成像中密度最大的像素值，可以直接地测量供血动脉直径大小和横截面积，从任意角度观察动静脉畸形血管走向和解剖结构，对引流静脉进行曲面重建，但对复杂的PAVM观察具有一定的局限性，部分重叠的动静脉会干扰空间关系的观察；VR是利用全部容积数据，通过选择阈值选择目标

观察区的三维立体图像，再通过伪彩色能较真实地显示解剖结构的形态及其周围组织的空间关系，还可以通过调整肺血管阈值剔除重叠的肺血管^[14]。

已有研究表明，采用非增强MSCT扫描后处理技术对PAVM能做出明确的诊断，清晰显示PAVM的构型^[15]。本研究采用MPR、MIP、VR分别对病灶进行了分析，其检测一致性分别为0.77、0.86、0.91，发现在MPR模式下，通过多方位观察病变，清楚地显示了瘤囊形态、大小、走向，但对于肺血管重现效果不太理想；在MIR模式下，可直观、清晰地显示血管结构和病变，且可以直接准确地测量供血动脉的直径大小、横截面积以及对引流静脉的曲面重建，但对复杂的PAVM，部分重叠的动静脉干扰了其空间关系的观察；在VR模式下，通过伪彩色能较真实地显示解剖结构的形态及其周围组织的空间关系；联合MPR、MIP、VR三种模式可以对PAVM做出明确的诊断和评价，检测一致性为1.00，有助于后期治疗方案的选择。MSCT诊断PAVM的特异性征象包括：血管蒂征，扩张的血管囊边缘有供血动脉及引流静脉；动脉瘤、供血动脉与胸部供血大血管强化一致，引流肺静脉及左心房提前显影。本研究纳入研究的17例病例中，通过MPR、MIP和VR重现肺血管成像，发现22个病灶均有这2个特征性表现，进一步证实该病为PAVM。

综上所述，64层螺旋CT后处理重建技术可以立体、直观显示PAVM的血管病变特征，减少病灶的漏诊，为临床治疗提供有价值的影像信息。本实验不足之处为样本数量较少，可能会导致实验结果存在一定误差，但本研究为64层螺旋CT后处理重建技术在PAVM诊断中的应用提供了一定的理论支持。

参考文献

- [1] Bakhos C T, Wang S C, Rosen J M. Contemporary role of minimally invasive thoracic surgery in the management of pulmonary arteriovenous malformations: report of two cases and review of the literature [J]. J Thorac Dis, 2016, 8 (1): 195-197.
- [2] Sharma P, Kochar P, Sharma S, et al. A case of pulmonary arteriovenous malformation: role of interventional radiology in diagnosis and treatment [J]. Ann Transl Med, 2017, 5 (17): 345-349.
- [3] 肖艳, 吕发金, 蔡吉勇. 容积CT数字减影血管造影在脑动静脉畸形诊断中的价值 [J]. 重庆医学, 2018, 47 (5): 688-690.
- [4] 于寰, 张朝阳, 段凯, 等. MSCTA在肺动静脉畸形诊断中的应用 (附18例病例) [J]. 中国CT和MRI杂志, 2013, 11 (3): 78-80.
- [5] 文亮, 韩丹. 弥漫性肺动静脉畸形的CT表现及临床意义 [J]. 实用放射学杂志, 2017, 33 (11): 1804-1806.
- [6] Looma R S. Arterial desaturation due to pulmonary arteriovenous malformations after the Kawashima Operation [J]. Annals of Pediatric

- Cardiology, 2016, 9 (1): 35-38.
- [7] Belanger C, Chartrand-Lefebvre C, Soulez G, et al. Pulmonary arteriovenous malformation (PAVM) reperfusion after percutaneous embolization: Sensitivity and specificity of non-enhanced CT[J]. European Journal of Radiology, 2016, 85 (1): 150-157.
- [8] Belanger C, Chartrand-Lefebvre C, Soulez G, et al. Pulmonary arteriovenous malformation (PAVM) reperfusion after percutaneous embolization: Sensitivity and specificity of non-enhanced CT[J]. Eur J Radiol, 2016, 85 (1): 150-157.
- [9] 张翔圣, 张鑫, 张庆荣, 等. 三维DSA与MRI或CT融合技术在颅内动静脉畸形治疗中的应用价值[J]. 中国脑血管病杂志, 2015, 12 (9): 449-455.
- [10] 郑书刚. 多层螺旋CT肺动脉血管造影在诊断肺动静脉血管畸形中的价值分析[J]. 中国医学装备, 2016, 13 (6): 63-66.
- [11] Kok M, Turek J, Muhl C, et al. Low contrast media volume in pre-TAVI CT examinations[J]. Eur Radiol, 2016, 26 (8): 2426-2435.
- [12] 张梅. 多层螺旋CT血管造影三维重建技术应用于脑血管病变中的诊断效果分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2016, 14 (8): 106-108.
- [13] Zhang L C, Tong B, Wang Z M, et al. A comparison of three MDCT post-processing protocols: preoperative assessment of the ossicular chain in otitis media[J]. Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol, 2014, 271 (3): 445-454.
- [14] Wikner J, Hanken H, Eulenburg C, et al. Linear accuracy and reliability of volume data sets acquired by two CBCT-devices and an MSCT using virtual models: a comparative in-vitro study. [J]. Acta Odontologica Scandinavica, 2016, 74 (1): 1-9.
- [15] 李辉安, 华正权, 龚娜, 等. MSCT非增强扫描三维重建技术在诊断动静脉畸形中的应用[J]. 实用放射学杂志, 2017, 33 (3): 460-462.

(本文编辑: 刘龙平)

【收稿日期】2019-02-08

(上接第 31 页)

- [2] Correlation of right ventricular dysfunction on acute pulmonary embolism with pulmonary artery computed tomography obstruction index ratio (PACTOIR) and comparison with echocardiography[J]. Japanese Journal of Radiology, 2015, 33 (6): 311-316.
- [3] Kumamaru K K, Saboo S S, Aghayev A, et al. CT pulmonary angiography-based scoring system to predict the prognosis of acute pulmonary embolism. [J]. Journal of Cardiovascular Computed Tomography, 2016, 10 (6): 473-479.
- [4] Hashimoto D, Chikamoto A, Miyanari N, et al. Recombinant soluble thrombomodulin for postoperative DIC[J]. Journal of Surgical Research, 2015, 197 (2): 405-411.
- [5] Fuchs E, Asakly S, Karban A, et al. Age-Adjusted Cutoff D-Dimer Level to Rule Out Acute Pulmonary Embolism A validation cohort study[J]. American Journal of Medicine, 2016, 129 (8): 872-878.
- [6] Becattini C, Agnelli G, Lankeit M, et al. Acute pulmonary embolism: mortality prediction by the 2014 European Society of Cardiology risk stratification model[J]. European Respiratory Journal, 2016, 48 (3): 780-786.
- [7] Shokoohi H, Shesser R, Smith J P, et al. The correlation between elevated cardiac troponin I and pulmonary artery obstruction index in ED patients with pulmonary embolism[J]. American Journal of Emergency Medicine, 2009, 27 (4): 449-453.
- [8] Méan Marie, Tobias T, Andreas L, et al. Association between computed tomography obstruction index and mortality in elderly patients with acute pulmonary embolism: A prospective validation study[J]. PLOS ONE, 2017, 12 (6): 17-22.
- [9] Souza L V S, Zanon M, Souza A S, et al. "Pulmonary Vein Sign" for Pulmonary Embolism Diagnosis in Computed Tomography Angiography[J]. Lung, 2017, 195 (6): 1-6.
- [10] Orwoll B E, Spicer A C, Zinter M S, et al. Elevated soluble thrombomodulin is associated with organ failure and mortality in children with acute respiratory distress syndrome (ARDS): a prospective observational cohort study[J]. Critical Care, 2015, 19 (1): 1-9.
- [11] Yin Q, Liu B, Chen Y, et al. Soluble Thrombomodulin to Evaluate the Severity and Outcome of Community-Acquired Pneumonia [J]. Inflammation, 2014, 37 (4): 1271-1279.
- [12] 梁秋妹. 急性肺栓塞患者蛋白C活性及可溶性血栓调节蛋白与CT肺动脉阻塞指数的相关性[D]. 广西医科大学. 2018.
- [13] Marta Kozłowska, Magdalena Pływaczewska, Michał Ciurzyński, et al. Age-adjusted plasma D-Dimer levels in suspected acute pulmonary embolism - a retrospective, single center study[J]. Polskie Archiwum Medycyny Wewnętrznej - Polish Archives of Internal Medicine, 2017, 127 (1): 36-40.
- [14] 冯宗莲, 秦志强, 覃少佳, 等. 肺栓塞患者凝血纤溶系统指标与CT肺动脉阻塞指数的关系[J]. 中国急救医学, 2016, 36 (11): 1001-1005.
- [15] 陈烨. 急性静脉血栓栓塞症患者D-二聚体阴性的相关影响因素分析[D]. 河北医科大学, 2016.

(本文编辑: 刘龙平)

【收稿日期】2019-05-11