

## 对比剂方案对能谱 CT 肺动脉成像图像质量的影响\*

李信友, 魏 森, 胡志华, 张志伟, 吕发金<sup>△</sup>

(重庆医科大学附属第一医院放射科, 重庆 400016)

**[摘要]** **目的** 比较能谱 CT 大剂量对比剂智能追踪肺动脉 CT 血管成像(CTPA)与小剂量对比剂团注测试肺动脉成像的图像质量。**方法** 将 106 例疑似肺栓塞患者分 A、B 两组行能谱 CT 扫描, A 组(54 例)为肺动脉大剂量对比剂智能追踪成像, B 组(52 例)为小剂量对比剂团注测试肺动脉成像, 比较两组图像质量差异。**结果** 两组右肺动脉降支、右肺动脉后底支的 CT 值及肺下叶碘含量的比较差异均有统计学意义( $P < 0.01$ ); 两组图像评分比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。A 组图像质量优良率高于 B 组, 比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。**结论** 能谱 CT 大剂量对比剂智能追踪肺动脉成像伪影少, 血管强化均匀清晰, 较小剂量对比剂团注测试肺动脉成像的图像质量更好。

**[关键词]** 肺动脉成像; 对比剂剂量; 图像质量; 能谱 CT**[中图分类号]** R816.2**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2017)15-2080-03

## A study on the influence of contrast agent protocol on gem spectrum CT pulmonary angiography quality\*

Li Xinyou, Wei Miao, Hu Zhihua, Zhang Zhiwei, Lv Fajin<sup>△</sup>

(Department of Radiology, the First Affiliated Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

**[Abstract]** **Objective** To compare the image quality between large dose smart tracking technique and low dose test bolus technique for gem spectral CT pulmonary angiography(CTPA). **Methods** A total of 106 cases with suspected pulmonary embolism were divided into two groups. Group A (54 cases) was carried out with large dose smart tracking technique. Group B (52 cases) was carried out with low dose test bolus technique. We compared the image quality between the two groups. **Results** There were significant differences in the CT value of the right pulmonary artery and the content of iodine in the lower lobe of the right pulmonary artery of two groups( $P < 0.01$ ). There was significant difference of image quality between the two groups( $P < 0.05$ ). The rate of excellent or good image quality in group A was higher than that in group B, and the difference was statistically significant( $P < 0.05$ ). **Conclusion** Large dose smart tracking technique can track the artifacts of pulmonary artery imaging with less artifacts and uniform vascular fixation. The image quality of pulmonary artery imaging is better than that of small dose contrast agent.

**[Key words]** pulmonary angiography; dose of contrast agent; image quality; gem spectral CT

肺栓塞(pulmonary embolism, PE)是以血氧饱和度低、呼吸困难、胸痛咯血为临床表现的心血管急症,病死率极高。但患者的特征性临床表现少见,难以和胸主动脉夹层鉴别,及时的诊断和治疗,可使 PE 病死率从早期的 30% 降至 8% 及以下<sup>[1-2]</sup>。CT 诊断 PE 的准确率较高,随着能谱 CT 的发展,它在肺动脉 CT 血管成像(CT pulmonary angiography, CTPA)中显示出多方面优势,如单能量成像提高了血管的图像质量,碘物质分离定量分析使缺血区域更直观,影像信息数据更全面<sup>[3-4]</sup>。常用的 CTPA 检查包括小剂量对比剂团注测试法与大剂量对比剂智能追踪法,两种方式各有利弊,国内外已有诸多文献报道研究<sup>[2,5-7]</sup>。临床工作常需针对不同的检查要求,选择不同的 CTPA 检查方法,兼顾多个目的同时减少辐射剂量和对比剂用量。不同对比剂方案显示的胸部血管有明显差异,本研究对能谱 CT 在肺动脉血管成像方面的质量进行探讨,现报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集 2015—2016 年间疑诊为 PE,在本院行 CTPA 检查的患者 106 例。其中,男 55 例,女 51 例,年龄 25~80 岁, BMI 19.06~24.81 kg/m<sup>2</sup>。患者中有 50 例(男 26 例,女 24 例)同时要求完成胸主动脉 CTA 扫描,伴肺动脉高压者 17 例。患者均表现为不同程度血氧饱和度下降, D-二聚体升高,呼吸困难;屏气功能尚可,无碘对比剂使用禁忌证。

## 1.2 方法

**1.2.1 扫描参数** 用 GE 宝石能谱 CT(Discovery CT750, HDCT),采用能谱模式(GSI, 80 kV/140 kV, 0.5 ms 瞬时切换),迭代重建(ASIR)50%,能级选择:36(球管转速 0.8 s,参考管电流 260 mA),探测器宽度 0.625 mm×64.000 mm,扫描层厚、层间距 5.000 mm。以 0.625 mm 重建 70 keV 单能量图像,并传至 AW4.6 工作站。

**1.2.2 检查方法** 按照检查目的不同,将患者分为 A 组 54 例, B 组 52 例。A 组采用大剂量对比剂智能追踪法行肺动脉-胸主动脉血管成像检查; B 组采用小剂量对比剂团注测试法行 CTPA 检查。使用 Medrad 双筒高压注射器经右侧肘正中静脉注射碘对比剂优维显(370 mgI/mL), 20 G 留置针,流率 4 mL/s。两组患者均先完成肺尖至肺底的胸部平扫。血管成像对比剂方案如下。A 组一次性团注对比剂 70~75 mL+生理盐水 40 mL,采用智能追踪触发扫描,监测肺动脉分叉层面下 1 cm 的右肺动脉主干,扫描触发阈值为 110 HU。B 组先行小剂量对比剂团注测试肺动脉达峰时间,对比剂 4 mL+生理盐水 20 mL,监测肺动脉分叉层面下 1 cm 的右肺动脉主干,注射对比剂后 2 s 开始监测,根据时间-密度曲线计算肺动脉达峰时间。CTPA 正式扫描:对比剂 25~30 mL+生理盐水 40 mL,扫描延迟时间为达峰时间延长 2~3 s,增强疑有 PE 者于动脉期后迅速移床扫描双侧下肺动脉主干至肺动脉分支远端的肺

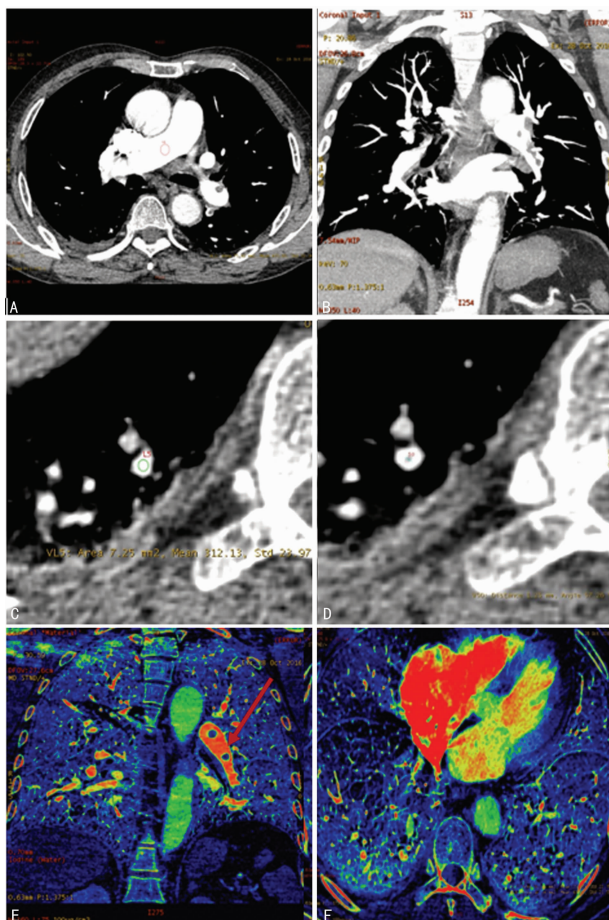
动脉晚期。血管后处理：容积再现 (VR)、最大密度投影 (MIP)、曲面重建 (CPR)。能谱后处理：肺碘-水成像。测量肺动脉主干、右肺动脉降支、右肺动脉外侧底支的 CT 值，肺下叶碘含量。

**1.2.3 图像评价** 由两位高级医生对图像质量进行 4 级评价。(1)优：4 分，肺动脉主干显示清晰，各级分支边缘清楚，均匀强化，无硬化伪影干扰，满足诊断要求；(2)良：3 分，肺动脉主干显示较为清晰，各级分支血管边界及走行较清楚，较均匀强化，干扰较轻，满足诊断要求；(3)中：2 分，肺动脉主干显影浅淡，远端分支显影差，有强化，边界及走行模糊，伪影干扰明显，勉强满足诊断；(4)差：1 分，肺动脉主干及各级分支显影浅淡，无明显强化，伪影干扰严重，不能满足诊断<sup>[6-7]</sup>。

**1.3 统计学处理** 采用 SPSS20.0 软件处理，计量资料用  $\bar{x} \pm s$  表示，组间比较采用 *t* 检验；计数资料用率表示，组间采用  $\chi^2$  检验。对两位诊断医生的评分结果进行 Kappa 一致性分析，检验水准  $\alpha=0.05$ ，以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 肺动脉血管成像图像质量** 106 例患者的 CT 血管成像均成功完成，胸部大血管及各分支显影较好，边界清楚。A、B 两组肺动脉主干的密度比较差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )；两组右肺动脉降支、右肺动脉后底支的 CT 值及肺下叶碘含量的比较差异均有统计学意义 ( $P<0.01$ )，见表 1、图 1。



A: 左肺动脉附壁血栓; B: 左肺动脉栓塞; C: 右下肺动脉密度; D: 右下肺小栓子; E、F: 碘图。

**图 1 大剂量组血管成像图**

**2.2 图像质量评价** 两位医生对两组图像的主观评分：A 组为 (3.71±0.27) 分，B 组为 (3.38±0.76) 分，比较差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。A 组图像质量优良率高于 B 组，比较差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )，见表 2。两位医生一致认为 B 组的

血管亮度逐级递减明显，肺动脉末梢亮度较 A 组差，B 组中 17 例上腔静脉内有放射状高密度伪影，干扰周围肺动脉显示，影响图像质量。A 组胸部整体血管充盈均匀，低密度栓子形态可辨，边界清晰，肺静脉对比剂充盈均匀，放射状伪影不明显。

**表 1 两组各级肺动脉 CT 值与肺下叶碘含量 ( $\bar{x} \pm s$ )**

组别	肺动脉主干 (HU)	右肺动脉降支 (HU)	右肺动脉外侧底支 (HU)	碘含量 (mgI/g)
A 组	438.41±8.99	424.53±11.50	337.51±21.40	19.28±2.32
B 组	424.97±16.72	374.93±15.50	286.54±4.90	7.31±2.29
<i>t</i>	0.168	-18.755	-31.790	-25.340
<i>P</i>	0.867	<0.01	<0.01	<0.01

**表 2 A、B 组 4 级图像质量评价优良率**

组别	优 (n)	良 (n)	中 (n)	差 (n)	优良率 (%)	$\chi^2$	<i>P</i>
A 组	30	21	2	1	85.8	6.694	0.012
B 组	13	27	9	3	76.9		

**3 讨论**

**3.1 能谱 CT 肺动脉成像的优势** PE 在临床急症中发生率高，需要和主动脉夹层，心血管意外加以鉴别。PE 以胸痛咯血、血氧饱和度下降及呼吸困难为特征，其典型表现的发生率小于 30%，早发现早治疗能将 PE 的病死率降至 8% 以下<sup>[1-2]</sup>。胸部 CT 血管成像 (CTA) 是能有效鉴别 PE 和主动脉夹层的主要手段，CTPA 和胸主动脉血管成像 (CTAA) 是临床开展较多的检查，PE 诊断的敏感度和特异度均大于 90%<sup>[7-8]</sup>，对比剂用量和其导致的并发症少，三维图像直观，无创便捷，已成为筛查 PE 的金标准。能谱 CT 较高的时间分辨率适用于循环较快的胸部大血管成像，并减少呼吸运动带来的伪影。单能谱成像和碘基物质分离技术，有效提高了血管图像质量，最佳 keV 的图像 CNR 较高，一方面可提高低强化血管的亮度，另一方面能消除高密度对比剂所致的线束硬化伪影。能谱伪彩图比灰度图更易显示低灌注区域，血管内的小栓子，定性和定量分析相结合，提高了末梢肺动脉小栓子的显示率<sup>[3,7]</sup>。

**3.2 不同剂量对比剂对肺动脉血管成像的影响** 肺动脉 CT 血管成像准确把握扫描启动时间和适宜的螺距是采集肺动脉主干和其末梢血管峰值图像的关键。小剂量对比剂随血流均匀分布于肺动脉，循环到末梢的对比剂量 (碘浓度) 较大剂量法更少，血管强化程度较大剂量法更低<sup>[8-9]</sup>。大剂量组肺高压患者末梢最低密度大于 200 HU，肺动脉主干与末梢密度最大差别小于 100 HU，小剂量组肺高压患者末梢动脉的最高密度小于 170 HU，肺动脉主干与末梢密度最小差别大于 100 HU，可见肺动脉高压患者选择大剂量法，可使肺动脉强化更均匀。

根据临床经验和相关文献，小剂量组对比剂用量控制在 25 mL 左右，单期扫描，大剂量组对比剂用量接近 A 组的 3 倍<sup>[9-10]</sup>。因为 4~6 s 对比剂便从肺动脉廓清<sup>[7,11]</sup>，要满足主动脉和肺动脉同时达到峰值，需要延长对比剂在肺血管内的存留时间，适当降低注射速率，既可降低对比剂用量，也可使肺动脉末梢得到充足的灌注时间，同时小的注射速率也能保障患者安全，避免渗漏，故注射速率选择 4 mL/s。小剂量组加扫肺动脉晚期的目的是弥补老年、心输出功能低下等血流淤滞、速度缓慢导致的末梢灌注延迟，使血管强化更均匀，多期比较便于区别血栓与涡流，但因扫描床移动的时间大于 5 s，对比剂用量少，故肺动脉远端分支血管亮度不高，小血栓边界不清，影响诊断<sup>[1]</sup>。

两组的肺动脉主干边界清楚,血管亮度完全不影响主干栓塞的诊断。但下肺动脉降支到末梢血管的图像质量存在差异。从主干到肺动脉末梢,B组末梢血管密度逐级下降并且差别较大,11例患者诊断为末梢血管内小血栓可疑,图像可见远端血管密度不均,B组17例上腔静脉高密度放射状伪影,使血管内低密度影与肺动脉栓子、涡流难以准确区分。A组亚段以下和末梢血管的密度明显高于B组,虽然A组的肺静脉也同时显影,对肺动脉和静脉的区分形成干扰,但血管充盈良好,肺静脉及后方肺动脉密度均匀,无伪影,不影响栓塞的诊断。B组上腔静脉内高密度的对比剂因涡流效应,导致腔静脉周围出现严重的放射状线束硬化伪影,引起后方右肺动脉主干内高密度不均,影响肺动脉栓子的观察和诊断<sup>[11-12]</sup>。

综上所述,虽然小剂量对比剂团注测试法能有效避免肺静脉污染带来的诊断影响,但上腔静脉内放射状线束硬化伪影严重时会影响右PE的诊断。大剂量智能追踪法不仅能提高血管亮度,同时还能使胸主动脉显影,筛检主动脉夹层等胸痛危险因素,对于临床症状特征不明显的胸痛待查、肺动脉血栓可疑和血流缓慢患者,图像质量更好,其临床应用价值较高。

#### 参考文献

- [1] 石明国,高建波.能谱CT在血管成像中的临床应用[J].中国医疗设备,2016,31(7):6-8.
- [2] 林婷婷,董江宁,韦树华,等.能谱CT肺动脉造影团注测试法单能量图像在降低碘摄入中的应用[J].中国医学影像学杂志,2016,24(1):4-7.
- [3] Martin SS,Albrecht MH,Wichmann JL. Value of a noise-optimized virtual monoenergetic reconstruction technique in dual-energy CT for planning of transcatheter aortic valve replacement[J]. Eur Radiol,2016,26(11):1-10.
- [4] Tang CX,Zhang LJ,Han ZH,et al. Dual-energy CT based vascular iodine analysis improves sensitivity for peripheral

pulmonary artery thrombus detection: an experimental study in canines[J]. Eur J Radiol,2013,82(12):2270-2278.

- [5] Yuan R,Shuman WP,Earls JP,et al. Reduced Iodine load at CT pulmonary angiography with dual-energy monochromatic imaging: comparison with standard CT pulmonary angiography—a prospective randomized trial[J]. Radiology,2012,262(1):290-297.
- [6] 侯金玲,高立栋,赵颖.大螺距小剂量团注测试技术与团注对比剂跟踪技术在双源CT肺动脉成像中的应用价值[J].医疗设备,2016,29(23):5-6.
- [7] 戴颖钰,马新星,陈钢钢,等.四种扫描模式对肺动脉成像图像质量和辐射剂量的影响[J].中国医学影像杂志,2015,23(1):4-7.
- [8] 曹东兴,邓克学,江帆,等.能谱CT小剂量对比剂行肺动脉CT血管造影术的可行性研究[J].中国临床保健杂志,2015,18(4):367-369.
- [9] 关长旭,宋瑞娟,张浩亮,等.宝石能谱CT低剂量对比剂肺动脉成像[J].医学影像学杂志,2015,25(2):226-229.
- [10] 王益钢,丁建平,姜净,等.小剂量对比剂团注测试在CT肺动脉成像中的应用[J].医学影像学杂志,2013,23(5):690-693.
- [11] 高维青,陶晓峰,朱凌,等.低对比剂用量和小剂量测试技术对肺动脉图像质量的影响[J].医疗卫生装备,2016,37(5):69-71.
- [12] 刘建新,刘剑,王霄英.对比剂智能跟踪与预试验肺动脉MSCT成像的对比研究[J].放射学实践,2008,23(12):1380-1382.

(收稿日期:2016-11-19 修回日期:2017-01-07)

(上接第2079页)

- al. The 2007 WHO classification of tumours of the central nervous system[J]. Acta Neuropathol,2007,114(2):97-109.
- [5] 李向荣,龙莉玲,黄仲奎,等.27例非典型性脑膜瘤的CT、MRI表现与病理对照分析[J].重庆医学,2011,40(26):2659-2661.
- [6] 张荣伟,许峰,袁绍纪,等.320层CT对窦旁脑膜瘤周水肿的灌注研究[J].中华神经外科疾病研究杂志,2013,12(2):142-145.
- [7] 李晓光,康厚艺,程海云,等.T1加权像动态对比增强MRI在评价脑胶质瘤微血管通透性及病理分级中的应用价值[J].蚌埠医学院学报,2015,40(2):230-233.
- [8] 张微,牛蕾,马敏阁,等.DCE-MRI在高、低级别脑胶质瘤及脑膜瘤中的鉴别诊断[J].磁共振成像,2015(8):566-570.
- [9] Salokorpi N,Yrjänä S,Tuominen H,et al. Expression of VEGF and collagen XV III in meningiomas: correlations with histopathological and MRI characteristics[J]. Acta Neuropathol,2013,155(6):989-996.
- [10] 马洪兵,高峰.恶性脑膜瘤的MRI影像表现分析[J].医学影像学杂志,2016,26(3):385-388.
- [11] Svolos P,Tsolaki E,Theodorou K,et al. Classification methods for the differentiation of atypical meningiomas

using diffusion and perfusion techniques at 3-T MRI. [J]. Clin Imag,2013,37(5):856-864.

- [12] Matsushima N,Maeda M,Takamura M,et al. MRI findings of atypical meningioma with microcystic changes[J]. J Neuro Oncol,2007,82(3):319-321.
- [13] Hussain NS,Moisi MD,Keogh B,et al. Dynamic susceptibility contrast and dynamic contrast-enhanced MRI characteristics to distinguish microcystic meningiomas from traditional Grade I meningiomas and high-grade gliomas [J]. J Neurosurg,2016,126(4):1-7.
- [14] Watanabe Y,Yamasaki F. Preoperative histological grading of meningiomas using apparent diffusion coefficient at 3T MRI[J]. Eur J Radiol,2013,82(4):658-663.
- [15] Toh CH,Castillo M,Wong AM,et al. Differentiation between classic and atypical meningiomas with use of diffusion tensor imaging[J]. AJNR,2008,29(9):1630-1635.
- [16] Jackson A,Li K L,Zhu X. Semi-quantitative parameter analysis of DCE-MRI revisited: monte-carlo simulation, clinical comparisons, and clinical validation of measurement errors in patients with type 2 neurofibromatosis[J]. PLoS One,2014,9(3):e90300.

(收稿日期:2016-11-26 修回日期:2017-01-14)