

文章编号 1006-8147(2016)01-0044-04

论 著

# 双能 CT 肺灌注成像在诊断肺栓塞中的价值

卓娜<sup>1</sup>, 马延贺<sup>2</sup>, 张洪<sup>2</sup>

(1.天津医科大学第二医院超声科, 天津 300211; 2.天津市胸科医院影像科, 天津 300222)

**摘要** 目的:评价双能 CT(DECT)低对比剂肺灌注成像诊断肺动脉栓塞的图像质量及辐射剂量。方法:接受双源 CT 扫描的肺栓塞疑似患者 290 例,根据扫描方式不同分为两组:DECT 检查组 80 例;常规检查组 210 例。分别以主观和客观法评价图像质量:主观评价法由两名影像科诊断医生以 5 分法评价图像质量;客观评价法采用测量信号噪声比(SNR)和对比度噪声比(CNR)。分别记录、计算两组受检者的辐射剂量。对两名影像科诊断医师的主观评级采用  $\chi^2$  检验。对辐射剂量、SNR 和 CNR 的差异采用  $t$  检验。结果:两组患者的年龄、性别差异均无统计学意义。DECT 肺灌注成像与常规 CTPA 成像的图像质量主观评级均在 1 级以上,两者的诊断效能、图像质量评分差别无统计学意义。两组间在 SNR、CNR、辐射剂量均无统计学差异。结论:DECT 低对比剂用量肺灌注成像所得的图像能够满足临床诊断需要,降低了受检者对比剂风险。

**关键词** 肺栓塞体层摄影技术;X 线计算机血管造影术;双能量肺灌注成像;双源 CT

中图分类号 R445

文献标志码 A

## Value of dual energy CT pulmonary perfusion imaging in diagnosis of pulmonary embolism

ZHUO Na<sup>1</sup>, MA Yan-he<sup>2</sup>, ZHANG Hong<sup>2</sup>

(1.Department of Ultrasound, The Second Hospital, Tianjin Medical University, Tianjin 300211, China; 2. Department of Radiology, Tianjin Chest Hospital, Tianjin 300222, China)

**Abstract Objective:** To compare the radiation dose and image qualities of dual source CT in dual energy scan mode pulmonary perfusion imaging and conventional CT pulmonary artery angiography(CTPA). **Methods:** Two hundred and ninety patients with suspected pulmonary embolism, according to the scanning mode, were divided into two groups: 80 cases underwent DECT examination; 210 cases underwent routine CTPA examination. Image quality was evaluated by 5 points method, and by measuring the signal to noise ratio (SNR) and contrast to noise ratio (CNR). Radiation doses were recorded. The quality score of two groups were obtained by Chi square test. Differences in the radiation dose, SNR and CNR were acquired by  $t$  test. **Results:** Age, gender differences of two groups were not statistically significant. DECT and conventional CTPA acquisition, reconstruction could promote the diagnosis, and the difference showed no statistical significance. There was no significant difference in SNR, CNR and radiation dose between the two groups. **Conclusion:** Dual energy CT with low dose contrast agent can promote clinical diagnosis, reducing the risk of the contrast agent.

**Key words** pulmonary embolism; tomography technology; X-ray computed; angiography dual-energy lung perfusion imaging; dual-source

CT 肺动脉造影 (CT pulmonary angiography, CTPA)能够有效地诊断肺动脉栓塞并且评估肺动脉栓塞的严重程度,在临床中有广泛应用。双源 CT (dual-source CT, DSCT)在双能量(dual energy CT, DECT)扫描模式下可实现肺灌注成像的同时,可以重建出近似 120 kV 管电压的 CTPA 图像。在显示肺动脉的解剖信息的同时,也能显示肺动脉的血流灌注状态,提高了亚段肺栓塞的检出率,在临床中有巨大的应用价值<sup>[1-2]</sup>。DECT 肺灌注成像有助于肺栓塞(PE)的诊断,但如果受检者的辐射剂量过高,也是不可取的<sup>[3]</sup>。目前,国内缺少 DECT 肺灌注成像的图像质量、辐射剂量的研究报道。因此,我们比较分

析 DECT 肺灌注成像与常规 CTPA 成像的图像质量和辐射剂量,分析 DECT 肺灌注成像应用的可行性。

### 1 对象和方法

1.1 患者选择 回顾性收集 2013 年 2 月-2015 年 5 月在天津市胸科医院接受 CT 检查的 290 例疑似肺栓塞患者。根据患者所接受扫描方式的不同分为两组:DECT 扫描和常规 CTPA 扫描模式。接受 DECT 肺灌注成像检查的患者共 80 例,平均 (59±11)岁(年龄范围 35~79 岁),男性 30 例,女性 50 例;接受常规 CTPA 检查的患者共 210 例,平均 (58±10)岁(年龄范围 38~80 岁),男性 95 例,女性 115 例。因为检查需要屏气及注射含碘对比剂,因此排除以下受检者:心、肺功能不全者;肾功能不全者;对比剂过敏者等其他禁忌证患者。

作者简介 卓娜(1984-),女,医师,学士,研究方向:医学影像专业;通信作者:马延贺, E-mail: mayanhe2008@163.com。

**1.2 CT 检查方法** 采用西门子 DSCT (Somatom Definition, Siemens Healthcare) 及相应工作站 (配备有 Syngo Dual Energy 软件)。DSCT 扫描模式和参数: DECT 肺灌注成像 ( $n=80$  例), 球管 A: 管电压 140 kV、管电流 55 mA、FOV 为 50 cm; 球管 B: 管电压 80 kV、管电流 210 mA、FOV 为 26 cm。准直器宽度为  $64 \times 1.2$  mm; 螺距为 0.5; 球管旋转 1 周时间为 0.33 s, 层厚 0.75 mm。常规 CTPA 扫描模式 ( $n=210$  例), 仅使用一套 X 线球管及探测器, 管电压 120 kV, 曝光量为 170 mAs, 准直器宽度为  $64 \times 1.2$  mm; 螺距为 0.5; 球管旋转 1 周时间为 0.33 s, 层厚 0.75 mm。两组对比剂注射方案相同, 采用双期相注射方案, 注射 40~50 mL 对比剂 (碘帕醇, 370 mgI/mL) 后再注射 20~40 mL 生理盐水, 注射速率均为 4 mL/s。采用触发扫描, 将兴趣区设置在主肺动脉, 当其内 CT 值达 100 HU 时触发, 延迟 4 s 扫描。为减少上腔静脉内线束硬化伪影, 扫描方向为由足侧向头侧。扫描范围为心膈角至肺尖。图像采集在单次屏气内完成。

**1.3 DECT 模式图像重建** 将 DECT 模式扫描数据传至工作站中, 应用 Syngo Dual Energy 中 LPBV 功能, 计算肺灌注图像。CT 值设置: 在 80 kV 及 140 kV 均视 -1 000 HU 为气体; 80 kV 和 140 kV 分别以 60 HU 和 54 HU 视为软组织; 窗宽窗位分别为 100 HU、50 HU。同时, 球管 A 和 B 的数据以 3:7 的权重重建出近似 120 kV 的常规 CTPA 图像。

**1.4 辐射剂量计算** 由 CT 机自动记录扫描每例受检者的扫描长度 ( $L$ , 单位 cm) 和容积 CT 剂量指数 (CT dose index-volume, CTDIvol, 单位 mGy)。计算每例受检者的剂量长度乘积 (dose length product, DLP;  $DLP = L \times CTDIvol$ ) 和有效剂量 (effective dose, ED, 单位 mSv;  $ED = k \times DLP$ ,  $k$  取 0.017)。

**1.5 图像质量评分** 由两名影像科诊断医生在检查后 1 d 内分别独立对图像质量进行评分, 当评分不一致时取评分低者。将图像质量划分 5 个等级: 5 分为图像质量高, 无伪影, 非常有诊断信心; 4 分为图像质量较好, 伴有轻度的伪影或是噪声; 3 分为中等图像质量, 伪影或噪声较明显, 但仍能诊断; 2 分图像质量较差, 伪影较重, 勉强满足定性诊断; 1 分不能作诊断的图像。

**客观评价图像质量:** 采用测量信号噪声比 (SNR) 和对比度噪声比 (CNR)。分别测量主肺动脉、左肺动脉及右肺动脉的 CT 值, 测量时兴趣区大小设定为血管管径的  $2/3$ , 测量其均值作为信号强度; 测量胸前空气区左、中、右 3 个区域取直径约 1 cm

的兴趣区, 测量其标准差, 取其平均值作为背景噪声; 同时测量胸大肌 CT 值, 选择连续的 3 个层面, 取平均值。SNR=信号强度/背景噪声; CNR=(信号强度-胸大肌平均 CT 值)/背景噪声。

**1.6 统计分析** 采用 IBM SPSS20.0 软件包进行统计学分析。连续变量以  $\bar{x} \pm s$  表示, 年龄、辐射剂量、SNR 和 CNR 的差异采用  $t$  检验。对图像质量评分采用  $\chi^2$  检验。  $P < 0.05$  认为差异有统计学意义。

## 2 结果

疑似肺栓塞并接受 DECT 肺灌注检查的 80 例患者与疑似肺栓塞而接受常规 CTPA 检查的 210 例患者, 两组患者的年龄、性别差异均无统计学意义。

**2.1 图像质量** DECT 与常规 CTPA 图像质量的主观评价见表 1。所有采集到的图像均满足诊断用, 即均在 1 分以上。两组共 290 例疑似 PE 患者, 均满足诊断要求。常规组 210 例 5 分及 4 分共 201 例 (95.7%); DECT 组 5 分及 4 分共 73 例 (91.3%), 无 1 分及 2 分病例 (图 1)。两组在 PE 检查中的图像质量无统计学差异 ( $\chi^2=4.42, P=0.219$ )。DECT 与常规 CTPA 的图像质量的客观评价, SNR、CNR 均无统计学差异 (表 2)。

表 1 两组肺动脉主观评分结果

Tab 1 Pulmonary artery scores in two groups

组别	主观评估分数					$\chi^2$	$P$
	1	2	3	4	5		
CTPA/例	0	2	7	65	136	4.42	0.219
DECT/例	0	0	7	23	50		

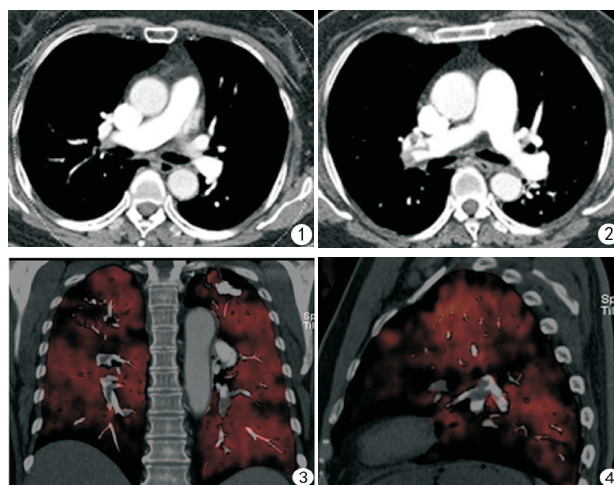


图 1 DECT 灌注图像与常规 CTPA 对比

Fig 1 DECT perfusion images compared with conventional CTPA images

表 2 DECT 及 CTPA 两种模式图像的 SNR、CNR 对比

Tab 2 Comparison of CNR and SNR in DECT and CTPA modes

	肺动脉段	DECT	CTPA	P
SNR	主肺动脉	10.9(4.8–19.8)	11.5(6.5–22.5)	0.453
	右肺动脉	10.6(3.9–19.5)	10.1(5.5–17.1)	0.389
	左肺动脉	10.8(4.1–20.5)	10.9(6.8–19.5)	0.526
	右上叶肺动脉	14.9(3.0–41.3)	13.9(5.9–28.8)	0.614
	左上叶肺动脉	15.1(5.0–40.4)	13.5(3.0–35.8)	0.472
	右肺中叶动脉	14.7(4.5–35.5)	13.8(4.9–32.8)	0.524
	左肺舌叶动脉	14.1(5.1–33.4)	13.7(3.9–26.8)	0.493
	右下叶肺动脉	13.5(4.1–22.9)	12.9(3.9–21.9)	0.399
	左下叶肺动脉	13.9(7.3–27.8)	13.5(7.2–28.1)	0.632
CNR	主肺动脉	7.9(2.1–17.9)	8.3(3.2–18.4)	0.386
	右肺动脉	8.0(2.1–17.8)	7.9(2.2–17.9)	0.483
	左肺动脉	8.1(1.8–17.5)	8.2(1.9–16.9)	0.431
	右上叶肺动脉	11.9(2.1–32.1)	12.1(1.9–29.8)	0.532
	左上叶肺动脉	11.5(2.5–31.1)	11.9(2.3–30.9)	0.591
	右肺中叶动脉	10.9(2.2–32.1)	11.2(2.1–28.8)	0.542
	左肺舌叶动脉	11.7(2.3–30.4)	12.1(2.6–31.9)	0.573
	右下叶肺动脉	11.3(2.3–21.2)	10.5(3.3–25.4)	0.518
	左下叶肺动脉	11.1(4.5–24.3)	9.9(3.9–23.5)	0.487

2.2 辐射剂量 DECT 肺灌注成像及常规 CTPA 在扫描长度、采集时间、管电流、DLP 及有效辐射剂量 ED 方面均无统计学差异(表 3)。

表 3 DECT 及常规 CTPA 辐射剂量参数

Tab 3 DECT and conventional CTPA radiation dose parameters

参数	DECT	CTPA	P
扫描长度/cm	360±43	359±44	0.562
扫描时间/s	0.78±0.1	7.5±0.8	0.531
管电流/(mAs)	94.9±24/75.4±15	116.5±12	0.518
CTDIvol	5.88±1.42	5.91±1.39	0.447
DLP	210±14	208±15	0.602
ED	4.2±0.80	4.4±0.77	0.581

### 3 讨论

薄层 CTPA 使亚段肺动脉的显影也成为可能, CTPA 可作为诊断肺栓塞的标准<sup>[9]</sup>。近年来, DECT 肺灌注成像的应用愈加广泛, 我们的研究表明 DECT 肺灌注成像与常规 CTPA 成像的辐射剂量、图像质量无统计学差异, 该方法既可以提供肺动脉的解剖信息, 也可以提供肺灌注信息。

3.1 辐射剂量 当前 CT 的广泛应用, 增加了人群的辐射剂量。目前所用的扫描方式, 患者的有效辐射剂量约 3~5 mSv<sup>[5]</sup>。DSCT 的双能模式下的有效剂量约 3.2~4.7 mSv<sup>[6]</sup>。双能模式下的有效剂量与常规模式下的辐射剂量相近, 本研究中分别约(4.2±0.80)

mSv 和(4.4±0.77)mSv。DECT 辐射剂量略低于常规模式下辐射剂量, 这可能是因为双能模式下选用了较低的曝光量(mAs), 同时, 两套球管系统中有一套采用的是 80 kV 的管电压。受检者的差异也会引起辐射剂量的不同, 研究中并未采用随机化分组的原则, 而是回顾性分析数据, 这可能会影响辐射剂量的统计。另外, 由于临床资料的缺失, 患者的身高体重质量指数(BMI)未被统计, 这也影响了患者的辐射剂量。在多数研究中, DECT 肺灌注成像的辐射剂量等于或略低于常规 CTPA 的辐射剂量。

3.2 DECT 的图像质量 为了确定 DECT 肺灌注成像能够应用于肺栓塞的诊断中, 需要明确其图像质量是否可以满足诊断需要。本研究通过对比分析了两组检查方法对肺动脉的成像能力, 即评价两组扫描模式的图像质量。从主观方面和客观方面评价图像质量, 主观评价方法有 5 分法或 4 分法, 本文中采用的 5 分法在评价图像质量时最为常用<sup>[7]</sup>。

DECT 肺灌注成像时, 影响成像质量的因素较多, 如伪呼吸伪影、线束硬化伪影、运动伪影、心脏搏动伪影等, 受检者的配合, 如屏气、身体运动等均可影响图像质量<sup>[8]</sup>。扫描过程中, 受检者屏气不佳, 会出现呼吸运动伪影, 使图像质量降低。图像质量也与 CT 扫描时间、对比剂注射流速和流量等扫描技术参数有关。扫描时间的延长, 也增加了受检者的屏气时间。当患者意识不清, 屏气不能; 心、肺功能不佳时, 患者屏气时间较短或不能配合, 图像质量较差。本研究中, 回顾性分析 2 例 2 分图像, 一例患者心、肺功能不佳, 屏气时间较短, 自足侧向头侧扫描过程中, 肺底图像质量较好, 但肺门区以上由于屏气较差, 产生呼吸运动伪影, 评分较低; 另一例由于对比剂流速较慢, 数据采集过程中, 上腔静脉内对比剂充盈较多, 线束硬化伪影较重, 右肺上叶肺动脉评价受限。减少对比剂用量可明显减少线束硬化伪影, 在 DECT 肺灌注成像中线束硬化伪影是引起灌注缺损的主要非肺栓塞因素。我们的研究中虽然采用了低对比剂用量, 但上腔静脉内的高浓度对比剂仍是产生伪影的主要原因<sup>[9]</sup>。

SNR 和 CNR 是评价图像质量的重要参数。本研究中分别测量主肺动脉及左、右肺动脉的 CT 值, 取平均值作为信号强度。背景噪声设置是以胸前空气区左、中、右 3 个区域的 CT 值为背景噪声, 某些研究中以主肺动脉 CT 值的标准差定义为噪声, 但研究结果一致<sup>[10]</sup>。计算 CNR 时测量肌肉组织 CT 值, 本研究中测量胸大肌, 也有文献报道测量背部肌肉的平均 CT 值。尽管在测量方法中存在一定的区别,



并不影响两组图像的对比结果。本研究中两组图像的SNR及CNR均无统计学差异,说明了DECT肺灌注成像应用的可行性。

本研究中,DECT肺灌注成像的患者样本有限。其次,受检者的身高体质量指数未被统计,个别肥胖、瘦小受检者未被排除,可能会影响辐射剂量的统计。由于是回顾性分析,两组受检者并未随机分组接受两种扫描模式,这也可能会影响辐射剂量与图像质量。但我们依据实际工作经验认为,两者图像质量并无明显差异,均可很好地诊断肺栓塞。因此,相比于常规CTPA成像,DECT肺灌注成像可以提供额外的肺灌注信息,并以可视化的碘分布图形式直观反映肺组织的功能损害(缺血、梗死、支气管动脉代偿的缺失等)及其损害程度和范围,在临床中具有更大的应用价值和潜力。

#### 参考文献:

- [1] Mamlouk M D, vanSonnenberg E, Gosalia R, et al. Pulmonary embolism at CT angiography: implications for appropriateness, cost, and radiation exposure in 2003 patients[J]. Radiology, 2010, 256(2): 625
- [2] 柴学,张龙江,卢光明,等. 免急性肺栓塞双源CT双能量肺灌注成像的动态变化及与病理对照[J]. 放射学实践, 2010, 25(3):258
- [3] Yuan R, Shuman W P, Earls J P, 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
- [4] Zhang L J, Zhou C S, Schoepf U J, et al. Dual-energy CT lung ventilation/perfusion imaging for diagnosing pulmonary embolism[J]. Eur Radiol, 2013, 23(10):2666
- [5] 姜英健,于铁链,戴亚楠,等. 低剂量CT肺动脉造影的临床研究[J]. 天津医科大学学报, 2010, 16(1):166
- [6] Thieme S F, Meinel F G, Graef A, et al. Dual-energy CT pulmonary angiography in patients with suspected pulmonary embolism: value for the detection and quantification of pulmonary venous congestion[J]. Br J Radiol, 2014, 87(1039):20140079
- [7] De Zordo T, von L K, Dejaco C, et al. Comparison of image quality and radiation dose of different pulmonary CTA protocols on a 128-slice CT: high-pitch dual source CT, dual energy CT and conventional spiral CT[J]. Eur Radiol, 2012, 22(2):279
- [8] Sueyoshi E, Tsutsui S, Hayashida T, et al. Quantification of lung perfusion blood volume (lung PBV) by dual-energy CT in patients with and without pulmonary embolism: preliminary results[J]. Eur J Radiol, 2011, 80(3):e505
- [9] 周运锋,史河水,崔立明,等. 双源CT双能量肺灌注成像对肺栓塞的诊断和临床应用价值[J]. 放射学实践, 2012, 27(1):36
- [10] 李艳辉,冯坤鹏,黎庶,等. 双能CT肺灌注成像与多层螺旋CT肺动脉造影联合应用对肺栓塞的诊断价值[J]. CT理论与应用研究, 2014, 23(6):905

(2015-07-28 收稿)

文章编号 1006-8147(2016)01-0047-04

## 论著

# 143例原发性醛固酮增多症临床分析

梁家正, 李黎明, 汤坤龙, 刘晓龙, 朱国栋  
(天津医科大学总医院泌尿外科, 天津 300052)

**摘要** 目的:分析经病理证实的原发性醛固酮增多症(PHA)患者的临床特点。方法:对2012年5月至2015年3月间连续确诊的143例PHA患者的临床资料进行回顾性分析。结果:血压升高者135例,其中1、2、3级高血压分别占1.39%、28.67%、64.34%。低血钾者占105例。醛固酮和肾素活性比值(ARR)≥40者占75.52%,ARR≥40且肾素活性减低者占24.48%,ARR≥40且醛固酮浓度升高者占44.76%,醛固酮浓度升高且肾素活性降低者占12.59%,醛固酮浓度升高者占61.54%,肾素活性降低者占24.48%。B超、CT及MRI检查肾上腺病变阳性率分别为60.87%、100%、90.91%。CT和MRI对PHA的检出率高于超声( $P<0.01$ )。CT对醛固酮腺瘤和皮质增生的诊断符合率分别为92.22%和55%( $P<0.01$ ),MRI对醛固酮腺瘤和皮质增生的诊断符合率分别为80%和100%( $P>0.05$ )。结论:PHA主要表现为中重度高血压,血钾正常者不能排除PHA的诊断。ARR≥40作为切点对诊断PHA具有较高的敏感性。CT对PHA有较高的检出率和诊断符合率。

**关键词** 原发性醛固酮增多症; 高血压; 低血钾; 醛固酮肾素活性比值

**中图分类号** R586.2+4

**文献标志码** A

原发性醛固酮增多症(primary hyperaldosteronism,

PHA)是肾上腺皮质分泌过量的醛固酮激素,引起以高血压、低钾血症、低血浆肾素活性和碱中毒为主要表现的临床综合征,又称Conn综合征。既往认为

作者简介 梁家正(1988-),男,硕士在读,研究方向:泌尿外科;通信作者:李黎明, E-mail: 13920420809@163.com。