

64 排螺旋 CT 肺动脉联合支气管动脉双期增强扫描方案研究

杨维森¹, 张万军¹, 王震寰^{2,3}

[摘要] **目的:**探讨肺动脉(PA)联合支气管动脉(BA)双期增强扫描的成像技术。**方法:**收集苏州大学第二附属医院行 64 排螺旋 CT 胸部增强扫描 120 名病人,设置固定延迟法和团注示踪法两种扫描方案。固定延迟法设置 3 组实验。A 组:注入对比剂 80 mL,PA 期延迟 14 s 扫描,BA 期延迟 20 s 扫描;B 组:注入对比剂 80 mL,PA 期延迟 14 s 扫描,BA 期延迟 22 s 扫描;C 组:注入对比剂 70 mL,PA 期延迟 12 s 扫描,BA 期延迟 22 s 扫描。团注示踪法:对比剂注入量 70 mL,在注射开始后延迟 3 s 行同层跟踪扫描,感兴趣区放置在主肺动脉干分叉处,当感兴趣区 CT 值超过 100 Hu 后开始扫描。评价靶血管强化值,比较各组间差异。**结果:**固定延迟法 C 组 PA 期及 BA 期 PA/降主动脉(DA)强化差值分别为(243 ± 111)Hu、(248 ± 73)Hu,密度差异明显高于 A 组和 B 组;PA 期: C 组 PA/DA 的差值高于 A 组和 B 组($P < 0.05$ 和 $P < 0.01$),B、C 组上腔静脉(SCV)的 CT 值高于 A 组($P < 0.05$ 和 $P < 0.01$),C 组升主动脉(AA)和 DA 的 CT 值低于 A 组和 B 组($P < 0.05 \sim P < 0.01$),C 组左心房(LV)的 CT 值低于 A 组和 B 组($P < 0.05$);BA 期: SCV、PA、LV、AA 的 CT 值与 A 组和 B 组差异均有统计学意义($P < 0.05$),其中 C 组 SCV、LV 和 AA 的 CT 值均低于 A、B 组($P < 0.05 \sim P < 0.01$),A、B 组间差异无统计学意义($P > 0.05$),且 C 组减少了对比剂用量。团注示踪法 PA 期及 BA 期 PA/DA 强化差值分别为(241 ± 97)Hu、(234 ± 60)Hu,与固定延迟法 C 组差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论:**合理利用经验延迟法及团注示踪法均可在一次检查中获得良好的 CTPA 及 CTBA 图像,能够提供一种辨识 PA 和 BA 密度差异的双期成像技术。在精确个体化差异中,团注示踪法比固定延迟法更有优势。

[关键词] 体层摄影技术, X 线计算机, 肺动脉; 支气管动脉

[中图分类号] R 443.5

[文献标志码] A

DOI: 10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2018.04.003

Study on the dual-phase enhanced scanning scheme of 64-slice spiral CT for pulmonary artery and bronchial artery

YANG Wei-sen¹, ZHANG Wan-jun¹, WANG Zhen-huan^{2,3}

(1. Department of Radiology, The Second Affiliated Hospital of Suzhou University, Suzhou Jiangsu 215004; 2. Institute of Clinic Anatomy, Department of Human Anatomy, Bengbu Medical College, 3. Anhui Key Laboratory of Tissue Transplantation, Bengbu Anhui 233030, China)

[Abstract] **Objective:** To investigate the of dual-phase enhanced scanning technology in pulmonary angiography(PA) and bronchial angiography(BA). **Methods:** One hundred and twenty scanned by chest enhanced 64-slice spiral CT from the Second Affiliated Hospital of Suzhou University were selected. The fixed delay method and bolus tracking(BT) method were employed. The patients treated with fixed delay method were divided into the group A(injected with 80mL contrast agent, delay scanning for 14 s in PA phase and delay scanning for 20 s in BA phase), group B(injected with 80 mL contrast agent, delay scanning for 14 s in PA phase and delay scanning for 22 s in BA phase), and group C(injected with 70 mL contrast agent, delay scanning for 12 s in PA phase and delay scanning for 22 s in BA phase). Among the patients treated with Bolus Tracking(BT), the same slice was tracked and scanned after 3 s of 70 mL contrast agent injecting. The crotch of the pulmonary artery trunk was the interest region, the scan was launched after the CT value achieved 100 Hu threshold. The target vascular enhancement value was evaluated, and the difference of which was compared. **Results:** Among the patients treated with fixed delay method, the reinforced difference values of PA/DA in PA phase and BA phase in group C were(243 ± 111)Hu and(248 ± 73)Hu, respectively, and the difference of the density in group C was significantly higher than that in group A and group B. In PA phase, the difference value of PA/DA in group C was higher than that in group A and group B($P < 0.05$ and $P < 0.01$), the CT values of superior vena cava(SVC) in group B and group C were higher than that in group A($P < 0.05$ and $P < 0.01$), the CT values of ascending aorta(AA) and descending aorta(DA) in group C were significantly lower than those in group A and group B($P < 0.05$ to $P < 0.01$), and the CT value of left atrium(LV) was lower than that in group A and group B($P < 0.05$). In BA phase, the differences of the CT values of SVC, PA, LV and AA between group A and group B were statistically significant($P < 0.05$), the CT values of SVC, LV and AA in group C were significantly lower than those in group A and group B($P < 0.05$ to $P < 0.01$),

[收稿日期] 2017-12-28 **[修回日期]** 2018-02-12

[基金项目] 江苏省苏州市“科教兴卫”青年科技项目(KJXW2017017)

[作者单位] 1. 苏州大学第二附属医院 影像科, 江苏 苏州 21500; 蚌埠医学院 2. 临床应用解剖研究所, 人体解剖教研室, 3. 组织移植安徽省重点实验室, 安徽 蚌埠 233030

[作者简介] 杨维森(1986-), 男, 硕士, 医师。

[通信作者] 王震寰, 硕士研究生导师, 教授。E-mail: bmcwpwz@sina.com

the differences of the CT values of SVC, LV and AA between groups A and B were not statistically significant ($P > 0.05$), and the contrast agent in group C decreased. Among the patients treated with bolus tracking (BT) method, the reinforced difference values of PA/DA in PA phase and BA phase in group C were (241 ± 97) Hu and (234 ± 60) Hu, respectively, and the difference of which between two methods was not statistically significant ($P > 0.05$). **Conclusions:** The good images of CTPA and CTBA can be acquired using the fixed delay method or bolus tracking method at one check, and the fixed delay method or bolus tracking method is a two-phase imaging technology, which can identify the density difference of PA and BA. The bolus tracking method has advantage over the fixed delay method in individualized examination.

[**Key words**] tomography, X-ray computed; pulmonary artery; bronchial artery

CT 血管成像 (CTA) 能够无创、立体显示肺血管, 可以和传统血管造影相媲美, 甚至更好、更准确^[1-2]。CT 肺动脉成像 (CTPA) 以及支气管动脉成像 (CTBA) 无论是在理论基础还是实践应用上, 都已发展相对成熟。目前偏重研究单独肺动脉 (PA) 或支气管动脉 (BA) 的单期成像技术。然而部分胸痛病人需同时关注 PA 及胸主动脉, 以排除肺栓塞及胸主动脉夹层动脉瘤病变, 传统的单期扫描图像难以同时满足以上诊断要求。朱巧洪等^[3] 利用双期扫描对 BA-PA 瘘进行了研究。本研究设计不同扫描方案, 对 PA 期和 BA 期靶血管进行评价, 拟制定合理的双期扫描方案。现作报道。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2016 年 8 月至 2017 年 2 月, 在苏州大学第二附属医院行胸部增强扫描的病人 120 例, 年龄 18 ~ 86 岁。排除屏气训练配合不佳、对比剂注射无法耐受和临床诊断心功能不全及平扫发现心影增大者。本次研究分别设置固定延迟法及团注示踪法。固定延迟法分为 3 组: A 组 30 例, 男 19 例, 女 11 例, 使用对比剂 80 mL, PA 期对比剂注入后 14 s 扫描, BA 期 20 s 扫描; B 组 30 例, 男 22 例, 女 8 例, 使用对比剂 80 mL, PA 期对比剂注入后 14 s 扫描, BA 期 22 s 扫描; C 组 30 例, 男 23 例, 女 7 例, 使用对比剂 70 mL, PA 期对比剂注入后 12 s 扫描, BA 期 22 s 扫描。团注示踪法纳入病人 30 例, 男 21 例, 女 9 例, 使用对比剂 70 mL。以上 4 组一般资料具有可比性。

1.2 检查方法与扫描参数 64 排螺旋 CT 机: LightSpeed VCT (GE, 美国); 双筒高压注射器: Ulrich Xd2001 (Ulrich, 德国); 管电压 120 KV, 管电流 350 ~ 450 mA (扫描中智能调整), 准直宽度 0.625 mm × 64, 球管转速 0.4 秒/圈, 螺距 1.375:1, SFOV 50 cm, DFOV 36 cm, Standard 重建算法, 重建层厚 0.625 mm, 重建间隔 0.625 mm。团注示踪法注射开始后延迟 3 s 行同层跟踪扫描, 监控层面放

置上腔静脉, 扫描时间 0.5 s, 间隔 1.5 s, 当感兴趣区 CT 值超过 100 Hu 后, 延迟 7 s 开始扫描。所有扫描均以右肘静脉注射非离子型对比剂 (碘海醇, 300 mgI/mL), 注射速度为 5 mL/s。扫描前嘱病人行呼吸训练, 扫描范围从肺尖至侧肋膈角。所有检查均由同一医师完成。

1.3 靶血管测量 将重建层厚 0.625 mm 的双期扫描图像传至 ADW4.4 后处理工作站。使用纵隔窗观察 (WW 300 Hu, WL 40 Hu)。一位医师分别在 PA 及 BA 期图像下在 PA 和同层的上腔静脉 (SCV)、左心房 (LV)、升主动脉 (AA) 及降主动脉 (DA) 各放置一个感兴趣区 (ROI), ROI 面积 100 mm。PA 及上腔静脉选择 PA 分叉层面; LV、AA 及 DA 选择冠状动脉前降支开口层面, 连续测量 3 层 (见图 1、2), 分别计算并记录平均 CT 值。为保证测量准确性, 所有测量尽量避开钙化及线束硬化伪影。BA 主要起源于 DA, 管径纤细, 不易于测量, 因此本研究测量 DA 强化 CT 值评估 BA 期强化值。

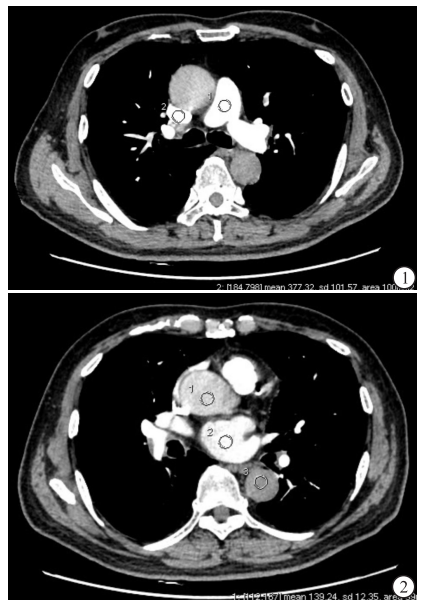


图1 PA期上腔静脉、主PA干强化值测量

图2 PA期左心房、升主动脉及降主动脉强化值测量

1.4 统计学方法 采用 t (或 t') 检验、方差分析和

q 检验。

2 结果

2.1 固定延迟法测得靶血管 CT 值 PA 期:A、B、C 3 组 SCV、LV、AA、DA 的 CT 值及 PA/DA 值差异均有统计学意义($P < 0.01$),其中 C 组 PA/DA 的差值高于 A 组和 B 组($P < 0.05$ 和 $P < 0.01$),B、C 组 SCV 的 CT 值高于 A 组($P < 0.05$ 和 $P < 0.01$),C 组 AA 和 DA 的 CT 值低于 A 组和 B 组($P < 0.01 \sim P < 0.05$),C 组 LV 的 CT 值低于 A 组和 B 组($P <$

0.05),3 组 PA 的 CT 值差异无统计学意义($P > 0.05$)(见表 1)。BA 期:3 组 SCV、PA、LV、AA 的 CT 值差异均有统计学意义($P < 0.05 \sim P < 0.01$),其中 C 组 SCV、LV 和 AA 的 CT 值均低于 A、B 组($P < 0.05 \sim P < 0.01$),A、B 组间差异无统计学意义($P > 0.05$);3 组 DA 的 CT 值及 PA/DA 差值差异均无统计学意义($P > 0.05$)(见表 2)。3 组固定延迟法双期扫描方案中,C 组可以显示较好的靶血管强化差异性(图 3、4),且使用了更低的对比剂量。

表 1 PA 期 3 组 CTPA 各靶血管的 CT 值比较(Hu; $\bar{x} \pm s$)

| 分组 | n | SCV | PA | LV | AA | DA | PA/DA |
|------------------|----|---------------|-----------|------------|-----------------|-----------------|----------------|
| A 组 | 30 | 852 ± 149 | 430 ± 86 | 354 ± 63 | 317 ± 75 | 258 ± 88 | 172 ± 103 |
| B 组 | 30 | 968 ± 97 * | 431 ± 77 | 353 ± 57 | 331 ± 63 | 272 ± 76 | 159 ± 104 |
| C 组 | 30 | 989 ± 241 * * | 443 ± 88 | 310 ± 72 * | 260 ± 83 * * △△ | 200 ± 78 * * △△ | 243 ± 111 * △△ |
| F | — | 5.52 | 0.22 | 4.47 | 7.70 | 6.71 | 5.37 |
| P | — | <0.01 | >0.05 | <0.05 | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| MS _{组内} | — | 29 897.000 | 7 023.000 | 4 134.000 | 5 494.333 | 6 534.667 | 11 248.667 |

q 检验:与 A 组比较 * $P < 0.05$, * * $P < 0.01$;与 B 组比较△△ $P < 0.01$

表 2 BA 期 3 组 CTBA 各靶血管的 CT 值比较(Hu; $\bar{x} \pm s$)

| 分组 | n | SVC | PA | LV | AA | DA | DA/PA |
|------------------|----|------------|--------------|---------------|-------------|-----------|-----------|
| A 组 | 30 | 190 ± 63 | 163 ± 45 | 390 ± 98 | 415 ± 87 | 404 ± 67 | 241 ± 72 |
| B 组 | 30 | 164 ± 58 | 146 ± 45 | 341 ± 97 | 400 ± 67 | 396 ± 55 | 250 ± 61 |
| C 组 | 30 | 150 ± 40 * | 129 ± 37 * * | 291 ± 121 * * | 358 ± 103 * | 378 ± 79 | 248 ± 73 |
| F | — | 4.06 | 4.83 | 6.61 | 3.44 | 1.22 | 0.15 |
| P | — | <0.05 | <0.01 | <0.01 | <0.05 | >0.05 | >0.05 |
| MS _{组内} | — | 2 977.667 | 1 806.333 | 11 218.000 | 7 555.667 | 4 585.000 | 4 744.667 |

q 检验:与 A 组比较 * $P < 0.05$, * * $P < 0.01$

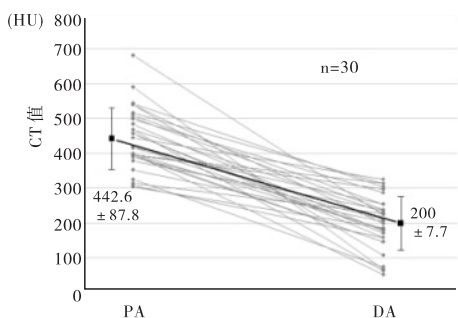


图3 PA期PA与DA CT值比较

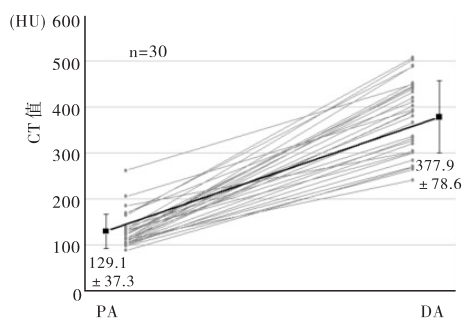


图4 BA期PA与DA CT值比较

2.2 固定延迟法与团注示踪法各靶血管 CT 值比较 PA 期:各靶血管 SVC、PA、LV、AA、DA 的 CT 值以及 PA/DA 在 C 组与团注示踪法之间差异均无统计学意义($P > 0.05$)(见表 3)。BA 期:仅 LV 的 CT 值 B 组高于 CT 组($P < 0.05$);余靶血管 SVC、PA、AA、DA 的 CT 值以及 DA/PA 的差值在 2 组间差异

均无统计学意义($P > 0.05$)(见表 4)。

3 讨论

肺是人体最大的血液供应器官之一,通过两套彼此独立而又相互联系的血管系统 PA 和 BA 供血。肺循环的生理学特征决定了对比剂在肺血管的动力

表3 2组CTPA各靶血管的CT值比较(Hu; $\bar{x} \pm s$)

| 分组 | n | SVC | PA | LV | AA | DA | DA/PA |
|--------|----|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| C组 | 30 | 989 ± 241 | 443 ± 88 | 310 ± 72 | 260 ± 83 | 200 ± 78 | 243 ± 111 |
| 团注示踪法组 | 30 | 925 ± 186 | 441 ± 71 | 324 ± 42 | 293 ± 50 | 229 ± 63 | 241 ± 97 |
| t | — | 1.15 | 0.10 | 0.92 | 1.87 | 1.58 | 0.07 |
| P | — | >0.05 | >0.05 | >0.05 | >0.05 | >0.05 | >0.05 |

表4 2组CTBA各靶血管的CT值比较(Hu; $\bar{x} \pm s$)

| 分组 | n | SVC | PA | LV | AA | DA | DA/PA |
|--------|----|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| C组 | 30 | 150 ± 40 | 129 ± 37 | 291 ± 121 | 358 ± 103 | 378 ± 79 | 248 ± 73 |
| 团注示踪法组 | 30 | 135 ± 46 | 135 ± 35 | 350 ± 73 | 369 ± 58 | 360 ± 50 | 234 ± 60 |
| t | — | 1.35 | 0.64 | 2.29* | 0.51* | 1.05 | 0.81 |
| P | — | >0.05 | >0.05 | <0.05 | >0.05 | >0.05 | >0.05 |

* 示 t' 值

学特征。对比剂自肘正中静脉注入后经 SVC 汇入右心房,后由右心室泵入 PA 及其分支,到达丰富的肺泡毛细血管网进行气体交换,然后汇入肺静脉并进入 LV,而后由左心室泵入主动脉。无论是对比剂从肘静脉注入至 PA 充盈,还是对比剂经肺循环至 BA,其过程非常短暂。

通常在精确对比剂通过时间的方法为小剂量测试法。然而小剂量测试法操作复杂,且需要注入额外的对比剂^[4-5]。因此,本研究主要探讨固定延迟法及团注示踪法的扫描方案。固定延迟法扫描方案以前期小剂量测试所得结果为基础设计。张龙江等^[6]认为应在测试时间上额外加数秒延迟才是合适的扫描时间。HONG 等^[7]认为,小剂量测试法所测的峰值时间比实际增强峰值到达时间提早 2 ~ 5 s。根据我院前期临床研究资料:注射部位为右肘正中静脉、对比剂注射速度为 5 mL/s 时,PA 峰值强化时间为(8.8 ± 1.8)s。为了保证段叶 PA 充盈,本研究 PA 期起扫时间,A、B 组均为 14 s,C 组 12 s。孙小丽等^[8]通过小剂量测试法测的主动脉与 PA 峰值时间差为(8.2 ± 3.1)s,我院前期临床研究测得 PA 与胸主动脉二者的强化峰值时间差为(9.2 ± 2.4)s。本研究 BA 期起扫时间,A 组 20 s,B、C 组均为 22 s。研究结果显示,C 组在 PA 期 PA 强化均值达 443 Hu,且 DA 强化值明显低于 A 组和 B 组;在 BA 期 PA 强化值明显低于 A 组和 B 组,且 DA 强化均值达 378 Hu,说明 C 组扫描方案能更好的显示双期间血管强化差异。另外对比剂量按照(延迟时间 + 扫描时间) × 流速来计算,C 组固定对比剂量为 70 mL,均低于 A 组 80 mL 和 B 组 80 mL 的对比剂用量。

HARTMANN 等^[9]通过对小剂量测试法与固定延迟法两种 CTPA 的扫描方案的研究发现,小剂量测试法得到的图像效果并不优于固定延迟法;HENZLER 等^[10]对怀疑肺栓塞的病人分别用小剂量测试法及团注示踪法对比研究,发现通过两种方案确定的扫描延迟时间对最终得到的图像质量上没有差异,同样适用于诊断。本研究中,使用团注示踪法测得 PA 期 PA 强化均值达 441 Hu,BA 期 BA 强化均值达 360 Hu,与固定延迟法 C 组在 PA/DA 强化差值比较,PA 期、BA 期差异均无统计学意义。分析原因可能与以下因素有关:(1)病例的纳入标准。临床诊断心功能不全及平扫发现心影增大者均已被排除,且未纳入 BMI 极端病例。(2)肺循环是一个相对十分短暂的循环过程,相应的也减小了个体差异对对比剂到达肺血管时间的影响;同时,团注示踪法扫描结果中靶血管强化 CT 值的标准差相对较小。说明在精确个体化差异中,团注示踪法比固定延迟法更有优势,固定延迟法适用范围有待进一步验证。

在 PA 期:按照固定延迟法 C 组参数设定,以 PA 期延迟 12 s、BA 期延迟 10 s 开始扫描,PA 强化 CT 值可达到(443 ± 88)Hu;按照团注示踪法方案,PA 强化 CT 值可达到(441 ± 71)Hu。在 BA 期:BA 强化 CT 值可分别达到(378 ± 79)Hu、(360 ± 50)Hu。行胸部增强扫描时,血管强化应达到 150 ~ 200 Hu,本研究中,CTPA 及 CTBA 均可达到次诊断标准。并且在双期扫描中,本研究固定延迟法 C 组 PA 与 DA 强化差值分别为(243 ± 111)Hu、(248 ± 73)Hu;团注示踪法中 PA 与 DA 强化差值分别为

(下转第 436 页)

- Cardiol,2007,14(5):729.
- [2] ARIAS T, CHEN J, FAYAD ZA, *et al.* Comparison of echocardiographic measurements of left ventricular volumes to full volume magnetic resonance imaging in normal and diseased rats [J]. J Am Soc Echocardiogr,2013,26(8):910.
- [3] SENGUPTA PP, KORINEK J, BELOHLAVEK M, *et al.* Left ventricular structure and function[J]. J Am Coll Cardiol,2006,48(10):1988.
- [4] MATHUR P, SMITH JJ, RAMSEY C, *et al.* Comparison of CT and MRI in the pre-operative staging of rectal adenocarcinoma and prediction of circumferential resection margin involvement by MRI [J]. Colorectal Dis,2003,5(5):396.
- [5] CHUANG ML, GONA P, HAUTVAST GLTF, *et al.* Correlation of trabeculae and papillary muscles with clinical and cardiac characteristics and impact on CMR measures of LV anatomy and function[J]. JACC Cardiovasc Imaging,2012,5(11):1115.
- [6] SALTON CJ, CHUANG ML, O' DONNELL CJ, *et al.* Gender differences and normal left ventricular anatomy in an adult population free of hypertension: A cardiovascular magnetic resonance study of the Framingham Heart Study Offspring cohort [J]. J Am Coll Cardiol,2002,39(6):1055.
- [7] NIKITIN NP, LOH PH, DE SR, *et al.* Left ventricular morphology, global and longitudinal function in normal older individuals: a cardiac magnetic resonance study [J]. Int J Cardiol,2006,108(1):76.
- [8] CABRAL AM, ANTONIO A, MOYSES MR, *et al.* Left ventricular hypertrophy differences between male and female renovascular hypertensive rats[J]. Braz J Med Biol Res,1988,21(3):633.
- [9] PARKS RJ, HOWLETT SE. Sex differences in mechanisms of cardiac excitation-contraction coupling [J]. Pflugers Arch,2013,465(5):747.
- [10] PRAKTIKNJO SD, LLAMAS B, SCOTTBOYER MP, *et al.* Novel effects of chromosome Y on cardiac regulation, chromatin remodeling, and neonatal programming in male mice [J]. Endocrinology,2013,154(12):4746.
- [11] BRINSON KN, RAFIKOVA O, SULLIVAN JC. Female sex hormones protect against salt-sensitive hypertension but not essential hypertension [J]. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol,2014,307(2):149.
- [12] ASHRAFPOOR G, BOLLACHE E, REDHEUIL A, *et al.* Age-specific changes in left ventricular diastolic function: A velocity-encoded magnetic resonance imaging study [J]. Eur Radiol,2015,25(4):1077.
- [13] WU YC, HILL RA, GOGOS A, *et al.* Sex differences and the role of estrogen in animal models of schizophrenia: interaction with BDNF [J]. Neuroscience,2013,239(23):67.
- [14] GUARISE A, FACCIOLI N, FOTI G, *et al.* Role of echocardiography and cardiac MRI in depicting morphological and functional imaging findings useful for diagnosing hypertrophic cardiomyopathy [J]. La Radiologia Medica,2011,116(2):197.
- [15] GREUPNER J, ZIMMERMANN E, GROHMANN A, *et al.* Head-to-head comparison of left ventricular function assessment with 64-row computed tomography, biplane left cineventriculography, and both 2- and 3-dimensional transthoracic echocardiography: comparison with magnetic resonance imaging as the reference standard [J]. J Am Coll Cardiol,2012,59(21):1897.
- [16] ARIAS T, CHEN J, FAYAD ZA, *et al.* Comparison of echocardiographic measurements of left ventricular volumes to full volume magnetic resonance imaging in normal and diseased rats [J]. J Am Soc Echocardiogr,2013,26(8):910.
- [17] ARMSTRONG AC, GJESDAL O, ALMEIDA A, *et al.* Left ventricular mass and hypertrophy by echocardiography and cardiac magnetic resonance: the multi-ethnic study of atherosclerosis [J]. Echocardiography,2014,31(1):12.

(本文编辑 刘畅)

(上接第 432 页)

(241 ± 97)Hu、(234 ± 60)Hu,保证了 PA-BA 系统的血管分支在双期扫描中的密度差异,从而可以辨识血管来源,为肺血管性病变更诊断或者肺内病灶供血来源追踪提供影像学基础。

[参 考 文 献]

- [1] KHALIL A, FARTOUKH M, TASSART M, *et al.* Role of MDCT in identification of the bleeding site and the vessels causing hemoptysis [J]. AJR,2007,188(2):117.
- [2] REMY-JARDIN M, BOUAZIZ N, DUMONT P, *et al.* Bronchial and nonbronchial systemic arteries at multi-detector row CT angiography: comparison with conventional angiography [J]. Radiology,2004,233(3):741.
- [3] 朱巧洪,孙翀鹏,林翰菲,等. 支气管动脉-肺动脉瘘的多层螺旋 CT 血管成像的表现 [J]. 中华放射学杂志,2012,46(8):750.
- [4] FLEISCHMANN D. CT angiography: injection and acquisition technique [J]. Radiol Clin North Am,2010,48(2):237.
- [5] BAE KT. Intravenous contrast medium administration and scan timing at CT: considerations and approaches [J]. Radiology,2010,256(1):32.
- [6] 张龙江,卢光明. CT 血管成像静脉注射碘对比剂的原则和策略 [J]. 中华放射学杂志,2011,45(6):597.
- [7] HONG C, BECKER CR, HUBER A, *et al.* ECG-gated reconstructed multi-detector row CT coronary angiography: effect of varying trigger delay on image quality [J]. Radiology,2001,220(3):712.
- [8] 孙小丽,柳澄,孙丛,等. 64 层 CT 肺动脉与主动脉增强扫描 TDC 的对比研究 [J]. 医学影像杂志,2009,19(1):25.
- [9] HARTMANN IJ, LO RT, BAKKER J, *et al.* Optimal scan delay in spiral CT for the diagnosis of acute pulmonary embolism [J]. J Comput Assist Tomogr,2002,26(1):21.
- [10] HENZLER T, MEYER M, REICHERT M, *et al.* Dual-energy CT angiography of the lungs: comparison of test bolus and bolus tracking techniques for the determination of scan delay [J]. Eur J Radiol,2012,81(1):132.

(本文编辑 姚仁斌)