# · 双能量 CT 影像学专题 ·

## 双源双能量CT肺动脉成像辐射剂量与图像质量的比较研究

李勰,祁丽,周长圣,罗松,张龙江,卢光明

【摘要】目的:比较第一代双源双能量 CT(DECT)与第二代双源双能量 CT 肺动脉成像(CTPA)的辐射剂量和图像质量。方法:120 例疑似肺栓塞患者行 DE-CTPA 检查,其中 40 例患者行第二代双源 DECT 80/Sn140 kV 检查(第一组),40 例患者行第二代双源 DECT 100/Sn140 kV 检查(第二组),40 例患者行第二代双源 DECT 140/80 kV 检查(第三组),测量每例患者肺动脉主干、肺动脉段、空气及背部脂肪的 CT 值及标准差,对肺动脉图像进行主观评分,计算图像信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)及每例患者的有效剂量(ED)。结果:第一组肺动脉平均 CT 值[(354.1±73.4) HU]明显高于第二组[(290.1±73.1) HU,P<0.001]和第三组[(303.9±73.3) HU,P<0.001],但第二组与第三组差异无统计学意义(P=0.399);第三组平均 SNR(24.8±8.4)低于第一组(40.4±12.9,P<0.001)和第二组(44.6±12.9,P<0.001),但第一组与第二组差异无统计学意义(P=0.115)。第一组平均 CNR(435.3±77.7)明显高于第二组(355.8±77.8,P<0.001)和第三组(384.8±79.0,P=0.005),但第二组与第三组差异无统计学意义(P=0.100)。三组图像主观质量评分差异无统计学意义(P>0.05)。第一组的 ED[(1.2±0.3) mSv]明显低于第二组[(2.4±0.7) mSv]和第三组[(3.0±0.7) mSv],差异均有统计学意义(P<0.05)。结论:第二代双源 DECT 80/Sn140 kV 扫描方案可在大幅度降低辐射剂量的同时获得满足诊断需求的图像。

【关键词】 双源双能量 CT; 肺栓塞; 辐射量; 图像质量

【中图分类号】R563.5; R814.42 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2014)09-1003-05

DOI:10.13609/j. cnki. 1000-0313. 2014. 09. 006

Comparison of radiation dose and image quality of CT pulmonary angiography using dual-source dual-energy CT LI Xie, QI Li, ZHOU Chang-sheng, et al. Department of Medical Imaging, Jinling Hospital, Southern Medical University, Nanjing 210002, P. R. China

[Abstract] Objective: To compare radiation dose and image quality of CT pulmonary angiography (CTPA) using first generation and second-generation dual-source dual-energy CT (DECT). Methods: A total of 120 patients (40 in each group) underwent CTPA on a dual-source CT scanner (group 1; second generation DECT, 40 patients, 80/8n140 kV; group 2; second generation DECT, 40 patients, 140/80 kV). The mean CT attenuations and standard deviations (SD) of main pulmonary, pulmonary arteries, the air, and the fat of the back at the level of the pulmonary trunk were measured. CT value, signal to noise ratio (SNR), contrast to noise ratio (CNR), and effective dose (ED) of pulmonary artery images were compared. Results: The CT values in the pulmonary arteries were significantly higher in group 1 [(354, 1±73, 4) HU, P < 0.001] than those in group 2 [(290, 1±73, 1) HU, P < 0.001] and group 3 [(303, 9±73, 3) HU, P < 0.001]; however, no difference was found in CT values between groups 2 and 3 (P = 0.399). Mean SNR were lower in group 3 (24, 8±8, 4) than group 1 (40, 4±12, 9, P < 0.001) and group 2 (44, 6±12, 9, P < 0.001), however, no difference was found for SNR between groups 1 and 2 (P = 0.115). Mean CNR were significantly higher in group 1 (435, 3±77, 7) than group 2 (355, 8±77, 8, P < 0.001) and group 3 (384, 8±79, 0, P = 0.005), however, no difference was found for CNR between groups 2 and 3 (P = 0.11). Mean ED were the lowest (P < 0.001) in group 1. Conclusion; Second generation dual-source DECT with 80/Sn140 kV protocols allows for significant dose reduction and diagnostic image quality.

**(Key words)** Dual energy CT; Pulmonary embolism; Radiation dose; Image quality

肺栓塞(pulmonary embolism, PE)是严重危害人类健康的心血管疾病,发病率仅次于冠心病和高血压<sup>[1,2]</sup>。早期准确诊断及临床干预是降低 PE 病死率的关键。CT 肺动脉成像(CT pulmonary angiogra-

phy,CTPA)已经成为临床疑似 PE 患者的首选检查方法<sup>[3]</sup>。双源双能量 CT(dual energy CT,DECT)技术能同时提供全肺和肺动脉的解剖、灌注及通气信息,成为 PE 评估的一站式检查手段<sup>[4,5]</sup>。由于 PE 患者需进行连续的随访复查,患者累计接受的辐射剂量较高,因此必须降低受检者接受的辐射剂量。通过常规应用自动调节控制曝光软件、降低管电流及管电压的方法

作者单位:210002 南京,南方医科大学附属临床医学院/南京军区南京总医院医学影像科

作者简介:李勰(1990一),女,广东人,硕士研究生,主要从事低辐 时剂量肺动脉 CT 成像研究工作。

通讯作者:卢光明,E-mail:cjr.luguangming@vip.163.com

可降低患者的 CTPA 辐射剂量<sup>[6]</sup>。有文献指出第一代双源 DE-CTPA 的辐射剂量比常规单能 CTPA 低<sup>[7]</sup>。但是关于第二代双源 DE-CTPA 的辐射剂量和 图像质量的文献尚较少。本研究比较两代双源双能量 CT 的辐射剂量及图像质量,旨在为临床优选出最佳的双源双能量 CT 扫描参数。

#### 材料与方法

#### 1. 研究对象

回顾性研究 2013 年 5 月一2014 年 5 月间在我院行双能量 CTPA 检查的患者 120 例,其中 40 例患者 (男 23 例,女 17 例,年龄 18~74 岁,平均年龄 47 岁) 行第二代 DE-CTPA 80/Sn140 kV 检查(第一组);40 例患者(男 27 例,女 13 例,年龄 14~76 岁,平均年龄 43 岁)行第二代 DE-CTPA 100/Sn140 kV 检查(第二组);40 例患者(男 21 例,女 19 例,年龄 16~84 岁,平均年龄 50 岁)行第一代 DE-CTPA 140/80 kV 检查(第三组)。纳入标准:所有行双能量 CTPA 检查的疑似肺栓塞患者。排除标准:碘对比剂过敏、严重肾病、孕妇及大量胸腔积液患者。

#### 2. 扫描方法

第一组和第二组的扫描设备为德国西门子生产的 第二代双源 CT (Definition Flash, Siemens Healthcare, Forchheim), 第三组的扫描设备为第一代双源 CT。首先行常规胸部平扫,平扫完成后行增强双能量 扫描。双筒高压注射器以 4 mL/s 的流率经肘静脉注 射 70~80 mL 对比剂(浓度为 300 mg I/mL),随后按 相同的流率注射生理盐水 20~30 mL 以尽量减少腔 静脉内残留的对比剂。采用团注示踪法触发扫描,将 兴趣区设在肺动脉主干,当 CT 值达到 100 HU 后延 迟 4~6 s 触发扫描。扫描方向均为头足方向,扫描范 围自胸廓入口到膈肌水平。平扫及增强扫描均采用实 时曝光剂量调节(Care Dose 4D)。第一组管电压为 80/Sn140 kV,参考管电流为 89/38 mAs,第二组管电 压为 100/Sn140 kV,参考管电流为 89/76 mAs,其余 扫描参数均一致,螺距 0.9,球管旋转时间为 0.28 s, 准直器 128×0.6 mm。第三组管电压为 140/80 kV, 参考管电流为 50/213 mAs,螺距 0.9,球管旋转时间 为 0.33 s,准直器 64×0.6 mm。

#### 3. 图像重建

扫描结束后原始数据被重建为 3 组层厚为 0.75 mm的数据,分别为高千伏图像、低千伏图像及两者按一定比例(系统默认)融合得到的平均加权图像。第一组的平均加权图像是将 80 kV 和 Sn 140 kV 系列的图像以 0.6 的融合系数(M\_0.6)融合而得,是指 60%的图像信息来自 80 kV 图像,40%的图像信息来

自 Sn 140 kV 图像。第二组的平均加权图像是将 100 kV和 Sn 140 kV 系列的图像以 0.6 的融合系数  $(M_0.6)$ 融合而得。第 3 组的平均加权图像是将 80 kV和 140 kV 系列的图像以 0.3 的融合系数  $(M_0.3)$ 融合而得。

#### 4. 图像质量评估

所有图像数据均传到工作站进行客观和主观评估。客观图像质量的评估是由一位放射科医师在0.75 mm的平均加权图像上测量每例患者肺动脉主干(图 1~3)、右肺动脉干、左肺动脉干、任一支右上叶肺动脉、任一支右下叶肺动脉、任一支左上叶肺动脉、任一支左下叶肺动脉、肺动脉主干分叉平面患者体外空气及背部脂肪的 CT 值和标准差,将肺动脉主干分叉平面体外空气的标准差作为图像噪声。测量时兴趣区应该在避免栓子后尽可能包括充满对比剂的肺动脉管腔。计算每支动脉的信噪比(signal to noise, SNR)和对比噪声比(contrast to noise, CNR)。计算方法如下[8,9]。

## SNR=管腔内的平均 CT 值 图像噪声

# CNR=管腔內平均 CT 值一肺动脉主干分叉平面背部脂肪 CT 值图像噪声

由两位有经验的放射科医师独立观察平均加权图像,对肺动脉图像质量进行主观评分。图像评分采用3分法<sup>[10]</sup>:1分代表肺动脉成像效果好;2分代表肺动脉成像效果一般,仍能诊断;3分代表肺动脉成像效果差,不能诊断。记录肺栓塞的发生率,意见不一致时,共同商议确定最后评分。

#### 5. 辐射剂量评估

记录每例患者的 CT 容积剂量指数(volume CT dose index, CTDIvol)和剂量长度乘积(dose length product, DLP), 计算有效剂量(effective dose, ED), ED为 DLP 与转换系数的乘积(0.014 mSv/mGy•cm)[11]。

#### 6. 统计学处理

采用 SPSS 20.0 软件包进行统计学分析。定量资料用均数±标准差(x±s)表示,定性资料用百分比或率表示。三组患者的年龄、CT 值、SNR、CNR、DLP、CTDIvol、ED 采用单向方差分析进行比较,结果有差异时进行组间两两比较。性别和 PE 的发病率采用卡方检验进行比较,肺动脉主观评分采用多个独立样本非参数检验进行比较。观察者间的一致性采用 Kappa分析( $\kappa$ >0.8,表示一致性非常好; $\kappa$ =0.61~0.80表示一致性好; $\kappa$ =0.41~0.60表示一致性一般; $\kappa$ <0.4表示一致性较弱)。以 P<0.05为差异有统计学意义。

### 结果

1. 三组患者一般资料及 PE 发病率结果比较

第一、二、三组患者的平均年龄分别为47±16岁、  $43 \pm 18$  岁、 $50 \pm 18$  岁, 差异无统计学意义(P =0.161);第一、二、三组患者的男性比例分别为57.5%、 67.5%、52.5%,差异无统计学意义(P=0.381);第 一、二、三组患者的 PE 发病率分别为 22.5%、40.0%、 37.5%, 差异无统计学意义(P=0.199)。

### 2. 三组图像客观质量单向方差分析结果

第二组的图像噪声[(6.6±0.9) HU]高干第一组  $[(9.2\pm2.3)]$  HU]和第三组 $[(12.7\pm2.5)]$  HU],各组 间差异均有统计学意义(P<0.05)。第一组的肺动脉 平均 CT 值  $[(354.1 \pm 73.4)]$  HU 引明显高于第二组  $\lceil (290.1\pm73.1) \text{ HU}, P < 0.001 \rceil$ 和第三组  $\lceil (303.9\pm) \rceil$ 73.3) HU, P=0.003], 但第二组与第三组的差异无 统计学意义(P=0.399)。第三组平均 SNR(24.8± 8.4)低于第一组(40.4±12.9,P<0.001)和第二组 (44.6±12.9,P<0.001),第一组平均 SNR 与第二组 差异无统计学意义(P=0.115)。第一组平均 CNR  $(435.3\pm77.7)$  明显高于第二组 $(355.8\pm77.8,P<$ (0.001)和第三组 $(384.8\pm79.0, P=0.005)$ ,但第二组 与第三组差异无统计学意义(P = 0.10,表 1, 图 1~3)。

表 1 三组肺动脉测量的 CT 值、SNR 及 CNR 比较

| 参数       | 第一组                     | 第二组                           | 第三组                           |  |  |  |
|----------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|--|--|
| 图像噪声(HU) | $9.2 \pm 2.3^{a}$       | $6.6 \pm 0.9^{b}$             | 12.7 $\pm$ 2.5°               |  |  |  |
| 肺动脉主干    |                         |                               |                               |  |  |  |
| CT(HU)   | $375.3 \pm 85.6^{a}$    | $306.6 \pm 74.7^{b}$          | $314.1 \pm 80.0^{b}$          |  |  |  |
| SNR      | $42.9 \pm 14.5^{\circ}$ | $47.0 \pm 12.8^{a}$           | $25.6 \pm 8.7^{\mathrm{b}}$   |  |  |  |
| CNR      | $456.4 \pm 85.8^{a}$    | $372.3 \pm 79.9^{b}$          | $395.0 \pm 86.8^{b}$          |  |  |  |
| 右肺动脉干    |                         |                               |                               |  |  |  |
| CT(HU)   | $355.4 \pm 81.7^{a}$    | 288.9 $\pm$ 73.1 <sup>b</sup> | 294.1 $\pm$ 81.5 <sup>b</sup> |  |  |  |
| SNR      | 40.7 $\pm$ 13.9°        | $44.4 \pm 12.7^{a}$           | $24.1 \pm 8.8^{b}$            |  |  |  |
| CNR      | $436.6 \pm 83.1^{a}$    | $354.7 \pm 77.5^{b}$          | $375.0 \pm 88.1^{b}$          |  |  |  |
| 左肺动脉干    |                         |                               |                               |  |  |  |
| CT(HU)   | $360.8 \pm 84.8^{a}$    | 292.6 $\pm$ 76.6 <sup>b</sup> | $295.5 \pm 76.0^{b}$          |  |  |  |
| SNR      | $41.2 \pm 14.0^{a}$     | 44.9 $\pm$ 13.1°              | $24.0 \pm 8.2^{b}$            |  |  |  |
| CNR      | $441.9 \pm 87.6^{a}$    | 358.3 $\pm$ 81.1 <sup>b</sup> | $376.4 \pm 81.8^{b}$          |  |  |  |
| 右上叶肺动脉   |                         |                               |                               |  |  |  |
| CT(HU)   | $355.4 \pm 73.9^{a}$    | 288.6 $\pm$ 77.2 <sup>b</sup> | $307.5 \pm 79.1^{b}$          |  |  |  |
| SNR      | 40.5 $\pm$ 12.6°        | $44.3 \pm 13.5^{a}$           | $25.1 \pm 8.9^{b}$            |  |  |  |
| CNR      | $436.5 \pm 81.8^{a}$    | $354.4 \pm 80.3^{b}$          | $388.4 \pm 84.6^{b}$          |  |  |  |
| 右下叶肺动脉   |                         |                               |                               |  |  |  |
| CT(HU)   | $347.5 \pm 77.7^{a}$    | 288.3 $\pm$ 72.3 <sup>b</sup> | $302.6 \pm 76.6^{b}$          |  |  |  |
| SNR      | 39.4 $\pm$ 12.2°        | 44.3±13.1ª                    | $24.6 \pm 8.5^{\mathrm{b}}$   |  |  |  |
| CNR      | $428.6 \pm 85.5^{a}$    | $354.1 \pm 78.4^{b}$          | $383.5 \pm 80.7^{\text{b}}$   |  |  |  |
| 左上叶肺动脉   |                         |                               |                               |  |  |  |
| CT(HU)   | $351.0\pm71.5^{a}$      | 288.1 $\pm$ 84.4 $^{\rm b}$   | $305.7 \pm 87.6^{b}$          |  |  |  |
| SNR      | $40.1 \pm 12.9^{a}$     | $44.2 \pm 14.1^{a}$           | $25.0 \pm 9.5^{\mathrm{b}}$   |  |  |  |
| CNR      | $432.2 \pm 77.0^{a}$    | $353.9 \pm 87.5^{b}$          | $386.6 \pm 91.9^{b}$          |  |  |  |
| 左下叶肺动脉   |                         |                               |                               |  |  |  |
| CT (HU)  | 333.6 $\pm$ 78.1°       | $277.4 \pm 77.7^{b}$          | 308.3 $\pm$ 72.3 $^{a,b}$     |  |  |  |
| SNR      | 38.1 $\pm$ 13.2°        | $42.8 \pm 14.0^{a}$           | $25.1 \pm 8.2^{b}$            |  |  |  |
| CNR      | 414.7±81.1 a            | $343.2 \pm 82.5^{b}$          | $389.2 \pm 77.3^{\text{b}}$   |  |  |  |

注:相同的上标字母代表差异无统计学意义,反之差异有统计学意义

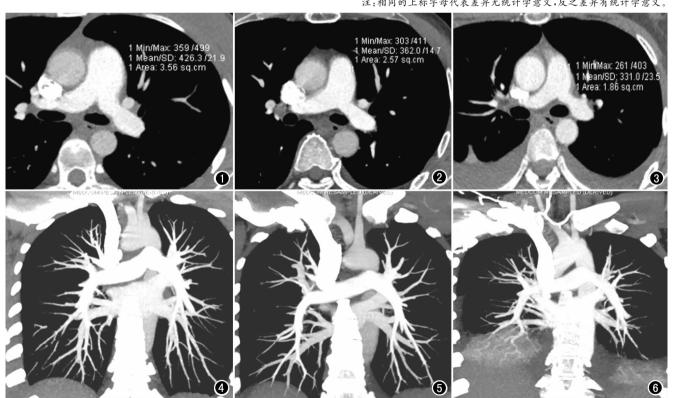


图 1 24 岁, 女, 80/Sn140 kV CTPA 图像示肺动脉干兴趣区放置位置及 CT 值。 图 2 46 岁,男,100/Sn140 kV CTPA 图像 示肺动脉干兴趣区放置位置及 CT 值。 图 3 17 岁,女,140/80 kV CTPA 图像示肺动脉主干兴趣区放置位置及 CT 值。 图 4 24 岁, 女, 80/Sn140 kV CTPA 最大密度投影图像示肺动脉清楚显示, 主观图像质量评分为 1 分。 图 5 46 岁,男, 100/Sn140 kV CTPA 最大密度投影图像示肺动脉清楚显示,主观图像质量评分为 1 分。 图 6 17 岁,女,140/80 kV CTPA 最大密度投影图像示肺动脉清楚显示,主观图像质量评分为1分。

#### 3. 三组图像主观质量评分的比较

三组图像主观质量评分间差异无统计学意义  $(P>0.05, \mathbb{R} 4\sim6)$ ,但第三组的主观图像质量评分  $(1.33\pm0.47)$  略高于第一组  $(1.23\pm0.42)$  和第二组  $(1.18\pm0.38)$ 。第一组观察者的一致性好  $(\kappa=0.662, P<0.001)$ ,第二组观察者的一致性非常好  $(\kappa=0.908, P<0.001)$ ,第三组观察者的一致性非常好  $(\kappa=0.886, P<0.001)$ 。

#### 4. 三组患者辐射剂量比较

第一组的 DLP、CTDIvol 和 ED 均明显低于第二组和第三组,差异均有统计学意义(表 2)。第一组的 ED 比第二组降低了 50%,比第三组降低了 60%,第二组的 ED 比第三组降低了 20%。

表 2 三组患者辐射剂量比较

| 参数           | 第一组           | 第二组              | 第三组              | P 值    |
|--------------|---------------|------------------|------------------|--------|
| DLP(mGy•cm)  | 82.8±22.0     | $169.2 \pm 50.3$ | $215.5 \pm 50.3$ | <0.001 |
| CTDIvol(mGy) | $2.6 \pm 0.6$ | 5.1 $\pm$ 1.6    | 7.1 $\pm$ 1.6    | <0.001 |
| ED(mSv)      | $1.2 \pm 0.3$ | $2.4 \pm 0.7$    | $3.0 \pm 0.7$    | <0.001 |

### 讨 论

本研究表明与第一代双源 DECT 140/80 kV 和第二代双源 DECT100/Sn140 kV 的扫描方案相比,采用第二代双源 DECT 的 80/Sn140 kV 扫描方案进行肺动脉血管成像,可在降低辐射剂量的同时获得满足诊断要求的图像。

近年来,为了降低患者接受的辐射剂量,常规应用 自动调节控制曝光软件、降低管电流及管电压等技术 相继被提出并应用于临床[6]。由于管电压的平方与辐 射剂量成正比,将管电压从 140 kV 或 120 kV 降低到 100 kV 或 80 kV,可以减少 40%~50%的辐射剂 量[12,13]。以往研究大多通过降低管电压从而达到降 低辐射剂量的目的。本研究通过比较第一代双源 DECT 和第二代双源 DECT 的扫描方案,得出通过降 低管电流和联合锡滤器锐化球管技术,能达到降低辐 射剂量的目的。本研究第二组的低管电压球管管电压 为 100 kV, 其余两组中低管电压球管管电压均为 80 kV。本研究发现,第一组的有效辐射剂量最低,第 二组次之,第三组最高;第一组的高管电压球管的管电 流(38 mAs)比第二组(76 mAs)降低了 50%,辐射剂 量也降低了50%,而第一组的低管电压球管管电流 (89 mAs)比第三组(213 mAs)降低了 58%,辐射剂量 降低了60%。尽管第二组的低管电压球管管电压 (100 kV)高于第三组(80 kV),但第二组的辐射剂量 仍较第三组降低了20%,这提示厂家设定的管电流是 降低辐射剂量中一个不容忽视的因素,亦表明行第二 代双源 DE-CTPA 检查的患者接受的辐射剂量比行第 一代双源 DE-CTPA 检查的患者接受的辐射剂量少,

行第二代双源 DE-CTPA 80/Sn140 kV 检查的患者辐射剂量降低更为显著。

降低管电压可使产生的 X 线光谱的平均能量更接近碘的 K 缘,由此可提高靶血管及含碘实质器官的 CT 值<sup>[14]</sup>。 Waaijer 等<sup>[15]</sup>的研究表明当管电压从 120 kV降至 90 kV 时,每毫克碘的 CT 值增加 43%。本研究结果显示,第一组的肺动脉平均 CT 值较第二组的平均 CT 值增加 18%。而两个球管管电压均相同的第一组和第三组的 CT 值却相差 16%,这可能是两组的融合系数不同所致,第一组的平均加权图像是由 60%的 80 kV 数据与 40%的 Sn140 kV 数据融合而成,而第三组的平均加权图像则由 30%的 80 kV 数据与 70%的 140 kV 数据融合而成。

在保持管电流不变或轻微调整管电流的情况下, 降低管电压会导致图像噪声的增大。本研究结果显 示,第一组的图像噪声较第二组升高了约39%,但同 时,低管电压能够增加动脉强化程度,所以这能在一定 程度上弥补噪声对图像的影响,且两组图像平均 SNR 差异无统计学意义,第一组平均 CNR 较第二组升高 了约22%,因此,在满足诊断需求的情况下,允许图像 噪声在一定范围内升高;而第一组与第三组的低管电 压球管均采用 80 kV,图像噪声却相差 28%,且第一组 平均 SNR 及 CNR 均明显高于第三组,这可能是因为 经过锡滤器锐化的 140 kV 高管电压球管可提高空间 分辨力及降低图像噪声[16]。升高管电压及球管锡滤 器的应用是导致第二组平均 SNR 高于第三组且两组 图像噪声相差 48%的原因。综合而言,相比第一代 DECT,采用第二代 DECT 80/Sn140 kV 的扫描方案 可提高肺动脉 CT 值, 月 SNR 提高 63%, 有利于对肺 动脉病变的观察。

总之,相比第一代双源 DECT,第二代双源 DECT 不仅能提高图像质量,还可更大程度地降低辐射剂量,而第二代双源 DECT 的 80 /Sn140 kV 扫描方案在保证图像质量的前提下,辐射剂量进一步降低,建议在第二代双源双能量 CT 肺动脉成像时常规应用。

#### 参考文献:

- [1] Ro A, Kageyama N, Tanifui T, et al. Autopsy-proven untreated previous pulmonary thromboembolism: frequency and distribution in the pulmonary artery and correlation with patients' clinical characteristics[J]. J Thromb Haemost, 2011, 9(5):922-927.
- [2] 路莉,张龙江. 双源双能量 CT 在肺栓塞中的应用[J]. 放射学实践,2011,26(8);899-901.
- [3] Remy-Jardin M, Pistolesi M, Goodman LR, et al. Management of suspected acute pulmonary embolism in the era of CT angiography: a statement from the Fleischner Society [J]. Radiology, 2007,245(2):315-329.
- [4] Nikolaou K, Thieme S, Sommer W, et al. Diagnosing pulmonary

- embolism: new computed tomography applications[J]. J Thorac Imaging, 2010, 25(2):151-160.
- [5] Zhang LJ.Chai X, Wu SY, et al. Detection of pulmonary embolism by dual energy CT; correlation with perfusion scintigraphy and histopathological findings in rabbits [J]. Eur Radiol, 2009, 19 (12):2844-2854.
- [6] McCollough CH, Primak AN, Braun N, et al. Strategies for reducing radiation dose in CT[J]. Radiol Clin North Am, 2009, 47(1): 27-40
- [7] Kang MJ, Park CM, Lee CH, et al. Dual-energy CT; clinical applications in various pulmonary diseases[J]. Radiographics, 2010, 30 (3):685-698.
- [8] Li Q, Yu H, Zhang L, et al. Combining low tube voltage and iterative reconstruction for contrast-enhanced CT imaging of the chest-Initial clinical experience [J]. Clin Radiol, 2013, 68 (5): e249-253
- [9] Hou DJ, Tso DK, Davison C, et al. Clinical utility of ultra high pitch dual source thoracic CT imaging of acute pulmonary embolism in the emergency department; are we one step closer towards a non-gated triple rule out[J]. Eur J Radiol, 2013, 82(10): 1793-1798
- [10] Hunsaker AR, Oliva IB, Cai T, et al. Contrast opacification using a reduced volume of iodinated contrast material and low peak Kilovoltage in pulmonary CT angiography objective and subjective evaluation[J]. AJR, 2010, 195(2):118-124.

- [11] Stolzmann P, Scheffel H, Schertler T, et al. Radiation dose estimates in dual-source computed tomography coronary angiography [J]. Eur Radiol, 2008, 18(3):592-599.
- [12] Szucs-Farkas Z, Kurmann L, Strautz T, et al. Patient exposure and image quality of low dose pulmonary computed tomography angiography:comparison of 100 and 80kVp protocols[J]. Invest Radiol, 2008, 43(12):871-876.
- [13] Bjorkdahl P, Nyman U. Using 100- instead of 120kVp computed tomography to diagnose pulmonary embolism almost halves the radiation dose with preserved diagnostic quality[J]. Acta Radiol, 2010,51(3):260-270.
- [14] Godoy MC, Naidich DP, Marchiori E, et al. Basic principles and postprocessing techniques of dual-energy CT; illustrated by selected congenital abnormalities of the thorax[J]. Thorac Imaging, 2009,24(2):152-159.
- [15] Waaijer A, Prokop M, Velthuis BK, et al. Circle of Willis at CT angiography; dose reduction and image quality-reducing tube voltage and increasing tube current settings[J]. Radiology, 2007, 242 (3):832-839.
- [16] Bauer RW, Kramer S, Renker M, et al. Dose and image quality at CT pulmonary angiography-comparison of first and second generation dual-energy CT and 64-slice CT[J]. Eur Radiol, 2011, 21 (10):2139-2147.

(收稿日期:2014-08-01 修回日期:2013-08-18)

## 《请及诊断》栏目征文启事

《请您诊断》是本刊 2007 年新开辟的栏目,该栏目以临床上少见或容易误诊的病例为素材,杂志在 刊载答案的同时配发专家点评,以帮助影像医生更好地理解相关影像知识,提高诊断水平。栏目开办 6 年来受到广大读者欢迎。《请您诊断》栏目荣获第八届湖北精品医学期刊"特色栏目奖"。

本栏目欢迎广大读者踊跃投稿,并积极参与《请您诊断》有奖活动,稿件一经采用稿酬从优。

《请您诊断》来稿格式要求:①来稿分两部分刊出,第一部分为病例资料和图片;第二部分为全文,即病例完整资料(包括病例资料、影像学表现、图片及详细图片说明、讨论等);②来稿应提供详细的病例资料,包括病史、体检资料、影像学检查及实验室检查资料;③来稿应提供具有典型性、代表性的图片,包括横向图片(X线、CT或MRI等不同检查方法得到的影像资料,或某一检查方法的详细图片,如CT平扫和增强扫描图片)和纵向图片(同一患者在治疗前后的动态影像资料,最好附上病理图片),每帧图片均需详细的图片说明,包括扫描参数、序列、征象等,病变部位请用箭头标明。

具体格式要求请参见本刊(一个完整病例的第一部分请参见本刊正文首页,第二部分请参见2个月后的杂志最后一页,如第一部分问题在1期杂志正文首页,第二部分答案则在3期杂志正文末页)

栏目主持:石鹤 联系电话:027-83662875 15926283035