Three-dimensional reconstruction of 64-slice spiral CT angiography in pulmonary embolism

JIANG An-hong , LIU Bin , YU Yong-qiang * , ZHANG Jia-wen , ZHAO Hong , YU Chang-liang , ZHAO Ben-sheng
(Department of Radiology , the First Affiliated Hospital , Anhui Medical University , Hefei 230022 , China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the clinical value of three-dimensional imaging of pulmonary vessels with 64-slice spiral CT pulmonary angiography (64-MSCTPA) in pulmonary embolism (PE) . **Methods** 64-MSCTPA was performed in 19 clinical suspected patients with PE and 4 with coronary heart disease . All the primitive images of pulmonary vessels and coronary artery were produced at the console workstation . The distribution of pulmonary vessels emboli was evaluated from different angle . Of 23 patients , PE were confirmed in 5 cases by DSA and compared with the findings of 64-MSCTPA . **Results** Spatial relationship and anatomical details of pulmonary arteries and veins could exactly be shown on all pulmonary vessels three-dimensional images in above-mentioned patients . On the basis of 64-MSCTPA , PE could be diagnosed definitely ,in addition , collateral circulation formation could be clearly demonstrated . Of 23 patients , PE were found in 16 cases of PE were found by 64-MSCTPA . Two hundrends and sixty-four emboli were demonstrated in total , among which there are 149 emboli located in segmental ateries and 115 in subsegmental ateries (grade 5 - 6 branches) . The minimal diameter of pulmonary atery with thrombus was 1 mm. Besides , apparent collateral circulation was displayed in 1 case between upper limb and lateral chest wall because of thrombus of subclavian and axillary vein , excentric filling defects of lumina were satisfactorily displayed in 1 case which located between the debouchement of left superior pulmonary vein and left atrium. There are distinguishedly statistical significance on the detection rate of emboli located in segmental atery and subsegmental atery between DSA and 64-MSCTPA . **Conclusion** 64-MSCTA has very high clinical value in detecting segmental and subsegmental pulmonary thrombi in PE patients , and provides useful information for the diagnosis and treatment of pulmonary vascular diseases .

[Key words] Pulmonary embolism; Angiography; Tomography , X-ray computed

64 层螺旋CT 血管造影三维重建在肺栓塞检查中的临床应用

江安红, 刘 斌, 余永强* , 张家文, 赵 红, 余长亮, 赵本胜
(安徽医科大学第一附属医院放射科, 安徽 合肥 230022)

[摘 要] 目的 评价肺血管成像在肺栓塞中的临床应用价值。方法 19 例拟诊肺栓塞、4 例拟诊冠心病患者行64 层螺旋CT 肺动脉造影, 在工作站上对原始薄层图像进行后处理观察肺动脉栓子分布情况, 其中5 例同时行DSA 检查, 并与64 层螺旋CT 检查结果进行比较。结果 全部病例三维肺血管图像均能充分显示肺动、静脉的空间关系与解剖细节, 不但能准确、直观地观察肺血管, 而且能明确诊断肺动脉栓塞及有无侧支循环形成。23 例患者中检出肺动脉栓塞16 例, 共发现肺动脉栓子264 处, 其中段及段以上栓子149 处, 亚段及以下5～6 级分支115 处, 血栓栓塞血管直径最小者1 mm。1 例上肢和胸侧壁因锁骨下静脉血栓明显侧支循环形成,1 例左上肺静脉左房入口和左心耳内附壁血栓形成。5 例同时行DSA 检查, 对肺段及段以下肺动脉栓子检出率,64 层CT 和DSA 相比, 均具有统计学差异。结论 64 层CT 肺动脉造影对肺动脉主干、亚段及以下5～6 级分支肺栓塞具有很好的应用价值, 为肺部血管性疾病诊断与治疗提供重要依据。

[关键词] 肺栓塞; 血管造影术; 体层摄影,X 线计算机
[中图分类号] R563.5 ; R814.42 ; R814.43 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2006)10-1517-04

肺栓塞(pulmonary embolism, PE) 是指肺动脉主干及其分支被内源性或外源性栓子堵塞后发生的肺循环功能障碍性疾病。常见栓子来源于下肢深静脉血栓、风湿性心脏病发生的血栓、原发于肺动脉本身的血栓, 还可以是脂肪、肿瘤栓子

[作者简介] 江安红(1974-) , 男, 安徽巢湖人, 硕士, 讲师。E-mail : fq@ahyz.cn
[通讯作者] 余永强, 安徽医科大学第一附属医院放射科,230022。E-mail : shenyuxi@mail.hf.ah.cn
[收稿日期] 2006-04-07 [修回日期] 2006-09-24

和气体等。肺动脉血管造影(digital subtraction angiography , DSA) 一直被认为是诊断肺动脉栓塞的金标准, 其正确诊断率为95 % , 但属于有创性检查, 有一定的并发症(6 %) 和死亡率(0 .5 %) , 且血管重叠使外周肺动脉分支内栓子显示受限[1 ,2] 。因此, 我们总结了23 例行胸部64 层螺旋CT 扫描及三维肺血管重建的病例, 以确诊的16 例肺栓塞为例, 探讨64 层螺旋CT 在肺动脉栓塞早期诊断、治疗及治疗后随访等方面的应用价值。

1　资料与方法

1 .1　临床资料　收集2005 年7 月- 2006 年6 月期间23 例行64 层螺旋CT 肺动脉造影(64-slice spiral CT pulmonary angiography , 64- MSCTPA) 检查的患者:19 例临床拟诊为肺栓塞,4 例拟诊为冠心病, 其中男8 例, 女15 例, 年龄28 ～80 岁。有呼吸困难或气短的10 例(其中突发性1 例) , 胸闷、心悸和胸痛7 例(其中突发性1 例) , 血栓性静脉炎1 例, 2 例有慢性支气管炎史多年, 近期无明显诱因出现下肢肿胀、疼痛,2 例分别行剖宫产和人工股骨头置换术后出现胸闷、气短、呼吸困难等不适,1 例DSA 明确诊断溶栓术后。

1 .2　检查方法　使用GE Light Speed 64 排VCT 和GE LCV Plus 型DSA 机。本组23 例行CT 扫描: 患者取仰卧位, 获得扫描定位像后行胸部常规平扫, 层厚5 .0 mm, 扫描范围从胸廓入口起至肺底。静脉团注对比剂, 行肺动脉期增强扫描, 部分病例行肺动脉期及肺静脉期增强扫描。扫描条件: 层厚5 .0 mm, 电压120 kV , 电流500 mA , 螺距1 .375 ∶1 , 球管转速0 .5 s/ 转, 采用高压注射器经肘前正中静脉注入100 ml 优维显(370 mgI/ ml) , 注射速度3 .5 ～4 .0 ml/ s , 延迟扫描时间25 ～30 s。患者取仰卧位, 双手抱头, 一次屏气完成, 扫描时间约2 ～3 s。5 例患者同时行DSA 检查: 在GE LCV Plus 型DSA 机引导下经股静脉插管行选择性肺动脉造影。

1 .3　三维重建　扫描后对原始数据行薄层重建, 重建层厚0 .625 mm, 并通过局域网将薄层数据传送至GE ADW4 .2 Workstation 图像后处理工作站。后处理技术主要采用多平面重建(multiplanar reconstructions , MPR) 、最大密度投影(maximum intensity projection , MIP) 和容积重建(volume rendering , VR) 等。在三维肺血管重建中主要应用两种技术, 一是用任意阈值显示技术对于每一个连续范围内的每个像素值的透明度用自由形式曲线具体化, 进行肺血管遮盖容积重建; 二是用图像切割技术从各种角度显示肺血管的解剖细节, 观察肺动脉及肺静脉情况。

1 .4　影像分析　所有图像均经两位对肺动脉影像有经验的高年资医师进行双盲法评估, 观察肺动脉分支受累情况。肺动脉分支级别的判定: 以肺动脉主干为第1 级, 左右肺动脉为第2 级, 肺叶动脉为第3 级, 段动脉为第4 级, Ⅰ级段动脉为第5 级, Ⅱ级段动脉为第6 级。PE MSCTA 诊断标准为肺动脉主干及其各级分支腔内充盈缺损, 周围见高密度对比剂, 或偏心形或半月形充盈缺损、血管壁不规则。DSA 以完全或不完全性血管中断、腔内充盈缺损、完全闭塞、缺支及远端肺动脉不显影或显影延迟等作为诊断标准。

1 .5　统计学处理　使用SPSS 11 .0 软件包处理, 统计方法运用四格表资料的配对 χ^2 检验, 比较MSCTA 和DSA 对各级肺动脉栓子检出率的差异, 以 $P < 0.05$ 作为有统计学意义。

2　结果

2 .1　64 层CTA PE 受累情况　23 例患者中, 64 层CTA 发现肺动脉栓塞16 例, 我们共分析其704 支肺动脉及各级分支, 发现肺动脉及其各级分支内栓子264 处, 受累率为37 .50 %。其中段及段以上动脉栓子149 处, 受累率为35 .82 %; 亚段及以下5 ～6 级动脉栓子115 处, 受累率为39 .93 %。累及动脉直径最小者1 mm, 腔内充盈缺损显示满意(图1 ～3) 。其中,1 例上肢和胸侧壁因锁骨下静脉血栓明显侧支循环形成(图4 、5) ,1 例左上肺静脉左房入口和左心耳内附壁血栓形成(图6 、7) ,1 例在行冠脉64 层CT 成像时, VR 像发现右下肺动脉内基底段和前基底段起始处偏心性充盈缺损, 相应区肺血管分支明显减少、纤细、稀疏(图8) 。具体结果见表1。

表1　64 层CTA 诊断肺动脉栓塞情况

肺动脉分支	64 层CTA(16 例)		
	分析支数	受累支数	受累率(%)
肺动脉主干	16	2	12 .50
左右肺动脉	32	11	34 .38
叶肺动脉	80	51	63 .75
肺段动脉	288	85	29 .51
亚段肺动脉	288	115	39 .93
合计	704	264	37 .50

2 .2　PE 的64 层CTA 和DSA 影像征象　在MSCTA 图像上, 肺动脉栓塞的直接征象表现为肺动脉管腔内呈中心性或偏心性分布的大小及形态不一的充盈缺损影像。纵隔窗肺动脉充盈缺损显示最清晰。直接征象包括: ①肺动脉管腔周围附壁性充盈缺损, 缺损影呈凹面型、新月状,16 例肺动脉栓塞患者周围附壁性充盈缺损共142 支; ②管腔完全梗阻: 肺动脉及其分支完全性梗阻, 共53 支。栓子将肺动脉完全堵塞时, 可见血管截断征, 近端血管增粗, 远端肺动脉分支减少或出现无血管区。③轨道征: 即中心性血管内充盈缺损, 血栓游离于肺动脉腔内, 造影剂沿管壁分布; 共62 支。④马鞍征: 柱状血栓骑跨于左右肺动脉分叉部, 呈“马鞍”形充盈缺损, 共1 例。中央性血管腔充盈缺损和凸向血流的凸面型附壁充盈缺损(图1 、3) 为急性肺栓塞的诊断指征; 而凹面型附壁性充盈缺损、管壁增厚及管腔不规则狭窄为慢性肺栓塞的典型表现。间接征象指PE 造成心、肺特别是右心房、室和血液循环等继发改变, 包括: ①肺动脉高压: 本组16 例均有不同程度的肺动脉高压, 肺动脉管腔不规则增宽。②肺血管分布不均匀, 局部肺纹理分散、稀疏、纤细(图3 、8) 。③右心功能不全: 右房、室增大, 上下腔静脉(包括奇静脉) 扩张, 浆膜腔积液(胸腔积液、心包积液) ,16 例肺栓塞患者均有不同程度的胸腔积液(图9) 。DSA 肺动脉栓塞直接征象表现为完全或不完全性血管中断、腔内充盈缺损和完全闭塞, 间接征象表现为堵塞近端血管扩张、远端肺动脉不显影或显影延迟及缺支等(图10) 。本组5 例患者共发现段及亚段肺动脉完全闭塞10 支, 管腔狭

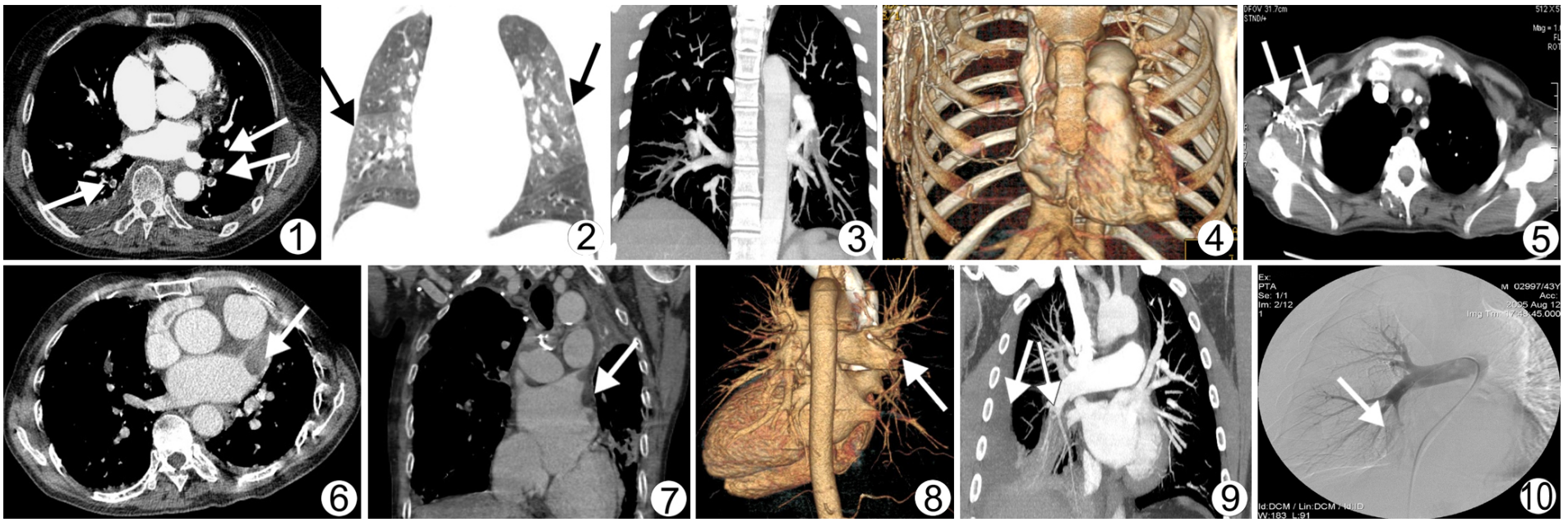

图1 MPR 0 .625 mm 横断面重建示右下肺动脉亚段、左下肺动脉及亚段中心性充盈缺损(箭头) 图2 MPR 显示肺动脉栓塞时左下肺背段、左上肺舌段、右肺中叶内外侧段和右肺下叶背段等处因肺泡表面活性物质减少而发生腺泡塌陷和渗出性实变, 类似于小叶性肺不张 图3 MIP 显示左下肺动脉、右下肺动脉内偏心性充盈缺损及5 ～6 级分支完全梗阻 图4、5 患者女,45 岁, 反复咳嗽、胸闷、气喘半年, 加重1 个月入院。3 个月前尚能参加日常生活, 当地医院B 超提示下肢深静脉血栓同时伴肺动脉干闭塞。轴位像示右锁骨下静脉和腋静脉几乎完全梗阻, 少许线样造影剂通过, 广泛侧支血管形成(箭头) ; VR 像显示右侧胸壁及上肢深浅静脉交通支开放和侧支循环形成, 奇静脉、胸廓内静脉显示扩张 图6、7 患者男,80 岁, 咳嗽、咳痰、胸痛, 肺部闻及湿啰音, 左足背动脉搏动减弱, 皮温低、颜色青紫, 临床拟诊肺栓塞和左足背动脉栓塞。轴位像和冠状位MIP 像示左肺上静脉左心房入口处和左心耳内血栓偏心性和附壁充盈缺损(箭头) 图8 VR 像显示右下肺动脉内前底段起始处偏心性充盈缺损影(箭头) , 由于加用了心电门控技术而减少了心脏搏动伪影, 且相应区域肺血管分支明显减少, 纤细、稀疏 图9 、10 同一个患者分别行肺血管CTA 和DSA 造影, MIP 冠状面成像不但可以显示受累的右下肺动脉、段及亚段肺动脉附壁性充盈缺损, 而且显示相应区域肺血管稀疏及右侧胸腔积液, 较DSA 优势明显

窄或充盈缺损16 支。其中,3 例肺栓塞患者因段及亚段以下肺血管结构重叠, 腔内附壁充盈缺损薄, DSA 图像难以较准确显示和判断外, 其余图像质量优良, 满足诊断要求。

2 .3 PE 的64 层CTA 和DSA 影像诊断结果比较 5 例同时行DSA 和MSCTA 检查PE 患者, 共分析其220 支肺动脉及其各级分支, DSA 只发现26 处,64 层CTA 发现77 处(表2) 。由表可知, 对肺动脉主干和左右肺动脉两种方法检出一致。对叶肺动脉、肺段动脉及亚段肺动脉等各级分支栓子分布情况采用配对χ^2 检验进行统计学分析, 结果发现两种方法: ①对叶肺动脉栓子检出率没有统计学差异(P = 0 .254) ; ②对肺段及段以下肺动脉栓子, 两者检出率分别为34 .44 % 和8 .33 %(χ^2 = 6 .30 和37 .05 , P = 0 .012 和0 .00) , 均具有统计学差异。说明64 层CTA 对该部位栓子检出率明显高于DSA 。因此, 作者认为64 层CTA 对段及段以下肺动脉栓子诊断的敏感度和准确度大大提高。

表2 5 例肺动脉栓塞患者同时行64 层CTA 和DSA 对照检查栓子分布情况

肺动脉分支	64 排MSCTPA			DSA		
	分析支数	受累支数	受累率(%)	分析支数	受累支数	受累率(%)
肺动脉主干	5	0	0	5	0	0
左右肺动脉	10	2	20	10	2	20
叶肺动脉*	25	13	52	25	9	36
肺段动脉#	90	27	30	90	13	14 .44
亚段肺动脉△	90	35	38 .89	90	2	2 .22
合计	220	77	35	220	26	11 .82

注: * χ^2 = 1 .29 , P = 0 .254 ; # χ^2 = 6 .30 , P = 0 .012 ; △χ^2 = 37 .05 , P = 0 .00

3 讨论

急性肺动脉血栓栓塞, 少数栓子可以自行吸收, 大量栓子往往造成肺循环障碍和肺动脉高压, 具有潜在的生命危险, 死亡率高, 及时准确诊断非常重要, 这样才可进行有效的抗凝和溶栓治疗。

64 层螺旋CT 作为一种高度准确和非侵袭性成像技术, 在评估动脉系统疾病方面, 近年来有逐步取代DSA 的趋势。

3 .1 64 层螺旋CT 肺血管成像几种常用的后处理技术 64 层螺旋CT 具有极高Z 轴分辨率和大范围覆盖的能力, 使得肺部血管成像及三维重建有了质的飞跃, 为肺动脉栓塞正确、及时、微创的检查提供了可靠的保障。本组病例CT 血管成像血管图像清晰, 无阶梯状伪影, 其内对比剂充盈情况良好, 能够清晰显示直径1 ～2 mm 的5 ～6 级肺动脉亚段分支。在工作站上, 我们对薄层数据进行后处理操作, 血管成像具有多种重建模式, 主要包括: ①MPR , 包括冠状位、矢状位、横断位, 有时还需斜位及任意角度观察。对病灶的空间关系的判断有重要意义。这样可对肺动脉进行逐级、逐支的观察, 使得病变的定位更为准确和客观, 减少人为因素的影响, 可确切观察到自肺动脉主干至5 ～6 级肺动脉分支水平。②MIP , 能够很好地显示肺血管的全貌, 显示肺血管的管径、行径情况。但其最大缺点是对结构复杂、尤其是结构重叠区域的血管解剖结构与三维空间关系显示有一定限度, 但我们可以多角度投影或旋转投影, 将重叠阴影尽可能分开, 便于从不同角度观测肺动脉内径, 避免对血管栓塞及狭窄程度估计不足。

③VR 技术,根据要求任意显示高密度的血管或较低CT 值的小血管,可获得真实的三维显示图像及肺动脉管径、分支、多少和粗细及稀疏情况,血管空间关系显示好,3 ～5 级肺动脉小分支可清晰显示,可多方位任意角度旋转观察,且有深度感,缺点是对小的斑点状充盈缺损显示效果差[3] 。总之,本组资料结合文献,我们认为横断面成像结合多种重建方式能够准确地诊断亚段以下肺血管栓子。

3.2　64 层螺旋CT 血管成像对肺动脉栓塞的诊断优势　影像学检查对本病的诊断占有十分重要的地位。常规认为DSA 肺动脉造影是PE 诊断的金标准,但对于急性PE,患者处于紧急状态, 作为有创性检查,此项检查几乎不能立即实现,临床并未广泛应用,仅用于复杂病例的鉴别诊断及获得血流动力学资料。有研究表明,5 % ～36 % 急性PE 患者为孤立性亚段肺动脉栓塞, 血管的重叠使外周肺动脉栓塞显影受到限制[4] 。肺内支气管、肺动脉、肺静脉相对位置关系错综复杂,虽然动脉与支气管分布多相互伴行,但在分支数目和形式上相互一致者甚少,静脉变异更多。对于同时并发肺静脉、心房和心室血栓栓塞者无明显优势,漏诊率较高。核医学检测敏感性高但特异性低,且患者接受辐射剂量大,不能作为首选检查方法。常规胸片检查可见急性肺动脉栓塞相应区域肺血管纹理纤细、稀疏、肺野透亮度增加,仅能提示肺动脉栓塞之可能, 并不能直接检出肺栓塞,所以仅能作为初步的筛选手段。64 层螺旋CT 检查,克服了单纯横断面图像的不足,重建层厚较薄(0 .625 mm) ,重建图像清晰,清晰显示肺动脉主干至5 ～6 级肺动脉分支,真正实现了各向同性成像,可以从任意角度对肺动脉进行观察,使得肺动脉内充盈缺损的表现形式更加准确和客观。由于检查时,我们是选择性地从上肢浅静脉注射对比剂,可同时发现胸部及上肢深浅静脉有无栓子、深浅静脉交通支的开放及侧支循环形成情况。可以对肺动脉栓塞患者行肺动脉成形术前风险评估和术后预后作出评判;可以准确地为临床医生提供肺血管是否有局部狭窄或外瘘的影像,替代有创伤性的传统DSA 检查。据相关文献报道,螺旋CT 对检测肺动脉主干、肺叶和肺段动脉血栓的敏感性为86 % ～100 % ,特异性达92 % ～100 %[5-7] 。

3.3　64 层螺旋CT 肺血管成像扫描技术探讨　本组病例的三维肺血管重建图像均显示了肺动脉内栓子充盈缺损的征象, 其中13 例显示肺段以下肺动脉内的小栓子,此为64 层CT 较常规MSCT 更为优越之处。由于其扫描速度快,可在一次屏气下(2 ～3 s) 行全肺扫描,绝大部分病例都能很好解决呼吸运动对肺血管成像造成的伪影,清晰显示肺动脉主干至5 ～6 级肺动脉的栓子,同时还可观察到肺栓塞的间接征象,对诊断肺动脉主干、左右肺动脉、亚段及亚段以下动脉内血栓具有很大的价值。本组中4 例在行冠脉64 层CT 成像时,1 例同时发现右下肺动脉内的栓子;由于该例采用了心电门控技术,其冠状动脉及肺动脉三维重建图像极其清晰,说明加用心电门控技术及采用小扫描野(SFOV) 和显示野(DFOV) ,降低像素大小,可提高小血管的分辨率,从而进一步提高肺动脉重建图像的质量。唯一缺陷,右肺野外带5 ～6 级亚段肺动脉分支未能全部包括在扫描野内,所以不宜将64 层CT 冠脉成像扫描模式作为PE 首选检查;但对临床以胸痛为首发症状,怀疑为PE 而冠脉疾病又不能除外的患者,可将64 层CT 冠脉成像作为首选检查,既可获取冠脉影像学资料,又能在减轻患者经济负担同时完成PE 诊断。延迟时间也是一个关系扫描成败和成像质量的关键因素。通常我们采用延迟25 s 扫描, 基本上能够保证扫描在肺动脉期。延迟至30 s 时,肺动脉显影明显较肺静脉效果差,但对比鲜明,可明确显示肺内动、静脉之间相互关系。对于少数怀疑同时伴发肺静脉或支气管静脉内血栓形成的患者,可适当延长扫描时间,一般在25 ～30 s 。有利于同时发现肺动、静脉内血栓,甚至左心房内血栓。

相信随着64 层螺旋CT 各项技术的完善和临床经验的积累,作为一种快捷、安全、有效的检查方法,理应成为诊断肺动脉栓塞的常规首选检查方法,对指导治疗及疗效评价有着较高的应用价值。

[参考文献]

[1] Li ZY, Wu JL, Li S, et al . Clinical application of three-dimensional reconstruction of multi-slice spiral CT in pulmonary vessels in chest disease related to pulmonary vessels[J] . Chin Comput Med Imaging ,2002 ,8(5) :314-317 .
李智勇,伍健林,黎庶,等. 多层螺旋CT 三维肺血管重建在肺血管相关疾病中的临床应用[J] . 中国医学计算机成像杂志,2002 ,8(5) :314-317 .

[2] Sakuma M, Nakamura M, Nakanishi N, et al . Inferior vena cava filter is a new additional therapeutic option to reduce mortality from acute pulmonary embolism[J] . Circ J ,2004 ,68(9) :816-821 .

[3] Addis KA, Hopper KD, Lyriboz TA, et al . CT angiography: in vitro comparison of five reconstruction methods[J] . AJR ,2001 , 177(5) :1171-1176 .

[4] Remy-Jardin M, Remy J, Deschildre F, et al . Diagnosis of pulmonary embolism with spiral CT: comparison with pulmonary angiography and scintigraphy[J] . Radiology ,1996 ,200(3) :699-706 .

[5] Zhao L, Wu JL, Xu B, et al . The application of spiral CT for the diagnosis of acute pulmonary embolism[J] . J Pract Radiol ,2002 , 18(3) :161-164 .
赵力,伍建林,徐斌,等. 螺旋CT 在肺动脉栓塞诊断中的应用价值[J] . 实用放射学杂志,2002 ,18(3) :161-164 .

[6] Wu AS, Pezzullo JA, Cronan JJ, et al . CT pulmonary angiography: quantification of pulmonary embolus as a predictor of patient outcome-initial experience[J] . Radiology ,2004 ,230(3) :831-835 .

[7] Multicenter clinical trial on the efficacy of thrombolytic therapy with urokinase and/or anticoagulation with low molecular weight heparin(fluxum) in patients with acute pulmonary embolism. Diagnostic value of arterial blood gas analysis in acute pulmonary thromboembolism[J] . Chinese Circulation Journal ,2004 ,19(5) : 367-369 .
急性肺血栓栓塞症尿激酶溶栓(栓复欣抗凝) 治疗多中心临床试验协作组. 急性肺血栓栓塞症血气分析的临床意义[J] . 中国循环杂志,2004 ,19(5) :367-369 .