

# 双源 CT 双能量肺灌注成像对肺栓塞的初步研究

马智军 冯强 张素娟 房伟 董海霞

**【摘要】 目的** 探讨双源 CT 双能量扫描肺灌注成像的临床诊断价值。**方法** 选择临床怀疑肺动脉栓塞 30 例患者行双源 CT 双能量扫描,生成 140、80 kV 和融合系数为 0.3 的 3 组数据。根据融合数据的 CT 肺动脉造影(CTPA)图像将患者分为肺栓塞组和正常组。采用双能量评估软件将薄层重建数据进行灌注成像分析,将双肺野分为上、中、下 3 部分,正常组受试者肺组织灌注定量的双侧比较行配对  $t$  检验,2 组间肺组织灌注量比较行独立样本  $t$  检验,并对融合图像行 MinIP,评估肺组织通气情况。**结果** 正常组(16 例)肺灌注均匀,无明显灌注缺损及减弱,灌注定量分析显示左、右全肺的灌注量分别为  $(27 \pm 7)$ 、 $(28 \pm 8)$  HU,两侧比较差异无统计学意义( $t = -1.73, P > 0.05$ );左肺上、中、下部的灌注量分别为  $(23 \pm 6)$ 、 $(24 \pm 6)$ 、 $(28 \pm 8)$  HU,右肺上、中、下部灌注量分别为  $(26 \pm 8)$ 、 $(27 \pm 8)$ 、 $(28 \pm 9)$  HU,两侧分别比较差异均无统计学意义( $t$  值分别为  $-1.91$ 、 $-1.96$ 、 $-1.73, P$  值均  $> 0.05$ )。肺栓塞组(14 例)CTPA 图像显示肺动脉干、段及亚段充盈缺损,肺灌注成像表现为栓塞血管所支配肺野区域的灌注缺损或缺失,灌注定量分析显示全肺及中、下肺的灌注量分别为  $(22 \pm 5)$ 、 $(22 \pm 8)$ 、 $(21 \pm 8)$  HU,与正常组分别比较差异均有统计学意义( $t$  值分别为  $-2.10$ 、 $-2.32$ 、 $-2.63, P$  值均  $< 0.05$ )。MinIP 显示通气异常区与灌注异常区具有良好的一致性。**结论** 双源 CT 双能量扫描可用于肺栓塞的诊断,有利于肺栓塞的早期发现和精确解剖定位。

**【关键词】** 肺栓塞; 灌注; 体层摄影术,X 线计算机

**The study on dual-energy lung perfusion imaging in the diagnosis of pulmonary embolism using dual-source CT** MA Zhi-jun, FENG Qiang, ZHANG Su-juan, FANG Wei, DONG Hai-xia. Department of CT-MR, Yidu Central Hospital of Weifang Medical College, Shandong Province, Qingzhou 262500, China

**【Abstract】 Objective** To explore the diagnostic values of dual energy lung perfusion in the diagnosis of pulmonary embolism by using dual-source CT (DSCT). **Methods** Thirty patients with clinically suspected pulmonary embolism underwent dual-energy scanning with dual-source CT. The scanned data were integrated into three groups including 140, 80 kV and coefficient of 0.3. According to the CT pulmonary angiography (CTPA) of the fusion data, the patients were divided into pulmonary embolism group and normal group. The thin-slice reconstruction of data was analyzed using dual-energy perfusion imaging analysis software. The lung field was divided into upper, middle and lower part to make quantitative analysis of lung tissue perfusion. Paired  $t$ -tests were used in the normal patients to compare bilateral lungs, and independent samples  $t$ -tests were applied to compare the embolism group and normal group, while minimum intensity projection images (MinIP) were utilized in the assessment of lung ventilation. **Results** Dual energy CT showed symmetrical homogeneous perfusion in 16 normal cases, without significant perfusion defects. Quantitative analysis showed that left and right lung perfusion were  $(27 \pm 7)$  and  $(28 \pm 8)$  HU respectively, and no significant difference was found between the two sides ( $t = -1.73, P > 0.05$ ). Perfusion of the left upper, middle and lower lung was  $(23 \pm 6)$ ,  $(24 \pm 6)$ , and  $(28 \pm 8)$  HU respectively, while the perfusion of right upper, middle and lower lung was  $(26 \pm 8)$ ,  $(27 \pm 8)$ , and  $(28 \pm 9)$  HU respectively, showing no statistical significant difference between the two sides ( $t = -1.91, -1.96, -1.73, P > 0.05$ ). Angiography of pulmonary embolism group (14 cases) showed filling defects in the pulmonary trunk, segments and sub-segments. Pulmonary perfusion imaging showed low perfusion or defects in lung field that dominated by embolic vessels. Quantitative analysis showed that the perfusion of the whole lung and the middle and lower lung were  $(22 \pm 5)$ ,  $(22 \pm 8)$ , and  $(21 \pm 8)$  HU in the embolism group, which were significantly different from the normal group ( $t = -2.10, -2.32, -2.63, P < 0.05$ ).

Minimum intensity projection images showed a good consistency of abnormal ventilation zone area and perfusion abnormalities. **Conclusions** Pulmonary perfusion status, especially pulmonary embolism, can be analyzed by dual energy CT scanning. It helps to early discover and precisely locate the embolism.

**【Key words】** Pulmonary embolism; Perfusion; Tomography, X-ray computed

一般情况下,肺组织通气状况和灌注有密切的关系,目前借助图像同时显示通气和灌注情况的检查尚未常规使用,而双源 CT(DSCT)的问世提供了一种新方法,它借助于采集到的双能数据对组成成分进行分析,目前国内外许多研究者利用双源 CT 对肺栓塞进行了初步研究<sup>[1-2]</sup>,而在肺栓塞早期诊断和精确定位方面报道尚少。笔者搜集经我院诊治的应用双能量肺灌注成像(dual energy lung perfusion imaging, DELPI)的 30 例患者资料,结合临床影像表现,探讨其临床应用价值。

## 资料与方法

### 一、临床资料

选择本院 2008 年 10 月至 2010 年 1 月以胸痛就诊,临床怀疑肺动脉栓塞的患者 30 例,男 16 例,女 14 例,年龄 49~71 岁,平均(57±6)岁,扫描前所有患者均签署知情同意书,并经医院伦理委员会批准。

### 二、DSCT 肺双能量成像

1. 扫描方法及技术参数:所有患者均采用 Siemens Somatom definition 双源 CT 进行能量扫描。首先行定位扫描,扫完整个肺野后确定扫描范围,再进行双能量增强扫描。A、B X 线管的管电压分别为 140、80 kV,电流分别为 50、210 mAs,双能量加权因子选择 0.3,扫描时间为 9~12 s,加权 CT 剂量指数为 5~9 mGy。扫描时经右肘前静脉注射碘普胺(300 mg I/ml)80~100 ml,流率 4.0~4.5 ml/s,随后按同样流率注入 20 ml 生理盐水,从而减少上腔静脉内对比剂浓度。延迟时间应用人工智能触发扫描系统确定,将 ROI 设置在肺动脉,当其浓度达到 100 HU 时再延迟 5 s 扫描自动执行。X 线管旋转时间为 0.5 s/周,探测器准直为 14×1.2 mm,螺距为 0.5,FOV 260 mm×260 mm。取头足方向扫描,范围自胸廓入口至膈肌水平。

2. 图像重建及分析:扫描结束后自动生成 140、80 kV 和融合系数为 0.3 的 3 组数据,将原始数据重建为层厚 1.5 mm 的薄层数据并传至工作站,采用双能量评估软件(syngo dual energy)的自动选择肺灌注分析模式将双肺野分为上、中、下 3 部分,进行能量成像分析。以融合数据的 CT 肺动脉造影(CT pulmonary angiography, CTPA)图像显示肺栓塞

者设为肺栓塞组,未见明显异常者设为正常组。选择灌注的伪色彩为灰阶 16 比特(bit)和正电子发射体层彩虹 16 bit,窗宽为 150 HU,窗位为 600 HU;同组患者的左、右侧肺组织灌注定量比较行配对 *t* 检验;两组间全肺比较,肺栓塞组中发生于肺上部、中部、下部栓塞的灌注量分别与相同位置的正常组比较,均采用独立样本 *t* 检验;另外对融合图像行 MinIP,评估肺组织通气情况。CTPA 诊断肺栓塞的标准为:肺动脉主干及分支出现不同程度的充盈缺损;DELPI 诊断肺栓塞的标准为:与对侧或邻近肺组织比较,表现为灌注稀疏或缺损。MinIP 用于评价肺的通气状况,与对侧或相邻肺组织比较出现透亮度增高区认为阳性。由 2 名副主任医师以上职称的医师按照上述标准对图像进行分析,结果有异议时讨论决定。

## 结 果

### 一、DELPI 的定量分析

30 例患者肺组织灌注情况行定量分析时,其中正常组 16 例,DELPI 结果见表 1,双肺比较及双肺上、中、下部分别比较差异均无统计学意义(*P* 值均 >0.05);栓塞组 14 例,肺栓塞发生于肺的多个部位,其中发生于上部者 4 例,中部 10 例,下部 11 例。除发生于上部的肺栓塞 4 例因样本量少,不进行统计外,正常组与栓塞组之间全肺及中、下部的比较差异均具有统计学意义(*P* <0.05,表 2)。

表 1 正常组 16 例肺组织双侧灌注量比较(HU,  $\bar{x} \pm s$ )

侧别	全肺	上部	中部	下部
左侧	27±7	24±6	24±6	28±8
右侧	28±8	26±8	27±8	28±9
<i>t</i> 值	-1.73	-1.91	-1.96	-1.73
<i>P</i> 值	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

### 二、DELPI 和 MinIP 诊断肺栓塞结果分析

2 名医师根据融合数据的 CTPA 图像发现了 14 例患者肺动脉主干和叶、段及亚段肺动脉内的 36 个血栓(图 1),其中左、右肺动脉干栓塞 4 个,叶肺动脉栓塞 12 个,段肺动脉栓塞 18 个,根据 DELPI 和 MinIP 影像表现,2 名医师回顾性分析 CTPA 图像,发现各自漏诊了 2 个亚段的血栓(图 2)。正常

组的 DELPI 示双肺野灌注均匀,无明显灌注缺损及减弱;栓塞组 DELPT 显示相对应的肺组织灌注缺损或减弱(图 3,4),MinIP 图像显示栓塞血管对应的肺组织通气增加,透亮度增加,与 CTPA 图像及 DELPI 图像有很好的 consistency(图 5,6)。

表 2 正常组与肺栓塞组肺组织灌注量比较(HU,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	全肺		中部		下部	
	例数	灌注量	例数	灌注量	例数	灌注量
正常组	16	27 ± 8	16	28 ± 7	16	29 ± 7
肺栓塞组	14	22 ± 5	10	22 ± 8	11	21 ± 8
t 值		-2.10		-2.32		-2.63
P 值		<0.05		<0.05		<0.05

## 讨 论

### 一、DELPI 的原理

CT 双能量成像目前只能在双源 CT 上实现。双源 CT 的两个垂直安装的 X 线管可以分别发射不同能量的射线进行同步螺旋扫描,获得的数据经过计算机处理,将不同能量下所采集的各种物质密度的信息进行分析<sup>[3]</sup>,从而达到诊断疾病的目的。DELPI 即通过这两种能量状态下对肺组织内碘对比剂的分布情

况进行分析,仅通过 1 次曝光扫描,不但能够获得常规的 CT 密度图像信息,更能得到肺的灌注信息,从而提示肺组织受累情况、肺功能的改变及提示可能的肺小栓子的存在。DELPI 时碘的浓度主要是由血管内而不是血管外分布的碘引起的<sup>[4]</sup>,因此碘分布图代表了肺血管容量图,即肺血流灌注量。通过双能量软件分析 80 和 140 kV 的数据,计算肺组织碘分布图依赖的 3 种物质成分(空气、肺组织和碘),肺内主要物质是空气,其在 80 和 140 kV 时浓度一致,而注射对比剂的肺组织有特性,即随电压的降低,其 X 线衰减明显增高<sup>[5]</sup>。CT 扫描时,空气是肺组织内天然的对对比剂,肺组织的密度主要依赖于其中的空气含量,MinIP 即使有对比剂影响也能够显示肺组织内的空气<sup>[6]</sup>,肺栓塞时由于血管内对比剂减少,相应肺组织密度减低,MinIP 能够突出肺栓塞区域与周围正常灌注区域的密度差异<sup>[7]</sup>。DELPI 是显示肺实质灌注情况的一种新的成像方法。

### 二、DELPI 和 MinIP 的临床意义

灌注图显示正常组双能量肺灌注时色彩分布较均匀一致,提示肺动脉无栓塞时,两肺的供血基本一致。灌注量分析也表明了正常组 DELPI 时,双肺灌注的定量分析差异无统计学意义;而肺动脉栓塞

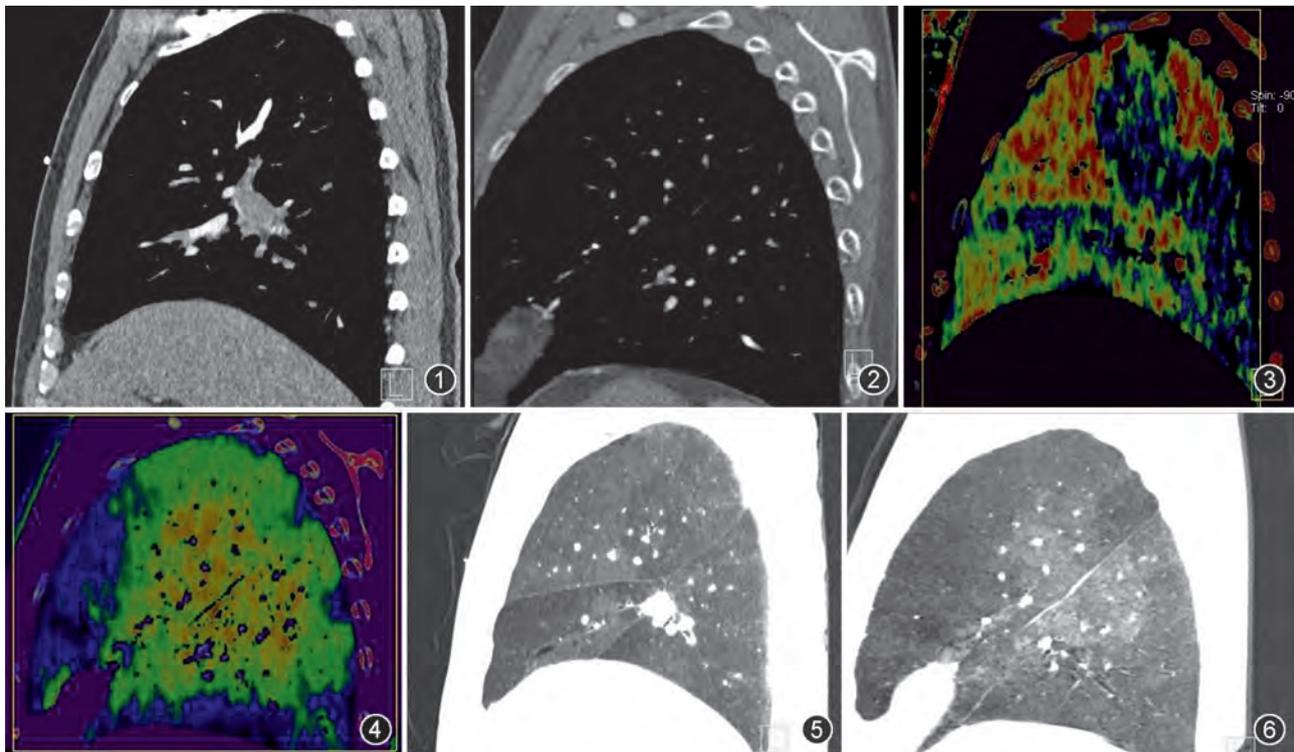


图 1 女,71 岁,以胸痛就诊。CT 肺动脉造影(CTPA)图像示肺动脉干、段的充盈缺损 图 2 男,65 岁,以胸痛就诊,CTPA 图像示肺动脉亚段的充盈缺损 图 3 与图 1 同一患者,双能量肺灌注图像显示灌注不均匀,栓塞动脉支配区灌注稀疏 图 4 与图 2 同一患者,双能量肺灌注图像显示栓塞动脉支配区灌注稀疏 图 5 与图 1 同一患者,MinIP 图像显示栓塞动脉支配区通气增加,透亮度增大 图 6 与图 2 同一患者,MinIP 图像显示栓塞动脉支配区透亮度增大

时,相应肺野出现了灌注的稀疏或缺损,是由于栓子阻塞了某段肺动脉,碘对比剂不能经过血栓部分进入远段肺组织,造成了栓塞区组织碘对比剂减少所致。本研究表 2 显示正常组与栓塞组灌注量差异具有统计学意义,定量分析验证了灌注图像表现。DELPI 显示微小栓子具有较高的敏感性,本组 CTPA 不易发现的 2 个亚段水平肺动脉栓子,而 DELPI 清晰显示了相应肺野的灌注缺损区,这与 Wildberger 等<sup>[8]</sup>的研究结果相一致,从中笔者发现栓塞动脉与灌注缺损区间具有放大效应,较小的血栓可引起较大的灌注缺损。MinIP 图像也清晰显示了栓塞动脉所支配区域的过度通气状态,进一步证实了通气和灌注比较的一致性,尤其是 CTPA 不易发现的亚段水平肺动脉栓子也能被区分出来,因此我们可以通过灌注图的灌注缺损和 MinIP 图像过度通气状态来推断肺动脉内可能存在的微小栓子。笔者发现,CTPA 图像、肺灌注图像及 MinIP 图像具有很好的一致性,即肺动脉发生栓塞,相应支配区域发生灌注缺损和过度通气。而 Thieme 等<sup>[9]</sup>认为,利用 DELPI 在技术上可行并且能发现灌注缺损,但是与闪烁法比较,仅有 75% 的敏感性和 80% 的特异性。电子束 CT 是诊断肺栓塞有效的无创检查方法<sup>[10]</sup>,但价格昂贵,为了克服 Thieme 等<sup>[9]</sup>所提到的局限性,通过对 CTPA、MinIP 和灌注图像进行比较,仔细研究其变化,能更详细指出灌注改变和通气状态,使肺栓塞患者微小栓子的检出和发现其存在的位置成为可能,从而避免了漏诊,因此可以对肺栓塞患者早期诊断和精确定位。

尽管 DELPI 可以敏感地发现肺灌注改变,然而,这种改变并非肺栓塞所特有,肺癌侵犯肺门血管合并肺不张及阻塞性肺炎、支气管扩张、肺炎等均可表现为灌注减低或缺失,故必须结合平扫、CTPA、灌注图及 MinIP 图像进行综合分析,方可作出正确诊断。

### 参 考 文 献

- [1] Thieme SF, Johnson TR, Lee C, et al. Dual-energy CT for the assessment of contrast material distribution in the pulmonary parenchyma. *AJR*, 2009, 193:144-149.
- [2] 张龙江, 卢光明, 黄伟, 等. 双源 CT 双能量肺灌注成像的初步观察. *中华放射学杂志*, 2008, 42:1183-1186.
- [3] 张宗军, 卢光明. 双源 CT 及其临床应用. *医学研究生学报*, 2007, 20:416-418.
- [4] Satoh S, Kitazume Y, Taura S, et al. Pulmonary emphysema: histopathologic correlation with minimum intensity projection imaging, high-resolution computed tomography, and pulmonary function test results. *J Comput Assist Tomogr*, 2008, 32:576-582.
- [5] Johnson TR, Krauss B, Sedlmair M, et al. Material differentiation by dual energy CT: initial experience. *Eur Radiol*, 2007, 17:1510-1517.
- [6] Satoh S, Ohdama S, Shibuya H. Sliding thin slab, minimum intensity projection imaging for objective analysis of emphysema. *Radiat Med*, 2006, 24:415-421.
- [7] Ferda J, Ferdova E, Mirka H, et al. Pulmonary imaging using dual-energy CT, a role of the assessment of iodine and air distribution. *Eur J Radiol*, 2009, In press.
- [8] Wildberger JE, Schoepf UJ, Mahnken AH, et al. Approaches to CT perfusion imaging in pulmonary embolism. *Semin Roentgenol*, 2005, 40:64-73.
- [9] Thieme SF, Becker CR, Hacker M, et al. Dual energy CT for the assessment of lung perfusion: correlation to scintigraphy. *Eur J Radiol*, 2008, 68:369-374.
- [10] 马展鸿, 戴汝平, 曹程, 等. 电子束 CT 在肺动脉血栓栓塞症诊断中的应用. *中华结核和呼吸杂志*, 2005, 28:590-595.

(收稿日期:2010-03-02)

(本文编辑:张琳琳)

## · 消息 ·

### 中华医学会放射学分会 2011 年全国神经、头颈放射学大会暨河南省第十六次放射诊断学术会议通知

“中华医学会放射学分会 2011 年全国神经、头颈放射学大会暨河南省第十六次放射诊断学术会议”定于 2011 年 3 月 11 至 14 日在河南省郑州市嵩山饭店召开,大会将邀请国内外著名影像学专家围绕着神经系统和头颈部疾病的影像学诊断、科学研究和最新进展作专题学术讲座、科研报告和疑难病例讨论。本次会议将设立神经系统、头颈部两个分

会场和形式多样的学术交流,以使参会代表更多地了解、掌握国内外神经系统和头颈部影像领域的前沿知识和学术动态,同时注重提升基层医务人员解决复杂疑难病例的能力。欢迎广大从事医学影像学专业的诊断、技术人员以及相关专业技术人员踊跃投稿、积极参加。

(大会筹备组)