

## 3D DCE MRPA 诊断肺栓塞的临床应用研究

于丽娟, 张雪林, 栾彧, 王丹

**【摘要】 目的:**探讨三维动态增强磁共振肺动脉血管成像(3D DCE MRPA)诊断肺动脉栓塞的价值及限度。**方法:**先行 MR 平扫,然后应用快速梯度回波(FFE)序列对 38 例怀疑肺栓塞的患者进行 3D DCE MRPA 扫描。参数为 TR 9 ms, TE 3 ms, 矩阵 256×128, 翻转角 20°, 对比剂 Gd-DTPA 0.2 mmol/kg 快速注射。**结果:**被确诊为肺栓塞的 30 例患者,共发现栓塞 43 处,其中 3 例伴有肺动脉高压。肺栓塞的 3D DCE MRPA 的直接征象为肺动脉内充盈缺损(中心型、部分型、附壁型)和肺动脉截断(杵状、平直、锥形及鼠尾状截断);间接征象为栓塞所属肺野出现梗死灶,近心侧肺动脉增粗等肺动脉高压征象及少量胸腔积液。**结论:**3D DCE MRPA 对中心、叶和段的肺动脉栓塞的诊断价值较大,但它对段以下动脉栓子的显示尚有一定限度;3D DCE MRPA 还是鉴别急性肺动脉高压(肺栓塞引起)和慢性肺动脉高压的一个安全有效的手段。

**【关键词】** 肺栓塞; 磁共振成像; 血管造影术

**【中图分类号】** R563.5; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2005)01-0028-04

**The Study of Clinical Application of Three-Dimensional Dynamic Contrast-Enhanced MR Pulmonary Angiography in the Diagnosis of Pulmonary Embolism** YU Li-juan, ZHANG Xue-lin, LUAN Yu, et al. The Image department of the Third Affiliated Hospital, Haerbin Medical University, Haerbin 150040, P. R. China

**【Abstract】 Objective:** To assess the diagnostic value and limitation of three-dimensional dynamic contrast-enhanced MR pulmonary angiography (3D DCE MRPA) in diagnosis of pulmonary embolism. **Methods:** 38 patients with suspected pulmonary embolism were performed 3D DCE MRPA with fast field echo (FFE) sequence. Scan parameter TR/TE:9/3ms, Matrix 256×128 and flip angle 20°. **Results:** 43 emboli in lobar or segmental pulmonary arteries were found in 30 cases. 3 out of 30 patients accompanied with pulmonary artery hypertension. The direct signs of MRPA were intravascular filling defect and complete occlusion; pulmonary infarction, enlargement of proximal pulmonary artery and a little fluid in the thoracic cavity were the indirect signs. **Conclusion:** In demonstrating central, lobar, and segmental pulmonary embolism, 3D DCE MRPA is a safe and reliable diagnostic method, but it has limitations for detecting emboli located in subsegmental pulmonary artery; 3D DCE MRPA is also a promising noninvasive imaging modality for identification the patients with acute or chronic pulmonary artery hypertension.

**【Key words】** Pulmonary embolism; Magnetic resonance imaging; Angiography

肺栓塞(pulmonary embolism, PE)是一种严重的肺血管疾病,其病死率较高,可达 20%~30%。但若早期诊断和治疗,病死率可降至 8%以下<sup>[1]</sup>。影像学检查对 PE 的诊断有重要价值,但目前影像学早期诊断与临床要求仍有一定距离。

三维动态增强磁共振肺动脉血管成像(3D dynamic contrast enhanced MR pulmonary angiography, 3D DCE MRPA)是一种 MR 新技术,能清晰直观地显示肺血管,为肺栓塞的诊断提供了一种较好的检查方法。本研究旨在探讨 3D DCE MRPA 诊断肺栓塞的价值及限度。

## 材料与方法

搜集 2000 年 1 月~2004 年 3 月应用 3D DCE MRPA 检查的 38 例疑诊为肺动脉栓塞患者,其中男 19 例,女 19 例,37 例成人患者,1 例 13 岁男童,成人患者年龄 37~76 岁,平均 52.7 岁。临床表现:急性发病 5 例,其中突发性呼吸困难 3 例,一过性晕厥伴呼吸暂停 1 例,心悸伴大汗 1 例;慢性发病 33 例,表现为胸闷气短、活动后进行性呼吸困难 27 例,胸痛 4 例,间断性咳血 2 例。38 例中 11 例伴有一侧或双侧下肢水肿,其中 5 例为下肢血栓性静脉炎。受检患者均经临床及其它辅助检查对照证实(包括血气分析、心电图,心动图超声检查等),其中 8 例行 DSA 肺动脉造影检查。诊断肺栓塞的病例均经临床介入或溶栓、抗凝治疗,临床症状明显好转或消失。其中 6 例曾诊断为冠心病,

作者单位:150040 哈尔滨,哈尔滨医科大学附属三院影像科(于丽娟);510515 广州第一军医大学南方医院影像中心(张雪林);150010 哈尔滨,哈尔滨医科大学第四临床医学院磁共振室(栾彧、王丹)  
作者简介:于丽娟(1964—),女,哈尔滨人,副教授,博士,主要从事胸部 CT、MRI 及 PET/CT 诊断工作。

但经临床扩血管治疗无效,后经抗凝治疗效果显著。

同期选择 15 例临床怀疑主动脉或锁骨下动脉病变而行 CE-MRA 检查,同时肺动脉显示清晰的 15 患者作为阴性对照组。此组患者中男 7 例,女 8 例,年龄 30~81 岁,平均 54.3 岁。

MR 平扫:采用 Toshiba Visart 1.5 T 磁共振扫描仪,体部线圈,心电门控技术,自旋回波(SE)序列。

3D DCE MRPA 检查:采用 3D 快速梯度回波(3D FFE)进行冠状面扫描,扫描参数:TR 9 ms,TE 3 ms,反转角 20°,TI 100 ms,层厚 3.5~4.5 mm,扫描层数 20,视野 40 cm × 40 cm,激励次数 1 次,矩阵 128 × 256。

患者取仰卧位,先行横轴位 T<sub>1</sub>WI 和 T<sub>2</sub>WI 扫描,然后在横轴位上找到兴趣区,采用 3D FFE 序列冠状面成像,扫描时间 18~22 s,间隔 8~10 s,重复扫描 4 次,获得 4 组图像。首先预扫描 1 次,然后从三通管的一端快速注入磁显葡胺 0.2 mmol/kg 体重,注射流率为 2 ml/s,在对比剂注入后,立即推入 20 ml 生理盐水冲洗输液管,使对比剂完全进入血管内。两组中 30 例采用手背静脉、23 例采用足背静脉注射,后者延迟时间比前者多 1 s(根据患者身高而定,以便于注入对比剂)。肺栓塞组延迟时间为 5~7 s,阴性对照组为 7~9 s(此组以主动脉或锁骨下动脉为靶血管,其对比剂峰值到达时间迟于肺动脉)。扫描结束后采用最大密度投影(MIP)技术以高分辨力对原始图像进行三维重组,并以每 15°沿轴旋转获得 13 幅多轴面旋转图像,以便于多角度观察。

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。3 名对肺动脉影像有经验的医师共同分析 3D DCE MRPA 图像,并与血管造影及其它临床资料作对比分析。

肺动脉栓塞的判定(临床综合指标):因为肺动脉栓塞通常无法得到病理诊断,除少数患者行 DSA 检查,大部分患者都是通过症状及相关检查来诊断而采取溶栓和抗凝治疗的。因此,本研究制定了一个临床综合性评价标准来诊断肺栓塞。①症状:呼吸困难、胸痛或咯血、晕厥。②体征:呼吸频率增加 >16 次/分或心率 >100 次/分,双肺可闻及湿性啰音、发热等。③动脉血气分析:低氧血症伴肺泡-动脉血氧分压差加大,低碳酸血症。④纤维蛋白 D 二聚体 >500 μg/l。⑤心电图:胸前导联(V<sub>1</sub>~V<sub>4</sub>)T 波倒置,不完全右束支传导阻滞,心肌缺血的 ST 改变等,部分病例可出现 S<sub>I</sub> Q<sub>III</sub> T<sub>III</sub>(即 I 导 S 波加深,Ⅲ导出现 Q/q 波及 T 波

倒置)。⑥超声心动图(UCG):右心室扩大和/或右心房扩大,右心室/左心室比例增加,近端肺动脉扩张,三尖瓣中重度返流等肺动脉高压表现。⑦放射学核素肺扫描:呈肺段分布的灌注缺损,与通气显像不匹配。

具备上述 7 个条件中的任何 3 个再加上溶栓和抗凝治疗后好转这一指标,最后认定为肺栓塞。此诊断标准参照 2001 年中华医学会呼吸病学分会的肺血栓栓塞症的诊断与治疗指南<sup>[2]</sup>。

## 结 果

3D DCE MRPA 对肺动脉分支的显示情况见表 1。

表 1 38 例疑诊 PE 患者的肺动脉分支级数显示百分比

分支级数	肺栓塞组		阴性对照组		P 值
	例数	百分比(%)	例数	百分比(%)	
肺动脉主干	38	100	15	100	>0.05
左右肺动脉	38	100	15	100	>0.05
叶动脉	35	92.1	4	26.7	<0.01
段动脉	17	44.7	5	33.3	>0.05
Ⅰ级段动脉	14	36.8	6	40.0	>0.05
Ⅱ级段动脉	4	10.5	0	0	<0.05

采用 SPSS10.0 统计学软件包进行  $\chi^2$  检验。两组在显示叶动脉和Ⅱ级段动脉上,差异有显著性意义。疑肺栓塞组肺动脉分支的显示率明显高于阴性对照组。在显示肺动脉主干、左右肺动脉和Ⅰ级段动脉上,两者差异无显著性意义。

疑肺栓塞的 38 例 CE MRPA 图像中,3 例患者因屏气不好有呼吸伪影和扫描延迟时间略长使肺静脉显影重叠,使段及段以下肺动脉显示较差而影响诊断外,其余 35 例图像质量优良,能清晰显示叶、段及段以下肺血管,符合诊断要求。

肺栓塞 MRI 平扫及 MRPA 表现:38 例疑肺栓塞者中,MR 检查有阳性发现者为 32 例(肺栓塞 30 例,肺动脉高压 2 例),6 例为阴性(肺动脉未见异常)。30 例肺栓塞共发现 43 处栓塞灶,右侧多于左侧。本组只有 1 例发生在右肺动脉的大栓子在平扫 T<sub>1</sub>WI 上出现阳性表现,表现为右肺动脉管腔中心条状等信号影,周边可见流空血流信号影,在 CE MRPA 上同部位可见较大的充盈缺损与之相对应(图 1)。其它发生在叶、段及段以下的栓子在平扫 MR 上均未见阳性表现。

肺栓塞的 3D DCE MRPA 的直接征象见表 2。间接征象包括:①栓塞动脉所属肺野出现梗死灶(6 例,图 2);②近心侧肺动脉增粗等肺动脉高压征象(3 例);③少量胸腔积液(4 例)。

本组中有 3 例肺栓塞患者 3D DCE MRPA 图像示右下肺动脉呈杵状截断,同时伴有肺动脉普遍增宽(主肺动脉及左、右肺动脉),右心室、右心房增大等改变(经超声证实)。

表 2 30 例肺栓塞患者 3D DCE MRPA 的直接征象

肺动脉分支	管腔截断(22 处)				充盈缺损(21 处)		
	平直	锥形	杵状	鼠尾状	附壁型	中心型	部分型
右肺动脉干	—	—	—	—	1	1	—
右肺上叶、段动脉	3	1	—	—	3	—	9
右肺中叶、段动脉	5	4	1	—	—	—	—
右肺下叶、段动脉	1	1	4	1	1	1	—
左肺上叶、段动脉	—	—	—	—	—	—	1
左肺下叶、段动脉	—	1	—	—	1	1	2

诊断 PE 以直接征象为准,间接征象作为参考。有 8 例肺栓塞患者 3D DCE MRPA 扫描后做了肺动脉 DSA,其中 1 例 MR 诊断为右中叶和右肺下叶肺动脉栓塞,而 DSA-PA 只发现右中叶栓塞。其余 7 例 3D DCE MRPA 与 DSA 诊断一致(图 3)。

## 讨论

### 1. MR 平扫诊断肺栓塞的价值

文献<sup>[3,4]</sup>报道 MR 自旋回波(SE)技术可显示主肺、左右肺动脉及较大分支的血栓栓塞,表现为  $T_1$  WI 和  $T_2$  WI 上可见无变化或略有变化的等信号血栓影。但要注意和涡流等慢血流形成的等高信号鉴别。梯度

回波序列(GRE)可用于鉴别血栓和缓慢血流。血栓在 GRE 成像时信号强度不随心动周期变化,而缓慢血流则表现为亮血的高信号。本组只有 1 例发生在右肺动脉内的大血栓,在  $T_1$  WI 上表现为右肺动脉内长条形等信号影,位于管腔中心,周边仍可见流空信号影,即所谓的“轨道征”,通常被认为是急性肺动脉栓塞的可靠征象;其它发生在叶及段水平的栓子,MR 平扫均未见阳性表现。所以,平扫 MR 诊断肺栓塞的价值不大。

### 2. 3D DCE MRPA 诊断肺栓塞的价值及限度

3D DCE MRPA 是通过静脉内注射顺磁性对比剂,缩短血液  $T_1$  弛豫时间,使血液信号增强而成像,因此,克服了普通非增强 MRA 技术的血液相关伪影的干扰,避免了肺动脉复杂的血流模式所致的伪影。因此,它可以清晰显示肺动脉及其分支的结构。在具体操作中要获得满意的选择性动脉期成像和扫描的延迟时间、对比剂剂量、注射时间和注射流率等有关。

3D DCE MRPA 所获得的肺动脉血管图像与 DSA 相似,可以清晰地显示肺动脉主干段及亚段血管分支。但若患者屏气不好,则影响段以下血管分支的显示。肺动脉栓塞的直接征象以肺动脉截断和充盈缺损最为多见。本组病例栓塞发生在右肺明显多于左肺,可能和肺动脉解剖有关,因右肺动脉长于左肺动脉且走行迂曲。另外,大约有 10%~15% 的肺栓塞病例可继发肺梗死<sup>[5]</sup>。肺梗死灶一般发生在肺动脉末梢部

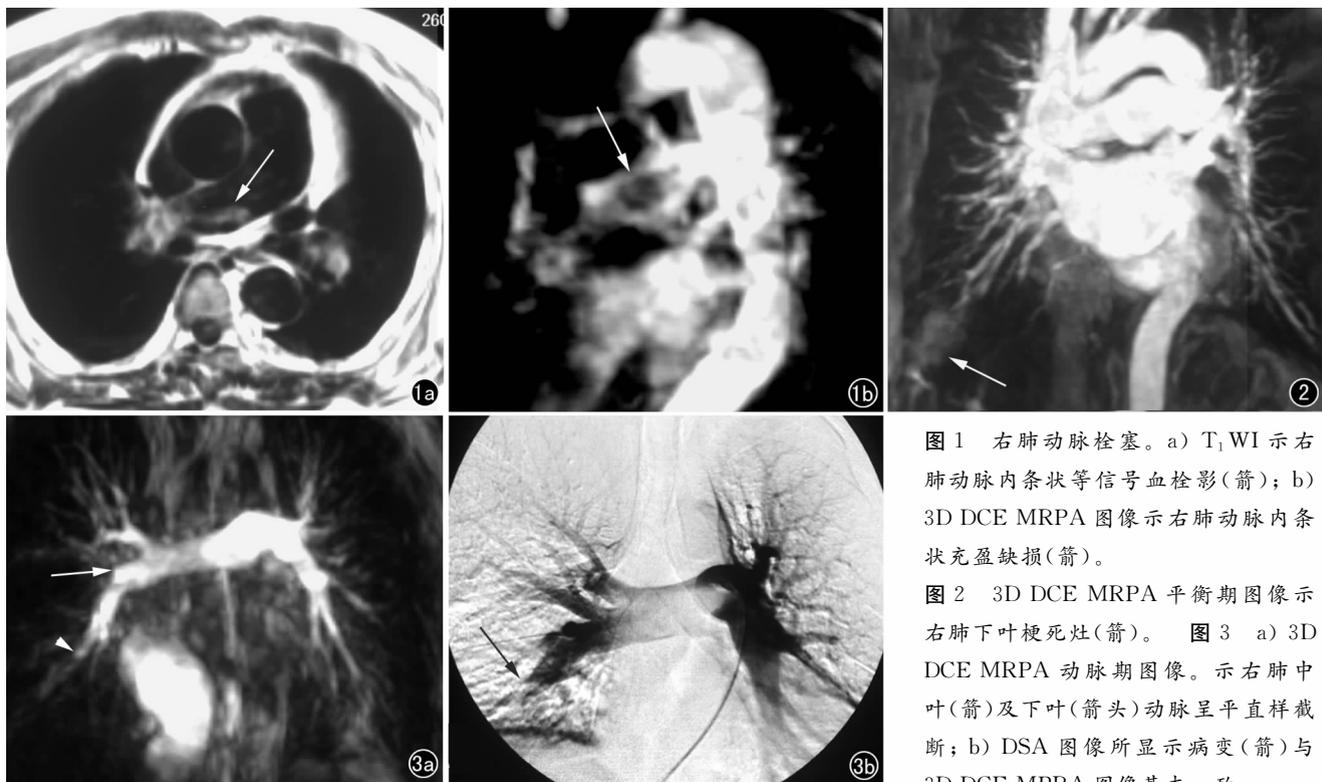


图 1 右肺动脉栓塞。a)  $T_1$  WI 示右肺动脉内条状等信号血栓影(箭); b) 3D DCE MRPA 图像示右肺动脉内条状充盈缺损(箭)。

图 2 3D DCE MRPA 平衡期图像示右肺下叶梗死灶(箭)。图 3 a) 3D DCE MRPA 动脉期图像。示右肺中叶(箭)及下叶(箭头)动脉呈平直样截断; b) DSA 图像所显示病变(箭)与 3D DCE MPRA 图像基本一致。

位,此处侧支循环少,毛细血管压显著上升,容易造成毛细血管破裂,出现肺实质出血。早期肺梗死影像学改变主要为边缘不清的实变阴影,病变进一步发展形成典型的锥形或楔形阴影,约于 3 周左右吸收消失。本组中有 6 例发生肺梗死,梗死灶信号强度高于肺组织, $T_1WI$  呈等信号或略高信号影,在动态增强的平衡期显示较清晰。

国外报道急性肺栓塞较多见,但近年来慢性肺动脉栓塞有增加趋势。本组病例则以慢性发病较多见,和宋云龙等<sup>[6]</sup>报道相同。急性和慢性肺动脉栓塞都可以引起肺动脉高压,此时需要和其他慢性心肺疾患引起的慢性肺动脉高压鉴别,两者在治疗上是完全不同的。Kruger<sup>[7]</sup>报道 50 例患者接受了 CE MRPA 和超声心动检查,结果 CE MRPA 诊断慢性肺动脉高压的敏感度为 89%,特异度为 100%;检查发现 15 个急性肺动脉高压患者由肺动脉栓塞引起,特异度为 100%;其鉴别点为肺动脉内可见充盈缺损,以及肺动脉走行缺乏由近及远的尖端逐渐变细的特点(慢性肺动脉高压表现)。本组 3 例肺栓塞患者伴有肺动脉高压,表现为右下肺下叶动脉截断且增粗,左右肺动脉及肺动脉主干扩张,但无肺动脉近端迂曲扩张、远端尖端变细的“枯枝样”改变;另有 2 例患者肺动脉则呈“枯枝样”改变,但未见充盈缺损或肺动脉截断等肺栓塞征象,平扫轴位  $T_1WI$  可见右心房、右心室扩张,右室壁增厚,诊断为慢性肺动脉高压,经超声心动及临床其它检查证实。结合文献,笔者认为 3D DCE MRPA 联合 MRI 检查在发现肺栓塞的同时,可以帮助临床鉴别肺动脉高压是否由肺动脉栓塞引起,从而进一步为治疗提供准确的信息。

国外报道 3D DCE MRPA 对于中心、叶和段的肺动脉栓塞有很高的敏感性和特异性<sup>[8]</sup>。我们的动物实验研究结果也表明 3D DCE MRPA 诊断叶、段肺栓塞的敏感度为 81.25%,特异度为 98.65%<sup>[9]</sup>。因此,它可以作为一种非创伤性,有效的影像手段来诊断肺栓塞,从而可以使大部分怀疑肺栓塞的患者免除肺动脉造影这种有创检查,也可以使对碘对比剂过敏或肾功

能不全等不能接受 CT 检查的患者受益。尽管 3D DCE MRPA 可以显示段以下肺动脉分支,但它对亚段肺动脉栓子的确定仍然很困难,本组 30 例肺栓塞患者,3D DCE MRPA 只发现了段及段以上的栓塞,没有显示段以下的栓塞(可能和本组患者多为慢性发病,段以下的栓塞大多已溶解有关)。此外,3D DCE MRPA 尚存在假阳性和假阴性,这些还有待于增强肺血管成像图像分辨率的进一步提高及观察者经验的积累而改善。随着梯度场的发展,在 6~10 s 内完成一次三维数据采集已成为可能,再加上血池对比剂等的应用,使 3D DCE MRPA 的成像质量日臻完美,将在诊断肺栓塞及其它肺动脉疾病上发挥更大的作用。

#### 参考文献:

- [1] European Society of Cardiology. Task Force Report: Guidelines on Diagnosis and Management of Acute Pulmonary Embolism [J]. Eur Heart Jm, 2000, 21(16): 1301-1336.
- [2] 中华医学会呼吸病学分会. 肺血栓栓塞症的诊断和治疗指南(草案) [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2001, 24(5): 259-264.
- [3] 刘玉清. 心血管病影像诊断学 [M]. 安徽: 安徽科学技术出版社, 2000. 260-274.
- [4] 李坤成, 杜冬泽, 宋云龙, 等. 肺动脉血栓栓塞的 MRI 诊断价值 [J]. 中华放射学杂志, 1999, 33(5): 299-302.
- [5] 王乐民. 急性肺动脉栓塞-从基础到临床 [M]. 黑龙江: 黑龙江科技出版社, 1999. 41.
- [6] 宋云龙, 刘玉清, 荆宝莲. 肺栓塞影像学——着重于 X 线平片的作用 [J]. 中国医学影像技术, 1998, 14(5): 340-342.
- [7] Kruger S, Haage P, Hoffmann R, et al. Diagnosis of Pulmonary Arterial Hypertension and Pulmonary Embolism with Magnetic Resonance Angiography [J]. Chest, 2001, 2001, 120(5): 1556-1561.
- [8] Oudkerk M, Van Beek EJ, Wielopolski P, et al. Comparison of Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Angiography and Conventional Pulmonary Angiography for the Diagnosis of Pulmonary Embolism: A Prospective Study [J]. Lancet, 2002, 359(9318): 1643-1647.
- [9] 于丽娟, 张雪林, 李任飞, 等. 增强磁共振肺动脉造影诊断肺栓塞的实验研究 [J]. 实用放射学杂志, 2004, 20(2): 102-105.

(收稿日期: 2004-04-20 修回日期: 2004-06-23)