

磁共振 B-TFE 技术肾动脉成像与 CE-MRA 对照

郑力强, 江新青, 柏沙美, 梁志伟

【摘要】 目的:探讨磁共振三维平衡式快速场梯度回波(B-TFE)技术非对比剂血管成像在肾动脉成像中的临床应用价值。**方法:**选择 17 例临床怀疑有肾动脉狭窄的患者行 B-TFE 和 CE-MRA 检查;B-TFE 组并行采集加速因子取值为 1 和 2。B-TFE 组在横轴面图像上测量双侧肾动脉在不同加速因子时的信号噪声比(SNR)、肾动脉与肾周脂肪的对比噪声比(CNR),CE-MRA 组在冠状面图像上分别测量肾动脉的 SNR 和 CNR。所有原始数据经三维 MIP 重组后由两位放射科医师对肾动脉三维图像质量、肾动脉狭窄程度、肾动脉分支显示及肾静脉伪影等情况进行评分。测量数据和图像评分进行统计学处理。**结果:**B-TFE 组加速因子为 1 时图像的 SNR 为 118.0 ± 25.1 (左)和 105.9 ± 29.1 (右),CNR 为 103.7 ± 33.5 (左)和 93.1 ± 26.5 (右);B-TFE 组加速因子为 2 时 SNR 为 93.5 ± 23.1 (左)和 81.5 ± 31.7 (右),CNR 为 83.1 ± 34.5 (左)和 69.8 ± 28.8 (右)。CE-MRA 组肾动脉的 SNR 为 103.8 ± 31.5 (左)和 93.1 ± 40.8 (右),CNR 为 88.7 ± 30.1 (左)和 79.7 ± 38.6 (右)。组内和组间 SNR 及 CNR 差异均无统计学意义($P > 0.05$)。B-TFE 图像上肾动脉分支的显示情况好、肾静脉伪影较 CE-MRA 小,2 组间肾动脉三维图像质量、狭窄程度的显示无明显差异。**结论:**3D B-TFE 肾动脉成像技术具有较高的图像信噪比和对比噪声比,可以作为一种新的无创性磁共振血管成像技术应用于肾动脉成像。

【关键词】 肾动脉;磁共振成像;血管成像

【中图分类号】 R445.2; R543.5 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2009)07-0784-04

Application of SENSE Technique of B-TFE MR Angiography in the Renal Artery Imaging: Compared with Contrast Enhanced MR Angiography ZHENG Li-Qiang, JIANG Xin-Qin, BAI Sha-Mei, et al, First People's Hospital of Guangzhou, Guangzhou 510180, P. R. China

【Abstract】 Objective: To study the clinical application and value of 3D B-TFE non-enhanced MR angiography technique in renal artery imaging. **Methods:** 3D B-TFE non-enhanced MR angiography (MRA) and contrast enhanced MRA (CE-MRA) were performed in 17 patients with suspected renal artery stenosis. The values for 3D B-TFE sense accelerated factor were 1/2. The signal-noise ratio (SNR) with different accelerated factors of bilateral renal arteries on axial plane images, contrast-noise ratio (CNR) of renal arteries and peri-renal fat were measured. Also the SNR, CNR of renal arteries on coronal plane of CE-MRA were measured respectively. All of the raw data were post-processed with 3D MIP technique, and the 3D image quality, degree of renal artery narrowing, demonstration of the branches of renal arteries and artifact of renal vein were evaluated by two radiologists. Statistical analysis of the measured data and image scores were performed. **Results:** When the 3D B-TFE accelerated factor was 1, the SNR were 118.0 ± 25.1 (left renal artery, LRA), 105.9 ± 29.1 (right renal artery, RRA); and the CNR were 103.7 ± 33.5 (LRA), 93.1 ± 26.5 (RRA) respectively. When the B-TFE accelerated factor was 2, the SNR were 93.5 ± 23.1 (LRA), 81.5 ± 31.7 (RRA); and the CNR were 83.1 ± 34.5 (LRA), 69.8 ± 28.8 (RRA) respectively. Of the CE-MRA group, the SNR of renal arteries were 103.8 ± 31.5 (LRA) and 93.1 ± 40.8 (RRA) respectively; the CNR were 88.7 ± 30.1 (LRA), 79.7 ± 38.6 (RRA) respectively. No statistic differences were existed in SNR as well as CNR within the same group and between different groups ($P > 0.05$). Demonstration of the renal artery branches and renal vein artifact on B-TFE group were less than that of CE-MRA group. No statistic differences were showed on the 3D image quality and displaying the degree of renal artery narrowing. **Conclusions:** 3D B-TFE technique of the renal artery imaging showed high SNR and CNR, which can be used as a new non-invasive MRA technique for renal artery imaging.

【Key words】 Renal artery; Magnetic resonance imaging; Angiography

磁共振血管成像包括不用对比剂的时间飞跃法(time of flight, TOF) MRA、相位对比法(phase contrast, PC) MRA、使用对比剂的 CE-MRA。TOF 和

PC MRA 由于呼吸运动和心跳引起的运动伪影可严重降低腹部血管的图像质量,目前只有 CE-MRA 能成功运用于腹部肾动脉成像。近年来梯度回波技术在心血管成像方面的应用逐渐增多^[1-5]。笔者通过与 CE-MRA 的对比研究,旨在探讨三维平衡式快速场梯度回波(3D balanced turbo field-echo, 3D B-TFE)技术

作者单位: 510180 广州,广州市第一人民医院放射科

作者简介: 郑力强(1971—),男,广州人,副主任技师,主要从事 MRI 技术工作。

通讯作者: 江新青, E-mail: jiangxqw@163.com

在非对比剂法肾动脉成像中的应用价值。

材料与方 法

1. 一般资料

2007 年 4 月~2008 年 11 月,选择 17 例临床怀疑有肾动脉狭窄 MRI 检查者。其中,男 11 例,年龄 45~76 岁,女 6 例,年龄 56~80 岁。经患者同意后,在增强前行 3D B-TFE 序列扫描。增强后行 CE-MRA 检查。临床主要表现为高血压,肾脏炎性疾病,冠心病等。

2. MRI 扫描参数

采用 Philips Achieve Nova Dual (HP) 1.5T 超导磁共振成像仪,最大梯度场强 66 mT/m,最大梯度切换率 180 T/(m·ms),4 通道 SENSE 相控阵体部线圈。

采用 3D B-TFE 序列进行三维定位,横轴面、冠状面图像的定位以肾动脉为中心,矢状面的定位以肠系膜上动脉为中心。使用 3 个预饱和带抑制静脉信号,2 个饱和带放在双肾中部外侧,第三个饱和带置于双肾下极,压制下腔静脉信号。CE-MRA 检查前先行 Bolus-Track 实时扫描,选择腹主动脉穿越膈肌裂孔的层面作为靶区,血管信号最强时启动增强扫描。预置 8 号密闭式静脉留置针,双筒高压注射器团注,对比剂总量 20 ml,流率 2.5 ml/s,然后注入 30 ml 生理盐水。扫描期间嘱咐患者吸气末期屏气,以减少呼吸伪影。扫描时间:3D B-TFE 为 10.4~19.3 s,CE-MRA 为 19.0~38.2 s,其它扫描参数见表 1。

表 1 3D B-TFE 组和 CE-MRA 组扫描参数

指标	3D B-TFE	CE-MRA
序列	TFE	FFE
TR(ms)	6.5	5.2
TE(ms)	3.2	1.64
层厚(mm)	4.5	2
间隔(mm)	0	0
矩阵	240×512	372×512
体素大小(mm)	1.50×0.59×0.58	2.00×0.69×0.69
反转角(°)	75	40
水和脂肪位移(像素)	0.26	0.40
带宽(赫兹)	833.2	537.6
对比剂	无	有

3. 图像后处理和分析测量方法

使用 Extended Work Space Release 2.5.3 工作站,经最大信号强度投影(maximum intensity projection, MIP)法以旋转方式重组所有原始图像。其中 3D B-TFE 重组图像以 RL 方向为旋转轴,CE-MRA 冠状面重组图像以 HF 轴为旋转轴,两组均重组获得 15 帧图像,间隔 12°。

采用 Philips MR 机自带分析软件。采用圆形兴

趣区测量不同并行采集加速因子(1 和 2)时双侧肾动脉主干、肾周脂肪的 MRI 信号强度,测量肾动脉主干信号强度时应避开重叠血管。在相位编码方向,用尽可能大的 ROI 测量背景噪声信号标准差,所取范围应至少包含 500 个像素。肾动脉 ROI 大小为 5 mm²,肾周脂肪为 7 mm²,周围背景噪声为 50 mm²。并通过公式计算左右肾动脉信噪比(SNR)和对比噪声比(CNR):

$$SNR = \frac{\text{肾动脉信号强度}}{\text{背景噪声标准差}} \quad (1)$$

$$CNR = \frac{\text{肾动脉信号强度} - \text{肾周脂肪信号强度}}{\text{背景噪声标准差}} \quad (2)$$

对 MRA 图像质量、肾动脉狭窄程度分级、肾动脉分支及肾静脉伪影的评价由两位影像医师独立在工作站上进行审阅评分。

图像质量评分标准:1 分,为图像模糊,伪影很多,图像质量差达不到诊断要求;2 分,血管结构大致能够辨认,但有明显的伪影;3 分,血管结构能够辨认,中度模糊或伪影;4 分,图像质量较好,血管边缘较锐利,有轻度模糊或伪影;5 分,图像质量好,血管边缘锐利,无图像模糊或伪影。以大于 3 分为合格^[1-3],以图像质量较差的一侧肾动脉来评分。

肾动脉狭窄程度分级的评分标准:1 分为管腔缩小<20%;2 分为管腔缩小 20%~49%;3 分为管腔缩小 50%~74%;4 分为管腔缩小 75%~99%;5 分表现管腔完全阻塞。狭窄分级的测量:使用游标卡尺测量沿血管轴最佳抛射角的最小管径^[2]。

肾动脉分支及肾静脉伪影评分标准:显示肾动脉主干为 1 分,一级分支 2 分,二级分支为 3 分,三级分支为 4 分。肾静脉信号强度高于同侧的肾动脉为 1 分;信号强度等于同侧肾动脉为 2 分;明显增高,但低于同侧肾动脉为 3 分;轻微信号增高为 4 分;没有信号增高为 5 分^[1-3]。以双侧肾动脉狭窄、分支及肾静脉显示较好的一侧来评分。

4. 统计学分析

使用 SPSS 13.0 软件包。3D B-TFE 组不同加速因子肾动脉 SNR 和 CNR 与 CE-MRA 组双侧肾动脉 SNR 和 CNR 数据统计比较应用 χ^2 检验其正态分布性,再用 t 检验进行组间和组内的两两比较。图像质量、肾静脉伪影及肾动脉分支评分采用两位观察者(A 和 B)间的 Kappa 分析,Kappa 值>0.75 为一致性好,0.5≤Kappa 值≤0.75 为一致性较好,Kappa 值<0.5 为一致性差。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

CE-MRA 及 3D B-TFE 共发现 34 支肾动脉和 1 支副肾动脉(图 1),管腔缩小 20%~49% 4 支,管腔缩小<20% 8 支,均为单侧狭窄。其余下 22 支血管未见明显狭窄。3D B-TFE 组不同加速因子及 CE-MRA 组双侧肾动脉 SNR、CNR 测量结果见表 2。

表 2 双侧肾动脉 SNR、CNR 测量结果

组别	SNR		CNR	
	左侧	右侧	左侧	右侧
B-TFE 组 1*	118.0±25.1	105.9±29.1	103.7±33.5	93.1±26.5
B-TFE 组 2*	93.5±23.1	81.5±31.7	83.1±34.5	69.8±28.8
CE-MRA 组	103.8±31.5	93.1±40.8	88.7±30.1	79.7±38.6

注:1* SENSE 加速因子为 1; 2* SENSE 加速因子为 2。

各组内左右肾动脉 SNR 及 CNR 差异及组间

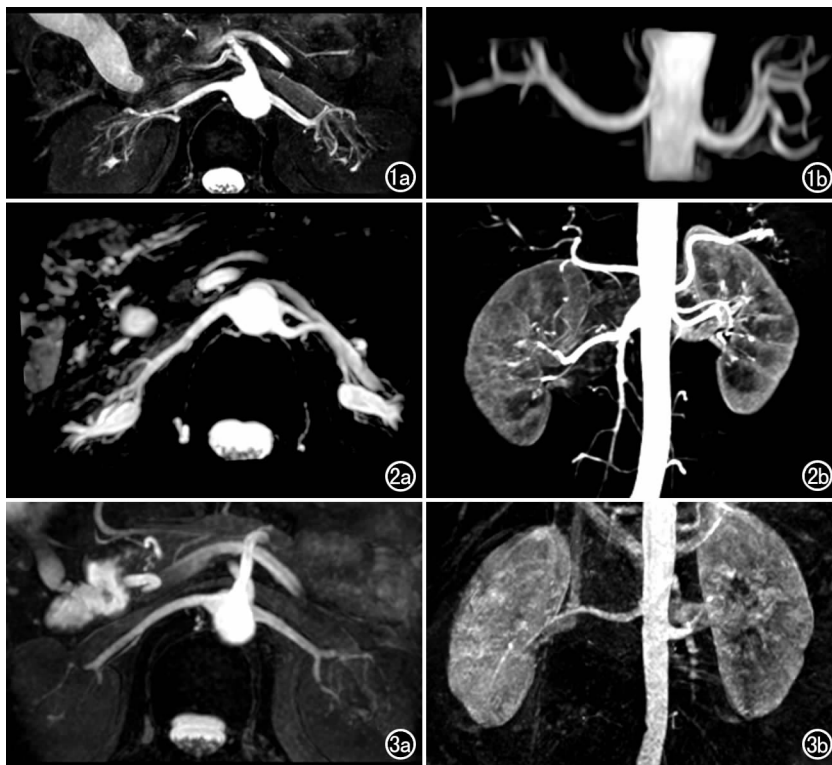


图 1 正常肾动脉,3D B-TFE 示血管边缘锐利,肾动脉未见明显狭窄(1分),可显示肾动脉 3 级分支(4分),肾静脉信号无增高(5分),图像质量 5 分。a) 横轴面 MIP 图; b) 冠状面 MIP 图。图 2 正常肾动脉,患者屏气良好。a) 3D B-TFE 横轴面 MIP 图像示血管边缘锐利、未见明显狭窄,显示肾动脉二级分支(3分),肾静脉信号明显增高(箭)、但低于同侧肾动脉(3分),图像质量 5 分; b) CE-MRA 冠状面 MIP 图像示肾动脉显示二级分支(3分),肾静脉信号轻度增高(4分)。图 3 患者屏气欠佳。a) 3D B-TFE 横轴面 MIP 图像示图像质量 4 分,血管边缘较锐利、部分有轻度模糊,右侧肾动脉主干稍狭窄(箭),狭窄度<20%(1分),肾动脉显示一级分支(2分),肾静脉无信号增高(5分); b) CE-MRA 冠状面 MIP 图像示图像质量 4 分,血管边缘较锐利,有轻度伪影,右侧肾动脉主干狭窄度<20%(箭),肾动脉显示一级分支(2分),肾静脉信号强度增高、但低于同侧肾动脉(3分),门静脉、脾静脉和肠系膜下静脉显影。

SNR 及 CNR 差异,经 t 检验两两比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。

3D B-TFE 组和 CE-MRA 组图像质量、肾动脉显示情况评分结果见表 3。

表 3 两组图像质量、肾动脉显示情况评分

指标	3D B-TFE 组			CE-MRA 组		
	A	B	Kappa 值	A	B	Kappa 值
图像质量	4.3	4.5	0.91	4.2	4.1	0.83
狭窄程度分级	1.1	1.1	1.00	1.1	1.1	1.00
肾动脉分支	2.5	2.3	0.48	2.8	2.6	0.75
肾静脉伪影	3.9	3.8	0.84	3.6	3.4	0.61

注:A 为观察者 1,B 为观察者 2。

两组图像质量评分均>3 分,B-TFE 组图像质量稍好(图 2、3),但组间差异无统计学意义($P>0.05$),两位观察者间一致性好。对肾动脉狭窄程度的分级两组均为 1.1,Kappa 分析一致性好。对肾动脉分支的显示以 CE-MRA 组较好,但 2 组间差异无统计学意义($P>0.05$),2 组的 Kappa 分析一致性好。肾静脉伪影以 B-TFE 组显示较少,但 2 组间差异无统计学意义($P>0.05$),Kappa 分析一致性好。

讨 论

磁共振非对比剂血管成像传统技术包括 TOF 和 PC 法。TOF 法运用在中枢神经系统已经很成熟,完全取代 CE-MRA。PC 法运用在颈部血管也很成功。但由于腹部有呼吸运动,TOF 法与 PC 法难以处理全部流速范围内的不同血流类型,而且采集时间较长,尤其是有呼吸、心跳和血管部位扫描,患者很难在单次屏气内完成扫描,造成腹部血管尤其是肾动脉成像效果不理想。以钆为对比剂的 CE-MRA 能够在更少损伤肾脏的情况下显示肾动脉、外周血管、肾实质甚至是肾功能,但存在过敏反应及对比剂肾病的可能,限制了其在急、慢性肾功能不全患者中的应用。虽然对比剂在不断改良,但因对比剂导致的肾功能损害发生率却不断增加,已上升到医源性肾损害的第三位,而对比剂肾病的死亡率高达 34%^[1-5]。中国对比剂安全使用委员会所著《对比剂使用指南》指出小剂量碘过敏试验无助于预测离子型和非

离子型对比剂是否发生不良反应^[6]。

随着磁共振技术不断发展更新,更快的数据处理,更高的梯度场和切换率,更先进的软件技术,使肾动脉非对比剂血管成像在单次屏气内完成扫描成为可能,不再受呼吸运动影响。3D B-TFE 血管成像是基于梯度回波序列,类似常规 TOF 技术。3D B-TFE 的特定功能回波和相对较高的血液 T_2/T_1 比值,具有非常高的血液、软组织对比度。与 TOF 比较,功能回波成像能使血管在较长范围显示为高信号。通过水选择激发增强脂肪抑制效果,通过预饱和技术抑制肾静脉和下腔静脉信号,使肾动脉的信号完全不受静脉干扰。3D B-TFE 在层面选择、相位编码和频率编码方向上都施加了聚相位梯度场,去除了 3 个空间编码梯度场造成的质子失相位,纵向和横向矢量均达到了真正的稳态,尤其是横向矢量,最大限度阻止流入信号的影响,获得的是稳定状态的信号。与 CE-MRA 组相比,3D B-TFE 组 SNR 及 CNR 较高,两组间 SNR 及 CNR 无显著差异,两组间图像质量、肾动脉显示情况无统计学差异。Coenegrachts 等^[3]研究表明与肾动脉 DSA 比较,3D B-TFE 血管成像诊断肾动脉狭窄的敏感度为 100%,特异度为 98%,阴性预测值 100%,阳性预测值 80%。通过减少 TR 并利用 SENSE 技术进一步缩短扫描时间,可以使不能长时间屏气的患者完成检查。屏气扫描能减少或避免运动伪影,获取高空间分辨率的图像。3D B-TFE 组使用 SENSE 技术,扫描时间最短只需 10 s。CE-MRA 扫描成功除了取决于患者能否屏气合作外,还需要准确把握起扫描的时机,且只有一次成功机会。对于屏气不好的患者,3D B-TFE 有多次补救的机会(图 3)。

磁共振并行成像技术是近几年发展起来的最新技术,它是以多通道阵列线圈为基础,以同时采集阵列线圈的不同空间敏感性的线性组合信号,通过增加 k 空间中采样的步距,减少相位编码,使成像速度加快^[8]。阵列线圈结合传统的梯度编码序列,在任何 FOV 下都能得到很好的 SNR 和 CNR。它允许在 k 空间上跳线时同时采集数据,并通过缩短回波链的长度来减少运动伪影和磁化率伪影。3D B-TFE 组 SENSE 加速因子为 1 时扫描,时间是 19.3 s,SENSE 加速因子为 2 时扫描,时间缩短到 10.4 s,时间缩短了 47%,而双侧肾动脉的 SNR、CNR 无明显差异。CE-MRA 组加速因子为 1 时扫描,时间为 38.2 s,SENSE 加速因子为 2 时,时间缩短到 19 s,时间缩短了 50%。但有些患者要进行长达 38.2 s 的屏气,故无法进行组内对照。扫

描时间的降低,有利于消除屏气扫描时肾动脉远端的随机伪影。3D B-TFE 组内不同加速因子时的数据对比表明,在多通道线圈上使用敏感性编码技术,可显著降低肾动脉扫描采集时间,减少运动伪影。

肾动脉狭窄程度的分级一直是个难点,无论是 3D B-TFE 技术还是 CE-MRA,往往会对狭窄端作出过高的估计。因为狭窄端局部湍流引起信号分散,分散的信号经 MIP 优化重组成三维图像,造成狭窄程度的夸大。有研究^[3,7]表明,即使在 CE-MRA 图像上对肾动脉狭窄的分级可能是不正确的。真正的狭窄程度只能在术中测量。3D B-TFE 通过尽可能缩短 TE,以尽量减少去相位的影响,减少对狭窄程度的高估。本研究两组对狭窄程度分级的评分较低,笔者认为是由于肾动脉狭窄度为 20%~49% 的仅 2 例,无 1 例为肾动脉狭窄 >50%,导致评分偏低。

3D B-TFE 作为对肾动脉狭窄的初步评价方法,可以避免过多使用 CE-MRA,尽量避免对比剂肾病,并可用于 CE-MRA 失败后的补救,是值得推荐的好方法。

参考文献:

- [1] Stafford RB, Sabati M, Haakstad MJ, et al. Unenhanced MR Angiography of the Renal Arteries with Balanced Steady-State Free Precession Dixon Method[J]. Am J Roentgenol, 2008, 191(1): 243-246.
- [2] Wytenbach R, Braghetti A, Wyss M, et al. Renal Artery Assessment with Nonenhanced Steady-state Free Precession Versus Contrast-enhanced MR Angiography[J]. Radiology, 2007, 245(1): 186-195.
- [3] Coenegrachts KL, Hoogeveen RM, Vaninbroukx JA, et al. High-spatial-resolution 3D Balanced Turbo Field-echo Technique for MR Angiography of the Renal Arteries: Initial Experience[J]. Radiology, 2004, 231(3): 237-242.
- [4] Miyazaki M, Lee VS. Nonenhanced MR Angiography[J]. Radiology, 2008, 248(1): 20-43.
- [5] Kitajima M, Hirai T, Korogi Y. Acute Dissection and Contained Rupture of a Thoracic Aortic Aneurysm: Emergency Diagnosis with Non-enhanced MR Angiography[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2006, 29(5): 930-933.
- [6] 中国对比剂安全使用委员会. 对比剂使用指南[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008.
- [7] 杨学东, 王霄英, 许玉峰, 等. 3.0T MR 上 LAVA 肾动脉成像的初步研究: 与 CEMRA 对照[J]. 中国医学影像技术, 2007, 23(9): 1392-1395.
- [8] 郭佑民, 杨健, 蒋涛, 等. 重视 MR 并行采集技术的研究[J]. 中华放射学杂志, 2007, 41(1): 2-4.

(收稿日期: 2009-01-05)