

时间分辨回波分享 MRA 和并行采集技术的临床应用

林江, 陈财忠, 李韧晨, 徐鹏举, 王建华, 严福华, 曾蒙苏, 周康荣

【摘要】 目的:评估时间分辨回波分享磁共振血管成像(TREAT MRA)和并行采集技术在血管性病变中的显示效果和临床应用价值。**方法:**25 个临床诊断或怀疑血管性病变更患者行 TREAT MRA 检查,采用 3D FLASH 序列,用加速因子为 2 的并行采集技术和回波分享技术填充 K 空间,采集 1 帧 3D 图像用时 2~3 s,共 12 帧动态显示靶血管解剖结构。分析全部病例的图像质量和病变显示情况,并与其它检查作对照。**结果:**所有病例均顺利完成 TREAT MRA 检查;TREAT MRA 动态显示了动静脉充盈情况,至少有 1~3 帧动脉显示时无静脉污染;所有病例动脉结构显示清楚,包括动脉主干和肾、肺、手足动脉远端分支。TREAT MRA 发现 2 例颈动脉和 1 例肾动脉狭窄,2 例主动脉夹层和破口,前臂血管瘤,足部动静脉瘘和肺动静脉瘘各 1 例,病变显示清楚,10 例行 TREAT MRA 的病例与其它检查技术结果比较,均与之完全符合。**结论:**TREAT MRA 结合并行采集能以高时间分辨力清楚显示血管结构,效果类似于 DSA。

【关键词】 磁共振成像; 血管病变; 图像处理, 计算机辅助

【中图分类号】 R445.2; R543 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2006)02-0179-04

Clinical Application of Time-Resolved Echo-Shared MRA with Parallel Acquisition Techniques LIN Jiang, CHEN Cai-zhong, LI Ren-chen, et al. Department of Radiology, Zhongshan Hospital, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, P. R. China

【Abstract】 Objective: To evaluate the diagnostic value of time-resolved echo-shared MRA with parallel acquisition techniques. **Methods:** Twenty-five patients with clinically diagnosed or suspected vascular diseases underwent time-resolved echo-shared MRA (TREAT MRA). A 3D FLASH pulse sequence was used for imaging. This was combined with parallel imaging with an acceleration factor of 2 and echo sharing to reduce the acquisition time to 2~3 seconds per 3D frame. The acquisition was repeated 12 times to depict the arterio-venous anatomy dynamically. The overall image quality and the demonstration of vascular pathology were analyzed. TREAT MRA findings were also compared to other imaging modalities if available. **Results:** TREAT MRA was successfully performed in all patients. It demonstrated dynamically the arterio-venous structures. There were at least 1~3 3D frames which depict the arteries without contamination of veins. It clearly identified arteries including the distal segments of renal, pulmonary, hand and foot arteries. TREAT MRA detected 2 cases of carotid artery stenosis, 1 case of renal artery stenosis, 2 cases of aortic dissection, 1 case of forearm angioma, 1 case of foot arterio-venous fistula and another case of pulmonary arterio-venous fistula. The vascular pathology in these cases was demonstrated clearly. In 10 cases with other imaging techniques available, the demonstration of vascular pathology all agreed to that done by TREAT MRA. **Conclusion:** TREAT MRA can produce detailed images with high temporal resolution. It has an effect quite similar to DSA. It will play an important role in the diagnosis of vascular pathology.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Vascular pathology; Image processing, computer-assisted

对比增强磁共振血管成像(contrast-enhanced magnetic resonance angiography, CE MRA)为无创性检查,无电离辐射和碘过敏之虑,所用对比剂无肾毒性,图像直观且简便易行,已广泛用于全身各部位血管病变的诊断^[1-4]。但 CE MRA 成像时间一般每帧需 20 s 左右,提供的是血管静态图像,缺乏血管显示的实时动态信息。笔者采用时间分辨回波分享血管成像术(time-resolved echo-shared angiographic technique, TREAT)结合并行采集技术能在保证较好空间分辨

力的前提下,显著缩短 CE MRA 成像时间。有文献^[5]报道该技术用于胸部血管时,能以很高的时间和空间分辨力显示各种病变,效果接近 DSA。本研究的目的是介绍 TREAT MRA 的原理并初步评价它对全身各种血管疾病的显示效果和诊断价值。

材料与方法

25 例临床诊断或怀疑血管病变患者行 TREAT MRA 检查,男 14 例,女 11 例,年龄 18~72 岁,平均 51 岁。其中颈动脉成像 6 例,胸主动脉成像 6 例,肺血管成像 4 例,肾动脉成像 4 例,前臂血管成像 2 例,下肢血管成像 1 例,手足动脉成像各 1 例。

作者单位:200032 上海,复旦大学上海医学院附属中山医院放射科

作者简介:林江(1968—),男,广东梅州人,副教授,博士,主要从事心血管 MRI 诊断。

MRI 仪采用 1.5 T 成像仪 (Magnetom Avanto, Siemens AG), 梯度场强 45 mT/m, 切换率 200 mT/m/s。信号采集分别采用头 (用于手足成像)、颈、胸腹、脊柱以及下肢血管线圈, 这些表面线圈由多个小线圈单元构成, 同时可开通多个接收通道接受信号。

TREAT MRA 扫描取冠状面或斜冠状面, 扫描序列为 3D FLASH, 扫描参数: TR 2.2~2.8 ms; TE 0.6~0.9 ms; 翻转角 150°~250°; 放影和层数视靶血管而不同, 放影不超过 400 mm×400 mm; 层数 16~44; 矩阵 256×256; 层厚 1.5~4.0 mm。使用并行采集技术, 加速因子为 2; 时间分辨力为每帧 3D 图像用时 2~3 s。共进行 12 回合扫描, 第 1 回合扫描图像作为蒙片, 以后每回合图像与之行实时减影, 然后由计算机自动完成最大强度投影 (maximum intensity projection, MIP) 重组, 即每 2~3 s 提供 1 帧 MIP 图像, 总共有 12 帧 MIP 图像动态显示靶血管解剖结构。

颈、胸、腹扫描采用憋气扫描以减轻运动伪影。扫描开始时间与注射对比剂同步, 所用对比剂为 0.1 mmol/kg 磁显葡胺 (德国先灵公司)。从肘前静脉用压力注射器注射, 注射流率为 5.0 ml/s, 对比剂注射完毕后从另一注射管用 20 ml 生理盐水注入肘前静脉以减少对比剂在外周静脉的残留。

图像分析由 2 位有 MRA 读片经验的医师共同分析所有病例图像和病变显示情况: ①分析动静脉动态显示情况, 即动脉显示时有无静脉污染; ②选择动脉显示最好的回合, 根据血管显示清晰度、血管内信号是否均匀和有无伪影把动脉显示质量分为 3 级, 即动脉显示不清、显示尚可和显示清楚; ③根据血管病变 (狭窄、夹层破口、动静脉畸形等) 显示清晰度, 也分成 3 级, 即病变显示不清、显示尚可和显示清楚; ④25 例中, 有 7 例行多谱勒超声检查, 2 例行 CT 检查, 1 例行常规 MRI 检查, 将 TREAT MRA 显示结果与以上检查结果作对照。

结 果

所有病例均顺利完成 TREAT MRA 检查。① TREAT MRA 动态显示了动静脉充盈状况, 至少有 1~3 帧动脉显示时无静脉污染 (图 1); ②所有病例动脉结构显示清楚, 信号强, 包括动脉主干和肾、肺、手足动脉远端分支 (图 2); ③ TREAT MRA 发现以下病变: 2 例颈动脉和 1 例肾动脉狭窄, 2 例主动脉夹层和破口 (图 3), 前臂血管瘤、足部动静脉瘘 (图 4) 和肺动静脉瘘各 1 例, 病变均显示清楚, 有诊断价值; ④与其它检查比较, 检查结果完全符合。

讨 论

1. TRICKS、TREAT 和并行采集技术的原理

为了克服常规 CE MRA 时间分辨力低的缺陷, 1996 年由 Korosec 等^[6]首先提出一种超快速多时相 MRA 新技术, 称为时间分辨对比剂动态显像技术 (time-resolved imaging of contrast kinetics, TRICKS)。由于具有很高的时间分辨力, 所以它能捕捉到团注对比剂后血流动态变化的信息, 显示效果类似于 DSA, 又被称作 MR-DSA。TRICKS 的原理是根据 K 空间中心决定图像对比, 而 K 空间外围决定图像分辨力, 把 K 空间由内向外等分成 A、B、C 三部分 (也有分成四部分的), 除第 1 回合扫描按 ABC 顺序填充 K 空间作为蒙片外, 随后诸回合都按 AB-AC 的模式循环采集并利用椭圆形 K 空间中心填充法 (elliptical centric ordering) 填充 K 空间 (图 5), 这样, 影响图像对比的 K 空间中心 A 部分的采集和更新次数多于 K 空间外围 B 和 C, 因此能提供一系列反映血流动态信息的 MRA 图像; 另外相邻两回合扫描分享了 K 空间外围 B、C 部分的数据, 所以对于每个回合扫描仍能完整填充 K 空间。TRICKS 分 2D 和 3D 成像两种, 与 2D 法相比, 3D 法的信噪比高, 伪影少, 层面薄, 而且图像可做三维重建, 因此应用更为广泛。

TREAT 技术是从 TRICKS 演变而来, 它也将 K 空间分成 A、B、C 三部分, 其 K 空间 A 部分的定义与 TRICKS 相同, 也是 K 空间的中心, 但是 K 空间的外围 B 和 C 部分相间排列和采集 (图 5)。

Fink 等^[5]的实验和临床研究显示与 TRICKS 相比, TREAT 能将成像时间缩短 1/3; 或者在成像时间不变的条件, 将空间分辨力提高 1/3。

行 TREAT MRA 成像时, 笔者同时使用了并行采集技术, 其硬件基础是最新的多线圈多通道技术。并行采集技术是利用多个表面线圈中每个线圈单元所包含的空间信息, 部分取代常规情况下由梯度场控制的空间编码次数, 即增大了 K 空间内回波填充的间隔, 以达到缩短扫描时间和/或增加空间分辨力的目的。这样在行动脉检查时能有效抑制静脉信号, 并且能在不增加扫描时间的前提下, 提高空间分辨力。TREAT 结合并行采集技术, 能在保持较高空间分辨力的前提之下, 显著提高时间分辨力, 完成 MR-DSA 的成像。

2. 时间分辨 MRA 的优点和临床用途

根据本组研究结果和文献报道^[5,7-12], 时间分辨 MRA 具有以下优点和用途: ①无需依靠经验或用少

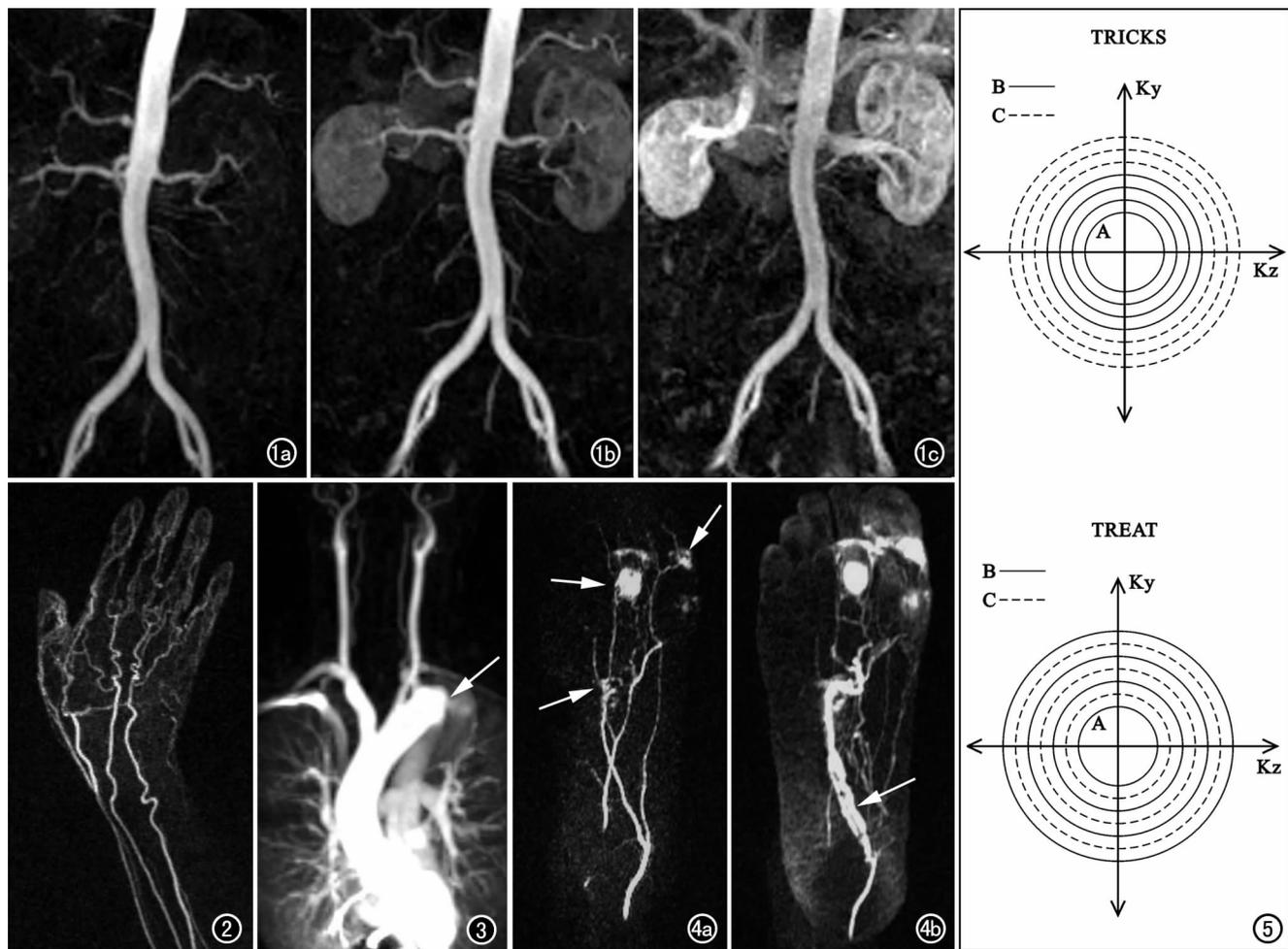


图 1 肾血管 TREAT MRA, 选择 3 个回合 MIP 图像。a) 示肾动脉主干和分支, 肾实质和肾静脉未显示; b) 示肾实质, 肾动脉变淡; c) 示肾静脉。图 2 手部 TREAT MRA, 清楚显示手部细小动脉。图 3 胸部 TREAT MRA, 示主动脉夹层位于主动脉弓附近的破口(箭)。图 4 足部 TREAT MRA。a) 示足部动脉和多发动静脉瘘(箭); b) 示增粗的引流静脉(箭)。图 5 TRICKS 和 TREAT 的不同 K 空间填充示意图。

量对比剂做预试验或用特殊软件测定对比剂到达靶血管的高峰时间;②由于每回合扫描时间极短,所以受呼吸、心率和肠蠕动的的影响很小;③在显示动脉时克服或明显减轻静脉重叠和污染,尤其是静脉回流快的区域如颈动脉、肾动脉、肺动脉、下肢动脉和手足动脉等;④能动态显示动静脉畸形的供血动脉、瘤巢和引流静脉;⑤显示主动脉夹层的破口位置和心内外分流道。

3. 时间分辨 MRA 和并行采集技术的缺陷

①由于特殊的 K 空间填充方式,时间分辨 MRA 的图像重建时间较长^[6];②由于相邻回合扫描时采用的回波分享过程中对比剂浓度可有变化,因此血管边缘可出现环状伪影(ghost)^[11]。Fink 等^[5]的实验研究表明当 K 空间只分成三部分时,该伪影程度最轻,超过三个部分时,则伪影加重。据此我们把 K 空间分成三部分采集,结果证实各部位 TREAT MRA 上均未见明显伪影出现;③空间分辨力仍不及常规静态的高

分辨力 CE MRA 高,尤其是将 3D 原始图像做多方位重组时图像质量有所下降^[5];④并行采集可使血管的信噪比下降,对此本研究各部位均使用表面线圈,与体线圈相比,表面线圈能明显提高血管的信噪比。

相信随着磁共振软硬件的发展,时间分辨 MRA 的扫描成像技术将进一步完善,其成像效果将愈发接近 DSA。

总之,TREAT MRA 结合并行采集能以很高的时间分辨力清楚显示血管结构,效果类似于 DSA,它将在血管病变的诊断中起重要作用。

参考文献:

- [1] Prince MR. Gadolinium-Enhanced MR Aortography[J]. Radiology, 1994, 191(1): 155-164.
- [2] Vogt FM, Goyen M, Debatin JF. MR Angiography of the Chest [J]. Radiol Clin N Am, 2003, 41(1): 29-41.
- [3] Ho VB, Corse WR. MR Angiography of the Abdominal Aorta and

- Peripheral Vessels[J]. Radiol Clin N Am, 2003, 41(1): 115-144.
- [4] Lin J, Zhou KR, Chen ZW, et al. 3D Contrast-enhanced MR Portography and Direct X-ray Portography: a Correlation Study[J]. Eur Radiol, 2003, 13(5): 1277-1285.
- [5] Fink C, Ley S, Kroeker R, et al. Time-resolved Contrast-enhanced Three-dimensional Magnetic Resonance Angiography of the Chest. Combination of Parallel Imaging with View Sharing (TREAT)[J]. Invest Radiol, 2005, 40(1): 40-48.
- [6] Korosec FR, Frayne R, Grist TM, et al. Time-resolved Contrast-enhanced 3D MR Angiography [J]. Magn Reson Med, 1996, 36(3): 345-351.
- [7] Zhang HL, Khilnani NM, Prince MR, et al. Diagnostic Accuracy of Time-resolved 2D Projection MR Angiography for Symptomatic Infrapopliteal Arterial Occlusive Disease[J]. AJR, 2005, 184(3): 938-947.
- [8] Finn JP, Baskaran V, Carr JC, et al. Thorax: Low-dose Contrast-enhanced Three-dimensional MR Angiography with Subsecond Temporal Resolution-initial Results[J]. Radiology, 2002, 224(3): 896-904.
- [9] Zhang HL, Kent KC, Bush HL, et al. Soft Tissue Enhancement on Time-resolved Peripheral Magnetic Resonance Angiography[J]. J Magn Reson Imaging, 2004, 19(5): 590-597.
- [10] Ziyeh S, Schumacher M, Strecker R, et al. Head and Neck Vascular Malformations: Time-resolved MR Projection Angiography [J]. Neuroradiology, 2003, 45(10): 681-686.
- [11] Golay X, Brown SJ, Itoh R, et al. Time-resolved Contrast-enhanced Carotid MR Angiography Using Sensitivity Encoding (SENSE) [J]. AJNR, 2001, 22(8): 1615-1619.
- [12] Masunaga H, Takehara Y, Isoda H, et al. Assessment of Gadolinium-enhanced Time-resolved Three-dimensional MR Angiography for Evaluating Renal Artery Stenosis[J]. AJR, 2001, 176(5): 1213-1219.

(收稿日期: 2005-09-06 修回日期: 2005-10-27)

中华医学会放射学分会第 11 届委员会各专业学组名单

(除组长以外,按汉语拼音字母为序)

胸心学组(24人)

名誉组长 蔡祖龙 北京解放军总医院
 组长 马大庆 首都医科大学附属北京友谊医院
 副组长 郭佑民 西安交通大学第二附属医院
 蒋世良 中国医学科学院北京阜外医院
 刘士远 上海第二军医大学长征医院
 杨志刚 四川大学华西医院
 成员 陈起航 卫生部北京医院
 龚洪翰 江西医学院第一附属医院
 顾雅佳 上海复旦大学附属肿瘤医院
 郭玉林 宁夏医学院附属医院
 胡红桀 浙江大学邵逸夫医院
 孔祥泉 武汉华中科技大学附属协和医院
 黎海亮 河南省肿瘤医院

李银官 福建医科大学附属第一医院
 刘佩芳 天津医科大学肿瘤医院
 罗良平 广州暨南大学附属第一医院
 宋光义 昆明医学院第一附属医院
 宋伟 中国医学科学院北京协和医院
 王云华 中南大学附属湘雅二院
 吴宁 中国医学科学院北京肿瘤医院
 伍建林 大连医科大学附属第一医院
 叶剑定 上海胸科医院
 于薇 首都医科大学附属北京安贞医院
 张伟 沈阳中国医科大学盛京医院
 张志勇 上海复旦大学附属中山医院
 赵振军 广东省人民医院
 贺文 首都医科大学附属北京友谊医院

秘 书

腹部学组(21人)

顾问 闵鹏秋 四川大学华西医院
 巫北海 重庆第三军医大学西南医院
 谢敬霞 北京大学第三医院
 许达生 广州中山医科大学附属第一医院
 周康荣 上海复旦大学附属中山医院
 组长 章士正 浙江大学邵逸夫医院
 副组长 韩萍 武汉华中科技大学附属协和医院
 武乐斌 山东省立医院
 周诚 卫生部北京医院
 周纯武 中国医学科学院北京肿瘤医院
 周翔平 四川大学华西医院
 成员 白人驹 天津医科大学总医院
 陈克敏 上海交通大学附属瑞金医院

高剑波 郑州大学第一附属医院
 胡道予 武汉华中科技大学附属同济医院
 宦怡 西安第四军医大学附属西京医院
 李健丁 山西医科大学第一附属医院
 李子平 广州中山大学附属第一医院
 梁长虹 广东省人民医院
 廖伟 沈阳中国医科大学盛京医院
 刘剑羽 北京大学第三附属医院
 任克 沈阳中国医科大学第一附属医院
 唐光健 北京大学第一附属医院
 徐香玖 甘肃省人民医院
 曾蒙苏 上海复旦大学附属中山医院
 赵建农 重庆医科大学附属第一医院
 邓丽萍 浙江大学邵逸夫医院

秘 书