

二维屏气结合三维导航技术 对冠状动脉磁共振血管造影的研究

同济医科大学附属协和医院放射科(430022) 于群 刘定西 彭振军 曾祥阶 孔祥泉

【摘要】 目的:研究二维屏气结合三维导航技术对冠状动脉磁共振血管造影的成像,以评价此技术在缺血性心脏病方面的诊断价值。**方法:**运用 1.5T 超导型 MR 扫描仪和体部相控阵线圈,采用二维屏气下、脂肪抑制、心电图门控、K 空间分段采集快速自旋回波(2D-breath-hold fat-suppressed ECG-gated FLASH with K-space segmentation),多角度双倾斜层面扫描,结合三维导航技术(3D-Navigator Coronary MRA)对一组 15 例(10 例健康志愿者和 5 例经心导管冠脉血管造影证实的冠心病病人)进行冠脉 MRA 成像。**结果:**左冠主干、左前降支、左回旋支和右冠主干在 MRA 上均较好显示,二维屏气 MRA 在显示以上各支尤为突出,显示长度比文献报道略长;三维导航冠脉 MRA 为自由呼吸状态下可供选择的非屏气技术,通过 MPR 重建,具有可重复性和任意性,用于不合作病人显示冠脉主干。**结论:**二维屏气结合三维导航技术 MRA 对显示明显血液动力学冠脉狭窄 $\geq 50\%$ 病变上 MRA 总的敏感性为 65%,为研究冠脉血管造影提供了无创伤检查方法。

【关键词】 磁共振冠脉血管造影 二维屏气 三维导航技术

Two-Dimensional-breath-hold and 3D-Navigator MR Angiography of Coronary Arteries Yu Qun, Liu Dingxi, Peng Zhenjun, et, al. MR Department, Union Hospital, Tongji Medical University, Wuhan, 430022

【Abstract】 Purpose: To assess the diagnostic value of two -dimensional-breath-hold and three-dimensional-Navigator Coronary MRA in patients evaluated for ischemic heart disease. **Methods:** Ten healthy volunteers and five who underwent elective cardiac catheterization with coronary angiography were evaluated with 2D-breath-hold fat-suppressed ECG-gated FLASH with K-space segmentation by scanning multi-angle double oblique images, and; 3D-Navigated coronary MRA with a 1.5T MR imager. **Result:** The left main coronary artery, proximal left anterior descending artery and right coronary artery were demonstrated and visualized best on multi-angle oblique imaging planes with 2D-breath-hold MRA in all subjects. Adaptive 3D-Navigator correction of imaging position for free-breathing coronary MR angiography is a promising, novel approach to compensate for respiratory motion. **Conclusion:** 2D-breath-hold and 3D-Navigator coronary MRA can depict 65% of hemodynamically significant coronary artery lesions and are an important tool for non-invasive evaluation of cardiovascular system.

【Key words】 MR Angiography of Coronary Artery 2D-breath-hold 3D-Navigator

二维屏气结合三维导航技术对冠状动脉磁共振血管造影的研究 缺血性心脏病最常见的为冠状动脉粥样硬化所致的冠心病,可导致冠状动脉狭窄和闭塞而出现心肌梗死。冠状动脉(简称冠脉)磁共振血管造影(MRA)目前是一个具有挑战性,相当困难的课题。近年来随着超高速成像序列的发展使冠脉无创伤检查成为可能。我们应用二维屏气下,脂肪抑制,心电图门控,K-空间分段采集快速梯度回波技术(2D-breath-hold fat-suppressed ECG-gated FLASH with K-space segmentation)结合以三维导航技术(3D-Navigator Coronary MRA)对冠状动脉 MRA 进行研究,以探讨冠状动脉 MRA 的成像技术和方法以及临床应用价值。

材料与方法

临床资料 10 例健康志愿者和 5 例冠心病病人,其中男 11 例,女 4 例,年龄为 25~60 岁,平均 42.5 岁。10 例志愿者均无心脏病史和症状,无 MR 检查禁忌症;5 例冠心病病人,冠脉 MRA 检查前均先行 X 线冠脉造影,两种检查方法之间间隔不超过 2 周,以除外两种检查方法之间冠脉病变发生新的变化。

MR 成像技术与参数 运用 Siemens Magnaton Vision 1.5T 超导型 MR 扫描仪,首先采用二维屏气下,脂肪抑制,心电图门控,K-空间分段采集快速梯度回波技术(2D-breath-hold fat-suppressed ECG-gated FLASH with K-space segmentation)进行冠脉血管成像。病人取仰卧位,应用体部相控阵线圈置于心前区,将线圈中心置于主动脉根部相当于冠状窦的体表位置,根据心率的不同,TR 为 150ms,TE 7.3ms,翻转角为 30

度,根据心电图 R-R 间期不同,每节段 K-空间相位编码分别为 7, 9, 11, 层厚 5cm, 无间隔, 采集矩阵为 128×256 , FOV20mm, 在一次屏气下完成二维成像, 时间分辨率为 100 ~ 158ms, 层面内空间分辨率 1.6 ~ 2.2 × 1.1mm, 在心脏舒张早期末至舒张中期采集信号, 具体心电 R 波触发延迟时间为 400 ~ 600ms, 并在相位编码和层面选择方向使用流动补偿技术 (GMR), 此外, 在每次激发采集前预先使用一个频率选择化学位移脂肪饱和脉冲, 抑制冠脉周围脂肪信号, 增加图像对比度。

扫描层面选择方法 1. 首先作三个方位 (冠、矢、轴) 的定位像, 以确定心脏的位置; 2. 以冠状位显示主动脉根的层面作定位进行横轴位扫描 (图 1), 可以显示左右冠状动脉起始部和部分左冠状动脉前降支 (LAD) (图 2), 并且于左右心室层面可显示室间隔; 3. 以图 2 为定位像, 作正切于所显示的左冠主干和部分左前降支, 即相当于正切自心右缘到室间隔左缘进行平行于室间隔的斜切面扫描 (图 3a), 于心右缘层面可显示房室沟 (即冠状沟), 通过室间隔及其临近层面可显示左冠状动脉前降支, 沿心前缘 (室间沟) 走行 (图 3b)。4. 再以图 2 为定位像, 作正切于所显示的右冠主干, 即相当于作平行及通过房室沟的斜切面扫描 (图 4a), 可显示左冠状动脉回旋支 (LCx) 及右冠状动脉 (RCA) (图 4b)。然后, 我们采用三维导航技术再行冠脉成像。具体方法为: 受检者取仰卧位, 自由呼吸, 先行定位扫描确定膈肌和心脏的位置, 将导航器置于膈肌运动幅度最大点 (图 5a, b), 使用软件自动执行导航器回波采集、分析和门控功能, 将膈肌运动最大的高低幅度值输入数据, 行三维导航冠脉图像采集, 再运用多平面重建技术 (Multi-Planar-Reconstruction, MPR) 对感兴趣区任意重建 (图 6)。具体参数为: TR600ms, TE2.7ms, 3D 块 32 ~ 40mm, 有效层厚 1.5 ~ 2mm, 层数 16 ~ 20, 采集矩阵 128×256 , FOV300mm, 采集时间 > 6 分 28 秒。

结 果

冠状动脉主干及主要分支近段显示情况如附表。左右冠脉主干及左前降支和左回旋支均能较好显示, $\geq 8\text{mm}$ 的检出率达 80% 以上。

表 10 例健康志愿者冠脉 MRA 显示情况

	显示例数	显示长度(mm)					范围	均数(mm)
		> 50	> 60	> 70	> 80	> 90		
LAD	20	2	3	4	8	2	40 ~ 105	72.5
LCX	20	3	4	5	6	2	35 ~ 122	78.5
RCA	20	2	4	5	7	3	38 ~ 126	82

讨 论

冠状动脉 MRA 的技术特点 冠状动脉管径细小、迂曲, 直径仅约 3 ~ 7mm, 受呼吸心跳运动的影响, 在断层图像上其显示的长度除与图像的空间分辨率有关外, 与扫描层面位置的选择和血管的走行曲度密切相关, 因此需要操作者熟悉冠脉的解剖, 选择恰当的扫描层面, 最大限度减少呼吸、心跳的影响, 这对冠脉 MRA 至关重要。

根据冠脉的走行规律, 即冠状动脉主要分支走行于房室沟和室间沟的特点, 在 MRA 扫描中应当选用平行于及正切于冠状沟和室间沟的切面^[1-6]。本研究的结果表明通过房室沟和室间沟的层面能较好地分别显示右冠状动脉、左冠状动脉旋支和左前降支, 而横轴位、室间隔前缘、即前室间沟切线位等其它位置可作为辅助位置。

心电门控可使图像采集与心跳同步进行, 从而得到心脏和周围结构更清晰的图像, 克服了心跳对冠状动脉 MRA 成像质量的影响。而心跳是一种变化程度很高的运动类型, 运动最强在收缩期和舒张早期, 而舒张中期几乎无运动, 因此, 后者是左室最佳成像时间和冠状动脉图像采集时间, 然而, 此期对冠状动脉 MRA 并非是最理想的成像时间, 由于左冠状动脉舒张早期血流量最大, 而右冠状动脉收缩晚期血流量最大^[4], 所以, 冠状动脉 MRA 最佳采集时间尚存争议。

由于呼吸对心脏运动有显著影响, 因此必须在相同呼吸时相上获取冠脉 MRA 图像, 我们通常在呼吸末采集图像, 这就要求病人配合, 常伴有切面登录错误。但在三维导航技术这并不是大问题, 可作为冠状动脉 MRA 成像时自由呼吸状态下可供选择的非屏气技术^[3], 明显减少呼吸运动伪影, 减少登录错误, 而且具有可重复性和任意性, 主要用于不合作的病人显示冠脉主干。

K-空间分段用于改进快速磁共振成像的时间分辨率^[4,5]。我们一般采用心跳相位编码分九段, 数据采

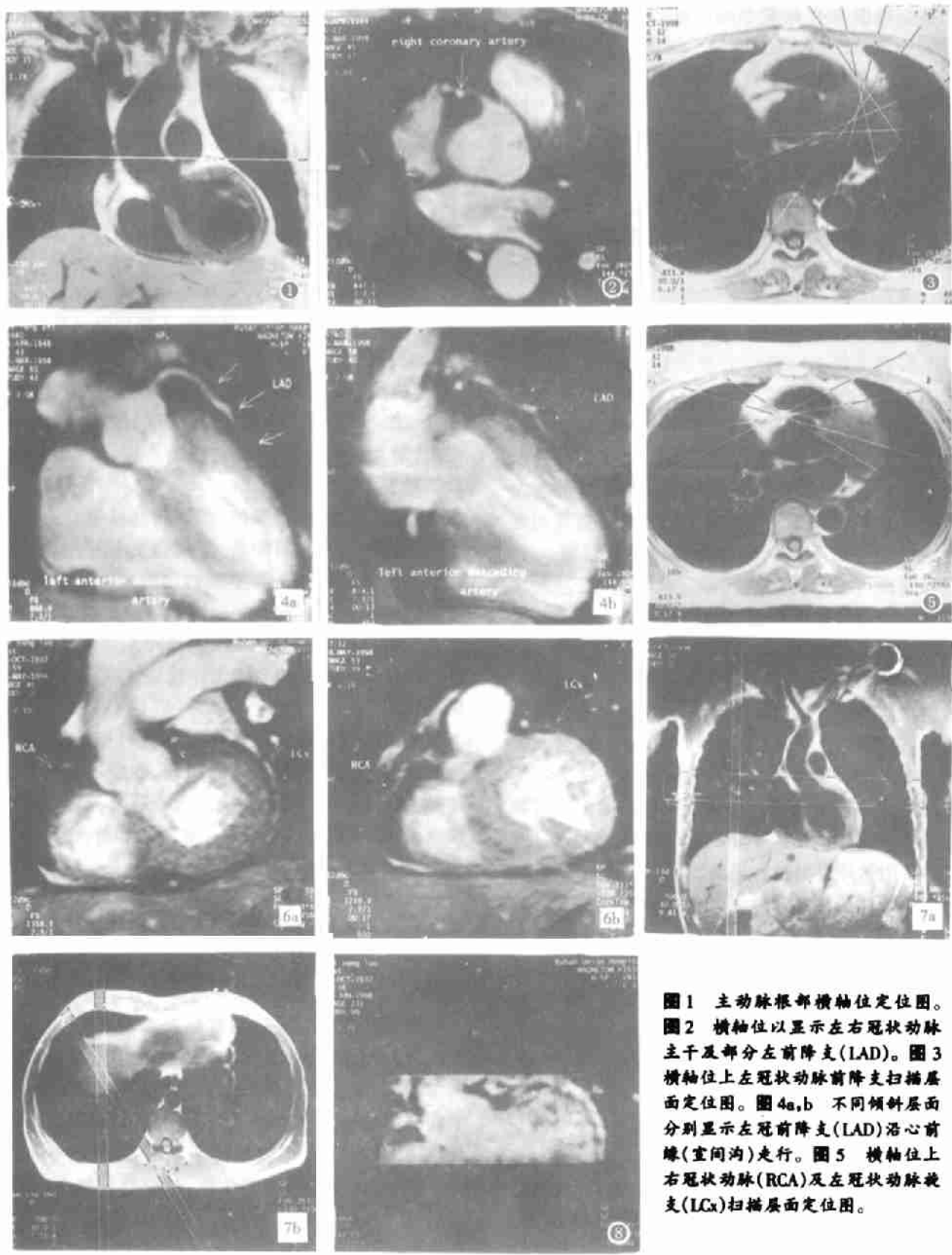


图1 主动脉根部横轴位定位图。
图2 横轴位以显示左右冠状动脉主干及部分左前降支(LAD)。图3 横轴位上左冠状动脉前降支扫描层面定位图。图4a,b 不同倾斜层面分别显示左冠前降支(LAD)沿心前缘(室间沟)走行。图5 横轴位上左右冠状动脉(RCA)及左冠状动脉分支(LCx)扫描层面定位图。

图6a,b 不同倾斜层面分别显示右冠状动脉(RCA)及左冠状动脉分支(LCx)沿房室沟走行。
图7a,b 分别显示冠状位及横轴位3D导航冠脉MRA采集定位图,导航器置于膈肌运动幅度最大部位。
图8 采用多平面重建技术沿冠脉走行进行曲面重建,图中显示重建后左右冠状动脉主干及其部分分支。

集就会限制在心动周期的很小部分(100ms 左右),这种“分段”采集方法使心跳运动相对“静止”,相应屏气时间在 12~20s 之间,它取决于心率和每一次心跳获得的相位编码段数(即 K-空间线数),因此心率失常或心动过速的患者,图像质量受其影响而下降,要改善时间分辨率,K-空间段就必须短,然而,缩短 K-空间段受患者屏气功能的限制,在保持空间分辨率不变的情况下,缩短 K-空间段使时间分辨率增加 28.6%,患者屏气时间要增加 31%^[5]。

冠状动脉 MRA 需要提高冠状动脉血流信号,抑制周围组织和冠状静脉信号,脂肪抑制(FS)和磁化传递对比(MT)的应用分别抑制心包脂肪信号和心肌信号,使冠状动脉显示最长节段,有助于显示包埋在心肌里的冠状动脉(即心肌桥)。

冠状动脉 MRA 的临床应用 二维屏气结合三维导航技术的冠状动脉 MRA 具有非创伤性的优点,能较好地显示冠状动脉主干及其主要分支,适用于冠心病病人的临床影像学筛选及经皮冠状动脉成形术(PT-CA)的疗效随访等,对碘过敏反应等不易进行选择冠状动脉造影检查的病人更有意义,有学者人为冠状动脉 MRA 与心肌灌注 MRI 及屏气电影成像相结合是一种有效评价心肌缺血的综合性检查手段^[1,4,6]。

冠状动脉血流速度缓慢,几乎无湍流,且有潜在侧支的存在,这些使得梗阻并不一定表现为信号缺乏,正常冠状动脉和静脉在 MRA 上均可表现为高信号线状结构,在没有侧支的情况下,梗阻以远的血管影偶尔也能看到,这可能是梗阻的血管壁所致,不应与不全梗阻以远减少的血流信号混淆,局限性冠状动脉病变(包括完全或不完全梗阻)可表现为信号缺失区,血流信号减弱或血管壁不规则。本组 15 例冠脉 MRA 在显示冠脉长度方面稍有提高,本组 MRA 与常规冠脉造影初步对

照结果显示,在显示明显血液动力学冠脉狭窄 $\geq 50\%$ 病变上 MRA 总的敏感性为 65%。总结二维 MRA 未能显示出冠状动脉病变的原因有:空间和时间分辨率受限,与心动周期相关的采集时间不适宜,呼吸不规律和屏气登录错误,迂曲血管的部分容积效应和周围结构的重叠,狭窄远端的缓慢血流(侧支血流),以及血管壁和斑块信号的对比不佳。虽然冠脉 MRA 尚不完善,但显示出很大的潜力,更进一步前瞻性研究是对冠脉血流与血流储备功能的测定、判断及心肌灌注等方面的研究,将十分引人注目,它作为心血管系统一种无创性检查方法将会得到更大发展和推广应用。

参考文献

- 1 时惠平,高元桂,高育璇. 冠状动脉的屏气二维磁共振血管造影研究. 中华放射学杂志,1998,32(3):200-202.
- 2 Sakuma H, Caputo GR, Steffens JC, et al. Breath-hold MR Cine Angiography of Coronary Arteries in Healthy Volunteers: Value of Multiangle Oblique Imaging Planes. AJR 1994,163:533-537.
- 3 Danias PG, McConnell MV, Khasgiwala VC, et al. Prospective Navigator Correction of Imaging Position for Coronary MR Angiography. Radiology 1997,203:733-736.
- 4 Edelman RR, Manning WJ, Burstein D, et al. Coronary Arteries: Breath-hold MR Angiography. Radiology 1991,181:641-643.
- 5 Duerinckx AJ, Urman MK. Two-dimensional Coronary MR Angiography: Analysis of Initial Clinical Results. Radiology 1994,193:731-738.
- 6 李立伟,张挽时,刘朝中,等. 屏气下二维冠状动脉磁共振血管造影的初步评价. 中华放射学杂志,1997,31(9):621-624.

(1998-10-26 收稿)



随着影像医学事业的发展,为提高刊物质量,本刊欢迎读者朋友们积极参与、出谋划策(一个出色的好点子会得到我们精心准备的礼品)、多提宝贵意见,使本刊更好地为读者服务,更好地成为广大读者学习、交流的园地,共同为促进我国影像医学事业的发展作出更大的贡献。

(本刊编辑部)