

磁共振自由呼吸冠状动脉血管成像技术的初步探讨

何建勋, 李新春, 孙翀鹏, 钟志伟, 陈淑清

【摘要】 目的:探讨自由呼吸状态下运用超快速平衡式梯度回波序列(sBTfE/3D/NAVI)进行磁共振冠状动脉血管成像技术的可靠性。方法:20例健康志愿者运用sBTfE/3D/NAVI,结合呼吸导航技术,自由呼吸状态下对左右冠状动脉分别扫描,经MIP后处理获得冠状动脉图像。观察冠状动脉的显示率,测量各冠状动脉的显示长度及心肌,冠脉的信号强度及信噪比。结果:20例受检者均完成检查,右冠状动脉、左冠状动脉主干、前降支全部显示;左冠状动脉回旋支显示良好18例(90%)。冠状动脉图像的信噪比为 37.35 ± 6.32 ,心肌组织的信噪比为 20.03 ± 7.25 ,两者比较有显著性差异($P < 0.01$)。结论:自由呼吸sBTfE/3D/NAVI冠脉成像方法显示成功率高,图像信噪比好,可作为不能屏气患者心脏冠脉检查的一种无创性手段。

【关键词】 冠状动脉; 磁共振成像; MIP

【中图分类号】 R322.1; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2007)05-0527-04

Preliminary Study of MR Coronary Angiography under Free Breathing in the Assessment of Coronary Artery HE Jian-xun, LI Xin-chun, SUN Chong-peng et al. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Guangzhou Medical College, Guangzhou 510120, P. R. China

【Abstract】 Objective: To evaluate the value of sBTfE/3D/NAVI sequence for MR coronary angiography under free breathing. **Methods:** Free breathing real time navigator three-dimensional MR coronary angiography (sBTfE/3D/NAVI) was performed in twenty healthy volunteers for right and left coronary artery (CA) respectively. The images of major CA were acquired after post-processing with maximum intensity projection (MIP) technique. The rate of detection, length, signal intensities as well as the signal-noise ratio (SNR) of CA and myocardium were evaluated. **Results:** Free breathing real time navigator three-dimensional MR coronary angiography was successfully performed in all cases. The rate of displaying right CA, main trunk and anterior descending branches of left CA were 100%, of left circumflex branch were 90% (18 cases) respectively. The SNR of CA was 37.35 ± 6.32 ; of myocardial tissue was 20.23 ± 7.25 respectively, with significant statistical differences ($P < 0.01$). **Conclusion:** Free breathing real time navigator three-dimensional MR coronary angiography is a non-invasive technique with high success rate and SNR, which is very helpful for patients impossible for breath-holding.

【Key words】 Coronary artery; Magnetic resonance imaging; Maximum intensity projection

随着磁共振技术的日益成熟进步,快速的磁共振成像技术和呼吸导航及心电门控技术为冠状动脉磁共振成像(MR coronary angiography, MRCA)的成功提供了有力的保障^[1,2]。国内有关MRCA的研究较多为屏气模式,不能屏气的患者较难完成检查^[3]。本研究运用超快速平衡式梯度回波序列(sBTfE/3D/NAVI),结合呼吸导航技术,在自由呼吸状态下对左右冠状动脉分别扫描,旨在探讨冠状动脉磁共振成像的技术及方法。

材料与方 法

20例健康志愿者,无心脏疾患病史,心电图检查

均为正常窦性心率。男12例,女8例,年龄36~77岁,平均54.8岁。其中1例是右冠状动脉支架成形术后,19例为体检患者。

使用1.5T超导磁共振仪,型号:飞利浦1.5T Nova Dual(双梯度)。线圈最大梯度场强: ≥ 40 mT/m。最大梯度切换率: ≥ 150 T/ms⁻¹。SENSE心脏相控阵线圈(高分辨5正交通道线圈)。飞利浦心电图向量门控(VCG)。

飞利浦高级心脏成像功能包。包括2D、3D心脏电影成像,用于冠脉成像的改良的超快速平衡式梯度回波序列(Improved Balance TFE),Navigator技术(膈肌导航技术),3PPS技术(3 point planscan,三点定位技术)。

使用Sense心脏相控阵线圈,给患者加上心电图向量门控(VCG),呼吸门控。在定位像上找到轴位最大

作者单位:510120 广州,广州医学院第一附属医院放射科
作者简介:何建勋(1970-),男,广东人,主管技师,主要从事MRI扫描技术研究工作。

左心室平面,依次定位扫描左室长轴,假四腔心,左室短轴,标准四腔心的心脏电影成像,每一个心动周期扫描50个相位。在标准四腔心的心脏电影成像中观测并确定心脏在舒张中期的起始及结束时间,计算出舒张中期时间,作为TD时间(trigger delay time)。扫描冠脉定位序列,键入TD时间,加上呼吸导航。在冠脉定位序列图上找出左右冠脉的走行方向,用三点定位技术定出扫描计划(3PPS)。在自由呼吸冠脉成像序列(sBTfE/3D/NAVI)中键入TD时间,加上膈肌导航呼吸门控,VCG心电图向量门控,执行三点定位技术定出的扫描计划。扫描参数:自由呼吸超快速平衡式梯度回波(sBTfE/3D/NAVI),TR 5.6 ms,TE 2.8 ms,FLIP 110,TFE因子13,扫描矩阵 272×512 。

图像处理与评价:对所得冠状动脉图像进行最大信号强度投影(maximum intensity projection, MIP),分别获得冠状动脉各主要血管分支图像,分别测量左冠状动脉(包括左主干及左前降支)、右冠状动脉和左回旋支的长度。设置面积相近的ROI分别于左、右近段冠状动脉血管内、血管周围组织和胸前壁的空间(背景噪声),测量其信号强度3次,取其平均值,根据公式计算增强冠状动脉和心肌的信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)。信噪比计算公式为:

$$\text{SNR} = \frac{\text{SI}}{\text{SD}}$$

SI为信号强度,SD为背景噪声的标准差。对冠状动脉和心肌的信号强度及信噪比进行 t 检验,检验水平 α 为0.05,数据的测量和图像评价由两位高级职称医师共同协商完成。统计学处理采用统计软件SPSS 10.0, $P < 0.05$ 为具有统计学意义。

结果

1. 冠脉各支显示情况

20例受检者经sBTfE/3D/NAVI,结合呼吸导航技术进行冠脉成像后经MIP重建,右冠状动脉、左冠状动脉主支、左冠状动脉前降支均全部显示,显示率100%。左冠状动脉旋支显示良好18例,显示率90%,冠状动脉管壁光整,血管走行自然,边缘清晰锐利(图1~3)。

2. 测量心肌,冠脉两组的信号强度及背景噪声标准差

计算出两组信噪比,冠状动脉的信噪比: 52.45 ± 16.19 ;心肌信噪比: 20.03 ± 7.25 ,两组之间信噪比的有显著差异($P < 0.05$)。

3. 冠脉各段显示长度统计

采用SPSS 10.0统计软件, F 值为143.55, $P < 0.05$ 。右冠状动脉(106.55 ± 39.38) mm;左冠状动脉主干(14.82 ± 5.58) mm;左冠状动脉旋支(55.62 ± 34.11) mm;左冠状动脉前降支(60.35 ± 20.48) mm。

讨论

1. 冠状动脉MRA成像存在问题

如何直观、清晰、无创地显示冠状动脉及其病变一直是医学领域的难题。近年来MR快速成像技术的不断提高和完善,MRCA有了很大发展。但是由于冠状动脉走行迂曲、管径细小、心脏和呼吸运动等因素的影响,MR冠状动脉成像图像质量仍有待进一步提高。以往的冠状动脉MRA成像往往需要患者屏气,要求患者呼吸匀称或长时间屏气^[4],对于年老和重症无法配合的患者往往难以获得优质的图像。李晓兵等^[5]应

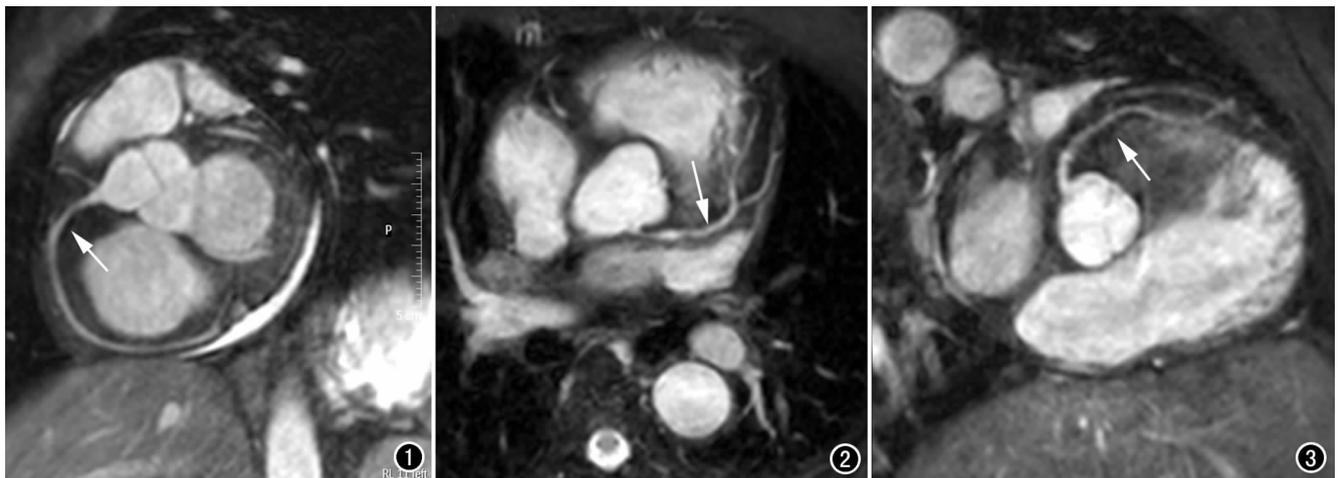


图1 右冠状动脉显示清晰(箭)。图2 左冠状动脉旋支清晰(箭)。图3 左冠状动脉前降支:非屏气三维导航技术所获得的左主干及左前降支、右冠状动脉和左旋支图像,冠状动脉管壁光整,血管走行自然,边缘清晰锐利(箭)。

用非屏气导航技术快速小角度激发序列(3D-FLASH)行三维容积扫描对健康志愿者及患者的冠状动脉进行 MRA 检查,所有患者均完成检查,获得初步成效。本研究采用并行采集(SENSE 技术)^[6]、心脏专用线圈(5 线圈),图像分辨率高(272/512, 0.99 mm),层厚薄(3.0 mm/-1.5 mm),成像速度快(2~5 min)。VCG 心电图向量门控,受磁场的影响极少。用于冠脉采集的序列 sBTFE/NAVI 是飞利浦最近改良的超快速平衡式梯度回波序列,使冠脉检查在 2~5 min 中内完成,序列压脂,压制心肌信号均匀,能形成冠脉与周围组织信号的高对比,患者可以在自由呼吸状态下较好完成冠状动脉 MRA 成像^[7]。本组 20 例受检者均完成检查,右冠状动脉、左冠状动脉主干、前降支全部显示,显示率 100%。左冠状动脉回旋支显示良好 18 例,显示率 90%。冠状动脉图像的信噪比为 37.35 ± 6.32 ,心肌组织的信噪比为 20.03 ± 7.25 ,两者比较有显著性差异($P < 0.05$)。

2. 自由呼吸超快速平衡式梯度回波序列冠脉成像

国内文献报道 MRCA 对右冠的成功率接近 100%,左冠主支的成功率接近 100%,左冠旋支的成功率接近 67%~100%^[3]。本研究与此报道基本相近。大多国内的冠脉研究都采用屏气 3D 快速序列扫描冠脉,成像时间短,但对患者配合的依赖性强,不能屏气的患者难以完成检查。有关自由呼吸状态下冠状动脉成像的研究较少。本研究在自由呼吸状态下,运用冠脉超快速平衡式梯度回波序列(sBTFE/3D/NAVI),结合呼吸导航技术,对左右冠状动脉分别扫描,对患者条件的依赖性相对减少,但成像时间相对较长,前述一系列先进技术的应用弥补了以上的缺点,成像时间明显缩短(2~5 min,依赖采集效率),成像可重复性强,可作为不能耐受呼吸患者心脏冠脉检查的一种无创性手段。

3. 冠状动脉 MRA 成像技术关键

冠状动脉成像成功的基础是准确定位冠状动脉的位置,找到左右冠状动脉的开口,其关键在于获得标准的四腔心:通过定位在左心室位置的身体标准轴位图像可以定位左心长轴图像,通过左心长轴图像可以定位假四腔心图像,假四腔心图像可定位左心短轴图像,左心短轴图像可以获得标准四腔心图像,可重复性高,受人为因素的影响少。以上的心脏各腔的扫描均使用心脏电影扫描,每次 50 个相位。本研究采用 3PPS(三点定位技术)软件,在定位序列的不同平面上确定冠脉的起点、中点、终点三点,以三点作为一平面定义扫描

的层面计划。此扫描计划包括了三点之间的冠状动脉行程,为冠脉扫描获得最佳显示效果提供了重要的保障。在此计划中操作者对定位序列中冠脉影像的认知很重要,准确认知冠脉的走行决定了扫描的成功率。在左冠状动脉扫描中,运用 3PPS 定位可一次性左侧冠状动脉成像,但显示的长度及行程有限。本研究将其中 8 例左冠旋支和前降支分别成像,其行程与显示长度明显优于组内其余的病例。心脏的收缩舒张均有其一定的规律,冠状动脉成像主要选择在相对静止的舒张中期,关键在于找到舒张中期左心室相对静止状态的时间窗。但舒张中期时间窗并不是全部可用的,在此时间窗范围内应该合理确定扫描的触发时间点。值得注意的有两个方面:①找到冠脉在舒张中期内位置相对固定的时间窗;②合理确定扫描触发时间点 Trigger Delay Time(TD)值。在相位 50 帧的四腔心电影回放过程中,可以粗略确定左心舒张中期的起止时间。在起始时间相位四腔心的左房室交界处房室沟内找出右冠状动脉,画出一比右冠直径稍大的感兴趣区并复制到全系列图像,比较此时间窗内右冠位置相对恒定的相位,得出精确的左心室舒张期内冠脉位置基本不变的时间窗范围。计算公式:

$$TD \text{ 时间} = \text{舒张中期起始时间} + \frac{\text{舒张中期起止时间差} - \text{采集持续时间}}{2}$$

采集持续时间在序列上可查到。上述的舒张中期时间窗确定方法对冠脉成像至关重要,由此法操作的冠脉成像成功率高,可重复性强,避免了由于各种主观因素造成的 TD 误差,亦保证了序列有足够的采集窗位空间。本研究采用膈肌导航技术^[8],通过导航块检测膈肌运动的幅度,在设定的窗位范围内的时相被用于采集成像。导航块上 1/3 要求放置右膈最高处。确定膈肌运动幅度从而进行采集的采集窗位很重要,窗位太窄会引起采集效率下降,延长了采集时间,窗位太宽会引起呼吸运动伪影加重,影响冠脉的成像质量。根据文献报道一般认为窗位设定在 4~5^[1]的范围效果较好,经过 20 例的实践,笔者认同其所述观点。

冠脉检查的过程较长,噪音也大,取得患者的配合可提高检查的成功率。患者呼吸平稳,具有稳定的节律是检查成功的必备条件,不平稳及没有稳定节律的呼吸会造成运动伪影加重,严重影响成像质量。适当控制检查前患者的紧张情绪,可通过心理诱导和到位的呼吸训练保障成像的成功率。呼吸的深度对呼吸导航有影响,过大的幅度会影响导航块对膈肌运动的检测,最终导致呼吸门控的采集效率低下,造成成像时间的延长。用腹带在肋弓下缘加压,限制肝脏的运动,对

增加采集效率有一定的帮助。冠脉检查患者的心率通常要求在 85 次/分以下较理想,大于 90 次/分者要适当给药物进行干预^[4]。因心动周期太短而导致舒张中期相对较短,采集窗过窄,影响采集效率,或导致因采集持续时间过短而造成采集失败。

综上所述自由呼吸超快速平衡式梯度回波序列冠脉成像的显示成功率高,图像信噪比高,可重复性强,可作为不能屏气患者心脏冠脉检查的一种无创性手段,但对于冠状动脉狭窄的价值尚需要进一步的临床研究。

参考文献:

- [1] 孙军燕,李传亭. 磁共振冠状动脉血管成像新技术及其临床应用[J]. 医学影像学杂志,2004,14(8):685-6873.
- [2] Kim WY, Danias PG, Stuber M, et al. Coronary Magnetic Resonance Angiography for the Detection of Coronary Stenoses[J]. N Engl J Med. ,2001,345(26):1863-1869.
- [3] 程流泉,高元桂,孙玮,等. 屏气三维快速平衡稳态进动序列在磁

共振冠状动脉成像中的可靠性研究[J]. 中国医学影像学杂志, 2003,11(5):321-323.

- [4] 程流泉,高元桂,孙玮,等. 磁共振冠状动脉成像定位方法[J]. 中华放射学杂志,2003,37(11):1016-1020.
- [5] Weiger M, Pruessmann KP, Boesiger P. Cardiac Real-time Imaging Using SENSE:SENSE Itivity Encoding Scheme[J]. Magn Reson Med,2000,43(2):177-184.
- [6] 李晓兵,史晓晞,秦明明,等. 非屏气三维导航技术磁共振冠状动脉成像[J]. 中国医学影像技术,2005,21(8):1220-1222.
- [7] Spuentrup E, Brnert P, Botnar RM, et al. Navigator-gated Free-breathing Three-dimensionnal Balanced Fast Field Echo (true FISP) Coronary Magnetic Resonance Angiography [J]. Invest Radiol,2002,37(11):637-642.
- [8] Bogaert J, Kuzo R, Dymarkowski S, et al. Coronary Artery Imaging with Real-time Navigator Three-dimensional Turbo Field Echo MR Coronary Angiography: Initial Experience[J]. Radiology,2003,226(3):707-716.

(收稿日期:2006-10-09)

2007 年中华医学会影像技术分会全国学术大会征文通知(第二次)

经中华医学会学术会务部批准,中华医学会影像技术分会将于今年 10 月召开《2007 中华医学会影像技术分会第 15 次全国学术大会》,同时举办“医学影像最优化”继续教育学习班。授予国家级 I 类学分。

会议时间:2007 年 10 月 13 日~17 日 会议地点:上海

会议主题:医学影像数字化技术和图像后处理。

会议内容:中外专家讲座,大会交流(评选优秀论文奖),2008 ISRRT 第 15 次世界大会投稿演讲(英语)。

征文范围:各种数字影像技术及图像后处理;数字影像的质量与受检者的辐射剂量控制;数字图像的传输与融合技术;显示器的质量控制;视读设备、器材的临床应用与质量控制等。

投稿要求:①请按科学论文 4 要素组织稿件(即目的、材料和方法、结果、结论),全文要求在 1 千字内(不设摘要、参考文献,不要图)。②用 Word 软件录入。恕不接受信函、传真和软盘投稿。③稿件必须是未经正式刊物发表,请勿重复投稿。④经评审录用的论文将录入《论文集》。优秀论文将被推荐参加大会交流或专题讲座。

投稿方式:①进入学会网站:www.cmasit.org,先行实名注册。请务必将各项目真实完整填写,特别是通讯地址、邮编、电子信箱、联系电话等。进入年会投稿页面,请按照提示要求将稿件贴入相应位置,确认无误后点击“提交”。②网站接受稿件后将显示接受确认页面,给出稿件编号,并自动发出 E-mail 到作者的信箱,其内容与接受确认页面相同。③截稿日期:2007 年 7 月 31 日。④8 月下旬寄送论文录取通知书和参会通知书(报到卡)。作者登录网站后进入“网上投稿”栏目也可查看自己所投稿件的录用情况。

联系人:宋少娟 电话:0531-85186761 传真:0531-87938550, songshj2003@163.com

欢迎全国各地影像技术同仁踊跃投稿、参会。

(中华医学会影像技术分会)