

· 心血管影像学 ·

单纯含服硝酸甘油对全心导航冠状动脉 MRA 成像参数及图像质量影响的自身对照研究

金航, 曾蒙苏, 葛梅英, 恽虹, 杨姗, 陈锦

【摘要】 目的:探讨单纯舌下含服硝酸甘油对全心自由呼吸导航三维采样冠脉 MRA 的成像参数和图像质量的影响。**方法:**使用自由呼吸导航三维采样全心 MR 冠状动脉成像序列,对 17 例志愿者完成基础状态以及舌下含服硝酸甘油的 MRA 扫描,并进行自身对照研究,分析含服硝酸甘油对成像参数和图像质量的影响。**结果:**服用硝酸甘油前后受试者的心率分别为 (68 ± 7) 和 (79 ± 5) 次/分($t=16.292, P<0.05$)、MRA 扫描的触发延迟时间分别为 (406.5 ± 36.8) 和 (358.6 ± 41.2) ms ($t=5.607, P<0.05$)、数据采集时间窗宽为 (186.4 ± 38.9) 和 (146.8 ± 39.5) ms ($t=14.335, P<0.05$)、扫描时间为 (8.67 ± 2.04) 和 (10.18 ± 2.58) min ($t=5.167, P<0.05$)、服用硝酸甘油对图像的 SNR(分别为 16.46 ± 2.92 和 17.44 ± 4.66)无明显影响($t=1.053, P>0.05$)。图像评分结果显示 41.2%(63/153)的冠脉节段在服用硝酸甘油后评分增加,9.8%(15/153)评分下降,49.0%(75/153)无明显变化,差异有显著性意义($Z=5.437, P<0.05$),提示服用硝酸甘油引起的冠脉管径增加[平均增加 $(25.4 \pm 6.3)\%$]在总体上有助于提高图像质量。**结论:**单纯含服硝酸甘油在总体上有助于提高全心自由呼吸导航 MR 冠脉成像的图像质量,但伴随出现的心率增快、扫描时间延长等为其不利因素。

【关键词】 磁共振成像; 磁共振血管成像; 冠状动脉; 硝酸甘油

【中图分类号】 R445.2; R543.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2011)11-1185-04

Own-control study of whole-heart three dimensional coronary MR angiography on imaging parameters and image quality using sublingual nitroglycerin JIN Hang, ZENG Meng-su, GE Mei-ying, et al. Department of Radiology, Zhongshan Hospital, Fudan University and Shanghai Medical Imaging Institute, Shanghai 200032, P. R. China

【Abstract】 Objective: The aim of this study was to evaluate the influence of sublingual nitroglycerin (NTG) on acquisition parameters and image quality of free-breathing whole-heart 3D coronary MR angiography. **Methods:** Free-breathing 3D whole-heart coronary MR angiography was performed in 17 healthy volunteers before and after sublingual nitroglycerin. The effects of sublingual nitroglycerin on scanning-related parameters and image quality were analyzed. **Results:** Heart rates increased significantly after sublingual nitroglycerin (before: 68 ± 7 , after: 79 ± 5 beats per minute; $t=16.292, P<0.05$). The mean optimal acquisition window and trigger delay were (186.4 ± 38.9) and (406.5 ± 36.8) ms and (146.8 ± 39.5) and (358.6 ± 41.2) ms before and after sublingual nitroglycerin given ($t=14.335, P<0.05$) and ($t=5.607, P<0.05$), respectively. The mean scanning time was 8.67 ± 2.04 and 10.18 ± 2.58 minutes for both groups ($t=5.167, P<0.05$). Similar results of SNR were found in the before and after-NTG images (16.46 ± 2.92 vs 17.44 ± 4.66 ; $P>0.05$). Image quality scores of 63 (41.2%, 63/153) segments were increased and 15 segments (9.8%, 15/153) decreased after sublingual NTG, and the remaining 75 segments (49.0%, 75/153) were unchanged, and the difference was significant ($P<0.05$), indicating that NTG administration generally yielded higher image quality in comparison with the baseline coronary MRA. **Conclusion:** Sublingual administration of nitroglycerin is capable of improving visualization of the coronary arteries in free-breathing 3D whole-heart coronary MR angiography generally, and is accompanied by several disadvantages including the increase of heart rate and the prolonged scanning time.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Magnetic resonance angiography; Coronary artery; Nitroglycerin

心脏 MR 成像在临床心血管病变的诊断应用日臻广泛,其具有无创性、无电离辐射、可“一站式”检查了解心脏解剖和功能的诸多优点,进行冠状动脉成像时甚至可不使用对比剂,使其临床应用成为研究的热

点和难点^[1,2]。已有文献报道硝酸甘油能提高 MSCT 冠状动脉成像的图像质量^[3],在现有的 MR 成像设备和技术基础上,能否通过辅助用药进一步提高 MR 冠脉成像的质量,目前国内这方面的研究报道尚较少,本研究拟进行舌下含服硝酸甘油的自身前后对照研究,分析这种方法对全心自由呼吸导航三维采样 MR 冠状动脉成像参数和图像质量的影响。

作者单位: 200032 上海,复旦大学附属中山医院放射科,上海市影像医学研究所(金航、曾蒙苏、恽虹、杨姗、陈锦); 200240 上海,复旦大学附属上海市第五人民医院放射科(葛梅英)

作者简介: 金航(1978-),男,浙江东阳人,博士,主治医师,主要从事 MR 影像诊断工作。

通讯作者: 曾蒙苏, E-mail: zeng.mensu@zs-hospital.sh.cn

基金项目: 中山青年基金资助项目(393)

材料与方法

1. 研究对象

本研究共纳入 17 例志愿者,女 8 例,男 9 例,年龄 24~45 岁,平均 29.5 岁。所有研究对象均无冠心病、糖尿病以及酗酒史,无长期服药史。所有研究对象均无磁共振检查以及服用硝酸甘油的禁忌证(如幽闭恐惧症、低血压、青光眼等),心律不齐者不纳入本研究。检查前明确告知检查目的,进行呼吸训练,与每例受试者签署知情同意书。

2. 成像方法

Siemens Magnetom Avanto 1.5T 超导全身 MR 扫描仪,梯度场强 45 mT/m,切换率为 200 mT/(m·ms)。联合应用多通道阵列线圈。受检者取仰卧位,心前区置 3 枚无磁性电极片,连接模拟心电发射器相应导联。

定位像扫描获得心脏的横轴面、冠状面等图像,进行冠状面的单层面快速多次扫描以确定右侧膈顶及心脏于呼气末的位置。

电影扫描分析右冠状动脉于心动周期中“运动”暂停的时相,由此计算 MR 冠脉成像扫描的触发延迟时间以及采集窗口的时间窗宽。

将 PACE 导航条置于呼气末右侧膈顶,预扫描获得右侧膈肌随呼吸运动的位置、范围,确定触发窗口的位置。

根据前面步骤的结果,进行基础状态的 MR 冠脉成像,使用全心自由呼吸导航三维采样 MR 冠状动脉扫描序列,联合应用全自动校准部分并行采集技术(generalized autocalibrating partially paralalled acquisition technique,GRAPPA),加速因子为 2,导航触发门控窗宽设为 4 mm,每次数据采集前均施加脂肪抑制脉冲及 T₂ 准备脉冲。整个扫描过程中均不使用磁共振对比剂。扫描及重建基本参数:TR 3.3 ms,TE 1.5 ms,翻转角 90°,视野 320 mm×240 mm×120 mm,采集矩阵 320×216×80,重建矩阵 640×432×160。

基础状态 MR 冠脉成像完成后,使用硝酸甘油气雾剂向受检者口腔舌下黏膜喷射(约 0.4 mg)。等待 2 min 后,重复完成上述扫描步骤,再次计算触发延迟时间及采集窗口,确定导航条的位置,再次完成全心冠脉成像扫描,扫描及重建参数不变。

在整个扫描过程中监测受试者的心率、血压等情况,记录两次电影扫描序列获得的心率、触发延迟时间、心动周期中最佳数据采集窗宽及全心冠脉成像扫描的数据采集时间。

3. MRI 图像及数据分析评价

在工作站对所获得的原始图像使用最大信号强度

投影(MIP)和多平面重组(MPR)等后处理方法进行重组,对冠脉各主要分支分为 9 段进行评价:右冠状动脉及左前降支分为近段、中段、远段;左回旋支分为近段、远段;左主干为单独一段。

由两位放射科医师在不知道硝酸甘油的应用情况下,从呼吸运动伪影、冠脉边缘清晰度及冠脉周围脂肪组织抑制效果等方面,对硝酸甘油应用前后共 306 个冠脉血管段进行分级评分:1 级,冠状动脉无法显示;2 级,冠状动脉可以显示,但血管壁边缘严重模糊不清,可见严重的伪影干扰,或由于管腔细小,仅隐约显示;3 级,冠状动脉显示,血管壁存在中度边缘模糊不清,可见中度伪影干扰;4 级,冠状动脉显示良好,血管壁仅见轻度模糊改变,仅见轻度伪影干扰;5 级,冠状动脉管壁光滑锐利,显示清晰,无伪影。

两次全心冠脉成像均应用了并行采集技术,由于其噪声分布的不均匀性,本研究中使用较大的 ROI 对两组图像进行近似信噪比(signal-to-noise ratio,SNR)的比较^[4],ROI 不放置于冠脉腔内而放置于降主动脉管腔内,测量信号强度及噪声的标准差,利用公式(1)进行计算:

$$SNR = \frac{SI}{SD} \quad (1)$$

SI 为平均信号强度,SD 为噪声的标准差。在工作站上,测量左主干、左前降支近段、左回旋支近段和右冠脉近段的管径,联合应用多平面重组技术(MPR),同时参考测量点距冠状动脉开口的距离,使得服用硝酸甘油前后冠脉各节段的测量尽量保持在相同位置,测量时的血管断面与血管走行的长轴相垂直,由两位放射科医师(盲法)共同完成:先通过冠脉管腔中心做一次管径测量,然后再做与前一次相垂直的管径测量,最后取两次测量结果的平均值。

4. 统计分析

本研究采用自身对照研究,对于测量及评价的结果采用的统计分析方法如下:对于定量资料,包括硝酸甘油应用前后的心率、触发延迟时间、心动周期中数据采集窗宽、冠脉成像扫描时间、SNR 以及冠脉管径,根据硝酸甘油应用前后两组数据差值的分布状态,使用双侧配对 t 检验(差值符合正态分布)或双侧配对秩和检验(差值不符合正态分布),检验水平 α 均设为 0.05;硝酸甘油使用前后各冠脉节段的图像质量评分为半定量的等级资料,使用双侧配对秩和检验进行统计分析,检验水平 α 设为 0.05。

结 果

17 例志愿者均完成服用硝酸甘油前后 MRA 扫描,无明显不适及过敏反应,仅 1 例患者有轻微头晕,

休息后自行缓解。硝酸甘油服用后每例受试者均出现不同程度的心率增快, 双侧配对 t 检验结果显示差异有统计学意义($t=16.292, P<0.05$); 服用硝酸甘油后对于扫描序列的触发延迟时间、心动周期中数据采集的时间窗宽也有一定的影响, 扫描时间有所延长; 服用硝酸甘油对全心 MR 冠脉成像的图像 SNR 无明显影响(表 1)。

表 1 服用硝酸甘油前后成像参数和 SNR 的比较

指标	Pre-NTG	Post-NTG	t 值	P 值
心率(次/分)	68±7	79±5	16.292	<0.05
触发延时(ms)	406.5±36.8	358.6±41.2	5.607	<0.05
采集时窗(ms)	186.4±38.9	146.8±39.5	14.335	<0.05
扫描时间(min)	8.67±2.04	10.18±2.58	5.167	<0.05
SNR	16.46±2.92	17.44±4.66	1.053	>0.05

注: Pre-NTG 为服用硝酸甘油前, Post-NTG 为服用硝酸甘油后, 统计方法均为双侧配对 t 检验。

冠脉管径测量结果提示服用硝酸甘油后冠脉管径有增加, 差异有显著性意义, 各节段于硝酸甘油服用前后的管径测量结果见表 2。

表 2 服用硝酸甘油前后各冠脉节段管径值

部位	管径(mm)		t 值	P 值
	服药前	服药后		
右冠脉近段	2.79±0.62	3.54±0.76	14.189	<0.05
左主干	3.21±0.57	4.01±0.73	15.592	<0.05
左前降支近段	2.81±0.58	3.53±0.77	13.118	<0.05
左回旋支近段	2.55±0.49	3.15±0.63	12.586	<0.05

服用硝酸甘油后冠状动脉血管节段的总体增宽率为(25.4±6.3)%(图 1)。图像质量评分结果为 41.2%(63/153)的冠脉节段在服用硝酸甘油后评分增加(图 2), 9.8%(15/153)的冠脉节段在服用硝酸甘油后评分下降, 49.0%(75/153)的冠脉节段无变化, 服用前的图像评分平均值为 3.86, 服用后为 4.31, 双侧配对秩和检验示差异有统计学意义($Z=5.437, P<0.05$), 提示服用硝酸甘油在总体上有助于图像质量的提高。

讨论

硝酸酯类药物是一类带有硝酸基团的血管扩张剂, 用于临床已有百余年历史, 其中以硝酸甘油最为常用。硝酸甘油的基本作用是松弛平滑肌, 又以松弛血管平滑肌的作用最为明显。硝酸甘油不良反应轻, 临床应用安全, 多数不良反应是其血管舒张作用所继发的, 如短时的面颊部皮肤发红、搏动性

头痛、体位性低血压和眼内压升高等, 故部分检查者不适合使用硝酸甘油, 包括青光眼、颅内压增高、严重低血压(收缩压<90 mmHg)、严重贫血及头颅外伤等患者^[5]。本研究所有受检者均无服用硝酸甘油的禁忌证, 研究过程中未出现严重不适和过敏反应, 仅少数有轻微头晕, 短时间休息后自行缓解。

本研究中所采用的全心 MRA 技术, 在数据采集的主体部分属于稳态自由进动序列, 能在单次扫描中完成全心所有冠脉的成像^[6], 与传统的靶容积扫描相比, 其优势在于: 扫描前的定位操作变得很简便, 一般取冠状面作为定位参考即可, 当然还需注意呼吸运动带来的心脏位置变化; 扫描获得的原始图像能进行任意方位的重组和多种后处理方式的显像, 在进行冠脉显像的同时, 还可以观察心脏的解剖结构; 自由呼吸导航三维采样磁共振冠脉成像可以获得较高的空间分辨力, 但是其扫描时间较长, 需联合应用并行采集技术以加快扫描速度、缩短采集时间, 由于全心扫描覆盖的范围较大, 更有利于并行采集技术的应用, 可以同时层面内及层面间相位编码方向上施加并行采集技术^[7,8]。靶容积扫描方法则由于其所能覆盖的空间范围有限, 在获得线圈空间敏感性信息方面存在一定的难度, 并行采集技术仅能施加于层面内的相位编码方向(即 1D 加速), 不能在层面间的相位编码方向上同时应用, 而三维采样的全心扫描方法则可以同时在两个相位编码方向上施加平行采集(2D 加速), 如果配合

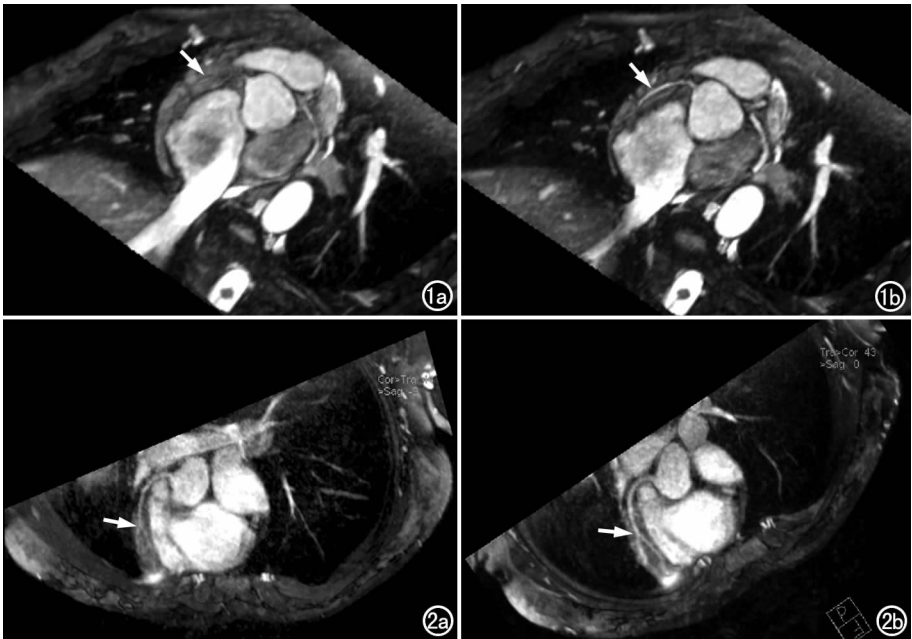


图 1 同一受试者服用硝酸甘油前后 MRA 图像。a) 服用硝酸甘油前 MRA 示右冠脉仅隐约显示(箭); b) 服用硝酸甘油后 MRA 示右冠状动脉的显示情况得到明显改善(箭)。图 2 同一受试者服用硝酸甘油前后 MRA 图像。a) 服药前 MRA 示左前降支边缘稍毛糙, 远段隐约显影(箭); b) 服药后 MRA 示左前降支管径增粗、边缘更光滑, 图像质量提高, 冠脉远段也得到了更好的显示(箭)。

使用更多通道相控阵线圈,不仅可以进一步提高其扫描速度,而且信噪比的下降程度也会较 1D 加速相对减轻^[7]。

冠状动脉的管径较细小,走行迂曲,如何在现有的 MR 成像设备和技术基础上,进一步提高全心 MR 冠脉成像的效果,是值得进一步研究的问题。本研究主要评价分析了舌下含服硝酸甘油对全心 MR 冠脉成像的图像质量的影响,结果显示舌下含服硝酸甘油造成的冠脉扩张效应在总体上有助于提高冠脉管腔的显示、降低伪影的干扰,提高图像质量,并且此方法操作较简便、风险小,易为检查者和受检者接受。从一定程度上来说,管径细小的冠状动脉受到呼吸、心跳运动伪影干扰时的影响较管径粗的冠脉分支更大,服用硝酸甘油后会引引起冠状动脉的扩张,使得其受伪影干扰的影响也会在一定程度上减轻,进而可提高图像质量。尤其一些左冠脉优势的个体,其右冠状动脉管径细小,在服用硝酸甘油前仅隐约显示,服用硝酸甘油后则得以较好地显示,从而提高了冠脉的显示率。我们的研究结果同时提示,舌下含服硝酸甘油进行全心 MR 冠脉成像,不会对图像的 SNR 产生明显影响。

从理论上分析,使用硝酸甘油可能会对冠状动脉管腔狭窄程度的判断造成影响,常规冠状动脉插管造影的硝酸甘油试验显示,在冠状动脉内给予硝酸甘油后非痉挛性狭窄程度增加,这是由于正常血管段内径因硝酸甘油的正常药理作用而扩大,但粥样硬化病变处无变化,或者扩张的程度较小,致使血管内径差异加大,造成对狭窄程度的高估^[9]。笔者认为这个问题值得进一步研究,主要基于两方面的考虑:服用硝酸甘油后对 MR 冠脉成像管腔狭窄判断的影响究竟能达到何种程度;此外,冠心病诊断的金标准——冠脉造影术在进行诊断时,常会同时应用硝酸甘油以消除冠脉痉挛的影响,这样在一定程度上来说,联合应用硝酸甘油的 MR 冠脉成像和 DSA 诊断效果会更加相似。由于本研究纳入的研究对象都是无心血管疾患的志愿者,因而无法对冠心病患者的应用情况进行探讨,有待于进一步研究。

本研究主要目的在于分析单纯舌下含服硝酸甘油对 MR 冠脉成像的影响,因此没有联合应用 β 受体阻滞剂,结果显示单纯应用硝酸甘油会引起心率反射性

的加快,并对全心 MR 成像序列的触发延迟时间以及心动周期中数据采集时间窗宽有一定程度的影响,进而导致扫描时间延长,然而由于扫描时间延长,图像受运动伪影干扰的机会就随之增大,包括心率的变化、膈肌位置的漂移及受检者身体的移动等,这些显然不利于获得高质量的冠脉图像,而且扫描时间越长,受检者的耐受性也会下降,会在一定程度上抵消硝酸甘油冠脉扩张效应带来的益处,甚至使少数个体图像质量反而下降。因此,本研究认为如果联合应用 β 受体阻滞剂能减轻硝酸甘油所造成的心率变化,则有望进一步提高成像效果,尚有待于进一步探讨。

总之,单纯舌下含服硝酸甘油在总体上来说,有助于提高全心自由呼吸导航 MR 冠脉成像的图像质量,但会伴随出现心率增快、触发延迟时间及数据采集窗宽的改变,并且扫描时间也会延长。

参考文献:

- [1] Kato S, Kitagawa K, Ishida N, et al. Assessment of coronary artery disease using magnetic resonance coronary angiography: a national multicenter trial[J]. J Am Coll Cardiol, 2010, 56(12): 983-991.
- [2] 金航, 曾蒙苏, 葛梅英, 等. GRAPPA 技术在呼吸导航磁共振冠脉成像中的应用[J]. 放射学实践, 2008, 23(8): 889-893.
- [3] 王柏林, 苗英, 邱金海, 等. 含服硝酸甘油对 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像质量影响的分析[J]. 中华放射学杂志, 2009, 43(12): 1251-1254.
- [4] Hunold P, Maderwald S, Ladd ME, et al. Parallel acquisition techniques in cardiac cine magnetic resonance imaging using truefisp sequences: comparison of image quality and artifacts[J]. J Magn Reson Imaging, 2004, 20(3): 506-511.
- [5] 杨世杰, 王怀良. 药理学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2001. 327-338.
- [6] Weber OM, Martin AJ, Higgins CB. Whole-heart steady-state free precession coronary artery magnetic resonance angiography[J]. Magn Reson Med, 2003, 50(6): 1223-1228.
- [7] Pruessmann KP. Encoding and reconstruction in parallel MRI[J]. NMR Biomed, 2006, 19(3): 288-299.
- [8] Jin H, Zeng MS, Ge MY, et al. A study of in vitro and in vivo MR of free-breathing whole-heart 3D coronary angiography using parallel imaging[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2009, 25 (Suppl): S121-S129.
- [9] 陈在嘉, 高润霖. 冠心病[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002. 571-578.

(收稿日期: 2011-04-24 修回日期: 2011-07-26)