❖影像技术学

Free-breathing Star volumetric interpolated breath-hold examination sequence for acquisition of chest T1WI

LI Wuchao[1], *LIU Yuancheng*[1], *YANG Yan*[1], *XU Chao*[1], *LIANG Lisong*[1], *TIAN Chong*[1], *ZENG Xianchun*[1], *WANG Shaoyu*[2], *WANG Rongpin*[1*]

(1. *Department of Radiology, Guizhou Provincial People's Hospital, Guiyang* 550002, *China*; 2. *Division of MR, Siemens Healthcare Sector, Siemens Ltd., Shanghai* 201318, *China*)

[**Abstract**] **Objective** To explore the application value of free-breathing Star volumetric interpolated breath-hold examination (StarVIBE) sequence for acquisition of chest T1WI. **Methods** Data of 37 patients with chest lesions detected with CT were collected. The patients were divided into unable-to-hold-breath group (n=17) and able-to-hold-breath group (n=20) according to whether they could hold breath for 20 s or not. Then all patients underwent plain and delayed phase enhanced StarVIBE sequence and conventional VIBE sequence MR examinations. Imaging qualities were evaluated using "5-point scale" in terms of lesion conspicuity, artifact, pulmonary vessels sharpness, mediastinal structures conspicuity and overall quality, and then were compared between sequences and groups, respectively. **Results** In unable-to-hold-breath group, the scores of StarVIBE sequence were higher than those of conventional VIBE sequence on both plain and enhanced images (all $P<0.05$). In able-to-hold-breath group, plain images of StarVIBE sequence had lower scores of lesion conspicuity and pulmonary vessels sharpness than those of conventional VIBE sequence (both $P<0.05$), while there was no significant difference of the above scores on enhanced images (all $P>0.05$), and the scores of artifact and the overall image quality were not statistically different between two sequences (all $P>0.05$). However, in able-to-hold-breath group, StarVIBE sequence demonstrated higher score of pulmonary vessels sharpness on both plain and enhanced images ($P<0.05$). **Conclusion** For acquisition of chest T1WI, using free-breathing StarVIBE sequence can achieve similar image quality to conventional VIBE sequence patients being able to breath-holding. For patients being unable to hold breath, relative good image quality could be obtained using free-breathing StarVIBE sequence.

[**Keywords**] thorax; magnetic resonance imaging; image quality

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2020.06.030

自由呼吸 StarVIBE 序列用于采集胸部 T1WI

李武超[1],刘远成[1],杨 艳[1],徐 超[1],梁力嵩[1],田 冲[1],曾宪春[1],王少彧[2],王荣品[1*]

(1.贵州省人民医院放射科,贵州 贵阳 550002;2.西门子医疗系统有限公司磁共振事业部,上海 201318)

[**摘 要**] **目的** 观察自由呼吸 StarVIBE 序列用于采集胸部 T1WI 的价值。**方法** 前瞻性收集 37 例 CT 提示胸部病变患者,根据能否配合屏气 20 s 分为无法屏气组(17 例)及配合屏气组(20 例),行 StarVIBE 序列及常规 VIBE 序列 MR 平扫及增强延迟期成像。以"5 分法"评价两序列图像中病变清晰度、伪影、肺血管清晰度、纵隔结构清晰度及总体图像质量,并进行组间比较。**结果** 无法屏气组 StarVIBE 序列平扫及增强图像各项评分均高于常规 VIBE 序列(P 均<0.05)。配合屏气组中,病变清晰度、肺血管清晰度评分在平扫 StarVIBE 序列图像中均低于常规 VIBE 序列(P 均<0.05),但增强图像差异均无统计学意义(P 均>

[**基金项目**] 贵州省科技厅联合基金(黔科合 LH 字[2015]7115)、贵州省科技计划项目(黔科合基础[2016]1096)、贵州省人民医院博士基金(GZSYBS[2015]02 号)、贵州省卫生健康委科学技术基金项目(gzwjkj2019-1-202)、贵州省人民医院青年基金(GZSYQN[2018]14)。

[**第一作者**] 李武超(1989—),男,贵州都匀人,硕士,医师。研究方向:神经系统及腹部影像诊断。E-mail:376422304@qq.com

[**通信作者**] 王荣品,贵州省人民医院放射科,550002。E-mail:wangrongpin@126.com

[**收稿日期**] 2019-05-10 [**修回日期**] 2020-02-13

0.05);图像伪影及总体图像质量评分差异亦无统计学意义(P均>0.05),而纵隔清晰度评分在 StarVIBE 序列平扫及增强图像中均高于常规 VIBE 序列(P均<0.05)。**结论** 采集胸部 T1WI 时,对于能配合屏气者,自由呼吸 StarVIBE 序列可获得与常规 VIBE 序列相近的图像质量;而对于无法屏气者,自由呼吸 StarVIBE 序列可提供较好质量的图像。

[**关键词**] 胸部;磁共振成像;图像质量
[**中图分类号**] R563;R445.2 [**文献标识码**] A [**文章编号**] 1003-3289(2020)06-0923-05

胸部影像学检查中,CT 是最主要的手段之一,但辐射剂量与患癌风险具有潜在相关性[1],使其应用受限。MRI 无辐射,且组织对比度高,被视为 CT 的有效替代手段,但心脏、大血管及呼吸运动伪影一直是胸部 MR 检查的主要挑战与障碍[2]。常规容积内插屏气检查(volumetric interpolated breath-hold examination, VIBE)为快速 T1 加权扰相梯度回波序列,可在呼吸末屏气约 20 s 情况下完成胸部 MR 成像,但儿童、老年及慢性阻塞性肺疾病患者常无法耐受。呼吸门控及膈肌导航技术能在自由呼吸下获得较好图像质量,但采集时间较长,且对呼吸频率要求较高[3]。基于梯度回波 K 空间径向采集的 StarVIBE 序列可有效降低运动伪影、提高图像质量,广泛用于肝脏、胃肠及胎儿神经系统成像。研究[4-7]证实自由呼吸 StarVIBE 具有较好的运动鲁棒性,且图像质量与常规 VIBE 序列无明显差异,而采集时间相对于门控或导航技术而言亦较短。本研究观察自由呼吸 StarVIBE 序列用于采集胸部 T1WI 的临床价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 前瞻性收集 2017 年 10 月—2018 年 4 月 37 例于贵州省人民医院经 CT 检查提示胸部病变患者,男 23 例,女 14 例,年龄 26～76 岁,平均(55.2±11.5)岁;根据能否屏气 20 s 将其分为无法屏气组及配合屏气组。无法屏气组 17 例,男 9 例,女 8 例,年龄 44～76 岁,平均(60.4±10.3)岁,其中肺癌 8 例、肺结核 6 例、肺脓肿 1 例、支气管扩张合并感染 1 例、肺转移瘤 1 例;配合屏气组 20 例,男 14 例,女 6 例,年龄 26～72 岁,平均(50.3±11.4)岁,其中肺癌 9 例、肺结核 6 例、肺炎性假瘤 2 例、转移瘤 1 例、肺硬化性血管瘤 1 例、胸腺瘤 1 例。所有胸部病变均经手术病理、穿刺活检或随访证实。排除标准:<18 岁,急危重症,肾功能不全或存在 MR 检查禁忌证。本研究经院医学伦理委员会批准,患者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用 Siemens MAGNETOM Aera 1.5T 超导 MR 扫描仪及 18 通道体部表面相控阵线圈,嘱患者仰卧,双臂交叉抱头,头先进,进行平扫和增强轴位 StarVIBE、轴位常规 VIBE 扫描。StarVIBE 序列参数:K 空间放射状填充,自由呼吸采集,重复时间 3.77 ms,回波时间 1.79 ms,层厚4.0 mm,层间距 0,层数 72,矩阵 320×320,视野 38 cm×38 cm,激励次数 1,翻转角 12°,径向辐条 660,采集时间 126 s;常规 VIBE 序列参数:K 空间笛卡尔填充方式,屏气采集,重复时间 4.54 ms,回波时间 2.19 ms,层厚 4.0 mm,层间距 0,层数 72,矩阵 320×320,视野38 cm×38 cm,激励次数 1,翻转角 10°,采集时间20 s。平扫包括 StarVIBE 序列及常规 VIBE 序列扫描。以高压注射器经肘静脉按以流率 2.0 ml/s 注入0.2 mmol/kg体质量钆喷酸葡胺(Gd-DTPA),跟注 20 ml 生理盐水冲洗,于延迟期先后进行两序列增强扫描。

1.3 图像评分 由 2 名具有 8 年以上经验的医师采用"5 分法"对图像进行独立评分,取均值为评分结果;评分内容包括病变清晰度、伪影、肺血管清晰度、纵隔结构清晰度及总体图像质量[2,8]。①病变清晰度:5 分,病变轮廓及内部结构清晰;4 分,病变轮廓及内部结构欠清晰;3 分,病变轮廓及内部结构模糊;2 分:病变可见,轮廓及内部结构无法辨识;1 分:病变无法显示;②伪影:5 分,无明显伪影;4 分,少量伪影,不影响病变诊断;3 分,伪影较轻,影响诊断;2 分,伪影较重,明显影响诊断;1 分,伪影严重,无法辨别病变;③肺血管清晰度:5 分,外周肺血管边界清晰;4 分,外周肺血管边界模糊;3 分,外周肺血管部分可见;2 分,仅可见中央肺血管;1 分,中央肺血管显示不清;④纵隔结构清晰度:5 分,奇静脉和食管显示完整,边界清晰;4 分,奇静脉和食管部分可见,边界清晰;3 分,奇静脉和食管部分可见,边界不清;2 分,纵隔大血管边界清晰;1 分,纵隔大血管边界不清;⑤总体图像质量:5 分,优秀;4 分,良好;3 分,一般,但可满足诊断;2 分,较差;1 分,非常差,无法诊断。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 19.0 统计分析软件。对观察者间图像评分的一致性采用 *Kappa* 检验,*Kappa* 检验值 0.76～1.00 为评分一致性好,0.41～0.75 为较好,0～0.40 为差。以 $\bar{x}\pm s$ 表示计量资料,采用配对 *Wilcoxon* 秩和检验比较两序列间图像质量评分。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2　结果

2 名医师间图像质量评分 *Kappa* 值为 0.77～0.89，一致性好。无法屏气组平扫及增强 StarVIBE 序列图像中的病变清晰度、伪影、肺血管清晰度、纵隔结构清晰度及总体图像质量评分均高于常规 VIBE 序列（*P* 均＜0.05），见表 1、图 1。

配合屏气组中，病变清晰度、肺血管清晰度评分在平扫 StarVIBE 序列图像中均低于常规 VIBE 序列（*P* 均＜0.05），但增强图像差异均无统计学意义（*P* 均＞0.05）；图像伪影及总体图像质量评分差异亦无统计学意义（*P* 均＞0.05），而纵隔清晰度评分在 StarVIBE 序列平扫及增强图像中均高于常规 VIBE 序列（*P* 均＜0.05），见表 2、图 2。

3　讨论

常规 VIBE 序列是基于笛卡尔的 K 空间采集方式，具有成像时间短、空间分辨率高等优点，但对运动的敏感度较高，检查时患者自主或不自主运动均会导致相位编码偏移而产生运动伪影，影响图像质量[9]。StarVIBE 序列也属基于三维梯度回波的成像序列，虽然在层面间仍延用笛卡尔采集方式，但与常规 VIBE 序列不同，其在三维 K 空间层面内采

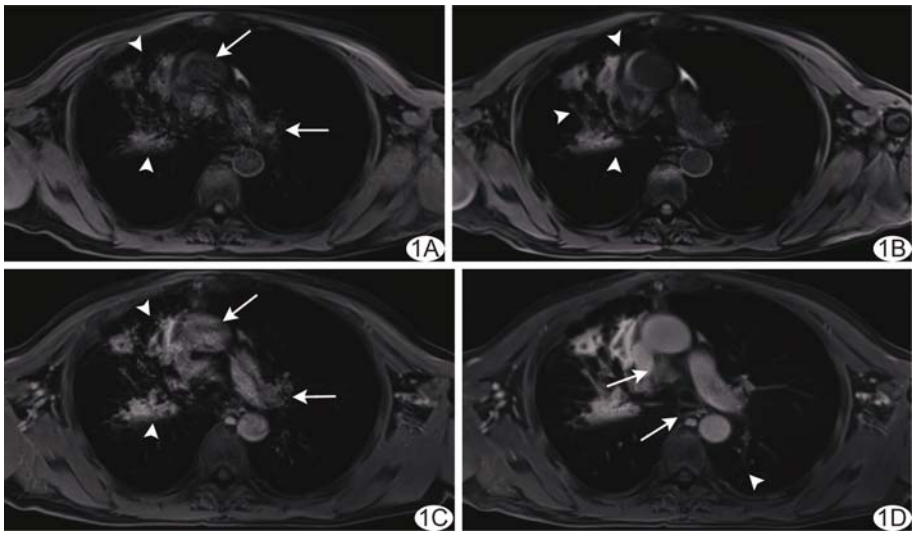


图 1　无法屏气组患者，男，66 岁，支气管扩张合并感染　A. 常规 VIBE 序列平扫图像可见呼吸运动伪影（箭）及大血管搏动伪影（箭头）；B. 自由呼吸 StarVIBE 序列平扫图像中病变轮廓及内部结构轻度模糊（箭头）；C. 常规 VIBE 序列增强扫描图像可见呼吸运动伪影（箭）及大血管搏动伪影（箭头）；D. 自由呼吸 StarVIBE 序列增强扫描图像外周血管显示清晰（箭头），纵隔组织结构显示完整，结构清晰（箭）

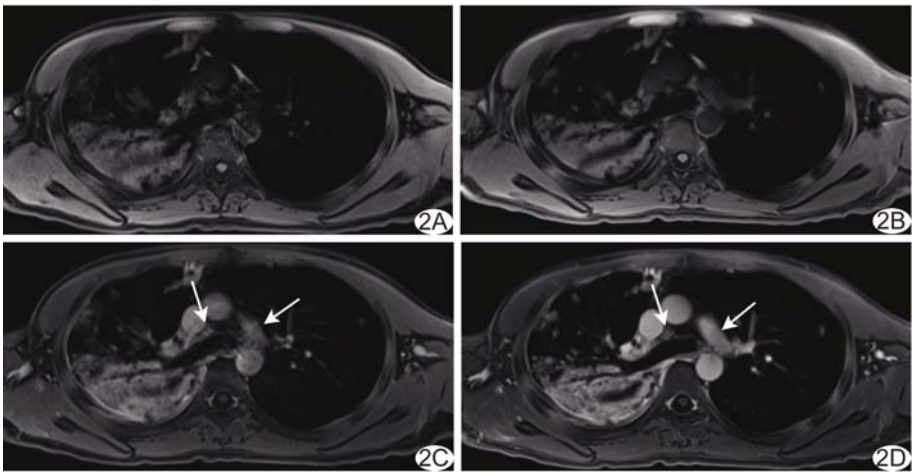


图 2　配合屏气组患者，男，26 岁，双肺继发性肺结核并多发空洞形成　A. 常规 VIBE 序列平扫图像；B. 自由呼吸 StarVIBE 序列平扫图像；C. 常规 VIBE 序列增强扫描图像显示部分纵隔结构，边界不清（箭）；D. 自由呼吸 StarVIBE 序列增强扫描图像显示部分纵隔结构，边界清晰（箭）

表 1　无法配合屏气组平扫和增强扫描不同序列图像质量评分（$\bar{x}\pm s$，$n=17$）

类别	病变清晰度	伪影	肺血管清晰度	纵隔结构清晰度	总体图像质量
平扫					
常规 VIBE	3.06±0.94	2.88±0.58	2.65±0.59	2.56±0.60	2.82±0.51
StarVIBE	3.85±0.74	3.76±0.60	3.32±0.68	3.71±0.76	3.85±0.56
Z 值	−3.644	−4.991	−3.854	−5.365	−5.913
P 值	＜0.001	＜0.001	＜0.001	＜0.001	＜0.001
增强					
常规 VIBE	3.65±0.68	3.18±0.66	3.29±0.57	3.17±0.51	3.15±0.54
StarVIBE	4.30±0.80	4.15±0.61	4.24±0.55	4.26±0.67	4.24±0.55
Z 值	−3.280	−5.061	−5.386	−5.643	−5.664
P 值	0.001	＜0.001	＜0.001	＜0.001	＜0.001

表 2　配合屏气组平扫和增强扫描不同序列图像质量评分（$\bar{x}\pm s$，$n=20$）

类别	病变清晰度	伪影	肺血管清晰度	纵膈结构清晰度	总体图像质量
平扫					
常规 VIBE	4.35±0.58	4.03±0.62	4.27±0.55	3.60±0.67	4.18±0.64
StarVIBE	4.03±0.57	3.90±0.59	3.50±0.64	3.98±0.66	3.93±0.57
Z 值	2.237	0.919	4.956	−2.219	1.837
P 值	0.025	0.358	＜0.001	0.026	0.066
增强					
常规 VIBE	4.55±0.55	4.25±0.49	4.57±0.55	4.10±0.50	4.30±0.56
StarVIBE	4.42±0.71	4.13±0.56	4.43±0.55	4.45±0.60	4.18±0.67
Z 值	0.585	0.978	1.288	−2.864	0.772
P 值	0.558	0.328	0.198	0.004	0.440

用放射状采集方式，基于 K 空间中心的过采样及不同读出方向的相位编码优势使之具有较好的运动鲁棒性，可在自由呼吸状态下获得高质量的肝脏 MRI[4,10]。本研究中无法配合屏气组 StarVIBE 序列图像各项评分均优于常规 VIBE 序列，进一步证实自由呼吸状态下其对运动伪影有较好的抑制作用。

既往研究[6,11]发现，屏气状态下，StarVIBE 序列图像存在放射状伪影。本研究中配合屏气组两序列图像伪影评分无明显差异，考虑主要由于双肺信号较低，使 StarVIBE 序列中的放射状伪影也较弱，几乎不影响病变的显示与诊断；而其运动鲁棒性使常规 VIBE 序列无法抑制的心脏大血管搏动伪影明显减少，因此在纵隔结构清晰度评分中，StarVIBE 序列优于常规 VIBE 序列。

StarVIBE 序列 K 空间中心的过采样相当于采集数据的多次平均，不仅能很好地抑制运动伪影，且能有效提高图像信噪比，但同时可导致组织结构边缘轻微模糊而影响病变显示[6,10,12]。本研究配合屏气组中 StarVIBE 序列平扫图像的病变清晰度低于常规 VIBE 序列；而增强后，由于组织信号对比提高、模糊效应降低，两序列间该项评分无明显差异。与病变清晰度类似，双肺外周血管较小，且信号较弱，多次平均所致边缘模糊常使其显示不清，因此屏气状态下 StarVIBE 序列平扫的血管清晰度评分较低；但增强后血管显著强化，对比度明显提高，使增强后两序列评分无明显差异。

StarVIBE 序列在自由呼吸状态下的运动伪影较轻，图像质量较好，患者依从性较高，使其在胸部 MR 检查中具有潜在应用前景。但 StarVIBE 序列存在一定不足：平均作用导致病变边缘轻度模糊，K 空间低效的放射状填充使得采集时间较长，均有待进一步改进。

本研究的局限性：样本量较小，可能产生偏倚；呼吸门控及导航技术均在自由呼吸状态下扫描，但考虑到采集时间较长，未纳入本研究进行对比；仅就 StarVIBE 显示结构像进行评价，未涉及量化功能分析。

综上所述，采集胸部 T1WI 时，对于能够配合屏气患者，采用自由呼吸 StarVIBE 序列可获得与常规 VIBE 序列相近的图像质量；而对于无法屏气者，基于较好的运动伪影抑制作用，采用自由呼吸 StarVIBE 序列可获得质量相对较高的图像。

[参考文献]

[1] RAMPINELLI C, DE MARCO P, ORIGGI D, et al. Exposure to low dose computed tomography for lung cancer screening and risk of cancer: Secondary analysis of trial data and risk-benefit analysis [J]. BMJ, 2017, 356: j347.

[2] YOON S H, LEE C, PARK J, et al. Gradient-echo-based 3D submillisecond echo time pulmonary MR imaging: A preliminary usability study on clinical and preclinical MR scanners [J]. Br J Radiol, 2018, 91(1087): 20170796.

[3] KUMAR S, RAI R, MOSES D, et al. MRI in radiotherapy for lung cancer: A free-breathing protocol at 3T [J]. Pract Radiat Oncol, 2017, 7(3): e175-e183.

[4] LI H H, ZHU H, YUE L, et al. Feasibility of free-breathing dynamic contrast-enhanced MRI of gastric cancer using a golden-angle radial stack-of-stars VIBE sequence: Comparison with the conventional contrast-enhanced breath-hold 3D VIBE sequence [J]. Eur Radiol, 2018, 28(5): 1891-1899.

[5] 庄霞梅，金科，王海，等. MRI 优化的三维容积内插快速扰相梯度回波序列在胎儿神经系统检查中的应用[J]. 中国医学影像技术，2016，32(7)：1119-1123.

[6] 李武超，王頔，郑念华，等. 常规三维容积内插屏气检查序列与自由呼吸 StarVIBE 序列 T1WI 肝脏图像质量对比[J]. 中国医学影像技术，2018，34(7)：1094-1098.

[7] WANG Z, ZHANG F, GUO J, et al. A comparison between 3.0 T MRI and histopathology for preoperative T staging of

potentially resectable esophageal cancer[J]. Zhonghua Yi Xue Za Zhi, 2017,97(11):843-846.

[8] YEDURURI S, KANG H C, WEI W, et al. Free-breathing radial volumetric interpolated breath-hold examination vs breath-hold cartesian volumetric interpolated breath-hold examination magnetic resonance imaging of the liver at 1.5T[J]. World J Radiol, 2016,8(7):707-715.

[9] CHANDARANA H, FENG L, BLOCK T K, et al. Free-breathing contrast-enhanced multiphase MRI of the liver using a combination of compressed sensing, parallel imaging, and golden-angle radial sampling[J]. Invest Radiol, 2013,48(1):10-16.

[10] KALTENBACH B, ROMAN A, POLKOWSKI C, et al. Free-breathing dynamic liver examination using a radial 3D T1-weighted gradient echo sequence with moderate undersampling for patients with limited breath-holding capacity[J]. Eur J Radiol, 2017,86:26-32.

[11] FUJINAGA Y, KITOU Y, OHYA A, et al. Advantages of radial volumetric breath-hold examination (VIBE) with k-space weighted image contrast reconstruction (KWIC) over Cartesian VIBE in liver imaging of volunteers simulating inadequate or no breath-holding ability[J]. Eur Radiol, 2016,26(8):2790-2797.

[12] COURTIER J, RAO A G, ANUPINDI S A. Advanced imaging techniques in pediatric body MRI[J]. Pediatr Radiol, 2017,47(5):522-533.

《中国介入影像与治疗学》杂志 2020 年征订启事

《中国介入影像与治疗学》杂志创刊于 2004 年,是由中国科学院主管,中国科学院声学研究所主办的国家级学术期刊,主编为邹英华教授、肖越勇教授。刊号:ISSN 1672-8475,CN 11-5213/R。为中国精品科技期刊(第 2 届)、中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)、中国科学引文数据库核心期刊、《中文核心期刊要目总览》收录期刊、WHO《西太平洋地区医学索引》(WPRIM)来源期刊、荷兰《医学文摘》收录源期刊、俄罗斯《文摘杂志》收录源期刊。

《中国介入影像与治疗学》杂志以报道介入影像与治疗学、介入超声学、介入材料学、药物学与护理学等方面的临床研究、基础研究以及医、理、工结合的成果与新进展为主,是介入影像、介入治疗专业人员学习、交流的平台。

《中国介入影像与治疗学》为月刊,64 页,大 16 开,彩色印刷。单价:20 元,全年定价 240 元。订户可随时向当地邮局订阅,邮发代号:80-220;亦可向编辑部直接订阅,免邮寄费(银行、支付宝转账均可,附言栏请注明订阅杂志名称)。



网　　址　www.cjiit.com

编辑部地址　北京市海淀区北四环西路 21 号,中科院声学所大猷楼 502 室　　**邮编**　100190

联 系 人　杜老师　　**联系电话**　010-82547901/2-810　　**传真**　010-82547903

银行账户名　《中国医学影像技术》期刊社

开 户 行　招商银行北京分行清华园支行

账　　号　110907929010201

支付宝账号　cjmit@mail.ioa.ac.cn(账户名同银行账户名)