

Application of 3D free-breathing Star VIBE sequence in abdominal enhanced MR in children

YANG Kaihua¹, CHEN Zhiping^{1*}, YIN Shigeng², ZHENG Bin¹

(1. Department of Radiology, Children's Hospital Affiliated to Zhengzhou University, Zhengzhou 450018, China; 2. Department of Radiology, the Medical Group of Zhengzhou First People's Hospital, Zhengzhou 450004, China)

[Abstract] **Objective** To explore the application value of 3D free-breathing Star VIBE sequence in abdominal contrast-enhanced MR scanning of children. **Methods** Totally 72 children with abdominal lesions underwent contrast-enhanced MR scanning with 3D free-breathing Star VIBE sequence and turbo fast low angle shot (tfl) sequence, respectively. The enhanced T1W images obtained with two scanning sequences were scored subjectively, and SNR and CNR were calculated objectively. **Results** The scores of respiratory motion artifacts, intrahepatic vascular and inferior vena cava structure display, gastrointestinal peristalsis artifacts, lesion clarity and overall image quality score on 3D free-breathing Star VIBE sequence images were higher than those on tfl sequence images (all $P < 0.001$). SNR and CNR of 3D free breathing Star VIBE sequence were 25.14 (20.42, 30.50), 9.20 (7.36, 10.42), of tfl sequence were 20.67 (19.00, 23.50) and 6.08 (3.00, 8.50), respectively. SNR and CNR of 3D free-breathing Star VIBE sequence were higher than those of tfl sequence (all $P < 0.001$). **Conclusion** 3D free-breathing Star VIBE sequence can significantly reduce motion artifacts and increase SNR and CNR, demonstrating important clinical value in diagnosis of abdominal diseases in children.

[Keywords] child; abdomen; contrast media; Star VIBE sequence; image quality; magnetic resonance imaging

DOI:10.13929/j.1003-3289.201809031

3D 自由呼吸 Star VIBE 序列在儿童腹部增强 MR 中的应用

杨凯华¹, 陈志平^{1*}, 尹世庚², 郑彬¹

(1. 郑州大学附属儿童医院放射科, 河南 郑州 450018; 2. 郑州市第一人民医院医疗集团放射科, 河南 郑州 450004)

[摘要] **目的** 探讨 3D 自由呼吸径向采集 K 空间放射填充容积内插成像 (Star VIBE) 序列在儿童腹部 MR 增强检查中的应用价值。 **方法** 对 72 例患儿采用超快速小角度激发 (tfl) 梯度回波序列及 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列进行腹部增强 MR 扫描, 对 2 种扫描序列得到的增强 T1WI 进行主观评分, 并测量其 SNR 和 CNR, 比较 2 种图像的差异。 **结果** 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列图像呼吸运动伪影、肝内血管和下腔静脉结构显示、胃肠道蠕动伪影、病灶清晰度和整体图像质量评分均高于 tfl 序列 (P 均 < 0.001)。 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列的 SNR 为 25.14 (20.42, 30.50), CNR 为 9.20 (7.36, 10.42), tfl 序列的 SNR 为 20.67 (19.00, 23.50), CNR 为 6.08 (3.00, 8.50); 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列的 SNR、CNR 均高于 tfl 序列 (P 均 < 0.001)。 **结论** 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列可明显减少儿童腹部增强 MRI 运动伪影, 增加 SNR 和 CNR, 对于诊断儿童腹部病变具有重要临床应用价值。

[第一作者] 杨凯华 (1986—), 男, 河南郑州人, 学士, 主管技师。研究方向: 儿童 CT、MR 检查技术。E-mail: 588ykh@163.com

[通信作者] 陈志平, 郑州大学附属儿童医院放射科, 450018。E-mail: czp622@126.com

[收稿日期] 2018-09-06 **[修回日期]** 2019-01-07

[关键词] 儿童;腹部;对比剂;径向采集 K 空间放射填充容积内插成像序列;图像质量;磁共振成像

[中图分类号] R57; R445.2 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2019)04-0601-04

MR 在腹部诊断中具有显著临床优势,其多序列多参数成像能从不同方面解析病变的性质,而其优异的软组织对比分辨率能更敏感地发现病变^[1];结合增强扫描技术,不仅能明确病变的性质,同时还能显示细微病变^[2-3]。作为一种新兴的 MR 扫描技术,3D 自由呼吸径向采集 K 空间放射填充容积内插成像(Star VIBE)序列应用于儿童腹部增强检查可以获得高清晰 T1WI,提高显示病变的能力,为临床诊治提供影像学依据^[4-5]。本研究将 Star VIBE 序列与常规超快速小角度激发(turbo fast low angle shot, tfl)梯度回波序列图像质量进行对比,探讨 Star VIBE 序列在儿童腹部疾病增强 MR 检查中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2015 年 1 月—2017 年 12 月于郑州大学附属儿童医院接受腹部增强 MR 检查的 72 例患儿,男 41 例,女 31 例,年龄 1 个月~5 岁,平均 (2.7 ± 0.4) 岁;均存在腹部病变,包括肝母细胞瘤 13 例,肝脓肿 11 例,肝血管瘤 8 例,先天性胆总管囊肿 10 例,腹膜后畸胎瘤 9 例,腹膜后神经源性肿瘤 8 例,腹膜后血肿 6 例,腹膜后淋巴瘤 4 例,假性胰腺囊肿 3 例。纳入标准:腹部病变均经超声或穿刺活检证实,需行 MR 检查随访或术前评估。排除标准:镇静无效、存在严重意识障碍或其他原因所致难以完成 MR 扫描者。对患儿分别采用 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列和 tfl 序列进行腹部扫描。本研究经本院伦理委员会通过,患儿家属均自愿签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用 Siemens Magnetom Aera 1.5T 超导型 MR 扫描仪,腹部 18 通道相控阵线圈。对于无法配合检查的患儿给予右美托咪定滴鼻,待其镇静下深度睡眠后进行检查。经下肢静脉手动推注钆喷酸葡胺注射液 0.2 mmol/kg 体质量,后以相同速率推注 6~10 ml 生理盐水。扫描序列:tfl 序列,配合膈肌导航和呼吸触发技术,TR 1 800 ms,TE 2 ms,FOV 26 cm×26 cm,反转时间 714 ms,翻转角 15°,NEX 2,矩阵 256×256,层厚 5 mm,层间距 0.5 mm,采集时间 92 s;3D 自由呼吸 Star VIBE 序列,TR 3.77 ms,TE 1.89 ms,FOV 26 cm×26 cm,翻转角 12°,NEX 1,矩阵 256×256,层厚 3 mm,无层间距,采集时间 151 s。每序列均采集轴位、冠状位及矢状位图像。

1.3 图像评价

1.3.1 主观评价 由 3 名有 10 年及以上工作经验的高年资医师采用盲法阅片并评分,意见不同时经协商达成一致。对图像的呼吸运动伪影、肝内血管和下腔静脉结构显示、胃肠道蠕动伪影、病灶清晰度进行评分^[6]:1 分,图像质量差,伪影重,不能显示肝内血管和下腔静脉,病灶显示模糊不清,图像不能用于诊断;2 分,图像质量较差,伪影较重,不能显示肝内血管,下腔静脉模糊可见,严重影响病灶显示;3 分,图像质量中等,伪影一般,肝内较大静脉血管显示模糊,下腔静脉显示清晰,对显示病灶有轻微影响;4 分,图像质量好,伪影较轻,可显示肝内较大静脉血管,下腔静脉显示清晰,不影响显示病灶;5 分,图像质量好,无伪影,肝内小血管及下腔静脉显示清晰,病灶显示清晰,对诊断无任何不良影响。计算呼吸运动伪影、肝内血管和下腔静脉结构显示、胃肠道蠕动伪影、病灶清晰度的平均分,作为图像的整体质量评分。

1.3.2 客观评价 由 2 名中级职称 MR 技师采用盲法独立完成,取其平均值。采用 Siemens Syngo. via 后处理工作站,测量 tfl 序列及 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列图像的 SNR 和 CNR。选择肝脏横径最大层面,在肝脏和脾脏实质内设置 2 个 ROI,面积 70 mm²,尽量避开血管和胆管,测量其信号强度(signal intensity, SI);于腹壁前方背景内设置 ROI,形状大小同上,测量其 SI,即为相位编码方向的背景噪声的标准差(SD)。计算 SNR 和 CNR, $SNR = SI_{\text{肝脏}} / SD$; $CNR = (SI_{\text{肝脏}} - SI_{\text{脾脏}}) / SD$ 。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 19.0 统计分析软件。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态分布者则以中位数(上下四分位数)表示,采用 Wilcoxon 配对秩和检验比较 2 种序列的图像评分及 SNR、CNR。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

在主观评价方面,3D 自由呼吸 Star VIBE 序列图像的整体质量评分[4(3,5)]明显优于 tfl 序列[3(2,4)],差异有统计学意义($Z = -5.368, P < 0.001$);3D 自由呼吸 Star VIBE 序列图像的呼吸运动伪影、肝内血管和下腔静脉结构显示、胃肠道蠕动伪影、病灶清晰度的评分均高于 tfl 序列,差异均有统计学意义(P 均<0.001,表 1);见图 1、2。

表 1 tfl 序列与 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列图像质量评分比较[中位数(上下四分位数), $n=72$]

序列	呼吸运动伪影	肝内血管和下腔静脉结构显示	胃肠道蠕动伪影	病灶清晰度
tfl 序列	3(2.5, 4.0)	3(2, 4)	3(2, 4)	3(2, 4)
3D 自由呼吸 Star VIBE 序列	4(4, 5)	4(3, 4)	4(3, 4)	4(3, 4)
Z 值	-6.257	-5.389	-4.469	-5.356
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

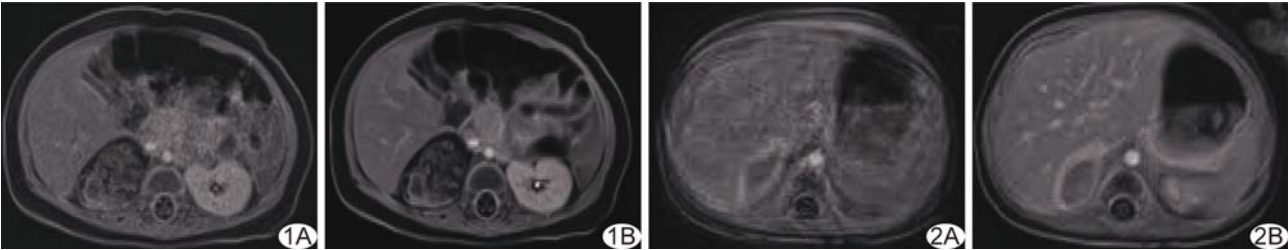


图 1 患儿女, 2 个月, 右肾上腺区畸胎瘤, 增强 MRI 显示病灶呈不均匀轻度强化 A. tfl 序列图像, SNR 及 CNR 分别为 19.23 和 5.74, 病灶边缘模糊, 图像总体质量评分为 3 分; B. 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列图像, SNR 及 CNR 分别为 27.23 和 9.64, 病灶边缘清晰, 图像总体质量评分为 5 分 图 2 患儿女, 1 个月, 右肾上腺区血肿, 增强 MRI 显示病灶周边呈环形强化, 中心未见强化 A. tfl 序列图像, 呼吸运动伪影严重, SNR 及 CNR 分别为 16.42 和 3.78, 病灶模糊不清, 图像总体质量评分为 2 分; B. 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列图像, 无呼吸运动伪影, SNR 及 CNR 分别为 20.25 和 6.12, 病灶边缘清晰, 图像总体质量评分为 4 分

在客观评价方面, 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列图像的 SNR 为 25.14 (20.42, 30.50), CNR 为 9.20 (7.36, 10.42); tfl 序列 SNR 为 20.67 (19.00, 23.50), CNR 为 6.08 (3.00, 8.50); 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列 SNR、CNR 均高于 tfl 序列, 差异均有统计学意义 ($Z = -4.158$ 、 -4.296 , P 均 < 0.001); 见图 1、2。

3 讨论

高场强 MR 对运动伪影敏感^[7], 因而临床 MR 腹部增强检查面临诸多挑战, 腹部运动伪影是主要来源之一, 尤其对于儿童腹部增强检查, 呼吸运动伪影成为限制其应用的重要因素。现有的呼吸触发、膈肌导航和相位导航等技术在很大程度上减少了呼吸运动伪影, 在成人腹部检查中获得了很好的效果^[8]。但在儿童腹部检查中, 上述技术仍无法有效控制呼吸运动伪影的影响, 无法获得临床满意的 T1WI。由于患儿无法配合屏气, 常规 3D VIBE 动态增强序列的运用受到限制, 故常采用 tfl 序列加膈肌导航技术来减少呼吸运动的影响, 此序列采用自由呼吸, 但成像速度慢, 呼吸运动控制效果不佳, 图像质量往往不理想。本组患儿均在镇静后熟睡状态下接受检查, 呼吸较为平稳, tfl 序列图像的呼吸运动伪影中位数为 3 分, 明显低于 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列。

3D 自由呼吸 Star VIBE 是三维梯度回波序列, 可有效减少呼吸运动、胃肠道蠕动伪影, 更好地显示腹部各器官的形态结构及病变, 对诊断及鉴别诊断有重要

价值^[9]。本研究所采用的 3D 自由呼吸 Star VIBE 技术是在 VIBE 序列基础上加以改进, 采用放射状 K 空间填充方式, 扫描中无需患儿屏气配合, 在自由呼吸下完成扫描, 扫描速度快, 获得的增强 T1WI 呼吸运动伪影干扰较少, 具有较高的 SNR 和 CNR。本研究中 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列图像的整体评分中位数为 4 分, 整体图像质量、呼吸运动伪影、肝内血管和下腔静脉结构显示、胃肠道蠕动伪影、病灶清晰度方面评分均高于 tfl 序列 (P 均 < 0.001)。

本研究采用 SNR 和 CNR 客观参数评价图像质量。SNR 是评价 MR 系统最重要的参数之一, 为图像 SI 与背景随机噪声强度之比, 其值越大, 组织信号成分越多, 图像清晰度亦越高。CNR 用来评估检出细节的可能性, 提高 CNR 可以提高检出小病灶的能力^[10-12]。本研究中 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列图像的 SNR 和 CNR 均高于 tfl 序列 (P 均 < 0.001)。与传统序列基于笛卡尔坐标系下的采集方式不同, 3D 自由呼吸 Star VIBE 序列采用放射状 K 空间填充方式^[13], 在 x 、 y 轴方向施加精准的梯度时间和强度, 在极坐标系下进行放射状采集, 其 FOV 及空间分辨率按照采集的放射状 K 空间线角度和数目计算获得, 放射状采样保证每条 K 空间线均精准地通过 K 空间中心, 实现对 K 空间中心的过采样, 以提高图像的对比度及锐利度^[14]。由于不同角度放射状 K 空间编码线可在一定程度上平抑因运动造成的伪影, Star VIBE 序列对于各种运动 (呼吸、不自主运动、肠道蠕动以及血管搏动

等)均不敏感。为获得 3D 高空间分辨率,Star VIBE 序列在层面上采用笛卡尔坐标系进行采集,实现放射状采样的层面堆叠。此外,Star VIBE 序列在保留了笛卡尔坐标系下采样优势的同时,借助快速动态的 3D 容积内插技术,可以获得层厚 $<1\text{ mm}$ 的各向同性 3D 图像,并结合脂肪抑制技术,在腹部增强检查中大幅提升对于肝脏微小病灶(如直径 1 cm 以下的小肝癌)的检出能力和微小血管病灶的显示能力^[15],使病灶和周围血管的解剖细节更加清晰,提高了鉴别良恶性病变的敏感度及特异度,拓宽了儿童腹部增强 MR 检查的应用范围。

综上所述,采用 3D 自由呼吸 Star VIBE 技术可有效解决腹部 MR 扫描中出现的运动伪影,尤其适用于儿童及不能配合的受试者,避免或减少因运动伪影造成的不必要的重复检查。

[参考文献]

- [1] 吴卉卉,冯克,高玲.腹部磁共振检查技术规范与临床应用.医学信息,2017,30(17):177-179.
- [2] 赵卫华.磁共振动态增强扫描在上腹部疾病诊断中的意义.实用医学影像杂志,2017,18(3):253-254.
- [3] 刘长志.探讨 MR 增强扫描的意义及方法.中国伤残医学,2013,21(3):127-128.
- [4] Azevedo RM, de Campos RO, Ramalho M, et al. Free-breathing 3D T1-weighted gradient-echo sequence with radial datasampling in abdominal MRI: Preliminary observations. AJR Am J Roentgenol, 2011,197(3):650-657.
- [5] Chandarana H, Feng L, Block TK, et al. Free-breathing contrast-enhanced multiphase MRI of the liver using a combination of compressed sensing, parallel imaging, and golden-angle radial sampling. Invest Radiol, 2013,48(1):10-16.
- [6] 黄芳,池菊仙,金宇,等.呼吸训练对腹部动态增强磁共振检查效果的观察.福建医药杂志,2016,38(1):173-174.
- [7] 宋云龙,张挽时,王忠,等. BLADE 技术消除磁共振成像运动伪影的临床应用.放射学实践,2007,22(11):1228-1231.
- [8] 梁倩雯,钟桂棉,艾竹.采用门控技术克服呼吸及心脏运动对肝脏 DWI 影响的研究进展.放射学实践,2015,30(7):787-789.
- [9] 李武超,王颀,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.中国医学影像技术,2018,34(7):1094-1098.
- [10] 王灌忠,沈钧康,张彩元.信噪比在 MR 图像质量控制中的作用.医学影像学杂志,2003,13(11):879-881.
- [11] 张中伟.磁共振图像特征及其对比机制(二):图像对比与对比度噪声比.影像诊断与介入放射学,2017,26(5):430-433.
- [12] 廖伟,陈丽英,郭启勇.肝脏特异性磁共振对比剂菲立磁的临床应用初探.临床放射学杂志,2001,20(4):251-254.
- [13] 王绍奇,张风光,郭佳,等.高场磁共振对可切除性食管癌术前 T 分期的可行性分析.中华医学杂志,2017,91(11):843-846.
- [14] 张风光,张宏凯,李祥,等.伪影校正技术联合自由呼吸放射状 K 空间填充方式的容积内插体部检查对可切除性食管癌术前 T 分期的价值.中华放射学杂志,2017,51(2):114-118.
- [15] Weiss J, Taron J, Othman AE, et al. Feasibility of self-gated isotropic radial late-phase MR imaging of the liver. Eur Radiol, 2017,27(3):985-994.

文章题名要求

▲题名应以简明、确切的词语反映文章中最重要、特定的内容,要符合编制题录、索引和检索的有关原则,并有助于选定主题词。

▲中文题名一般不宜超过 20 个字,必要时可加副题名。

▲英文题名应与中文题名含义一致。

▲题名应避免使用非公知公用的缩写词、字符、代号,尽量不出现数学公式和化学式。