

## ◁胸部影像学▷

## 呼吸训练对肺部磁共振自由呼吸成像序列图像质量的影响

江叶海<sup>1</sup>, 党珊<sup>2</sup>, 蒲豆豆<sup>1</sup>, 张丽<sup>1</sup>, 王少彧<sup>3</sup>, 于楠<sup>1</sup>

(1. 陕西中医药大学医学技术学院, 陕西 咸阳 712046; 2. 陕西中医药大学附属医院医学影像科, 陕西 咸阳 712000; 3. 西门子医疗系统有限公司磁共振科研部, 上海 201318)

**[摘要]** 目的:探讨呼吸训练对改善肺部 MRI 自由呼吸序列图像质量的价值。方法:前瞻性收集 2022 年 6 月—2023 年 6 月拟接受肺部 MRI 检查的 42 例患者,按照患者年龄、性别、病变位置进行匹配,然后随机将患者分为实验组和对照组。在检查前,操作者告知患者噪音、发热、检查时间等信息。对照组接受常规的检查前准备,实验组患者在检查前 30 min 通过视诊方法评估患者呼吸状态。对于呼吸规律的患者继续按照现有的节奏呼吸。对于呼吸不规律的患者,操作者在一旁指导患者吸气呼气,训练持续 2 min。如果呼吸仍不规律,操作者继续进行呼吸训练,将时间延长至 5 min。采集所有患者的星状容积内插屏气检查(star Volumetric interpolated breath-hold examination, star VIBE)和螺旋超短回波时间(spiral Ultra-short time echo, spiral UTE)图像。两名高年资医师在不知道分组的情况下,采用 5 分法对肺部 MRI 图像进行主观图像质量评价。测量升主动脉、肺动脉干、降主动脉的信号强度(Signal intensity, SI)及标准差(Standard deviation, SD),根据信噪比(Signal to noise ratio, SNR)和 SI 变异系数(Coefficient of variation, CV)公式计算 SNR 和 CV 值,比较实验组和对照组的客观图像质量。结果:实验组的血管清晰度、支气管清晰度、噪声和伪影以及整体图像质量的评分均高于对照组( $P<0.05$ )。在客观图像质量评价中,实验组升主动脉、肺动脉干、降主动脉层面的 SNR 值均高于对照组( $P<0.05$ ),CV 值均低于对照组( $P<0.05$ )。结论:呼吸训练能改善自由呼吸序列的图像质量,提高了检查成功率和舒适度。

**[关键词]** 呼吸;肺;磁共振成像**[中图分类号]** R56;R445.2**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1008-1062(2025)01-0019-05

DOI:10.12117/jccmi.2025.01.005

**Effect of breathing training on image quality of MR lung free respiratory imaging sequence**JIANG Ye-hai<sup>1</sup>, DANG Shan<sup>2</sup>, PU Dou-dou<sup>1</sup>, ZHANG Li<sup>1</sup>, WANG Shao-yu<sup>3</sup>, YU Nan<sup>1</sup>

(1. School of Medical Technology, Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang Shaanxi 712046, China;

2. Medical Imaging Department, Affiliated Hospital of Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang Shaanxi 712000, China;

3. Magnetic Resonance Research Department of Siemens Medical Systems Co., Ltd., Shanghai 201318, China)

**Abstract: Objective:** To explore the value of respiratory training in improving the image quality of pulmonary MRI of free breathing. **Methods:** A total of 42 patients who were scheduled to undergo pulmonary MRI examination from June 2022 to June 2023 were prospectively collected and matched according to their age, gender and location of lesions, and then the patients were randomly divided into experimental group and control group. Before the examination, the operator informed the patient of the noise, fever, examination time and other information. The control group received routine preparation before examination. The respiratory status of the patients in the experimental group was evaluated by visual inspection methods 30 min before examination. For patients with regular breathing, the operator told the patient to continue to breathe at the current rhythm. For patients with irregular breathing, the operator instructed the patient to inhale and exhale for 2 minutes. If breathing was still irregular, the operator continued breathing training and extended the time to 5 minutes. The star volumetric interpolated breath-hold examination (star VIBE) and spiral ultra-short echo time (spiral UTE) images of all patients were collected. Without knowing the grouping, two senior doctors used the five-point method to subjectively evaluate the image quality of lung MRI images. The signal intensity(SI) and standard deviation(SD) of ascending aorta, pulmonary trunk and descending aorta were measured. According to the formulas of signal to noise ratio(SNR) and coefficient of variation(CV), the SNR and CV values were calculated, and the objective image quality between the experimental group and the control group were compared. **Results:** The scores of vascular clarity, bronchial clarity, noise and artifacts and overall image quality in the experimental group were higher than those in the control group ( $P<0.05$ ). In the objective image quality evaluation, the SNR values of ascending aorta, pulmonary trunk and descending aorta in the experimental group were higher than those in the control group( $P<$

**[收稿日期]** 2023-12-19; **[修回日期]** 2024-01-02**[作者简介]** 江叶海(1999-),女,湖南岳阳人,技师。E-mail:jiangyehai@126.com**[通信作者]** 于楠,陕西中医药大学医学技术学院,712046。E-mail:yunan0512@sina.com**[基金项目]** 陕西科技厅基础研究项目(2022JM-453);国家级大学生创新创业训练计划(202210716013)。

0.05), while the CV values of ascending aorta, pulmonary trunk and descending aorta in the experimental group were lower than those in the control group ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** Breathing training can improve the image quality of free breathing sequence and improve the success rate and comfort of patients.

**Key words:** Respiration; Lung; Magnetic Resonance Imaging

肺癌是世界上发病率高、死亡率高的癌症之一<sup>[1]</sup>。肺癌的早期发现和治疗关键在于准确识别肺结节,鉴别其良恶性并评估病理亚型。虽然胸部 CT 是肺部检查的主要方法,但不建议孕妇、儿童和长期随访的个体使用<sup>[2]</sup>。MRI 是一种无电离辐射的无创技术,能够评估肺部形态和功能,在肺部病变检测、诊断和评估方面具有重要作用<sup>[3-7]</sup>。

屏气是肺部 MRI 常用的减少呼吸运动伪影的有效手段<sup>[8]</sup>。然而,屏气对扫描时间有较高的要求(通常是 10~20 s),限制了图像的分辨率和覆盖范围。同时屏气序列也需要患者遵守特定的呼吸指令,这对老年病人或理解能力较差的患者来说较为困难,特别是儿童或失聪患者。使用呼吸导航技术进行图像采集,对患者的呼吸要求较高,对于呼吸不规则或者呼吸幅度较浅的患者,扫描时间会延长<sup>[9]</sup>。虽然它可以与并行采集等快速技术相结合,但这可能会导致图像空间分辨率降低<sup>[10]</sup>。

临床常用的肺部 MRI 扫描序列是传统容积内插屏气检查 (Volume interpolated breath-hold examination, VIBE)  $T_1$  加权序列,自由呼吸的 star VIBE 序列是在传统 VIBE 序列上优化的  $T_1$  加权三维梯度回波序列,相较于常规的 VIBE 序列,star VIBE 使用径向方式获取 K 空间数据,这种方式可以使得 K 空间的中心数据密度更高,同时联合脂肪抑制技术,能够有效抑制由于呼吸运动造成的伪影<sup>[10-12]</sup>。螺旋超短回波时间 (spiral Ultra-short time echo, spiral UTE) 是目前最有潜力的肺部自由呼吸序列,超短的回波时间能够采集肺内短  $T_2$  信号。既往研究显示 MRI 自由呼吸序列不仅能够克服肺部生理运动伪影,还具有较高的结节检测和显示能力<sup>[5-6,13-14]</sup>。然而,在临床实践中,某些患者的自由呼吸图像仍存在图像质量欠佳的情况。有文献指出呼吸训练可以显著减轻磁共振胰胆管水成像的呼吸运动伪影<sup>[15]</sup>。因此,笔者提出是否可以通过呼吸训练提高自由呼吸序列图像质量,提高肺部 MRI 的成功率。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

前瞻性收集 2022 年 6 月—2023 年 6 月本院拟接受肺部 MRI 检查的患者。根据患者年龄、性别、病变位置进行匹配,然后随机分为实验组和对照组。前后共纳入符合研究条件患者 42 例,男 32,女 10 例。

其中实验组 21 例,平均年龄 ( $65 \pm 4.6$ ) 岁;对照组 21 例,平均年龄 ( $64 \pm 5.8$ ) 岁。

纳入标准:需要做胸部 MRI 检查者,无禁忌症(包括:带有心脏起搏器和人工金属心脏瓣膜等、体内铁磁性异物者、妊娠前三个月内、重度高热患者等)。排除标准:检查中因各种原因无法配合而终止检查者。

本研究经医院伦理委员会批准 (SZFYIEC-PJ-2019 年第[19]号),所有患者均签署知情同意书。

### 1.2 设备及参数

采用 3.0T 磁共振扫描仪 (Magnetom Skyra, 西门子医疗系统有限公司,德国)。患者采用仰卧位,头先进,双上肢上举抱头,分别采集自由呼吸 star VIBE 序列图像和 spiral UTE 序列图像。扫描范围自肺尖上方 1 cm 至双侧肺底。

star VIBE 扫描参数:回波时间 1.39 ms、重复时间 2.79 ms,层厚 1.25 mm,视野 380 mm×380 mm,矩阵 320×320,扫描时间 5 min30 s。

spiral UTE 扫描参数:回波时间 0.05 ms,重复时间 4.37 ms,层厚 3.00 mm,视野 400 mm×400 mm,矩阵 320×320,扫描时间 7~8 min。

### 1.3 检查前准备

检查前操作者向患者告知噪音、发热、检查时间等信息。对照组接受常规的检查前准备。实验组患者在检查前 30 min 通过视诊方法评估患者呼吸状态。对于呼吸规律的患者,嘱咐患者继续按照现在的节奏呼吸。对于呼吸不规律的患者,操作者在一旁指导患者吸气呼气,训练持续 2 min。如果呼吸仍不规律,操作者继续进行呼吸训练,将时间延长至 5 min。若 5 min 后呼吸仍不规律,则排出实验组。

### 1.4 图像质量主观评价

两名胸部放射科医生(分别拥有 5 年 7 年的工作经验)在不知道分组的情况下,随机独立地评估 star VIBE 和 spiral UTE 图像。根据支气管和血管的清晰度、噪声和伪影以及对整体图像质量的可接受性进行评分。每个类别的分数采用 5 分制进行评分(表 1)。

### 1.5 图像质量客观评价

两名胸部放射科医生在不知道分组的情况下,随机浏览 star VIBE 和 spiral UTE 图像,在升主动脉、肺动脉干及降主动脉内勾画感兴趣区 (Region of interest, ROI),ROI 放置在血管中心,记录其信号强

表 1 肺部 MRI 主观图像质量评分标准

评分	支气管清晰度	血管清晰度	噪声和伪影(心脏和呼吸)	整体图像质量
1	中央支气管显示不清	中央肺血管显示不清	极多	极差
2	只可见中央支气管	只可见中央肺血管	多	差
3	外周支气管显示模糊	外周肺血管显示模糊	一般	一般
4	外周支气管部分可见	外周肺血管部分可见	少	良好
5	外周支气管显示清晰	外周肺血管显示清晰	无	优秀

度 (Signal intensity, SI) 及标准差 (Standard deviation, SD), 测量 3 次取平均值。根据公式信噪比 (Signal to noise ratio, SNR) = SI/SD 和 SI 变异系数 (Coefficient of variation, CV) = SD/SI 分别计算升主动脉、肺动脉干、降主动脉的 SNR 和 CV。

1.6 统计学处理

采用 SPSS 26.0 统计分析软件。以 K-S 检验及 Levene'S 检验分别分析计量资料是否符合正态分布及方差齐性, 计量资料采用均数±标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 计数资料采用百分比表示, 采用 Wilcoxon 秩和

检验和配对 *t* 检验比较实验组和对照组间的 star VIBE 序列和 spiral UTE 序列主观和客观图像质量。P<0.05 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 实验组和对照组间主观图像质量评价对比

根据 5 分主观图像质量评分标准, 实验组的血管清晰度、支气管清晰度、噪声和伪影以及整体图像质量的评分均高于对照组, 且差异具有统计学意义 (P<0.05, 表 2 和图 1)。

表 2 实验组和对照组间 star VIBE 和 spiral UTE 主观图像质量的评价比较

	支气管清晰度	血管清晰度	噪声和伪影(心脏和呼吸)	整体图像质量
star VIBE				
实验组	3.60±0.52	4.32±0.67	4.10±0.87	4.37±0.48
对照组	2.90±0.73	3.50±0.84	3.20±0.79	3.30±0.48
Z	2.33	2.77	2.16	3.16
P	0.02	0.22	0.03	<0.01
spiral UTE				
实验组	4.17±0.58	4.33±0.49	3.67±0.65	4.17±0.58
对照组	3.41±0.51	3.33±0.78	3.00±0.85	3.41±0.51
Z	2.31	2.76	2.00	3.12
P	0.02	0.01	0.04	<0.01

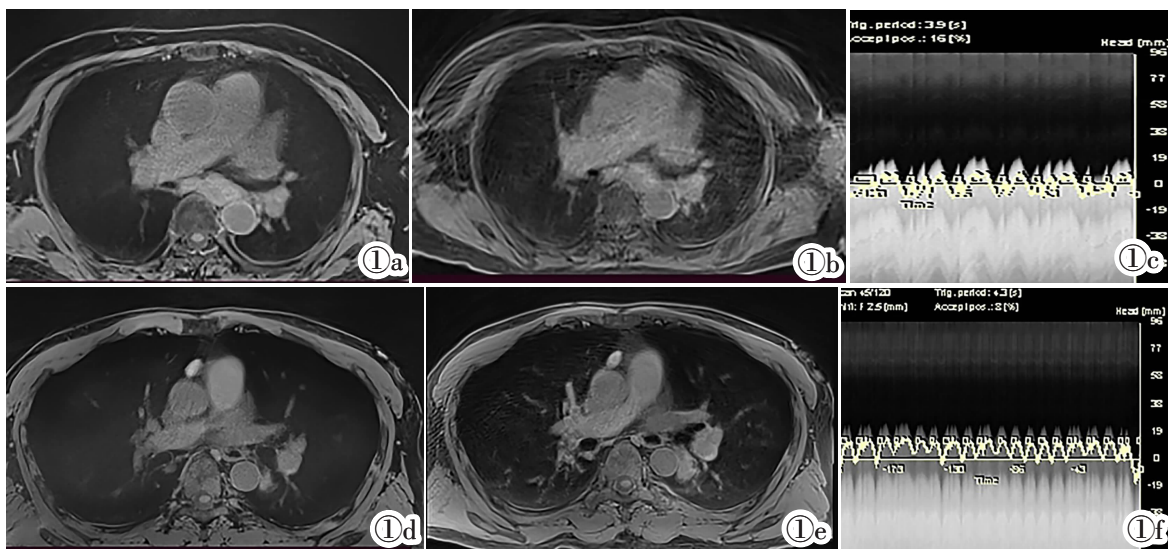


图 1 对照组的 star VIBE 序列图像(图 1a)、spiral UTE 序列图像(图 1b)和呼吸频率图(图 1c)的整体图像质量评分为 3, 实验组的 star VIBE 序列图像(图 1d)、spiral UTE 序列图像(图 1e)和呼吸频率图(图 1f)的整体图像质量评分为 4 分, 实验组图像伪影较轻。

Figure 1. The overall image quality score of star VIBE sequence image(Figure 1a), spiral UTE sequence image(Figure 1b) and respiratory rate chart (Figure 1c) in the control group was 3, while the overall image quality score of star VIBE sequence image(Figure 1d), spiral UTE sequence image(Figure 1e) and respiratory frequency chart(Figure 1f) was 4 points, and the image artifact in the experimental group was light.

### 2.2 实验组和对照组间客观图像质量评价对比

在 star VIBE 和 spiral UTE 客观图像质量评价比较中,实验组升主动脉、肺动脉干、降主动脉层面

的 SNR 值均高于对照组 ( $P<0.05$ ), 实验组升主动脉、肺动脉干、降主动脉层面的 CV 值均低于对照组 ( $P<0.05$ )(表 3 和图 2)。

表 3 实验组和对照组间 star VIBE 和 spiral UTE 客观图像质量评价比较

	SNR			CV		
	升主动脉	肺动脉干	降主动脉	升主动脉	肺动脉干	降主动脉
star VIBE						
实验组	20.83±4.96	23.22±5.86	28.26±5.59	0.05±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01
对照组	15.89±4.03	18.32±2.64	22.34±3.91	0.07±0.02	0.06±0.01	0.05±0.01
<i>t</i>	2.06	2.66	2.41	2.80	2.80	2.49
<i>P</i>	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
spiral UTE						
实验组	24.94±6.75	26.61±6.40	39.78±7.73	0.04±0.01	0.04±0.01	0.02±0.01
对照组	18.55±6.85	20.82±4.79	28.44±9.33	0.06±0.03	0.05±0.01	0.04±0.02
<i>t</i>	2.55	2.55	3.18	2.54	2.25	2.69
<i>P</i>	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.02	0.01

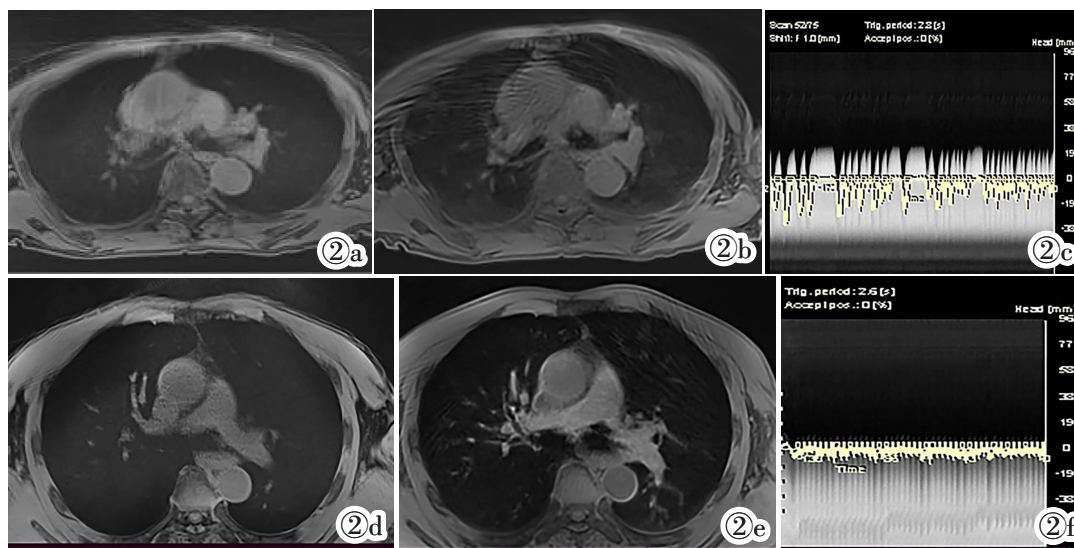


图 2 对照组的 star VIBE 序列图像 (图 2a)、spiral UTE 序列图像 (图 2b) 和呼吸频率图 (图 2c) 的降主动脉 SNR 分别为 13.67、18.36, 实验组的 star VIBE 序列图像 (图 2d)、spiral UTE 序列图像 (图 2e) 和呼吸频率图 (图 2f) 的降主动脉 SNR 分别为 22.43、24.61, 实验组图像伪影较轻, 血管和支气管清晰度高。

Figure 2. The SNR of the descending aorta in the star VIBE sequence image (Figure 2a), spiral UTE sequence image (Figure 2b) and respiratory rate chart (Figure 2c) of the control group was 13.67, 18.36, respectively. In the star VIBE sequence image (Figure 2d), spiral UTE sequence image (Figure 2e) and respiratory rate chart (Figure 2f) of the experimental group, the SNR were 22.43, 24.61, respectively. In the experimental group, the image artifacts were light, and the vascular and bronchial resolutions were high.

### 3 讨论

本研究在 MRI 自由呼吸序列的基础上, 采用了呼吸训练方法。发现呼吸训练对于改善肺部 MRI 自由呼吸序列图像的质量具有重要作用。通过这样的训练, 我们不仅提高了检查的成功率和患者的舒适度, 同时也增加了诊断医生的信心。

屏气扫描是肺部 MRI 常用的扫描方法, 它对于肺功能良好的个体而言, 可以在较短时间内产生较好的图像质量。然而, 对于屏气困难或理解能力欠佳患者来说, 屏气序列可能无法获得满意的图像质量。导航技术可以改善自由呼吸序列的图像质量。呼吸导航技术通过实时监测患者的呼吸活动, 根据呼吸状态动态调整扫描触发时机, 从而在特定呼吸相位

下进行图像采集, 减少呼吸运动引起的伪影, 但是对于患者呼吸要求高。自由呼吸序列具有固定的扫描时间, 在扫描过程中患者可以自由呼吸, 这使得患者更加舒适。同时, 通过使用特定的序列设计, 例如使用短重复时间或回波时间、均匀采样和并行成像等, 可以进一步降低呼吸引起的运动伪影对图像质量的影响。

改变 K 空间填充方式是克服运动的敏感性的一种方法, 目前肺部 MRI 常用的 K 空间填充方法为径向和螺旋填充<sup>[16]</sup>。本研究采用了 star VIBE 序列和 spiral UTE 序列, star VIBE 序列采用了 z 方向的直线采样和 xy 平面的径向采样, 径向采集沿着各个辐条进行, 其中心辐条的重叠不仅减小了采集时的相位误差, 同时也减少了运动敏感度, 提高了图像的空间分辨率<sup>[17-18]</sup>。spiral UTE 序列是由三维扰相梯度回

波序列和螺旋堆叠采集组成,spiral UTE 序列应用了非选择性射频脉冲和可变持续时间层面编码技术,减少了层面重聚焦梯度时间,可以直接在相位编码梯度之后读取数据,从而实现了最短的回波时间<sup>[19-20]</sup>,且螺旋堆叠采集可以提高读出效率,加快采集速度<sup>[19]</sup>。

蔡荣芳等<sup>[21]</sup>比较了自由呼吸、屏气和呼吸触发 3 种采集方式对肺部弥散成像图像质量的影响,发现自由呼吸的弥散成像图像质量最佳。但是在临床工作中发现部分患者的自由呼吸序列图像仍较差,这可能是由于呼吸运动幅度等原因导致。王凤仪等<sup>[22]</sup>通过采用呼吸训练发现肝脏弥散成像图像质量得到了改善。Zhu 等<sup>[15]</sup>研究也发现呼吸训练可以减轻磁共振胰胆管水成像的呼吸运动伪影。本研究也通过比较呼吸训练患者和未进行呼吸训练患者的图像质量,发现呼吸训练可以改善 MRI 自由呼吸序列的图像质量,减少呼吸运动伪影,提高了检查的成功率。

肺部 MRI 屏气序列的检查时间短,图像质量高,但是不适合呼吸困难或理解能力较差的患者检查。MRI 自由呼吸序列不依靠患者的呼吸配合,同时联合检查前的呼吸训练可以改善肺部自由呼吸序列图像质量,提高了患者的舒适度,增加诊断的准确度。

#### [参考文献]

- [1]Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries [J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71(3): 209-249.
- [2]Koo CW, Lu A, Takahashi EA, et al. Can MRI contribute to pulmonary nodule analysis?[J]. J Magn Reson Imaging, 2019, 49(7): e256-e264.
- [3]Ohno Y, Takenaka D, Yoshikawa T, et al. Efficacy of Ultrashort Echo Time Pulmonary MRI for Lung Nodule Detection and Lung-RADS Classification[J]. Radiology, 2022, 302(3): 697-706.
- [4]Renz DM, Herrmann KH, Kraemer M, et al. Ultrashort echo time MRI of the lung in children and adolescents: comparison with non-enhanced computed tomography and standard post-contrast T1w MRI sequences[J]. Eur Radiol, 2022, 32(3): 1833-1842.
- [5]Feng H, Shi G, Liu H, et al. Free-breathing radial volumetric interpolated breath-hold examination sequence and dynamic contrast-enhanced MRI combined with diffusion-weighted imaging for assessment of solitary pulmonary nodules[J]. Magn Reson Imaging, 2021, 75: 100-106.
- [6]Zhang Y, Kwon W, Lee HY, et al. Imaging Assessment of Visceral Pleural Surface Invasion by Lung Cancer: Comparison of CT and Contrast-Enhanced Radial T1-Weighted Gradient Echo 3-Tesla MRI[J]. Korean J Radiol, 2021, 22(5): 829-839.
- [7]郑晔,尹向飞,罗文斌,等. 肺部高分辨率 MRI 在非小细胞肺癌中的应用初探[J]. 中国临床医学影像杂志,2023,34(3):180-184.
- [8]Pei Y, Xie S, Li W, et al. Evaluation of simultaneous-multislice diffusion-weighted imaging of liver at 3.0T with different breathing schemes[J]. Abdom Radiol(NY), 2020, 45(11): 3716-3729.
- [9]Liang X, Bi Z, Yang C, et al. Free-Breathing Liver Magnetic Resonance Imaging With Respiratory Frequency-Modulated Continuous-Wave Radar-Trigger Technique: A Preliminary Study[J]. Front Oncol, 2022, 12: 918173.
- [10]Nepal P, Bagga B, Feng L, et al. Respiratory Motion Management in Abdominal MRI: Radiology In Training [J]. Radiology, 2023, 306(1): 47-53.
- [11]Yoon JH, Nickel MD, Peeters JM, et al. Rapid Imaging: Recent Advances in Abdominal MRI for Reducing Acquisition Time and Its Clinical Applications [J]. Korean J Radiol, 2019, 20(12): 1597-1615.
- [12]Feng L. Golden-Angle Radial MRI: Basics, Advances, and Applications[J]. J Magn Reson Imaging, 2022, 56(1): 45-62.
- [13]Sanchez F, Tyrrell PN, Cheung P, et al. Detection of solid and subsolid pulmonary nodules with lung MRI: performance of UTE, T1 gradient-echo, and single-shot T2 fast spin echo[J]. Cancer Imaging, 2023, 23(1): 17.
- [14]Wang F, Lin X, Lin C, et al. Ability of three-dimensional 3-Tesla ultrashort echo time magnetic resonance imaging to display the morphological characteristics of pulmonary nodules: a sensitivity analysis[J]. Quant Imaging Med Surg, 2023, 13(3): 1792-1801.
- [15]Zhu L, Sun ZY, Xue HD, et al. Patient-adapted respiratory training: Effect on navigator-triggered 3D MRCP in painful pancreaticobiliary disorders[J]. Magn Reson Imaging, 2018, 45: 43-50.
- [16]Duffy PB, Stemmer A, Callahan MJ, et al. Free-breathing radial stack-of-stars three-dimensional Dixon gradient echo sequence in abdominal magnetic resonance imaging in sedated pediatric patients[J]. Pediatr Radiol, 2021, 51(9): 1645-1653.
- [17]Bruckmann NM, Kirchner J, Morawitz J, et al. Free-breathing 3D Stack of Stars GRE (StarVIBE) sequence for detecting pulmonary nodules in (18)F-FDG PET/MRI [J]. EJNMMI Phys, 2022, 9(1): 11.
- [18]Azevedo RM, De Campos RO, Ramalho M, et al. Free-breathing 3D T1-weighted gradient-echo sequence with radial data sampling in abdominal MRI: preliminary observations [J]. AJR Am J Roentgenol, 2011, 197(3): 650-657.
- [19]Cha M, Park H, Paek M, et al. Free-breathing ultrashort echo time lung magnetic resonance imaging using stack-of-spirals acquisition: A feasibility study in oncology patients[J]. Magn Reson Imaging, 2018, 51: 137-143.
- [20]Cha M, Ahn H, Choi H, et al. Accelerated Stack-of-Spirals Free-Breathing Three-Dimensional Ultrashort Echo Time Lung Magnetic Resonance Imaging: A Feasibility Study in Patients With Breast Cancer[J]. Front Oncol, 2021, 11: 746059.
- [21]蔡荣芳,崔磊,江建芹,等. 3 种呼吸采集方式下肺癌肺门纵隔淋巴结扩散加权成像图像质量的比较 [J]. 实用放射学杂志, 2018,34(11):1783-1787.
- [22]王凤仪,钟桂棉,梁倩雯,等. 多重人工干预对肝脏磁共振扩散加权成像图像质量的影响[J]. 广东医学,2016,37(3):470-471.