

# 肝细胞特异性对比剂增强磁共振动脉期呼吸运动伪影的影响因素

付玲, 韩菲, 程瑾, 郝传玺, 隆海红

**摘要:**目的 分析肝细胞特异性对比剂增强磁共振患者动脉期呼吸运动伪影的影响因素,为采取针对性护理干预降低伪影发生率提供参考。方法 回顾性分析 233 例初次行肝细胞特异性对比剂增强磁共振检查住院患者的临床资料,采用单因素及 logistic 回归分析确定动脉期呼吸运动伪影的危险因素。结果 30.90% 患者发生动脉期呼吸运动伪影。回归分析显示,文化程度、身体质量指数、心力衰竭、慢性阻塞性肺疾病、腹水是肝细胞特异性对比剂增强磁共振动脉期呼吸运动伪影发生的危险因素(均  $P < 0.05$ )。结论 肝细胞特异性对比剂增强磁共振检查患者动脉期呼吸运动伪影发生率高,影响因素较多。对高风险患者应及时干预,以降低动脉期呼吸运动伪影发生率。

**关键词:**肝细胞癌; 钆塞酸二钠; 对比剂; 呼吸运动伪影; 增强磁共振; 心力衰竭; 慢性阻塞性肺疾病; 放射护理  
**中图分类号:**R472.9;R816 **DOI:**10.3870/j.issn.1001-4152.2024.13.036

## Analysis of influencing factors of respiratory movement artifact in arterial phase of hepatocyte-specific contrast agent enhanced magnetic resonance imaging

Fu Ling,

Han Fei, Cheng Jin, Hao Chuanxi, Long Haihong. Department of Radiology, Peking University People's Hospital, Beijing 100044, China

**Abstract:** **Objective** To analyze the influencing factors of respiratory movement artifacts in arterial phase in patients who underwent the hepatocyte-specific contrast agent enhanced magnetic resonance imaging (MRI), and to provide reference for targeted intervention to reduce the incidence of artifacts. **Methods** The clinical data of 233 inpatients who underwent the hepatocyte-specific contrast agent enhanced MRI for the first time were analyzed, retrospectively, and the risk factors of respiratory movement artifacts in arterial phase were determined by univariate and logistic regression analysis. **Results** Respiratory movement artifact in the arterial phase occurred in 30.90% of patients. Regression analysis showed that education level, body mass index (BMI), heart failure, chronic obstructive pulmonary disease, and ascites were the risk factors for respiratory movement artifacts in arterial phase of hepatocyte-specific contrast agent in MRI (all  $P < 0.05$ ). **Conclusion** The incidence of respiratory movement artifacts in arterial phase of hepatocyte-specific contrast agent enhanced MRI in patients is high, and there are many influencing factors. Prompt intervention should be made in high-risk patients to reduce the incidence of respiratory movement artifacts in the arterial phase.

**Keywords:** hepatocellular carcinoma; gadoteric acid disodium; contrast agent; respiratory movement artifact; enhanced magnetic resonance; heart failure; chronic obstructive pulmonary disease; radiological nursing

肝脏恶性肿瘤分为原发性肝癌和继发性肝癌,其中原发性肝癌居癌症发病率第 6 位及癌症相关死亡原因的 3 位<sup>[1]</sup>。肝细胞癌占原发性肝癌的 75%~85%<sup>[2]</sup>,提高肝细胞癌患者生存率及生活质量的关键在于早期发现、明确诊断以及精准治疗<sup>[3]</sup>。钆塞酸二钠是一种肝细胞特异性对比剂,经静脉注射 15~20 min 后,其半数可通过正常肝细胞膜上的有机阴离子转运多肽 1B3 被正常肝细胞吸收,不仅具有细胞外对比剂动脉期病灶强化特点,还可获得反映肝细胞功能的肝胆特异期图像<sup>[4]</sup>。有研究表明,肝细胞特异性对比剂磁共振(Magnetic Resonance Imaging, MRI)增强检查,可显著提高小肝细胞癌(直径<1 cm)诊断的敏感度,其诊断效能高于非特异性对比剂增强 MRI 检查<sup>[5]</sup>,因此广泛应用于肝细胞癌、胆管细胞癌和转移性肿瘤等肝脏恶性病变的鉴别诊断<sup>[6]</sup>。尽管肝胆

期图像对于肝脏局灶病变性质判断十分重要,但是动脉期图像质量不佳同样会显著干扰其诊断效能,影响动脉期图像质量的一个重要因素为短暂性呼吸运动伪影(Transient Severe Motion, TSM)<sup>[7]</sup>。TSM 是由于对比剂注射后屏气功能受限引起,其发生机制尚不完全清楚,特异性对比剂 TSM 发生率(5%~22%)显著高于非特异性对比剂(2%)<sup>[8]</sup>。Ikeno 等<sup>[9]</sup>认为,腹部短暂性运动的程度与呼吸运动伪影的发生呈正相关。通过筛选影响腹部短暂性运动的因素如肥胖、肺部疾病等,即可探究 TSM 的危险因素,有益于在动脉期短暂的检查时间窗内更好地显示肝脏病变。本研究旨在明确肝细胞特异性对比剂增强磁共振检查时动脉期 TSM 发生的危险因素,为临床筛选高发人群并给予针对性护理干预提供参考。报告如下。

### 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 本研究对 2022 年 1—12 月于我院行肝细胞特异性对比剂增强磁共振检查的住院患者资料进行回顾性分析。纳入标准:①年龄≥18 岁;②首次行肝细胞特异性对比剂增强磁共振检查的肝脏

作者单位:北京大学人民医院放射科(北京,100044)

付玲:女,本科,副主任护师,fuling19790705@sina.com

通信作者:隆海红,980267839@qq.com

收稿:2024-02-13;修回:2024-04-17

病变患者;③符合特异性对比剂使用标准;④无幽闭恐惧症;⑤既往磁共振增强检查后无不良反应;⑥能够配合完成检查。排除标准:有肝细胞特异性对比剂应用禁忌证。本研究已通过医院伦理委员会批准(2024PHB071-001)。

## 1.2 方法

### 1.2.1 磁共振检查设备及成像参数

检查设备为 3.0T 磁共振扫描仪(Philips Ingenia, 荷兰),采用 16 通道腹部线圈,检查序列包括轴位 T1WI、T2WI、T2WISPAIR、DWI 序列以及动态增强,动脉期为注射对比剂后 16~32 s、门静脉期为 90 s 及移行期图像在 180 s 获取,肝胆期图像 15 min 后获取。由经过静脉注射培训且考核通过的护士,于患者右肘粗支静脉置入 22G 留置针,对比剂应用钆塞酸二钠(普美显),注射剂量为 10 mL(181.43 mg/mL),注射速度为 1 mL/s。磁共振检查操作由经过科室统一培训的主管技师完成扫描。

### 1.2.2 磁共振图像分析方法

由 2 名具有 10 年工作经验的影像科主治医师独立阅片,判断图像质量。从图像伪影、肝脏边缘清晰度及病灶显示 3 个方面评价,肝脏边缘及病灶清晰可见无伪影为正常,边缘模糊病灶不清晰、有伪影为异常。当判断结果有分歧时,对于评价不一的结果经研究小组讨论得出最终结果。

### 1.2.3 资料收集方法

通过查阅相关文献<sup>[8-11]</sup>、咨询专家(影像科、肝病科、普通外科专家各 2 名),筛选出可能影响动脉期 TSM 的相关危险因素。包括①一般资料。年龄、性别、文化程度、身体质量指数(Body Mass Index, BMI)。BMI 分为偏瘦、正常、超重、肥胖<sup>[12]</sup>。②基础疾病。包括心力衰竭(左心室射血分数 $<50\%$ <sup>[13]</sup>)、慢性阻塞性肺疾病(Chronic Obstructive Pulmonary Disease, COPD;采用目前公认慢阻肺全球策略中的诊断标准,即吸入支气管扩张剂后,肺功能 FEV1/FVC $<70\%$ <sup>[14]</sup>)、腹水(经腹部超声检查,腹腔内液体体积聚 $>200$  mL<sup>[15]</sup>)。通过查阅病历系统中相关项目进行记录。

### 1.2.4 统计学方法

双人平行录入并核对数据,采用 SPSS25.0 软件对数据进行统计分析,呈正态分布的计量资料以均值、标准差描述,采用独立样本  $t$  检验进行组间比较;计数资料以频数、百分率表示,采用  $\chi^2$  检验进行组间比较。建立多因素 logistic 回归,分析动脉期 TSM 发生的危险因素。检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 肝脏病变患者一般资料

本研究纳入 233 例患者,男 119 例,女 114 例;年龄 24~79(52.37 $\pm$ 13.57)岁。共诊断 188 个病灶,其中原发性肝细胞癌 128 个、胆管细胞癌 26 个、转移瘤 21 个、其他良性病变 13 个。72 例(30.90%)出现动脉期 TSM。

## 2.2 肝细胞特异性对比剂增强磁共振动脉期 TSM 的单因素分析 见表 1。

表 1 肝细胞特异性对比剂增强磁共振动脉期 TSM 的单因素分析

项目	例数	未发生伪影 (n=161)	发生伪影 (n=72)	统计量	P
性别[例(%)]				$\chi^2=1.438$	0.231
男	119	78(65.55)	41(34.45)		
女	114	83(72.81)	31(27.19)		
年龄(岁, $\bar{x}\pm s$ )		52.48 $\pm$ 13.56	52.14 $\pm$ 13.78	$t=0.176$	0.861
文化程度[例(%)]				$\chi^2=109.701$	$<0.001$
小学及以下	34	15(44.12)	19(55.88)		
初中	43	6(13.95)	37(86.05)		
高中	54	41(75.93)	13(24.07)		
大专及以上	102	99(97.06)	3(2.94)		
BMI(kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x}\pm s$ )		22.64 $\pm$ 2.26	26.36 $\pm$ 2.83	$t=10.705$	$<0.001$
心力衰竭[例(%)]				$\chi^2=43.858$	$<0.001$
是	38	9(23.68)	29(76.32)		
否	195	152(77.95)	43(22.05)		
COPD[例(%)]				$\chi^2=34.397$	$<0.001$
是	49	17(34.69)	32(65.31)		
否	184	144(78.26)	40(21.74)		
腹水[例(%)]				$\chi^2=13.134$	$<0.001$
是	40	18(45.00)	22(55.00)		
否	193	143(74.09)	50(25.91)		

### 2.3 肝细胞特异性对比剂增强磁共振动脉期 TSM 风险的回归分析

以单因素分析有统计学意义的文化程度、BMI、心力衰竭、COPD、腹水 5 个因素为自变量,以是否发生动脉期 TSM(否=0,是=1)为因变量进行 logistic 回归分析( $\alpha_{\text{入}}=0.05, \alpha_{\text{出}}=0.10$ )。结果 5 个变量均进入回归方程(均  $P<0.05$ ),见表 2。

表 2 肝细胞特异性对比剂增强磁共振动脉期 TSM 风险的回归分析

项目	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$	P	OR	95%CI
常量	10.789	2.263	22.725	$<0.001$		
文化程度	-0.980	0.197	2.587	$<0.001$	0.375	0.242~0.582
BMI	0.438	0.089	24.294	$<0.001$	1.549	1.302~1.844
心力衰竭	1.820	0.021	7.597	0.006	6.175	1.692~22.534
COPD	2.176	0.535	2.052	$<0.001$	8.808	3.086~25.140
腹水	0.025	0.518	0.410	0.013	2.098	0.759~5.794

注:自变量赋值,文化程度小学及以下=0,初中=1,高中=2,大专及以上=3;BMI 为原值;心力衰竭、COPD、腹水,否=0,是=1。

## 3 讨论

### 3.1 肝细胞特异性对比剂增强磁共振动脉期 TSM 风险发生率较高

本研究结果显示,233 例肝细胞特异性对比剂增强磁共振检查患者中,动脉期 TSM 发生率为 30.90%,高于国外报道的发生率(5%~22%)<sup>[8]</sup>,可能与本研究中纳入研究对象均为初次行肝细胞特异性对比剂增强磁共振检查患者相关。既往研究显示,初次检查动脉期 TSM 风险发生率显著高于重复检查患者<sup>[16]</sup>。磁共振检查顺利完成及图像质量效果好与扫描技术有关,但护理配合不当也有可能直接影响图像质量及诊断<sup>[17]</sup>。因此,如何降低动脉期 TSM 发生率是值得探讨的问题。

### 3.2 肝细胞特异性对比剂增强磁共振动脉期 TSM 相关危险因素分析

#### 3.2.1 心力衰竭

本研究结果表明,心力衰竭患者发生动脉期 TSM 风险是无心力衰竭患者的 6.175 倍。既往研究显示,呼吸运动与心脏功能相互影响,

是一个复杂的生理过程,呼吸运动随着胸内压力的改变和心室容积的变化而发生改变<sup>[18]</sup>。在最初屏气 30 s 内,左心室射血分数及左心室收缩末容积均降低,归因于胸内压增加导致静脉回流减少。特异性对比剂增强磁共振动脉期检查中,患者需要连续屏气 4 次,单次屏气时长 13~16 s,每次间隔 8 s 左右。对于心力衰竭的检查患者,左心室收缩末容积及射血分数均进一步降低,屏气功能受限,患者出现胸闷、憋气等症状,导致动脉期 TSM 风险的发生。与 Wang 等<sup>[19]</sup> 研究结果一致。在磁共振检查过程中,心力衰竭患者屏气运动受限是影响图像质量的关键因素。对于心力衰竭患者,于检查前进行减慢呼吸频率训练,不仅可以减轻呼吸困难症状,还可以提高患者屏气能力。研究显示,缓慢呼吸会降低缺氧和高碳酸血症的化学反射反应,增加压力反射敏感性,从而提高患者屏气能力,降低动脉期 TSM 的发生频率<sup>[20]</sup>。由于研究对象多为初次检查的住院患者,可于检查当日提前安排患者到准备室内进行屏气训练,对于配合较差患者进行反复练习,直至能缓慢且匀速进行 5~10 次连续屏气配合后再进行检查。

**3.2.2 文化程度** 本研究结果显示,文化程度低是动脉期 TSM 风险发生的危险因素。受教育程度较低的患者不能充分理解检查配合内容,执行力较低,与医护人员之间沟通的有效性同样降低<sup>[21]</sup>。患者文化程度低,可利用的信息资源相对较少,理解能力不足,对于检查过程中的屏气配合无法正确完成。因此,对于文化程度较低的患者,应在检查前加强磁共振检查健康知识讲解,提高患者对动脉期 TSM 风险重要性的认知,直至患者完全理解并正确执行后再进行检查。

**3.2.3 肥胖** 本研究结果显示,高 BMI 是动脉期 TSM 的危险因素,与 Jang 等<sup>[22]</sup> 的研究结果一致。肥胖会导致肺部和胸壁的力学变化,出现哮喘和哮喘样症状,表现为呼吸困难、喘息和气道高反应性等现象<sup>[23]</sup>,导致肥胖患者在检查过程中无法完成屏气配合,因而动脉期 TSM 发生率高于体质量正常患者。对于肥胖患者可采取改良屏气训练<sup>[24]</sup>。首先,在磁共振检查开始前,告知患者动脉期屏气的重要性以及注射特异性对比剂药物后可能出现的不适感受。其次,患者平卧在检查床上后,指导患者连续进行 3~4 次呼气末的屏气练习,每次屏气持续 13~16 s。最后,在肝细胞特异性对比剂注射扫描动脉期之前,用对讲系统再次告知患者可能出现的不适感受,并提示患者即将进行 4 个周期的屏气操作。通过上述检查前、检查中的训练与宣教达到降低肥胖患者动脉期 TSM 风险的目的。

**3.2.4 腹水** 本研究结果显示,腹水患者发生动脉期 TSM 风险是无腹水患者的 2.098 倍,与 Luetkens 等<sup>[25]</sup> 研究结果一致。主要原因为腹水会引起腹内压升高,导致膈肌抬高。腹水还会降低肺底部的通气量

和通气/灌注比值,使肺容量减少,无法充分呼吸与屏气<sup>[26]</sup>。因此,对于患有腹水的检查患者,在检查前充分进行屏气训练的同时,可借鉴近期的研究结果<sup>[27]</sup>,应用 0.9% 氯化钠注射液将肝细胞特异性对比剂按照 1:1 比例稀释,再以 1 mL/s 的速度缓慢静脉注射,此方法可将动脉期 TSM 风险发生率从 31% 降低至 9%。通过稀释及缓慢注射的方法,可使特异性对比剂的血浆峰值保持在临界点以下,避免激活中枢化学感受器,从而降低伪影发生率。

**3.2.5 COPD** 本研究结果显示,COPD 患者发生动脉期 TSM 的危险因素是无 COPD 患者的 8.808 倍。研究证明,由于肺部病理生理改变,造成 COPD 患者气流受限,肺过度通气,气体交换障碍,患者无法完成检查中的呼吸与屏气配合,导致 COPD 检查患者动脉期 TSM 风险发生率高达 39%<sup>[28]</sup>。可让患者提前适应检查过程中屏气的速度和深度,指导患者于检查之前进行几个周期的深呼吸及屏气训练,不仅可以改变患者的呼吸习惯,更可激活优化氧合或短期减少交感神经兴奋和化学反射反应<sup>[29]</sup>。或整个检查过程中给予患者低流量氧气吸入<sup>[30]</sup>,降低动脉期 TSM 风险发生率的同时,提升患者舒适感受。

## 4 结论

本研究结果显示,首次行肝细胞特异性对比剂增强磁共振患者动脉期 TSM 的发生率较高,文化程度低、高 BMI、患有 COPD、腹水及心力衰竭的患者是发生动脉期 TSM 的风险因素,早期对高风险患者进行评估及筛查,有助于影像科工作人员及时实施有针对性的精准干预,减少动脉期 TSM 带来的不良后果,改善高风险患者检查的图像质量,提高肝脏恶性肿瘤诊疗效果。本研究属于回顾性研究,适用首次进行肝细胞特异性对比剂增强磁共振检查患者;本研究的样本量有限且为单中心研究,后续研究中应扩大样本量,进行多中心研究,便于进一步评估风险因素;此外,本研究结合文献及临床经验制定风险因素,有可能会遗漏一些相关因素,如肝炎、焦虑等,有待于纳入更多风险因素进行进一步研究。

## 参考文献:

- [1] Rumgay H, Arnold M, Ferlay J, et al. Global burden of primary liver cancer in 2020 and predictions to 2040[J]. *J Hepatol*,2022,77(6):1598-1606.
- [2] 李照,朱继业.《原发性肝癌诊疗指南(2022年版)》解读[J]. *临床肝胆病杂志*,2022,38(5):1027-1029.
- [3] Ichikawa S, Goshima S. Clinical significance of liver MR imaging[J]. *Magn Reson Med Sci*,2023,22(2):157-175.
- [4] 韩鼎盛,黎雅琳,周彦汝,等.肝细胞癌-胆管癌与肝内肿块型胆管癌[J]. *中国医学影像技术*,2023,39(3):375-380.
- [5] Vogl T J, Kümmel S, Hammerstingl R, et al. Liver tumors: comparison of MR imaging with Gd-EOB-DTPA and Gd-DTPA[J]. *Radiology*,1996,200(1):59-67.

- [6] Takayama Y, Nishie A, Okamoto D, et al. Differentiating liver hemangioma from metastatic tumor using T2-enhanced spin-echo imaging with a time-reversed gradient-echo sequence in the hepatobiliary phase of Gadoteric Acid-enhanced MR imaging[J]. *Magn Reson Med*, 2022, 21(3):445-457.
- [7] Huh J, Kim S Y, Yeh B M, et al. Troubleshooting arterial-phase MR images of gadoxetate disodium-enhanced liver[J]. *Korean J Radiol*, 2015, 16(6):1207-1215.
- [8] Well L, Weinrich J M, Adam G, et al. Transient severe respiratory motion artifacts after application of gadoxetate disodium; what we currently know [J]. *Rofo*, 2018, 190(1):20-30.
- [9] Ikeno H, Kobayashi S, Kozaka K, et al. Relationship between the degree of abdominal wall movement and the image quality of contrast enhanced MRI: semi quantitative study especially focused on the occurrence of transient severe motion artifact[J]. *Japan J Radiol*, 2020, 38(2):165-177.
- [10] Motosugi U, Bannas P, Bookwalter C A, et al. An investigation of transient severe motion related to gadoteric acid-enhanced MR imaging[J]. *Radiology*, 2016, 279(1):93-102.
- [11] Kim D W, Choi S H, Park T, et al. Transient severe motion artifact on arterial phase in gadoteric acid-enhanced liver magnetic resonance imaging: a systematic review and meta-analysis[J]. *Invest Radiol*, 2022, 57(1):62-70.
- [12] 孙雪婷, 温德惠, 孙志丹. 极速脉搏波技术评价肥胖青年颈动脉弹性及与血清维生素 D 水平的相关性[J]. *中国医学影像学杂志*, 2022, 30(4):321-326.
- [13] Oeing C U, Tschöpe C, Pieske B. The new ESC guidelines for acute and chronic heart failure[J]. *Herz*, 2016, 41(8):655-663.
- [14] Kostikas K, Gogali A, Hillas G. Cardiovascular disease and chronic obstructive pulmonary disease: adding a third dimension to the ABE Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease 2023 chronic obstructive pulmonary disease classification [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2023, 208(4):502-504.
- [15] Chinese Society of Hepatology, Chinese Medical Association; Xu X Y, Duan Z P, et al. Chinese guidelines on the management of ascites and its related complications in cirrhosis[J]. *Hepatol Int*, 2019, 13(1):1-21.
- [16] Im W H, Song J S, Park E H, et al. Transient severe motion in the arterial phase during gadoxetate disodium-enhanced MR imaging; evaluation of patients with multiple MR examinations[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2017, 42(10):2393-2401.
- [17] 姚红莉, 邵剑波, 唐映波, 等. 先天性心脏病患儿造影增强磁共振血管成像检查的护理配合[J]. *护理学杂志*, 2010, 25(18):38-39.
- [18] Reiter C, Reiter U, Kräute C, et al. Differences in left ventricular and left atrial function assessed during breath-holding and breathing [J]. *Eur J Radiol*, 2021, 141:109756.
- [19] Wang K, Zhang W, Li S, et al. Prognosis in patients with coronary heart disease and breath-holding limitations: a free-breathing cardiac magnetic resonance protocol at 3.0 T [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2021, 21(1):580-589.
- [20] Bernardi L, Gabutti A, Porta C, et al. Slow breathing reduces chemoreflex response to hypoxia and hypercapnia, and increases baroreflex sensitivity [J]. *J Hypertens*, 2001, 19(12):2221-2229.
- [21] Damiani G, Basso D, Acampora A, et al. The impact of level of education on adherence to breast and cervical cancer screening: evidence from a systematic review and meta-analysis [J]. *Prev Med*, 2015, 81:281-289.
- [22] Jang E B, Kim D W, Choi S H, et al. Transient severe motion artifacts on gadoteric acid-enhanced MRI: risk factor analysis in 2230 patients [J]. *Eur Radiol*, 2022, 32(12):8629-8638.
- [23] Dixon A E, Peters U. The effect of obesity on lung function [J]. *Expert Rev Respir Med*, 2018, 12(9):755-767.
- [24] Song J S, Choi E J, Park E H, et al. Comparison of transient severe motion in gadoxetate disodium and gadopentetate dimeglumine-enhanced MRI: effect of modified breath-holding method [J]. *Eur Radiol*, 2018, 28(3):1132-1139.
- [25] Luetkens J A, Kupczyk P A, Doerner J, et al. Respiratory motion artefacts in dynamic liver MRI: a comparison using gadoxetate disodium and gadobutrol [J]. *Eur Radiol*, 2015, 25(11):3207-3213.
- [26] Matsunuma R, Yamaguchi T, Mori M, et al. Predictive factors for the development of dyspnea within 7 days after admission among terminally ill cancer patients [J]. *Am J Hosp Palliat Care*, 2022, 39(4):413-420.
- [27] Lang S P, Dovjak G O, Messner A, et al. Influence of dilution on arterial-phase artifacts and signal intensity on gadoteric acid-enhanced liver MRI [J]. *Eur Radiol*, 2023, 33(1):523-534.
- [28] Davenport M S, Bashir M R, Pietryga J A, et al. Dose-toxicity relationship of gadoxetate disodium and transient severe respiratory motion artifact [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2014, 203(4):796-802.
- [29] Wybranski C, Siedek F, Damm R, et al. Respiratory motion artefacts in Gd-EOB-DTPA (Primovist/Eovist) and Gd-DOTA (Dotarem)-enhanced dynamic phase liver MRI after intensified and standard pre-scan patient preparation; a bi-institutional analysis [J]. *PLoS One*, 2020, 15(3):e0230024.
- [30] Namimoto T, Shimizu K, Nakagawa M, et al. Reducing artifacts of gadoxetate disodium-enhanced MRI with oxygen inhalation in patients with prior episode of arterial phase motion: intra-individual comparison [J]. *Clin Imaging*, 2018, 52:11-15.