

- [17] 李关芹,张现坡,孙新海,等. DWI 联合常规 MR 扫描对肛瘘的诊断价值[J]. 放射学实践, 2011, 26(2): 213-215.
- [18] Baik J, Kim SH, Lee Y, et al. Comparison of T₂-weighted imaging, diffusion-weighted imaging and contrast-enhanced T₁-weighted MR imaging for evaluating perianal fistulas[J]. Clin Imaging, 2017, 44: 16-21.
- [19] 胡道予,王承缘. MR 不同序列成像诊断肛瘘的研究[J]. 中华放射学杂志, 2004, 38(1): 66-69.
- [20] 彭杰. 30 例肛瘘患者不同序列扫描 MR 诊断分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2017, 15(8): 128-130.
- [21] 张芳,陈军,刘四斌,等. 3.0T 磁共振 3D CUBE T₂WI 抑脂序列对肛瘘的诊断价值[J]. 临床放射学杂志, 2016, 35(9): 1390-1393.
- [22] 龚志刚,杨烁慧,朱琼,等. 质子加权预饱和脂肪抑制序列在肛瘘中的应用价值[C]. 第十二次全国中西医结合医学影像学术研讨会论文集. 上海中医药大学附属曙光医院, 2012: 586-591.
- [23] 张莲,蔡卫东,孙希文. MRI 肛瘘内口诊断在治疗中的价值: 磁共振 PDWI 抑脂与增强 T₁WI 抑脂序列的对照研究[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2016, 22(5): 435-439.
- [24] Whiteford MH, Kilkenny J, Hyman N, et al. Practice parameters for the treatment of perianal abscess and fistula-in-ano(revised)[J]. Dis Colon Rectum, 2005, 48(7): 1337-1342.
- [25] Parks AG, Gordon PH, Hardcastle JD. A classification of fistula-in-ano[J]. Br J Surg, 1976, 63(1): 1-12.
- [26] Morris J, Spencer JA, Ambrose NS. MR imaging classification of perianal fistulas and its implications for patient management[J]. Radiographics, 2000, 20(3): 623-637.
- [27] Garg P. Comparing existing classifications of fistula-in-ano in 440 operated patients: Is it time for a new classification? A retrospective cohort study[J]. Int J Surg, 2017, 42: 34-40.
- [28] Assche GV, Vanbeckevoort D, Bielen D, et al. Magnetic resonance imaging of the effects of infliximab on perianal fistulizing Crohn's disease[J]. Am J Gastroenterol, 2003, 98(2): 332-339.
- [29] Buchanan G, Halligan S, Williams A, et al. Effect of MRI on clinical outcome of recurrent fistula-in-ano[J]. Lancet, 2002, 360(9346): 1661-1662.

(收稿日期: 2019-03-01 修回日期: 2019-06-08)

• 综述 •

Gd-EOB-DTPA 动脉期伪影优化方案及研究进展

刘永倩, 章维, 周玉祥, 赵新湘

【摘要】 钆塞酸二钠(Gd-EOB-DTPA)由于其肝胆特异性成像特征, 不仅有助于小肝癌及肝转移瘤的检测, 同时可对肝功能进行评估, 近年来得到较广泛使用。然而, 由于其动脉期短暂严重的呼吸伪影发生率相对较高, 影响了动脉期图像质量。对于肝脏占位, 尤其是肝细胞肝癌来说, 动脉期成像质量对于诊断与鉴别诊断至关重要, 如何获取优质的动脉期图像也是临床关注的一个方向。近年来针对 Gd-EOB-DTPA 动脉期伪影的改善有多种方法及研究, 本文对此进行综述。

【关键词】 Gd-EOB-DTPA; 肝脏; 磁共振成像; 呼吸伪影; 图像质量

【中图分类号】 R445.2; **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)11-1270-04

DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.11.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



钆塞酸二钠(Gd-EOB-DTPA)是目前临床正在使用的一种新型 MRI 对比剂, 主要用于肝胆系统的 MR 成像, 在肝胆系统疾病的检测和诊断中起着非常重要的作用。近年来大量应用于肝细胞癌、肝转移、肝硬化、小肝癌、肝血管瘤、肝局灶增生结节等病变, 它的特性就在于可获取额外的肝胆期图像。在肝胆期, 有功能的肝细胞能摄取 Gd-EOB-DTPA, 并通过肝胆道和肾脏系统排泄, 而无功能的肝细胞则无法摄取, 根据这

样的特性, 可提高肝脏病变的检出率, 特别是肝硬化、小肝癌的检测, 并且可以评价肝功能。然而在用它进行 MRI 动态增强时, 可在肝动脉期观察到严重的呼吸伪影, 且发生率相对较高, 降低了对病灶鉴别诊断的能力。笔者综述近年来 Gd-EOB-DTPA 相关呼吸伪影的形成原因、影响因素及相关改善方法, 旨在为 Gd-EOB-DTPA 的临床应用提供参考和帮助。

动脉期呼吸运动伪影简介

1. 特点

在以往的研究中, 已有报道短暂的剧烈呼吸伪影(transient severe motion, TSM)经常出现在 Gd-EOB-DTPA 增强动脉期, 发生率为 10.7%~18%, 高于一般的细胞外对比剂^[1-4], 且大多数伪影局限于腹壁, 或

作者单位: 650101 昆明, 昆明医科大学第二附属医院放射科

作者简介: 刘永倩(1994-), 女, 云南昭通人, 硕士研究生, 主要从事心脏磁共振成像研究。

通讯作者: 赵新湘, E-mail: zhaoxinxiang06@126.com

基金项目: 云南省中青年学术技术带头人培养项目(2015HB068); 云南省卫生和计划生育委员会医学学科带头人培养项目(D-201646)

以血管为中心分布,类似于未屏住气而出现水样波纹状伪影,称之为类呼吸伪影,该伪影一般持续短暂而自限,持续时间约 10~20 s。

2. 形成的原因及影响因素

注入 Gd-EOB-DTPA 后在扫描过程中患者自诉有短暂呼吸困难或恶心的症状。因此多数认为呼吸伪影是因为患者的短暂的呼吸困难造成的,在发生短暂呼吸困难的患者中,并不导致患者血氧饱和度和心率的变化^[5]。也有研究提出严重呼吸伪影与呼吸控制失败有关,但与患者主观感受到呼吸困难或血氧饱和度下降无关^[6]。呼吸困难的发生与注射的 Gd-EOB-DTPA 剂量相关,因此更倾向于是一种化学毒性反应,而不是过敏样反应^[7]。动脉早期患者出现急性短暂性呼吸困难,难以保持屏气,从而产生一过性严重呼吸性运动伪影,导致动脉期图像质量下降。

相关的影响因素可能为注射流率、剂量、肝功能、腹水、体质量指数(BMI)、潜在疾病、屏气能力、氧供、年龄和性别等。有研究提出快的注射流率(2 mL/s)、高剂量(20 mL 的固定容积)、COPD、既往有类似的呼吸困难(TSM)经历、碘过敏史都是产生 TSM 的高危因素^[2,4,8]。

动脉期伪影的优化方案和研究进展

为了减轻动脉期伪影的程度或减少其发生率,提高动脉期成像质量,目前的研究提出了多种方法。包括抑脂技术(降低脂肪信号强度而减少呼吸运动伪影),空间预饱和技术(在常规脉冲序列前插入特殊的射频脉冲来激发某一板块,从而使受激发的板块内产生饱和效应),超快速技术(如回波平面成像),合理设置 TR 和激励次数(NEX);另外还可用呼吸门控技术、呼吸补偿技术。以及改善对比剂注入方法:开始注药和开始采集图像之间的固定延迟;小容积团注测试;自动或半自动团注检测技术;结合多期连续动脉期采集的固定延迟;稀释对比剂;降低注射流率等^[9]。总的来说,上述优化方案大体可分为以下三个方面。

1. 注射流率和剂量的优化

研究显示低流率和低剂量注射并辅以氧合会降低呼吸伪影并改善图像质量。Ringe 等^[10]通过比较不同注射流率(2 mL/s 和 1 mL/s)、不同剂量(体重相关的 0.025 mmol/kg 和固定剂量 10 mL),以及是否辅助氧合来对呼吸伪影的发生和图像质量进行评估,结果显示低速率、体重相关剂量、辅以氧合的伪影评分较高速率、固定剂量和未氧合的改善,低速率注射可显著提高动脉、门脉期的 SNR。Gd-EOB-DTPA 的推荐剂量为 0.1 mL/kg,流率为 2.0 mL/s,此方案会造成较高的伪影率,而 1.0 mL/s、1.5 mL/s 伪影率较低。有研究^[11]

通过利用不同的注射流率(1.0 mL/s、1.5 mL/s、2.0 mL/s)来观察三组患者肝动脉期伪影、MRI 成像质量及不良反应发生率,结果显示以 1.0 mL/s 的流率注射对比剂动脉期伪影发生率明显低于 1.5 mL/s 和 2.0 mL/s,图像质量更优,同时安全性更高。还将所得图像按照动脉期相分组标准分为动脉早期及晚期组,并比较各组伪影率。结果显示 1.0 mL/s 组动脉晚期伪影率也低于其他两组。

2. 单期和多期动脉成像的探讨

我们常用的“动脉双期”扫描技术的主要目的之一就在于准确捕捉肝动脉晚期的图像,因此保证 Gd-EOB-DTPA 增强扫描动脉晚期的图像质量对于提高 Gd-EOB-DTPA 在肝脏疾病中的应用价值至关重要。针对此,有多个研究通过优化动脉期序列来提高图像质量,包括单期成像和多期成像。有研究采用单期扫描降低动脉屏气时间,应用检测技术准确捕捉动脉晚期来保证 Gd-EOB-DTPA 的动脉期采集的图像质量。方法如下:Gd-EOB-DTPA 肝脏增强扫描采用单期扫描,并将屏气时间降至原来的一半(约 10 s),使用动态监测技术精确捕捉第一期为动脉晚期,此方法可减少动脉晚期的呼吸伪影,提高采集的图像质量,可为临床提供一定的指导意义。然而,也有研究在动态增强扫描中采用动脉期多期扫描可以提高获取优质动脉相的频率,优于单期扫描,至少可提供一个优质动脉相。Xiao 等^[12]通过采用五期动脉相扫描和单期动脉相采集比较其 TSM 的发生率和 TSM 的评分,结果显示单期动脉相的动脉期伪影重,无法获取优质图像,而五期相的第四期伪影最重,但其他四期不影响诊断,因此可以获得多个优质动脉期图像,从而提高动脉期成像质量。Yoon 等^[13]通过三期动脉相和单期动脉相的图像质量和伪影对比,得出三期比单期获取到优质动脉晚期相的几率大,三期获取了优质的动脉相。Pietryga 等^[3]应用 Gd-EOB-DTPA 和钆贝葡胺进行单次屏气三重动脉期采集,对无强化期、3 个动脉期、门脉期和延迟期图像伪影进行量化评定,量化标准从 1(没有运动)到 5(不能诊断影像),结果显示 Gd-EOB-DTPA 的 TSM 出现率高于钆贝葡胺,然而在 37 例被 TSM 影响的检查患者中有 30 例至少一个运动分数在 3 分或以下的动脉组,即至少可保证一个动脉时相是可以用于诊断的。综上,采用单期还是多期成像来减少 Gd-EOB-DTPA 动脉伪影,存在不同的研究结论,但以多动脉期采集的研究为多,多期成像可提高获取优质动脉相的频率。

3. 动脉期定时和采集序列的优化

造成动脉期图像质量不佳也可能是由于数据采集时间与对比剂循环时间的不匹配,即动脉期获取时机

不佳。高分辨率的数据采集需要 20 s,在注射总量为 10 mL 的对比剂时,在 1.0、1.5、2.0 mL/s 的注射流率下,对比剂在经历各阶段循环的时间都只有 5~10 s,这个时间明显短于数据获取时间,从而造成伪影重、图像质量不佳的情况。有研究提出相关改善方法,如介于开始注射对比剂至开始获取图像之间的固定延迟;小剂量团注测试或团注追踪技术;自动或半自动团注检测技术;结合几个连续动脉相获取的固定延迟;阈值触发法(根据选定层面的信号变化进行触发扫描,从而选定恰当的动脉期,此法可个体化应用,但少用,因为无法区分动脉早晚期);经验值法(技师结合患者的年龄、心功、肝功能及 BMI,根据经验决定从开始注药至开始扫描的延迟时间,一般注药后 16~20 s 开始扫描,单次屏气时间为 16 s,此法常用);小剂量团注法(先注 1~2 mL 的小剂量对比剂,描绘出腹主动脉的信号-时间曲线,从开始注药后至腹主动脉信号最高点的时间设定为肝动脉期的延迟时间,但是小剂量 Gd-EOB-DTPA 也会影响后续正式的肝动脉期扫描,会影响肝实质的强化)^[11]。

团注检测技术和团注追踪技术对肝动脉期进行定时比固定延迟方法在获取适当肝动脉期、增强效果和病变对比中更有优势。Iyama 等^[14]利用团注检测和团注追踪技术来比较最佳肝动脉的时机和图像质量,扫描中实时团注检测与对比剂注入同时进行,当横膈水平的腹腔动脉内见对比剂充填时,停止团注追踪,接着屏气,获取屏气 3D GRE 序列,用 2D GRE 序列获取实时团注追踪影像。结果显示团注检测技术比团注追踪技术更能精确肝动脉期定时,且其捕捉到最佳肝动脉期时机的百分比更高,从而能获得更优质的图像质量。

k 空间的填充方式决定了重建后图像的空间及时间分辨率,k 空间中心(中央)部分的数据,主要决定图像的对比度;k 空间周边(周围)部分的数据,主要决定图像的细节(空间分辨率)。利用这些特性,可以通过变换 k 空间填充顺序和填充轨迹来缩短扫描时间、精准地抓住血管成像时间或进行运动伪影的消除。对此有研究提出了匙孔技术(keyhole)和二维并行成像技术。匙孔技术主要用于快速的动态增强扫描技术,因为此技术中 k 空间中心部的采样频率更高且总是优先采集,而其他部分采用共享,这等效于提高了时间分辨率;二维并行成像技术,也是快速成像技术,通过多线圈并行采集,以增加 k 空间内采样位置的距离,达到减少 k 空间采集密度的目的,在小视野内通过专门的重建算法,在保持空间分辨率不衰减的情况下,使采集时间减少^[15-17]。上述技术通过大幅度地提高时间分辨率,从而使图像对比度显著提高,进而消除运动伪影,

提高图像质量。目前可联合二维并行成像技术和匙孔技术来减少扫描时间,并同时保证高的空间分辨率。Yoon 等^[13]研究三期动脉相成像与单期动脉相采集相比,在三期动脉相成像结合了二维并行成像技术和匙孔技术,结果显示三期动脉相中不伴严重呼吸伪影的动脉晚期相占比 96.4%,而单期动脉相的占比 79.9%,三期动脉相采集可提供最佳的动脉相获取(伴最佳的动脉期定时并降低的呼吸伪影),表明三期动脉相比单期相获取到优质动脉晚期相的频率高。此研究获得了可靠动脉相成像的改进率,为今后 Gd-EOB-DTPA 的临床研究提供了一定的指导意义。

Yoon 等^[18]还提出利用黄金角径向稀疏并行采样(golden-angle radial sparse parallel,GRASP)的门控自由呼吸 T₁WI 来为表现出短暂呼吸运动伪影的患者提供可接受的动脉期图像。此研究回顾性评估了动脉早期、晚期和门脉期中的伴呼吸门控和不伴呼吸门控的 T₁WI 以及不同时间分辨率(非门控 13.3 s、门控 13.3 s、门控 6 s T₁WI)重建后的图像质量和呼吸伪影。结果显示不管是动脉早期、晚期还是延迟期,门控 13.3 s 和门控 6 s 的图像质量及呼吸伪影明显优于非门控 13.3 s;动脉晚期相的图像质量门控 13.3 s>门控 6 s>非门控 13.3 s。上述证据表明,与非门控 GRASP T₁WI 相比,呼吸门控能获取更好的图像质量和更少的伪影,因此呼吸门控和自由呼吸 GRASP 的联合将更加助益于临床。和传统的固定延迟屏气方法相比,应用 GRASP 的所有患者都可获取动脉晚期相;且和其他技术相比,GRASP 允许连续扫描和灵活的重建,反过来,可以采用可变的时间分辨率进行回顾性重建,并且“错过的”动脉期可以通过基于测量的原始数据以不同时间分辨率进行重建来恢复。综上,GRASP 允许连续扫描,从而避免了对团注追踪、团注测试或捕获动脉高的固定时间延迟的需要。此外,尽管有短暂的呼吸运动,还是能以 13.3 s 的时间分辨率通过门控重建在所有患者中获得始终可接受的图像,即使屏气较短(<10 s)的患者也可获得可接受的图像质量。

研究展望

GD-EOB-DTPA 因其具有良好、稳定而安全的诊断性能,逐渐成为全球所认同的肝胆系统 MR 成像的优选策略,特别是在在肝细胞肝癌的检出、鉴别、评估和随访中已做出巨大贡献。如能进一步减轻其动脉期伪影,将有助于其更广泛的应用。目前已越来越多的研究和临床实践致力于探索其动脉期伪影的发生原因,并寻求解决方案。Gd-EOB-DTPA 相关呼吸伪影的改善不仅在于对比剂应用在细节上的处理,还依赖

于今后各种先进技术的应用,同时也为其将来的临床应用提供更广阔的空间。

参考文献:

- [1] Davenport MS, Viglianti BL, Al-Hawary MM, et al. Comparison of acute transient dyspnea after intravenous administration of gadoxetate disodium and gadobenate dimeglumine; effect on arterial phase image quality[J]. Radiology, 2013, 266(2): 452-461.
- [2] Davenport MS, Caoili EM, Kaza RK. Matched within-patient cohort study of transient arterial phase respiratory motion-related artifact in MR imaging of the liver: gadoxetate disodium versus gadobenate dimeglumine[J]. Radiology, 2014, 272(1): 123-131.
- [3] Pietryga JA, Burke LM, Marin D, et al. Respiratory motion artifact affecting hepatic arterial phase imaging with gadoxetate disodium: examination recovery with a multiple arterial phase acquisition[J]. Radiology, 2014, 271(2): 426-434.
- [4] Kim SY, Park SH, Wu EH, et al. Transient respiratory motion artifact during arterial phase MRI with gadoxetate disodium: risk factor analyses[J]. AJR, 2015, 204(6): 1220-1227.
- [5] Hayashi T, Saitoh S, Tsuji Y, et al. Influence of gadoxetate disodium on oxygen saturation and heart rate during dynamic contrast-enhanced MR imaging[J]. Radiology, 2015, 276(3): 756-765.
- [6] Motosugi U, Bannas P, Bookwalter CA, et al. An investigation of transient severe motion related to gadoxetic acid-enhanced MR imaging[J]. Radiology, 2016, 279(1): 93-102.
- [7] Davenport MS, Bashir MR, Pietryga JA, et al. Dose-toxicity relationship of gadoxetate disodium and transient severe respiratory motion artifact[J]. AJR, 2014, 203(4): 796-802.
- [8] Bashir MR, Castelli P, Davenport MS, et al. Respiratory motion artifact affecting hepatic arterial phase MR imaging with gadoxetate disodium is more common in patients with a prior episode of arterial phase motion associated with gadoxetate disodium[J]. Radiology, 2015, 274(1): 141-148.
- [9] Huh J, Kim SY, Yeh BM, et al. Troubleshooting arterial-phase MR images of gadoxetate disodium-enhanced liver[J]. Korean J Radiol, 2015, 16(6): 1207-1215.
- [10] Ringe KI, von Falck C, Raatschen HJ, et al. Evaluation of transient respiratory motion artifact at gadoxetate disodium-enhanced MRI-Influence of different contrast agent application protocols [J]. PloS One, 2018, 13(7): e0200887.
- [11] 韩玉娟, 于长路, 贾科峰, 等. 不同注射流率及动脉期期相选择对肝脏普美显增强 MRI 图像质量的影响[J]. 临床放射学杂志, 2016, 35(01): 138-142.
- [12] Xiao YD, Ma C, Liu J, et al. Transient severe motion during arterial phase in patients with Gadoteric acid administration; can a five hepatic arterial subphases technique mitigate the artifact[J]. Exp Ther Med, 2018, 15(3): 3133-3139.
- [13] Yoon JH, Lee JM, Yu MH, et al. Triple arterial phase MR imaging with gadoteric acid using a combination of contrast enhanced time robust angiography, keyhole, and view sharing techniques and two-dimensional parallel imaging in comparison with conventional single arterial phase[J]. Korean J Radiol, 2016, 17(4): 522-532.
- [14] Iyama Y, Nakaura T, Yokoyama K, et al. Comparison of the timing of hepatic arterial phase and image quality using test-bolus and bolus-tracking techniques in gadolinium-ethoxybenzyl-diethylenetriamine pentaacetic acid-enhanced hepatic dynamic magnetic resonance imaging[J]. J Comput Assist Tomogr, 2017, 41(4): 638-643.
- [15] Obara M, Togao O, Beck GM, et al. Non-contrast enhanced 4D intracranial MR angiography based on pseudo-continuous arterial spin labeling with the keyhole and view-sharing technique[J]. Magn Reson Med, 2018, 80(2): 719-725.
- [16] Attenberger UI, Ingrisch M, Dietrich O, et al. Time-resolved 3D pulmonary perfusion MRI: comparison of different k-space acquisition strategies at 15 and 3T[J]. Invest Radiol, 2009, 44(9): 525-531.
- [17] Steidle G, Schäfer J, Schlemmer HP, et al. Two-dimensional parallel acquisition technique in 3D MR colonography[J]. Rofo, 2004, 176(8): 1100-1105.
- [18] Yoon JH, Lee JM, Yu MH, et al. Evaluation of transient motion during gadoteric acid-enhanced multiphasic liver magnetic resonance imaging using free-breathing golden-angle radial sparse parallel magnetic resonance imaging[J]. Invest Radiol, 2018, 53(1): 52-61.

(收稿日期: 2019-02-27 修回日期: 2019-05-20)