

# 钆塞酸二钠对肝脏 MRIT2mapping 序列的影响

麦妙凤<sup>1</sup> 黄慧仪<sup>(通讯作者)</sup> 谭芳琴 李朝隆 张晓萍

中山市第二人民医院放射科, 广东中山, 528447;

**摘要:** 目的: 本研究是探索钆塞酸二钠 (Gadoxetic acid disodium, Gd-EOB-DTPA) 对肝脏磁共振横向弛豫时间定量成像 (T2 relaxation time mapping, T2 mapping) 的影响。方法: 回顾性收集本院 2023 年 3 月至 2024 年 6 月期间 80 例慢性肝病患者的肝脏 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 数据, 根据扫描期分为 2 组, 平扫期的 T2 mapping 为 Mpre 组, 肝胆期的 T2 mapping 为 Mpost 组。在两组对应层数的肝左外叶、肝左内叶、肝右外叶、肝右内叶手动绘制受检者感兴趣区 (Region of Interest, ROI) 曲线, 计算曲线下面积 (Area Under the Curve, AUC) 的均值, 以此进行两组间的数据对比。结果: 研究结果显示, 80 例病例中, Mpre 组 T2 mapping 检查序列均值为 46.60ms, Mpost 组均值为 35.50ms。与 Mpre 组相比, Mpost 组均值显著降低, 两组间均值差值具有统计学意义 ( $P < 0.001$ )。这表明 Gd-EOB-DTPA 会使肝脏 MRI 成像中 T2 mapping 测量数值发生显著变化, 明显缩短 T2 mapping 值。结论: 在进行肝脏 T2 mapping 序列检查时, 为避免 Gd-EOB-DTPA 对肝脏组织 T2 定量值变化进行定量分析的影响, 应在注射钆塞酸二钠造影剂前完成扫描, 为临床提供更为精准的数据。

**关键词:** 钆塞酸二钠; 肝脏; 横向弛豫时间定量成像

**DOI:** 10.69979/3029-2808.25.11.007

## 前言

在现代医学影像技术领域, 磁共振成像 (MRI) 有无辐射、软组织对比度高以及具备多参数成像能力等显著特点, 在肝脏疾病的诊断与评估中扮演着至关重要的角色。其中, T2 mapping 技术在临床应用中已彰显出其独特优势。以评估腰椎间盘退行性变为例, T2 mapping 技术能够通过测量椎间盘的 T2 定量值, 精准反映组织内的含水量以及胶原结构的变化情况, 相较于传统 MRI, 可提供更为客观、敏感且精确的诊断信息<sup>[1]</sup>。在慢性肝脏疾病评估中, 虽然传统 MRI 技术 (如 T1WI、T2WI、DWI) 能提供组织形态学和扩散特性信息, 但在定量评估肝组织纤维化程度方面存在局限性 (如主观性强、对早期纤维化敏感性不足等)。而 T2 mapping 技术通过定量测量组织横向弛豫时间, 可客观反映肝组织微观结构 (如胶原纤维含量) 的改变, 为肝脏纤维化的早期诊断和分级提供更精准的影像学依据<sup>[2]</sup>。Gd-EOB-DTPA 作为一种新型的肝细胞特异性 MRI 对比剂, 不仅具备非特异性细胞外对比剂的功能, 还能够被正常肝细胞摄取, 并在胆道系统中排泄<sup>[3-6]</sup>。这一特性使其在提高肝脏局灶性病变的检出率以及评估肝脏功能方面表现卓越, 尤其在小病灶检测和肝细胞功能评估方面优势明显<sup>[7]</sup>, 但关于 Gd-EOB-DTPA 对比剂对肝脏 T2 mapping 成像影响的系统性研究仍较为匮乏, 这一空白不仅限制了对 MRI 定量参数稳定性的理解, 也可能影响临床实践中 T2 mapping 技术的规范化应用 (如扫描时机选择、数据解读等)。

因此, 本研究针对这一关键问题展开探讨, Gd-EOB-DTPA 的使用是否会对 T2mapping 的测量结果产生影响。这一发现对于优化 MRI 扫描技术在肝脏疾病诊断中的应用具有重要的临床价值和科学意义。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

2023 年 3 月 22 日~2024 年 5 月 16 日在中山市第二人民医院行 Gd-EOB-DTPA 上腹部 MRI 检查的肝病患者。本研究纳入 80 例临床诊断为慢性肝病患者, 包括但不限于不同程度肝炎、肝纤维化、肝硬化等。纳入标准: 同一患者同参数 T2mapping 序列均在 Mpre 与 Mpost 进行一次扫描形成对照组且图像质量佳, 肝脏或肝周无异物影响肝脏显示、无明显伪影。排除标准: (1)、钆对比剂过敏史; (2)、呼吸伪影严重者; (3)、肝脏有占位性病灶且影响 T2mapping 测量; (4)、肝脏部分切除术后, 肝叶或肝段不全患者; (5)、重度肾功能不全; (6)、其他 MRI 禁忌症如幽闭恐惧症等。所有参与者均签署知情同意书; 且遵守《赫尔辛基宣言》, 经中山市第二人民医院伦理委员会批准, 批准文号: 2022013。

### 1.2 仪器与方法

#### 1.2.1 设备与线圈

选用荷兰 PHILIPS 公司 1.5T 超导性磁共振机器 (型号为 Multiva 1.5T), 并搭配 16 通道的腹部线圈。注

射器采用德国拜耳公司专门设计的防磁双管高压注射器。

### 1.2.2 病人准备

在检查前，帮助患者去除体外金属异物，同时对患者进行呼吸与憋气训练。在患者右手背静脉留置静脉通道连通并确保其通道顺畅。让患者取仰卧位、头部先进、双手上举并平稳放置于头部双侧。

### 1.2.3 扫描序列

新技术 T2mapping 成像序列：多回波快速自旋回波序列，进行横断面扫描，扫描范围从肝顶延伸至肝下缘。扫描参数设置如下：TR：182ms，TE：n\*10ms，FA：90° FOV=380mmX300mm 体素大小：2mmX2mmX5mm，层厚 5mm，层间隔 0mm。

### 1.2.4 扫描流程

为了准确评估 Gd-EOB-DTPA 的影响，在注射该对比剂之前，先进行一次 T2mapping 序列扫描；在注射之后，待排泄期达到 20 分钟时，再次进行同参数 T2mapping 序列扫描。

### 1.2.5 图像后处理

所有采集到的 MRI 数据通过 Multiva 1.5T 专用软件 ImageView 软件包 Ellipse 工具进行手动后处理感兴趣区(region of interest ,ROI)绘制，分别在注射对比剂前(Mpre)与注射对比剂后 (Mpost) 对应层数的肝左外叶、肝左内叶、肝右外叶、肝右内叶绘制受检者 ROI 曲线，并计算 AUC 数值，绘制的感兴趣面积设定为 50~70mm<sup>2</sup>，取这些面积的平均值作为最终结果。图像后处理与分析工作由经验丰富的放射科副主任医生或技师完成，他们绘制图像并录入相关资料和数据，以此降低

主观性误差。

## 1.3 统计学分析

本研究运用 SPSS 27.0 软件开展统计学分析。研究数据为同一病人在相同序列下，注射 Gd-EOB-DTPA 前 (Mpre) 与注射 Gd-EOB-DTPA 后 (Mpost) 的计量资料，这些数据采用平均数±标准差 (X±S) 表示，首先，借助 SPSS27.0 软件中的单样本正态性验证，验证 Mpre 组与 Mpost 组两组数据差值 (X 差) 是否呈正态分布。若呈正态分布，则采用配对样本 T 检验法对两组数据进行配对分析，以探索两组间均值的差异情况。当 P<0.05 时，表明两组间的差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 一般资料

共纳入 80 例慢性肝病患者 (31~75 岁)，包括不同程度肝炎、肝纤维化、肝硬化，平均年龄 51.25±9.99 岁；其中 13 例 (40~75 岁) 女性平均年龄 57.38±12.44 岁，67 例 (31~65 岁) 男性平均年龄 50.06±9.08 岁。两组患者在性别及年龄方面的差异无统计学差异 (P>0.05)。

### 2.2 结果分析

80 例患者按注射 Gd-EOB-DTPA 前 (Mpre 组) 与注射 Gd-EOB-DTPA 后 (Mpost 组) 进行配对设计；两组肝脏 ROI 的 T2mapping 均值 (X) 如表 1 所示；Mpre 组与 Mpost 组的肝脏 T2 mapping 均值 (X) 比较，两组数据均值差异具有统计学意义 (P<0.05)，提示 Gd-EOB-DTPA 对比剂对肝脏 T2 mapping 数值存在显著性影响。

表 1 80 例患者两组间配对评价结果

分组	Mpre (n=80)	Mpost(n=80)	Mpost-Mpre(n=80)	T 值	P 值
T2mapping 均值 X (ms)	46.60±7.4	35.50±7.57	11.10±4.88	20.33	P<0.001

本研究采用独立样本配对 T 检验方法对数据进行分析。结果显示 Mpost 均值相较于 Mpre 均值明显降低，降低幅度达 11.18。差值的 95% 置信区间是 (10.08, 12.28)，这一区间进一步表明两组均值存在显著性差异。如图 1 所示的均值条形图对比中，直观性看到同患者同序列下 Mpre 均值与 Mpost 均值的显著性差异。综合上述结果，可以明确 Gd-EOB-DTPA 对磁共振上腹部肝脏 T2mapping 检查中 T2 定量值的测量具有明显影响。

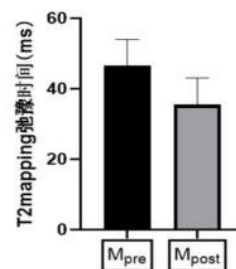


图 1

图 1 同一患者同参数序列 Mpre 与 Mpost 条形图比较

### 2.3. 病例图像

如图 2 和图 3 所示, 针对同一位患者在相同参数的序列下, 分别绘制了 Mpre 和 Mpost 的受检者 ROI 曲线, 并测量了相应 T2 定量值。

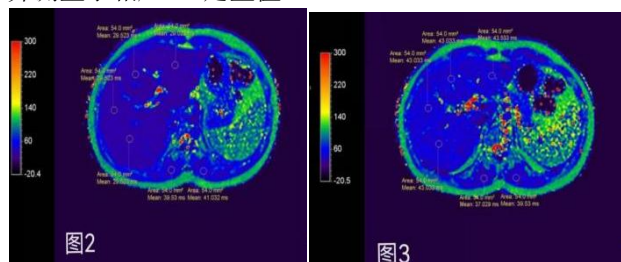


图 2 和图 3: 该病例为 31 岁女性肝病患者: 图 2 与图 3 分别展示 Mpre 与 Mpost 测量肝脏 T2mapping 值的区域, 从图中可以清晰看出, Mpost 肝脏各个区域的 T2mapping 值相较于 Mpre 对应区域均出现了明显下降。Mpre (图 3) 肝脏 T2mapping 序列的 T2 定量均值为 43.16ms, 而 Mpost (图 2) 肝脏 T2mapping 的 T2 定量均值为 29.40ms, Mpost 较 Mpre 的 T2 定量均值明显下降了 13.76ms。

### 3 讨论

以往研究均利用病变肝脏组织结构不同成分 T2 mapping 不同 T2 定量值来诊断疾病和病情评估<sup>[3-4]</sup>。目前 Yoo H、Lee JM、Yoon JH 等人的研究发现<sup>[8]</sup>, 肝脏组织纤维化程度的逐渐加重, T2 定量值呈正反馈式逐渐降低。这充分表明, T2 mapping 技术能够敏锐地反映肝组织的水分变化以及胶原纤维的重排情况。在临床实践中, 该技术尤其适用于慢性肝病的分期。通过对肝脏组织 T2 定量值变化进行定量分析, 能够无创地检测肝纤维化的进展状况<sup>[9-10]</sup>。这为医生制定个性化治疗方案提供了客观性依据<sup>[9-11]</sup>, 有助于医生确定采用何种方式或何时进行肝活检, 以及如何调整治疗策略, 从而显著提升患者的预后管理效果<sup>[12]</sup>。却未有关研究 Gd-EOB-DTPA 对 T2 mapping 测量值是否产生影响, 本研究解答了本问题, 但对其具体影响机制未完全明确。本研究中发现 Gd-EOB-DTPA 增强扫描后, 注射 Gd-EOB-DTPA 后 (Mpost) 测量均值相较于注射 Gd-EOB-DTPA 前 (Mpre) 均值明显降低了 11.18, 且  $P < 0.001$ , 这一结果表明, 钆塞酸二钠 (Gd-EOB-DTPA) 对比剂会使肝脏 MRI 成像中 T2 mapping 测量数值发生明显变化。钆塞酸二钠是一种用于 MRI 检查的对比剂, 注入人体后可以改变组织在 MRI 图像中的信号强度, 从而更清晰地显示病变<sup>[13]</sup>。本研究结果提示, 在使用钆塞酸二钠进行肝脏 MRI 检查时, T2 mapping 测量值会受到对比剂的影响, 弛豫时间明显缩短; 这对于准确解读 MRI 图像、判断病情具有重要意义。然而这种影响的持续时间尚可不明确。本研究仅在注射 Gd-

EOB-DTPA 后 20min 进行了一次测量, 并与注射 Gd-EOB-DTPA 前的数据进行对比。推测 Gd-EOB-DTPA 对 T2mapping 测量值的影响可能与对比剂在组织内排泄时间有关。T2mapping 技术与 Gd-EOB-DTPA 对比剂的联合使用, 能够提高肝脏疾病, 尤其是肝硬化患者小肝癌检测率和肝纤维化的诊断准确性<sup>[13-16]</sup>。

Gd-EOB-DTPA 被具有正常功能的肝细胞中特异性摄取, 现有关研究表明, 期摄取情况取决于肝细胞的数量和功能<sup>[17]</sup>, 官方 EOB 使用说明书显示, 所有受试者中 24 小时后肾脏完全排泄造影剂; 轻中度肝功能损伤患者与肝功能正常受试者在肝脏 MRI 增强信号方面未见显著的临床差异; 而重度肝功能损害患者的清除半衰期延迟至 2.6h, 肝胆排泄显著下降至给药剂量的 5.7%, 肝脏 MRI 增强信号也有所降低<sup>[18]</sup>。鉴于本研究发现 Gd-EOB-DTPA 会使肝脏 T2mapping 序列的数值发生明显变化, 若错过注射 Gd-EOB-DTPA 前扫描 T2mapping 序列的时机, 至少在 24 小时之后才能再进行补充检查<sup>[18-19]</sup>。此外, T2mapping 还可与其他 MRI 技术, 如 DWI、T1mapping 等相结合, 综合评估肝脏疾病的严重程度, 这将是未来研究的重要方向。通过测量 T2mapping 值, 能够提供反映肝组织内水分和胶原纤维变化的客观数值, 辅助临床医生更精准地评估肝脏疾病的严重程度<sup>[9]</sup>; 同时在影像学方面可提高单临床上单纯性模型较准确预测治疗效果<sup>[20-21]</sup>。

然而, 本研究存在样本量较小以及本研究设计存在一定局限性的问题, 因此, 后续需要开展大样本研究, 深入探讨 Gd-EOB-DTPA 对 T2mapping 影响的持续时间。建议未来开展更多大样本、多维度的研究, 进一步研究 Gd-EOB-DTPA 对比剂对 T2mapping 的影响机制, 以及其在不同类型肝脏疾病中的应用价值。此外, 还可以进一步探索是否所有的钆造影剂都会对 T2mapping 检查技术产生影响, 进而优化肝病患者上腹部 MRI 检查方案。

### 参考文献

- [1]Kasar S, Ozturk M, Polat AV.Quantitative T2 mapping of the sacroiliac joint cartilage at 3 T in patients with axial spondyloarthritis [J].Eur Radiol, 2022, 32 (2) : 1395-1403.
- [2]Hoffman DH,Ayoola A, Nickel D,et al.T1-mapping,T2-mapping and MR elastography of the liver for detection and staging of liver fibrosis [J].Abdom Radiol (NY),2020,45(3):692-700.
- [3] Obmann VC,Catucci D,Berzigotti A,etal.T1 reduction rate with Gd-EOB-DTPA determines liver function on both 1.5T and 3.0T MRI [J].Sci R



ep, 2022, 12: 4716.

[4] Weiss M, Siegmund W. Unusual distribution kinetics of gadoxetate in healthy human subjects genotyped for OATP1B1: application of population analysis and a minimal physiological-based pharmacokinetic model[J]. J Clin Pharmacol, 2021, 61(4): 506-514. DOI: 10.1002/jcph.1762.

[5] Zhou X, Long L, Mo Z, et al. OATP1B3 expression in hepatocellular carcinoma correlates with intralesional GdEOB-DTPA uptake and signal intensity on Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI[J]. Cancer Management Res, 2021, 13: 1169-1177. DOI: 10.2147/CMAR.S292197.

[6] 张岩, 冯汉, 宋梦晨, 曹国洪, 钆塞酸二钠增强 MRI 评估肝硬化患者肝功能的研究进展[J]. 中国医学影像学杂志 2023 年第 31 卷第 12 期: 1328-1331.

[7] Altamirano-Barrera A, Barranco-Fragoso B, Mendez-Sanchez N. Management strategies for liver fibrosis[J]. Ann Hepatol, 2017, 16: 48-56.

[8] Cho H, Lee JM, Yoon JH, et al. T2\* mapping from multiecho Dixon sequence on gadoteric acid-enhanced magnetic resonance imaging for the hepatic fat quantification: can it be used for hepatic function assessment[J]. Korean J Radiol, 2017, 18(4): 682-690.

[9] 黄慧仪, 麦妙凤, 张晓东, 谭芳琴, 许靖, 张晓萍, 钆塞酸二钠增强磁共振 T2 mapping 评估肝硬化患者肝功能的价值[J]. 放射学实践, 2025 年 5 月第 40 卷第 5 期 Radiol Practice, May 2025, Vol 40, No. 5: 593-599.

[10] 朱心雨, 郭立, 张雨柔, 黄鹏, 基于钆塞酸二钠增强的 MRI 在肝功能评估中的应用进展[J]. 山东医药 2023 年第 63 卷第 34 期: 108-111.

[11] 朱心雨, 郭立, 张雨柔, 黄鹏, 基于 Gd-EOB-DTPA 增强 MR 图像的信号强度参数及影像组学在评估肝功能中的应用[J]. 临床放射学杂志 2024 年第 43 卷第 6 期: 954-958.

[12] 苏琪植, 万赤丹, 肝切除术后肝功能衰竭影响因素及预测方法研究进展[J]. 现代医药卫生 2023 年 10 月第 39 卷第 19 期: 3370-3374.

[13] 王艾博, 罗佳文, 边杰, 等. 普美显对肝脏动脉期一过性强化灶与小肝癌检出的研究及钆喷酸葡胺的比

较研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2016, 27(12): 881-887.

[14] 李迅, 蒋宇, 优化 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 不同延迟时间对肝细胞肝癌的诊断价值[J]. 影像研究与医学应用 2024 年 8 月第 8 卷第 16 期: 38-42.

[15] Liu X, Jiang H, Chen J, et al. Gadoteric acid disodium-enhanced magnetic resonance imaging outperformed multidetector computed tomography in diagnosing small hepatocellular carcinoma: A meta-analysis[J]. Liver Transpl, 2017, 23(12): 1505-1518.

[16] Golfieri R, Grazioli L, Orlando E, et al. Which is the best MRI marker of malignancy for atypical cirrhotic nodules: hypointensity in hepatobiliary phase alone or combined with other features? Classification after Gd-EOB-DTPA administration[J]. J Magn Reson Imaging, 2012, 36(3).

[17] Murakami T, Sofue K, Hori M. Diagnosis of hepatocellular carcinoma using Gd-EOB-DTPA MR imaging[J]. Magn Reson Med Sci, 2022, 21: 168-181.

[18] 拜耳, 钆塞酸二钠注射液说明书[J]. 官方版.

[19] 汪艳, 罗威, 徐培豪, 钆塞酸二钠 (Gd-EOB-DTPA) MRI 增强在肝细胞肝癌中的研究进展[J]. 系统医学 2023 年 3 月第 8 卷第 6 期: 174-177.

[20] Fang J, Zhang B, Wang S, et al. Association of MRI-derived radiomic biomarker with disease-free survival in patients with early-stage cervical cancer[J]. Theranostics. 2020. 10. (5): 2284-2292.

[21] Kim S, Shin J, Kim D Y, et al. Radiomics on gadoteric acid-enhanced magnetic resonance imaging for prediction of postoperative early and late recurrence of single hepatocellular carcinoma[J]. Clin Cancer Res, 2019, 25(13): 3847-3855.

作者简介: 麦妙凤 (1991.06-), 女, 汉族, 广东湛江人, 本科, 主管技师, 研究方向: CT 与 MRI 技术。通信作者: 黄慧仪 (1984.10-), 女, 汉族, 广东东莞人, 本科, 副主任医师, 研究方向: 胸部疾病、肝脏疾病 CT、MR 的影像诊断。

基金项目: 2023 年度中山市社会公益与基础研究项目 (编号: 2023B1104)。