

# 基于磁共振扩散加权成像的虚拟弹性成像在鉴别肝细胞癌和肝转移瘤中的应用研究

周晓源<sup>1</sup>, 赵海辰<sup>1</sup>, 刘晓静<sup>1</sup>, 董文璐<sup>2</sup>, 段晓敏<sup>1</sup>, 师小娟<sup>1</sup>, 李志明<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>青岛大学附属医院放射科, 山东 青岛

<sup>2</sup>中国人民解放军海军第九七一医院放射科, 山东 青岛

收稿日期: 2026年3月23日; 录用日期: 2026年4月18日; 发布日期: 2026年4月23日

## 摘要

目的: 探讨基于磁共振扩散加权成像的虚拟弹性成像(virtual magnetic resonance elastography, vMRE)在鉴别肝细胞癌和肝转移瘤中的诊断效能。方法: 收集2024年9月至2025年6月因肝脏占位性病变而就诊于青岛大学附属医院的患者, 纳入了30例接受扩散加权成像磁共振检查。利用b值为200和1500 s/mm<sup>2</sup>的DWI图像, 计算出了移位表观扩散系数与基于扩散的剪切模量( $\mu$ diff), 并根据b值为0和800 s/mm<sup>2</sup>的DWI图像获取ADC值, 并比较二者在鉴别肝细胞癌(HCC)与肝转移瘤的能力。结果: 本研究一共纳入了30例患者(男性23例, 女性7例, 平均年龄 $56.1 \pm 10.9$ 岁)。结果显示, 肝细胞癌与肝转移瘤的ADC值无统计学显著性差异( $p = 0.2764$ ), 肝细胞癌与肝转移瘤之间的 $\mu$ diff值存在显著的统计学差异( $p < 0.01$ ), 且HCC的 $\mu$ diff值低于肝转移瘤。结论: 与传统表观扩散系数相比, 磁共振虚拟弹性成像在鉴别肝细胞癌与肝转移瘤方面具有更优越的性能。

## 关键词

表观扩散系数, 扩散加权成像, 虚拟弹性成像, 肝细胞癌, 肝转移瘤

# Virtual Elastography Based on MR-DWI for Differentiation of Hepatocellular Carcinoma and Hepatic Metastases

Xiaoyuan Zhou<sup>1</sup>, Haichen Zhao<sup>1</sup>, Xiaojing Liu<sup>1</sup>, Wenlu Dong<sup>2</sup>, Xiaomin Duan<sup>1</sup>,  
Xiaojuan Shi<sup>1</sup>, Zhiming Li<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

<sup>2</sup>Department of Radiology, The 971<sup>st</sup> Hospital of the Chinese People's Liberation Army Navy, Qingdao Shandong

\*通讯作者。

文章引用: 周晓源, 赵海辰, 刘晓静, 董文璐, 段晓敏, 师小娟, 李志明. 基于磁共振扩散加权成像的虚拟弹性成像在鉴别肝细胞癌和肝转移瘤中的应用研究[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 4609-4618. DOI: 10.12677/acm.2026.1641733

## Abstract

**Objective:** To evaluate the diagnostic performance of virtual magnetic resonance elastography (vMRE) in differentiating between hepatocellular carcinoma (HCC) and hepatic metastases. **Methods:** Thirty patients with space-occupying liver lesions who attended The Affiliated Hospital of Qingdao University from September 2024 to June 2025 were enrolled, and all participants underwent diffusion-weighted magnetic resonance imaging (DWI). The shifted apparent diffusion coefficient and the diffusion-based shear modulus ( $\mu$ diff) were calculated by using the DW images of b values of 200 and 1500 s/mm<sup>2</sup>. And ADC values were obtained from DWI images with b-values of 0 and 800 s/mm<sup>2</sup>. The obtained  $\mu$ diff and ADC values were compared to evaluate their diagnostic ability in differentiating hepatocellular carcinoma from hepatic metastases. **Results:** This study included 30 patients (23 males, 7 females, mean age 56.1 ± 10.9 years). Our results showed no statistically significant difference in ADC values between hepatocellular carcinoma and hepatic metastases ( $p = 0.2764$ ). Quantitative analysis showed a statistically significant difference in  $\mu$ diff values between HCC and hepatic metastases, and HCC exhibited lower  $\mu$ diff values compared to hepatic metastases ( $p < 0.01$ ). **Conclusion:** Compared with conventional apparent diffusion coefficient, magnetic resonance virtual elastography demonstrates superior performance in differentiating hepatocellular carcinoma from liver metastases.

## Keywords

Apparent Diffusion Coefficient, Diffusion-Weighted Imaging, Virtual Magnetic Resonance Elastography, Hepatocellular Carcinoma, Hepatic Metastases

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

表观扩散系数(Apparent Diffusion Coefficient, ADC)是扩散加权成像技术中至关重要的量化参数,通过测量水分子在生物组织内的布朗运动能力,能够无创地反映组织微观结构特征。在临床实践中,ADC值已广泛应用于神经系统、腹部[1]及盆腔[2]等多部位病变的定性诊断与疗效评估。尤其在肝脏影像学领域,ADC值通过区分细胞密度差异,为肝脏局灶性病变的良恶性鉴别提供了重要依据[3]。然而,传统ADC值的计算主要基于单指数模型的简化假设,仅采用常规b值(如0和800 s/mm<sup>2</sup>)进行拟合。这种模型虽然便于临床实施,但未能充分捕捉组织内复杂的水分子扩散行为,特别是对非高斯扩散效应的敏感性不足。

Le Bihan [4]等人提出基于扩散加权成像的虚拟磁共振弹性成像技术,并展现出在无创评估组织硬度方面的潜力。与使用b值为0和800 s/mm<sup>2</sup>的传统DWI不同,vMRE基于两个不同的b值,即200和1500 s/mm<sup>2</sup>。通过将这两个更高的b值引入单指数模型,vMRE能够以理论上的最佳灵敏度同时揭示高斯与非高斯扩散[5]。既往研究表明,在肝纤维化分期方面,VMRE衍生的移位表观扩散系数与传统MRE具有相似的诊断性能[6]。值得注意的是,VMRE无需MRE所需的额外硬件即可实施。先前研究已证实,恶性肿瘤具有更高的细胞密度,这与组织硬度增加相关[7]。因此,VMRE可以作为一种识别恶性肿瘤并鉴别肝细胞癌与转移瘤的有效工具。

作为肝脏恶性肿瘤的主要病理类型，肝细胞癌(HCC)是全球癌症相关死亡的第三大原因[8]。继发性肝癌源于肝外恶性肿瘤转移至肝脏，例如结直肠癌与乳腺癌[9]。HCC的治疗可能侧重于手术切除、局部消融或靶向药物，而肝转移瘤的治疗则更强调全身性化疗与控制原发灶。由于治疗策略不同，在临床上鉴别HCC与继发性转移病灶至关重要[10]。目前，经皮穿刺活检仍是诊断HCC与肝转移瘤的金标准。然而，其有创性会带来不可避免的风险，包括术后出血、感染及其他严重并发症。

因此，本研究旨在验证VMRE在鉴别肝细胞癌与肝转移瘤方面的诊断效能，并与传统表现扩散系数进行对比，为实现无创、精准的肝脏肿瘤鉴别诊断提供一种可靠的技术手段。

## 2. 材料和方法

### 2.1. 患者基本资料收集

本研究前瞻性地收集了2024年8月至2025年6月就诊于青岛大学附属医院因肝脏占位性病变进行扩散加权成像磁共振检查的75例患者。纳入标准如下：(1) 术前磁共振检查序列须包含至少4个b值(0、200、800及1500 s/mm<sup>2</sup>)的扩散加权成像以及对比增强图像；(2) 目标病灶未接受过任何治疗。排除标准如下：(1) 组织病理学结果未证实病灶为肝细胞癌或肝转移瘤；(2) 磁共振图像质量不佳；(3) 有肝切除史。最终，本研究共纳入经术后病理证实的30例肝细胞癌及肝转移瘤患者。患者纳入排除流程见图1。

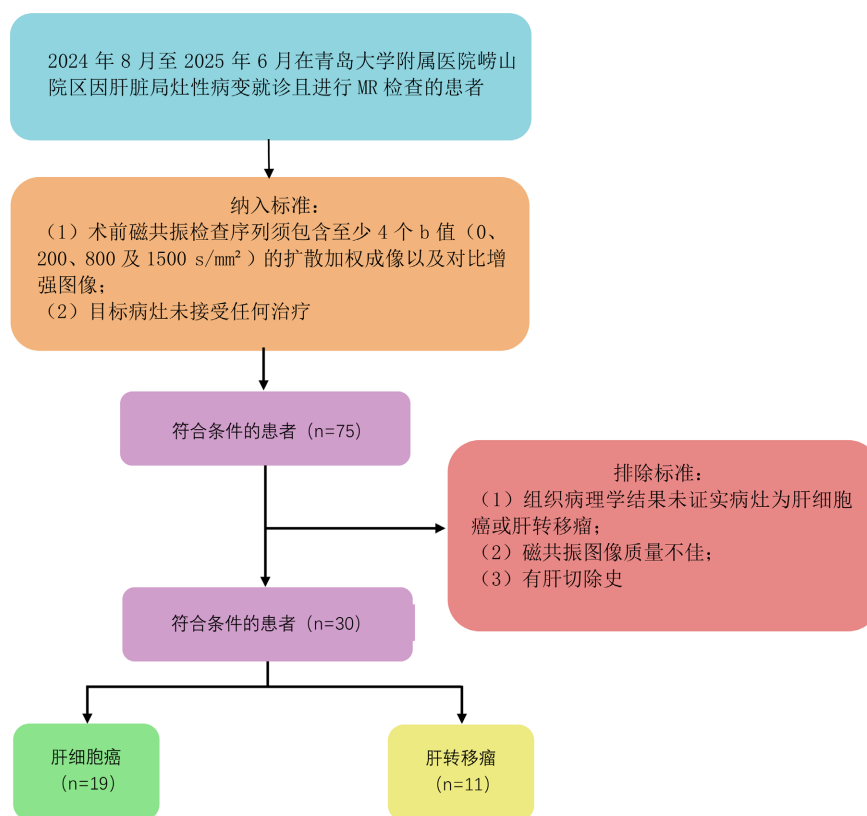


Figure 1. Patient inclusion and exclusion flowchart  
图1. 患者纳入排除流程图

### 2.2. MR 图像采集

所有磁共振图像均采用3.0T磁共振系统(Siemens Skyra 3.0T)采集。具体扫描参数如下：重复时间(TR)/

回波时间: 8000 ms/63 ms; 视野(FOV): 380 mm × 308 mm; 矩阵: 128 × 128; 层厚: 5 mm; b 值: 0、200、800 及 1500 s/mm<sup>2</sup>。DWI 序列的总扫描时间约为 2 分 30 秒。其他扫描序列包括脂肪抑制 T2 加权序列、三维 T1 加权(同相位与反相位)容积内插屏气(VIBE)检查, 以及注射对比剂前后施行的动态增强三维 T1 加权容积内插屏气检查。所有图像均上传至图像存档与通信系统(Picture Archiving Communication Systems, PACS)。

### 2.3. 图像分析

移位表观扩散系数(sADC)采用以下公式计算, 该公式使用 200 和 1500 s/mm<sup>2</sup> 的 b 值进行优化, 以同时反映高斯与非高斯扩散。

$$sADC(\text{mm}^2/\text{s}) = \ln(S_{200}/S_{1500})/1300$$

其中,  $S_{200}$  和  $S_{1500}$  分别代表 b 值为 200 与 1500 s/mm<sup>2</sup> 的扩散加权图像信号强度。在获得 sADC 值的基础上, 根据先前研究[7]提出的公式, 进一步计算出基于扩散的剪切模量( $\mu\text{diff}$ ):

$$\mu\text{diff}(\text{kPa}) = \alpha sADC + \beta$$

其中,  $\alpha$  与  $\beta$  为两个常数, 其值分别为-12,740 和 14.0。

vMRE 参数图生成通过 Python 3.11 编写的代码实现, 由具有 7 年腹部影像经验的放射科医师使用 ITK-SNAP 4.2.2 软件在 vMRE 图及 ADC 图上手动勾画感兴趣区。详细工作流程图见图 2。

### 2.4. 统计学分析

采用 Shapiro-Wilk 检验评估 vMRE 值及 ADC 值的正态性。连续变量以均值 ± 标准差表示。组间比较包括: (1) HCC 与肝转移瘤组间比较; (2) vMRE 图与 ADC 图组间比较。对符合正态分布的变量使用 Student's t 检验, 非正态分布变量使用 Mann-Whitney U 检验。所有统计分析均通过 SPSS Statistics (version 27)完成,  $p < 0.05$  视为具有统计学显著性。

## 3. 结果

### 3.1. 患者临床资料

本研究共纳入 30 例患者(男性 23 例, 女性 7 例, 平均年龄  $56.1 \pm 10.9$  岁)。肝脏肿瘤包括肝细胞癌( $n = 19, 63.3\%$ )和转移瘤( $n = 11, 36.7\%$ )。转移瘤原发灶来源为: 乳腺癌( $n = 3$ )、结直肠癌( $n = 3$ )、宫颈癌( $n = 2$ )、胃癌( $n = 1$ )、胰腺癌( $n = 1$ )及脉络膜黑色素瘤( $n = 1$ )。患者临床资料见表 1。

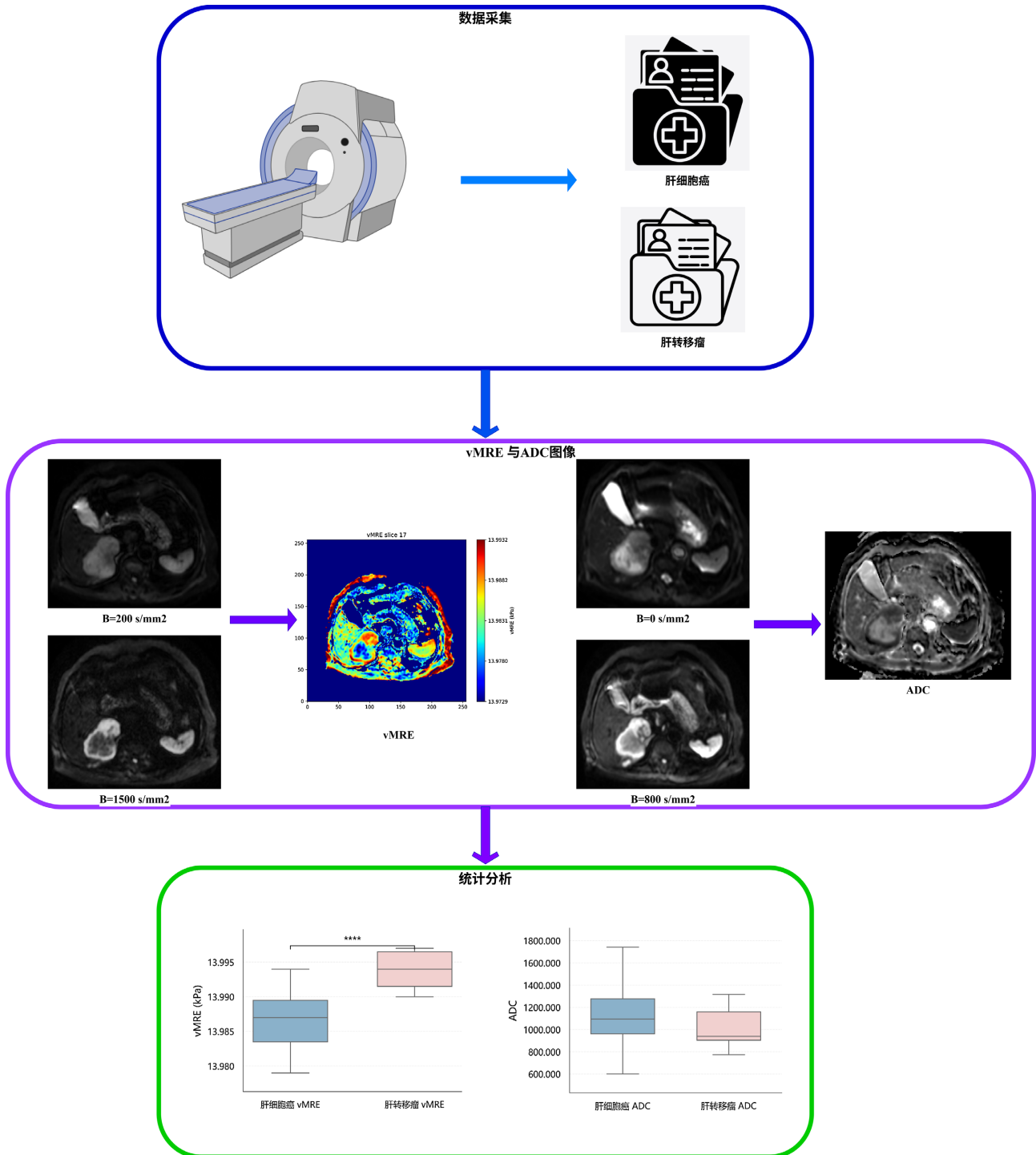
### 3.2. 肝细胞癌与肝转移瘤的 ADC 值比较

Shapiro-Wilk 检验证实 HCC 组与转移瘤组的 ADC 值均符合正态分布(HCC 组:  $W = 0.9812, p = 0.9550$ ; 转移瘤组:  $W = 0.9086, p = 0.2346$ )。两组 p 值均  $> 0.05$ , 满足参数检验的正态性假设。在满足方差齐性的前提下, 独立样本 t 检验显示, HCC 组与转移瘤组间的 ADC 值无统计学显著差异( $t = 1.1102, p = 0.2764$ ), 效应量 Cohen's  $d = 0.421$ 。HCC 组与转移瘤组的 ADC 值见图 3。

### 3.3. 肝细胞癌与肝转移瘤的 vMRE 值比较

Shapiro-Wilk 检验证实 HCC 组与转移瘤组的 vMRE 值均符合正态分布(HCC 组:  $W = 0.9607, p = 0.5793$ ; 转移瘤组:  $W = 0.9431, p = 0.5432$ )。两组 p 值均  $> 0.05$ , 满足参数检验的正态性假设。Levene 方差齐性检验显示组间方差相等( $F = 1.8497, p = 0.1842$ ), 满足独立样本 t 检验前提条件。HCC 组的  $\mu\text{diff}$  均

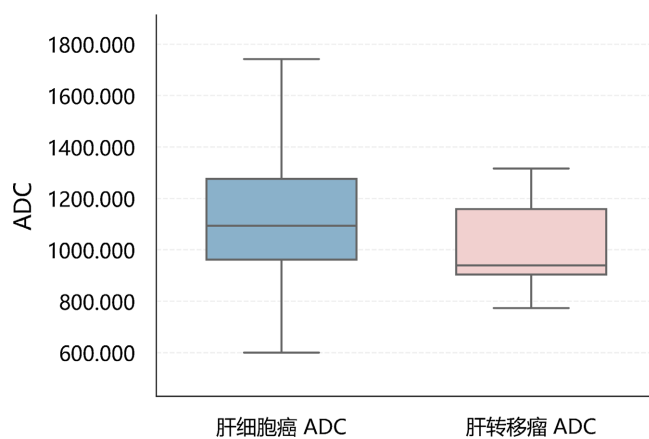
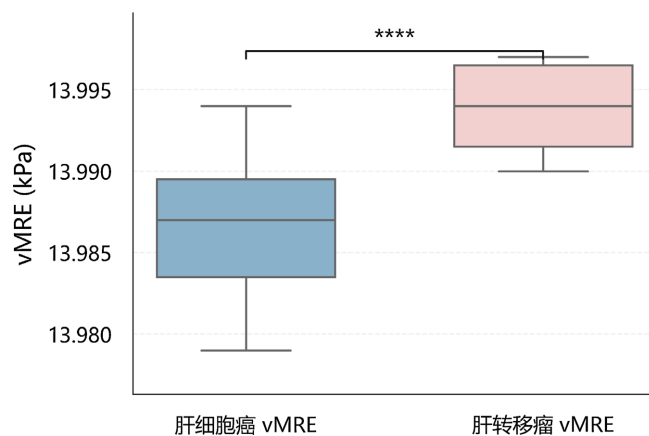
值( $\pm$ 标准差)为  $13.9871 \pm 0.0042$  kPa, 而肝转移瘤组的  $\mu$ diff 均值为  $13.9939 \pm 0.0025$  kPa。HCC 与肝转移瘤病灶间的  $\mu$ diff 值存在显著差异( $t = -4.7417, p < 0.0001$ )。HCC 组与转移瘤组的  $\mu$ diff 值见图 4。肝细胞癌患者及肝转移瘤 VMRE 图像展示见图 5、图 6。

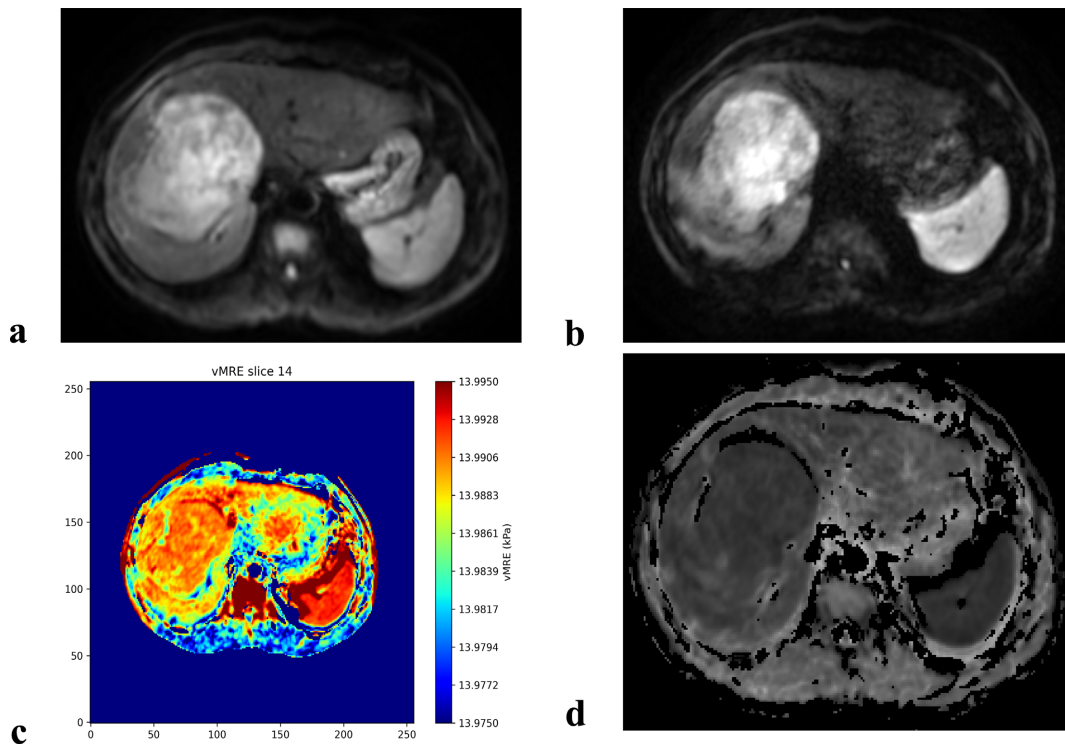


**Figure 2.** Workflow diagram of the study  
**图 2.** 工作流程图

**Table 1.** Patient clinical characteristics**表 1.** 患者临床资料

	肝细胞癌	肝转移瘤	总计
患者	19	11	30
男性	17	5	22
女性	2	6	8
平均年龄(岁)	57.0 ± 10.3	54.8 ± 11.1	56.1 ± 10.9
肝转移瘤来源			
乳腺癌		3	
结直肠癌		3	
胃癌		1	
宫颈癌		2	
胰腺癌		1	
脉络膜黑色素瘤		1	

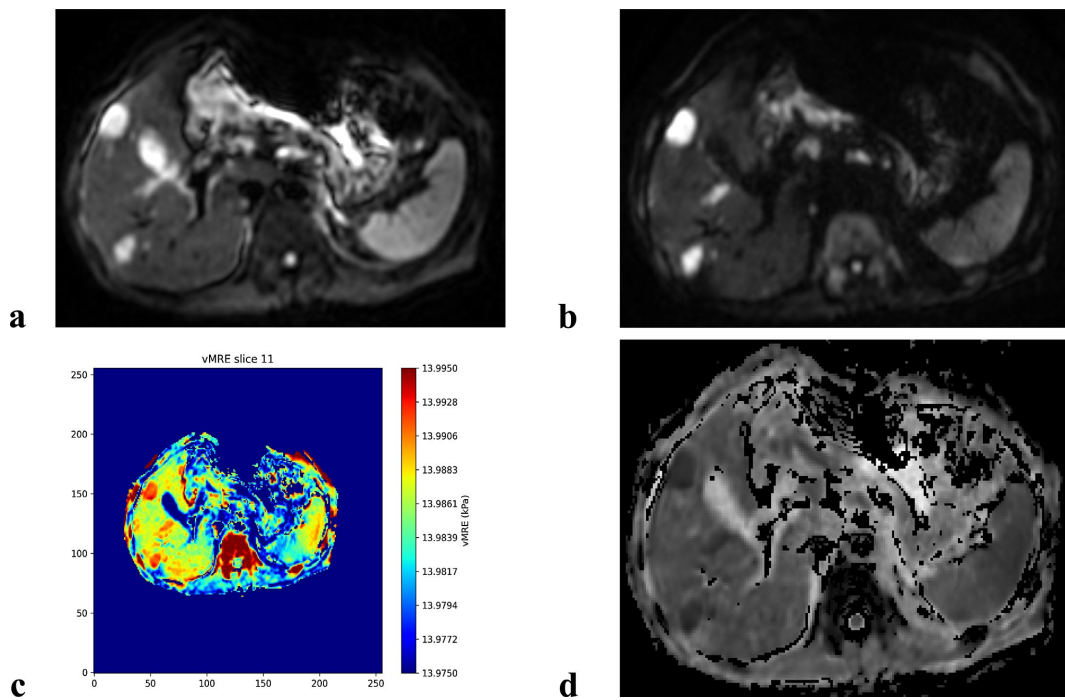
**Figure 3.** Comparison of ADC values between HCC and liver metastases**图 3.** 肝细胞癌与肝转移瘤 ADC 值对比**Figure 4.** Comparison of  $\mu$ diff values between HCC and liver metastases**图 4.** 肝细胞癌与肝转移瘤  $\mu$ diff 值对比



(a)  $b = 200 \text{ s/mm}^2$  DWI 图像; (b)  $b = 1500 \text{ s/mm}^2$  DWI 图像; (c) vMRE 图像; (d) ADC 图像

**Figure 5.** Representative images of a patient with hepatocellular carcinoma.

**图 5.** 肝细胞癌患者图像展示



(a)  $b = 200 \text{ s/mm}^2$  DWI 图像; (b)  $b = 1500 \text{ s/mm}^2$  DWI 图像; (c) vMRE 图像; (d) ADC 图像

**Figure 6.** Representative images of a patient with liver metastases

**图 6.** 肝转移瘤患者图像展示

## 4. 讨论

本研究比较了传统 ADC 值与 vMRE 技术在肝脏肿瘤鉴别诊断中的性能, 基于高 b 值(200 和 1500 s/mm<sup>2</sup>)采集的 DWI 图像, 生成虚拟磁共振弹性成像图像, 证明了 vMRE 在鉴别肝细胞癌及肝转移瘤中的可行性。研究结果显示, 虽然传统 ADC 值在区分肝细胞癌与肝转移瘤时未能表现出显著差异( $p=0.2764$ ), 但基于扩散加权成像得到的 vMRE 参数( $\mu\text{diff}$ )却展现出卓越的鉴别能力( $p < 0.0001$ )。这一发现具有重要临床意义, 我们的结果表明通过量化组织生物力学特性的 vMRE 技术, 能够捕捉到传统水分子扩散参数所无法反映的肿瘤微观结构差异, 为肝细胞癌及肝转移瘤的精准鉴别提供了新的突破方向。

MRE 已成为评估慢性肝病肝纤维化的无创参考标准[11]。多个研究团队已将 MRE 应用于肝脏[7]、乳腺[12]及脑部肿瘤[13]的评估。Hennedige 等报道 MRE 在鉴别肝脏良恶性肿瘤方面较 DWI 具有更高的诊断效能, 其 AUC 值分别为 0.986 和 0.82。然而, 传统 MRE 需依赖外部机械驱动器量化组织硬度。sADC 通过选择特定 b 值(200 与 1500 s/mm<sup>2</sup>)的 DWI 计算获得, 能同时反映高斯与非高斯扩散[4]。多项研究也表明, 基于 DWI 的 VMRE 所获 sADC 与 MRE 剪切模量高度相关, 且  $\mu\text{MRE}$  与基于 DWI 的虚拟剪切模量之间具有良好一致性[7]。因此, 基于 DWI 的 VMRE 可以在不依赖额外机械驱动装置的情况下实现肝纤维化分期。VMRE 通过 b 值为 200 与 1500 s/mm<sup>2</sup> 的 DWI 计算移位表观扩散系数, 这些特定 b 值的选择旨在对高斯与非高斯扩散均保持最佳灵敏度[14]。基于上述技术积累, 我们实现了 vMRE 用于肝脏肿瘤的鉴别诊断。

本研究发现肝细胞癌与肝转移瘤的  $\mu\text{diff}$  值存在统计学差异, 该差异尽管绝对值微小, 但具有高度统计学显著性( $p < 0.0001$ )。这种差异可能源于二者不同的生物学行为——促纤维结缔组织增生反应是肝转移瘤病灶硬度增加的根本病理机制。在我们的肝转移瘤队列中, 结直肠癌、胃癌及乳腺癌来源的转移瘤占主导地位(64%), 我们认为这些转移瘤类型通常表现出更显著的促纤维结缔组织增生反应, 这从机制上解释了其为何硬度更高。从数值上看, 肝细胞癌与肝转移瘤两组间  $\mu\text{diff}$  的绝对差值较小, 且组内标准差极低, 这一现象与传统 MRE 测得的肝脏肿瘤硬度值存在明显区别。既往文献中, 标准 MRE 测得的肝细胞癌硬度通常在 4.3~6.7 kPa 范围, 肝转移瘤硬度通常在 4.8~7.1 kPa 范围, 且组内离散程度通常更大。本研究中  $\mu\text{diff}$  数值偏小、标准差极低, 主要与 vMRE 的算法特性有关,  $\mu\text{diff}$  由特定 b 值组合下的 sADC 通过线性换算得到, 其本质是基于扩散信号的虚拟刚度指数, 而非传统 MRE 直接测量的物理剪切模量, 该线性模型在推导时更注重相对差异与组间区分度, 而非严格复刻真实 kPa 尺度下的组织硬度绝对值。因此, vMRE 输出的  $\mu\text{diff}$  更适合作为相对定量指标用于病灶间比较, 而非直接等同于传统 MRE 的绝对硬度值。这也提示在临床应用中, 应重点关注  $\mu\text{diff}$  的组间趋势与相对大小, 而非过度解读其具体 kPa 数值的物理意义。

然而, 本研究存在若干局限性。首先, 本研究纳入的肝转移瘤队列来源多样, 包括结直肠癌、胃癌、乳腺癌、肺癌等原发灶。理论上, 不同来源的转移瘤因其促纤维结缔组织增生反应程度不同, 其硬度值可能存在显著差异。富含纤维间质的转移瘤(如结直肠癌、胰腺癌)通常表现出更强的促纤维增生反应, 而乏间质肿瘤(如部分神经内分泌肿瘤、黑色素瘤)则硬度较低, 但本研究中各亚组样本量较小, 这是本研究的主要局限性之一, 未来将扩大样本量, 针对不同原发灶来源的肝转移瘤进行分层分析, 以明确 vMRE 在各类转移瘤鉴别诊断中的具体价值。此外, 联合临床病理特征(如原发灶的纤维间质比例、病理分级)有望进一步提升 vMRE 的鉴别效能。其次, 作为单中心研究, 样本量有限可能影响结果的普适性; 其次, 手动勾画感兴趣区可能引入观察者偏倚; 第三, 本研究采用的研究方法尚未整合体素内不相干运动(IVIM)或多 b 值 DWI 输入, 纳入这些数据有望进一步提升对复杂肿瘤微环境的识别能力。

综上所述, 本研究通过采集 b 值为 200 和 1500 的 DWI 数据, 合成了 vMRE 图像, 并与传统表观扩

散系数对比, 进而实现了 vMRE 在鉴别肝细胞癌与肝转移瘤中的应用, 为检测肝脏病灶硬度提供了无创的途径。这项技术具有重要的临床价值, 且有望在临床实践中广泛应用。

## 利益冲突

所有作者均阅读并同意发表该论文, 且均声明不存在利益冲突。

## 作者贡献声明

周晓源、赵海辰、李志明参与了研究设计, 周晓源、董文璐、刘晓静、段晓敏参与了采集数据, 周晓源、师小娟参与了分析解释数据及统计分析, 周晓源、李志明参与了论文的写作和修改。

## 基金项目

山东省自然科学基金 ZR2024MH140 磁共振/光声双模态成像探针在评估肝脏缺氧及其抗肝纤维化中的诊疗一体化研究。

## 声明

这项研究已获得青岛大学科学伦理委员会的审核批准(QYFY WZLL 30794)。

## 参考文献

- [1] Zong, R.L., Geng, L., Wang, X. and Xie, D. (2019) Diagnostic Performance of Apparent Diffusion Coefficient for Prediction of Grading of Pancreatic Neuroendocrine Tumors: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pancreas*, **48**, 151-160. <https://doi.org/10.1097/mpa.0000000000001212>
- [2] Amodeo, S., Rosman, A.S., Desiato, V., Hindman, N.M., Newman, E., Berman, R., et al. (2018) MRI-Based Apparent Diffusion Coefficient for Predicting Pathologic Response of Rectal Cancer after Neoadjuvant Therapy: Systematic Review and Meta-Analysis. *American Journal of Roentgenology*, **211**, W205-W216. <https://doi.org/10.2214/ajr.17.19135>
- [3] Nalaini, F., Shahbazi, F., Mousavinezhad, S.M., Ansari, A. and Salehi, M. (2021) Diagnostic Accuracy of Apparent Diffusion Coefficient (ADC) Value in Differentiating Malignant from Benign Solid Liver Lesions: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The British Journal of Radiology*, **94**, Article ID: 20210059. <https://doi.org/10.1259/bjr.20210059>
- [4] Le Bihan, D., Ichikawa, S. and Motosugi, U. (2017) Diffusion and Intravoxel Incoherent Motion MR Imaging-Based Virtual Elastography: A Hypothesis-Generating Study in the Liver. *Radiology*, **285**, 609-619. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017170025>
- [5] Hanniman, E., Costa, A.F., Bowen, C.V., Abdolell, M., Stueck, A., McLeod, M., et al. (2022) Prospective Evaluation of Virtual MR Elastography with Diffusion-Weighted Imaging in Subjects with Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, **56**, 1448-1456. <https://doi.org/10.1002/jmri.28154>
- [6] Jiang, Y., Li, J., Zhang, P., Fan, F., Zou, J., Yang, P., et al. (2024) Staging Liver Fibrosis with Various Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging Models. *World Journal of Gastroenterology*, **30**, 1164-1176. <https://doi.org/10.3748/wjg.v30.i9.1164>
- [7] Hennedige, T.P., Hallinan, J.T.P.D., Leung, F.P., Teo, L.L.S., Iyer, S., Wang, G., et al. (2016) Comparison of Magnetic Resonance Elastography and Diffusion-Weighted Imaging for Differentiating Benign and Malignant Liver Lesions. *European Radiology*, **26**, 398-406. <https://doi.org/10.1007/s00330-015-3835-8>
- [8] Chen, J., Sun, W., Wang, W., Fu, C., Grimm, R., Zeng, M., et al. (2024) Diffusion-Based Virtual MR Elastography for Predicting Recurrence of Solitary Hepatocellular Carcinoma after Hepatectomy. *Cancer Imaging*, **24**, Article No. 106. <https://doi.org/10.1186/s40644-024-00759-8>
- [9] Brodt, P. (2016) Role of the Microenvironment in Liver Metastasis: From Pre- to Prometastatic Niches. *Clinical Cancer Research*, **22**, 5971-5982. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.ccr-16-0460>
- [10] Qi, L., Zhu, Y., Li, J., Zhou, M., Liu, B., Chen, J., et al. (2024) CT Radiomics-Based Biomarkers Can Predict Response to Immunotherapy in Hepatocellular Carcinoma. *Scientific Reports*, **14**, Article No. 20027. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70208-w>
- [11] Selvaraj, E.A., Mózes, F.E., Jayaswal, A.N.A., Zafarmand, M.H., Vali, Y., Lee, J.A., et al. (2021) Diagnostic Accuracy

- of Elastography and Magnetic Resonance Imaging in Patients with NAFLD: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Hepatology*, **75**, 770-785. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2021.04.044>
- [12] Patel, B.K., Pepin, K., Brandt, K.R., Mazza, G.L., Pockaj, B.A., Chen, J., *et al.* (2022) Association of Breast Cancer Risk, Density, and Stiffness: Global Tissue Stiffness on Breast MR Elastography (MRE). *Breast Cancer Research and Treatment*, **194**, 79-89. <https://doi.org/10.1007/s10549-022-06607-2>
- [13] Bunevicius, A., Schregel, K., Sinkus, R., Golby, A. and Patz, S. (2020) Review: MR Elastography of Brain Tumors. *NeuroImage: Clinical*, **25**, Article ID: 102109. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2019.102109>
- [14] Wang, J., Zhou, X., Yao, M., Tan, W., Zhan, S., Liu, K., *et al.* (2024) Comparison and Optimization of B Value Combinations for Diffusion-Weighted Imaging in Discriminating Hepatic Fibrosis. *Abdominal Radiology*, **49**, 1113-1121. <https://doi.org/10.1007/s00261-023-04159-7>