

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2025.05.005

基于 MRI 联合 CT 三维重建的多模态融合对膝关节结构性损伤的诊断价值

王庆伟, 陶敏敏, 李帅

(中国人民武装警察部队海警总队医院医学影像科, 浙江嘉兴 314000)

【摘要】目的 探讨基于核磁共振成像 (Magnetic Resonance Imaging, MRI) 联合计算机断层扫描 (Computed Tomography, CT) 三维重建的多模态融合对膝关节结构性损伤的诊断价值, 评估其在临床定位、病灶识别和术前评估中的应用效果, 为复杂性膝关节病变的精准影像评估提供技术支持。**方法** 回顾性分析 2023 年 1 月至 2025 年 1 月在中国人民武装警察部队海警总队医院就诊的 78 例膝关节损伤患者, 所有患者均接受 64 排 CT 及 1.5T MRI 检查。采用 Mimics 软件行 CT 图像三维重建, 结合 MRI 行空间配准与融合。以关节镜或术中所见为诊断金标准, 分别评估单一 MRI、单一 CT 及 MRI 联合 CT 三维融合三种检查方式在识别半月板撕裂、交叉韧带损伤、软骨病变及隐匿性骨折等方面的诊断效能, 并分析其在图像质量、结构还原及术前应用中的表现。**结果** MRI 联合 CT 三维重建的灵敏度、特异度和准确率分别为 96.63%、92.44%、94.87%, 均高于单一 MRI (89.29%、83.08%、86.22%) 和单一 CT (81.65%、79.36%、80.64%) (均 $P < 0.05$), Kappa 值为 0.889, 与关节镜/术中所见结果呈高度一致。受试者工作特征 (Receiver Operating Characteristic, ROC) 曲线分析显示联合检查曲线下面积 (Area Under the Curve, AUC) 最大 (0.933), 诊断判别能力最强 ($P < 0.05$)。在 78 例成功构建三维模型的病例中, 图像完整性评分为 (8.71 ± 0.62) 分, 病灶定位误差为 (2.13 ± 1.04) mm。**结论** 基于 MRI 联合 CT 三维重建的多模态融合在膝关节结构性损伤的诊断中具有更高的准确性和一致性, 融合图像模型在临床判断、手术规划等方面表现出显著优势, 是实现精准诊疗与智能影像辅助的有效手段, 值得在运动医学和骨科临床中推广应用。

【关键词】 膝关节损伤; 核磁共振成像; 计算机断层扫描; 三维重建; 多模态融合; 诊断效能**【中图分类号】** R684.76, R814.42**【文献标志码】** A

文章编号: 1674-1242 (2025) 05-0629-07

Diagnostic Value of Multimodal Fusion Based on MRI Combined with CT Three-Dimensional Reconstruction for Structural Knee Joint Injury

WANG Qingwei, TAO Minmin, LI Shuai

(Department of Medical Imaging, Coast Guard Corps Hospital of Chinese People's Armed Police Force, Jiaxing, Zhejiang 314000, China)

【Abstract】Objective To investigate the diagnostic value of multimodal fusion based on magnetic resonance imaging (MRI) combined with computed tomography (CT) three-dimensional (3D) reconstruction for structural knee joint injury, and to evaluate its application effects in clinical localization, lesion identification, and preoperative assessment, so as to provide technical support for accurate imaging assessment of complex knee lesions. **Methods** A

收稿日期: 2025-03-10。

作者简介: 王庆伟 (1995—), 男, 本科学历, 主管技师, 主要从事膝关节损伤的影像诊断研究。邮箱: 18039061257@163.com。

total of 78 patients with knee joint injury admitted to Coast Guard Corps Hospital of Chinese People's Armed Police Force from January 2023 to January 2025 were retrospectively analyzed. All patients underwent 64-slice CT and 1.5T MRI examination. Mimics software was used for three-dimensional reconstruction of CT images, and MRI was used for spatial registration and fusion. Using arthroscopic or intraoperative findings as the gold standard, the diagnostic efficacy of MRI alone, CT alone, and MRI+CT three-dimensional fusion in the identification of meniscus tears, cruciate ligament injuries, cartilage lesions and occult fractures was evaluated, and their performance in image quality, structural restoration and preoperative application were analyzed. **Results** The sensitivity, specificity and accuracy of MRI combined with CT three-dimensional reconstruction were 96.63%, 92.44% and 94.87%, respectively, which were higher than those of MRI (89.29%, 83.08%, 86.22%) and CT alone (81.65%, 79.36%, 80.64%) (all $P < 0.05$). The Kappa value was 0.889, which was highly consistent. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis showed that the AUC of combined examination was the highest (0.933), and its diagnostic discrimination ability was the strongest ($P < 0.05$). In 78 cases with successfully constructed 3D models, the image integrity score was (8.71 ± 0.62), and the lesion localization error was (2.13 ± 1.04) mm. **Conclusion** Multimodal fusion based on MRI combined with CT three-dimensional reconstruction has higher accuracy and consistency in the diagnosis of structural knee joint injury, and the fused image model shows significant advantages in clinical judgment and surgical planning. It is an effective means to achieve precision diagnosis and treatment and intelligent image assistance, which is worthy of clinical application in sports medicine and orthopedics.

【Key words】 Knee Joint Injury; Magnetic Resonance Imaging (MRI); Computed Tomography (CT); Three-Dimensional Reconstruction; Multimodal Fusion; Diagnostic Efficacy

0 引言

膝关节损伤在临床中具有较高的发病率，广泛见于运动创伤、交通事故及老龄化相关退变疾病中，其临床表现复杂多样，常涉及骨性和软组织结构的联合损伤^[1]。由于解剖结构紧密、病灶隐匿性强，早期准确识别病变性质与范围对后续治疗方案的制定和预后评估至关重要。然而，在实际临床诊断过程中，仍存在病灶漏诊、分型不清、定位不准等问题，制约了膝关节损伤的个体化诊疗水平。

目前常用的膝关节影像学检查包括 X 线（数字化 DR）、计算机断层扫描（Computed Tomography, CT）和核磁共振成像（Magnetic Resonance Imaging, MRI）^[2]。尽管各类影像技术均在特定组织结构的观察中具备优势，但单一成像手段往往难以实现对膝关节复杂结构的全面评估。例如，CT 虽然可清晰显示骨性细节，便于三维重建，但对软组织的敏感性较低^[3]；MRI 在软组织分辨率方面具有明显优势，能有效识别半月板、韧带和软骨病变，但在空间定位和骨性结构识别上存在一定的局限性^[4]。尤其对于复合性损伤患者，仅依赖单一检

查手段难以获得可靠的综合判断。随着影像融合与三维建模技术的发展，MRI 与 CT 联合检查逐渐成为多结构损伤评估的重要方向^[5]。三维重建不仅提升了结构可视化的空间精度，还加深了临床医生对病灶走行、深度与边界的直观理解，在术前路径规划、手术导航等方面具有广阔的前景^[6]。尽管如此，目前关于 MRI 联合 CT 三维重建的多模态融合技术在膝关节结构性损伤诊断中价值的系统研究仍较有限，缺乏大样本、量化、多指标评价的数据支持。

本研究拟通过回顾性分析 78 例经关节镜证实的膝关节损伤病例，对比单一 MRI、单一 CT 及 MRI 联合 CT 三维重建在常见结构性病变识别中的表现，探讨多模态融合技术在影像诊断中的应用价值，以期为准前诊断与术前评估提供更高效率的图像支持方案。

1 材料与方法

1.1 一般资料

本研究为回顾性观察性研究，收集 2023 年 1 月 1 日至 2025 年 1 月 1 日在中国人民武装警察部队海警总队医院医学影像科接受诊治的 78 例膝关

节损伤患者。

纳入标准：①临床表现包括膝部疼痛、肿胀、功能障碍或明确创伤史；②影像学资料齐全，至少接受MRI、CT和DR检查；③后续接受关节镜检查或外科手术，病灶明确；④年龄18~75岁，性别不限；⑤临床资料与随访记录完整。

排除标准：①有严重骨质疏松、恶性肿瘤、类风湿关节炎等合并疾病者；②图像伪影严重，不能用于重建者；③既往膝部接受过人工关节置换等手术者；④合并MRI或CT禁忌证者（如金属植入物、严重幽闭恐惧症）；⑤数据缺失或中途退出研究者。本研究方案已通过中国人民武装警察部队海警总队医院伦理委员会审查。

1.2 检查方法

本研究中所有患者于入院初期均常规接受膝关节CT和MRI检查，以实现多模态成像数据的融合分析。CT检查采用GE LightSpeed VCT 64排螺旋CT扫描仪（美国GE公司，Milwaukee, WI）完成，患者取仰卧位，扫描范围自股骨下段至胫骨上段，覆盖整个膝关节区域。参数设置为：管电压120kV，自动管电流控制（参考范围120~250mA），层厚1.0mm，层间距0.8mm，螺距0.8mm，图像矩阵 512×512 ，重建算法选择标准骨窗与软组织窗并行处理。原始图像传输至后处理工作站，输出DICOM格式用于后续的三维重建。所采集的CT影像具有高空间分辨率，便于细致观察骨小梁结构、骨皮质连续性变化、胫骨平台塌陷等细微病变，并为三维骨性模型构建提供结构基础。

MRI检查使用西门子Avanto1.5T磁共振系统，配合专用膝关节线圈进行扫描，确保图像质量和信噪比。检查时患者取仰卧位，双下肢自然伸直，膝关节居中固定于线圈中央，尽量减少运动伪影。扫描序列包括：①矢状位T1WI（TR 520ms，TE 16ms），用于基础解剖结构判读；②矢状位PD-FS序列（TR 2500ms，TE 35ms），敏感检测半月板和交叉韧带；③冠状位T2WI（TR 4000ms，TE 90ms），对关节积液、滑膜及软骨病变敏感；④横断位短时间反转恢复（Short Time of Inversion Recovery, STIR）序列（TR 3500ms，TE 42ms，

TI 150ms），可明确骨挫伤和水肿区；⑤图像层厚统一为3mm，层间距0.3mm，视野（Field of View, FOV）设为160mm，采集矩阵 512×512 。所有MRI数据均上传至医学影像存档与通信系统（Picture Archiving and Communication System, PACS），并导出DICOM数据进行图像融合。

三维重建与融合分析是本研究技术实施的核心。将CT图像导入Mimics 21.0软件，采用阈值分割法进行骨性结构自动识别，通过区域生长、孔洞填补与包围边界处理，重建高保真度的骨性三维模型。随后导入MRI图像，采用Elastix图像配准引擎，基于多尺度灰度互信息（Mutual Information, MI）与B样条插值算法进行空间非线性配准，确保MRI中的软组织信号与CT骨性结构在三维坐标中精准重叠。融合完成后，基于模型可视化工具进行旋转、剖切与多平面重建（Multi-Planar Reconstruction, MPR），实现半月板裂隙、韧带断裂、软骨缺损等病灶的立体呈现与定量测量。

MRI联合CT三维重建的多模态融合诊断流程如图1所示。

1.3 观察指标与评价方法

本研究以关节镜或术中探查所见作为诊断金标准，对比分析MRI联合CT三维重建、单一MRI及单一CT在膝关节结构性损伤诊断中的表现，主要从病灶识别准确性、图像重建质量、临床可用性三方面设立评价体系。

1.3.1 结构性损伤诊断指标

1.3.1.1 月板撕裂判定标准

MRI中以矢状位PD-FS和冠状位T2WI观察半月板内部信号的改变，表现为线样或斑片样高信号，达到关节面者判定为撕裂；CT三维模型用于协助识别严重撕裂引起的位移或脱垂。将最终诊断与关节镜所见进行比对，将结果划分为“完全一致”“部分一致”与“未识别”。

1.3.1.2 前后交叉韧带损伤评估标准

依据MRI矢状位PD-FS图像评估前后交叉韧带的连续性与走向是否异常，结合三维融合模型判断其是否断裂及张力是否对称；CT三维模型用于辅助识别走行方向不符的区域。损伤分为三级：I级为信号

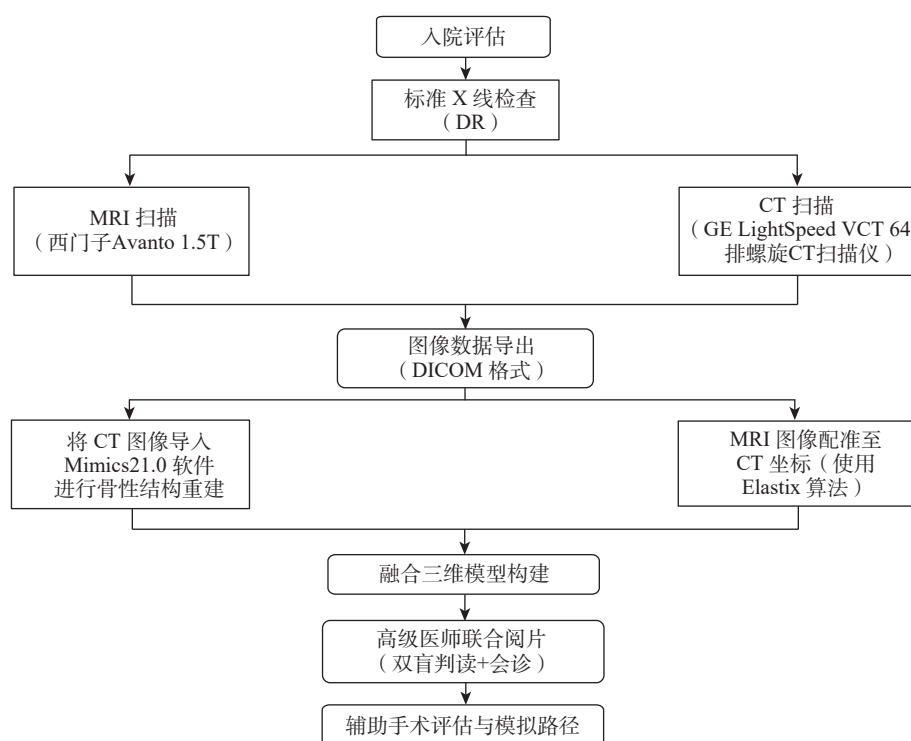


图 1 MRI 联合 CT 三维重建的多模态融合诊断流程

Fig.1 Flowchart of multimodal fusion diagnosis of MRI combined with CT 3D reconstruction

改变，未断裂；Ⅱ级为部分断裂；Ⅲ级为完全断裂。

1.3.1.3 关节软骨损伤判定标准

在 MRI 脂肪抑制 (Fat Suppression, FS) 序列中，若软骨表面出现信号减弱、不连续、变薄现象，结合 CT 三维模型表面剖切观察骨端面暴露情况，可诊断为软骨剥脱或磨损。按 Outerbridge 分级法划分病变程度 (Ⅰ~Ⅳ级)。

1.3.1.4 骨挫伤与隐匿性骨折识别标准

MRI 中骨挫伤表现为骨松质内 T2WI 或 STIR 序列上的高信号水肿，CT 用于判断是否合并骨皮质中断或轻度压缩塌陷，构建三维结构后可量化骨折范围 (面积/体积)。结合上述多模态图像信息确认诊断结果。

1.3.2 图像质量与三维重建可视化指标

1.3.2.1 模型完整性评分

影像医生依据三维模型覆盖范围、连续性 & 边界完整性进行主观评分 (满分 10 分， ≥ 8 分为优良)。

1.3.2.2 组织分辨率

联合图像中目标结构 (如半月板、交叉韧带)，边界清晰可辨者为“高分辨率”，模糊者为“低分辨率”。

1.3.2.3 病灶定位准确性

将模型标记的病灶与关节镜观察到的病变区域进行对照，若误差 $\leq 3\text{mm}$ ，定义为“高一一致性定位”。

1.3.2.4 医生满意度

术前阅片医生评分使用满意度量表 (1~5 级)，从图像判读难度、结构清晰度及辅助价值三个维度进行评估。

1.3.3 诊断效能分析指标

对各项检查方法分别统计以下指标 (以金标准为依据)：①灵敏度 (Sensitivity)： $TP / (TP + FN)$ ；②特异度 (Specificity)： $TN / (TN + FP)$ ；③阳性预测值 (Positive Predictive Value, PPV)： $TP / (TP + FP)$ ；④阴性预测值 (Negative Predictive Value, NPV)： $TN / (TN + FN)$ ；⑤总准确率 (Accuracy)： $(TP + TN) / (TP + FP + FN + TN)$ ；⑥一致性评估：采用 Kappa 一致性检验评估影像诊断与术中结果的一致性，Kappa 值 > 0.75 为高度一致， $0.4 \sim 0.75$ 为中度一致， < 0.4 为低一致。

1.4 统计学方法

使用 SPSS 26.0 软件进行数据分析，计量资料

如年龄、病变长度等,采用均值 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,组间比较使用独立样本 t 检验。计数资料如灵敏度、特异度,采用百分比 (%) 表示,组间比较使用 χ^2 检验。配对准确性分析采用 Kappa 一致性检验 (Kappa 值 >0.75 为高度一致)。多个检查方法间诊断效能的对比使用受试者工作特征 (Receiver Operating Characteristic, ROC) 曲线分析,并计算曲线下面积 (Area Under the Curve, AUC)。在所有统计检验中, $P < 0.05$ 视为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 膝关节主要病变类型分布

在 78 例患者中,根据关节镜或术中探查结果(金标准),共计检出结构性膝关节损伤病灶 136 处(部分病例合并多种损伤类型),如表 1 所示。

表 1 膝关节结构性损伤检查结果
Tab.1 Examination results of structural knee joint injury

病变类型	检出人数 / 例	实际病灶数 / 处	占比 / %
半月板撕裂	45	49	36.02
前后交叉韧带损伤	30	33	24.26
软骨剥脱及软骨下骨质病变	28	30	22.05
骨挫伤与隐匿性骨折	21	24	17.65
总计	—	136	—

2.2 诊断效能

MRI 联合 CT 三维重建在灵敏度、特异度及准确率方面均优于单项成像方式,差异具有统计学意义 ($P < 0.05$),如表 2 所示。

表 2 三种检查方式诊断效能比较
Tab.2 Comparison of diagnostic efficacy of three examination methods

诊断方式	灵敏度	特异度	准确率	PPV	NPV
MRI / %	89.29	83.08	86.22	85.56	87.18
CT / %	81.65	79.36	80.64	80.12	81.21
MRI 联合 CT 三维重建 / %	96.63	92.44	94.87	93.74	95.24
χ^2/Z 值	4.373	4.105	4.650	2.021	2.177
*P 值	0.037	0.043	0.031	0.043	0.029
$^{\#}\chi^2/Z$ 值	7.085	5.956	7.517	2.439	2.537
$^{\#}P$ 值	0.008	0.015	0.006	0.015	0.011

注:不同成像方式的灵敏度、特异度、准确率比较采用配对四格表 McNemar 检验(报告 χ^2 值);阳性预测值与阴性预测值的比较采用比率 Z 检验进行比较。 χ^2/Z 、 *P 为单一 MRI 与联合三维构建对比, $^{\#}\chi^2/Z$ 、 $^{\#}P$ 为单一 CT 与联合三维构建对比。

2.3 各类病灶诊断一致性分析 (Kappa 检验)

MRI 联合 CT 三维重建在各类型病灶上的 Kappa 值均高于单项成像方式,尤其在交叉韧带和软骨病变识别中一致性优势明显,差异均具有统计学意义 ($P < 0.05$),如表 3 所示。

表 3 一致性分析 (Kappa 检验)
Tab.3 Consistency analysis (Kappa test)

诊断方式	半月板撕裂	前后交叉韧带损伤	软骨病变	骨挫伤与隐匿性骨折
MRI	0.782	0.746	0.714	0.761
CT	0.716	0.652	0.625	0.791
MRI 联合 CT 三维重建	0.912	0.889	0.857	0.879
$^{\#}Z$ 值	2.395	2.856	2.68	2.049
*P 值	0.017	0.004	0.007	0.041
$^{\#}Z$ 值	2.801	3.221	3.039	1.782
$^{\#}P$ 值	0.005	0.001	0.002	0.074 (NS)

注:所有 Kappa 值均基于影像判读结果与术中所见一致性构建 2×2 列联表进行计算。为检验三种成像方式的 Kappa 值之间是否存在差异,使用 Fisher Z 变换法进行配对 Kappa 值差异的 Z 检验, *Z 、 *P 为单一 MRI 与联合三维构建对比, $^{\#}Z$ 、 $^{\#}P$ 为单一 CT 与联合三维构建对比。表中“NS”表示统计差异不显著。

2.4 三维重建图像质量与临床应用价值评估

在 78 例患者中,有 76 例成功完成高质量三维重建,重建成功率为 97.43%。在图像质量主观评分中,三维模型完整性平均得分为 (8.71 ± 0.62) 分,优良率达 89.74%,如表 4 所示。

表 4 三维重建图像质量与临床应用价值分析结果
Tab.4 Results of the analysis of 3D reconstruction image quality and clinical application value

评估项目	指标形式	数值或分布情况
三维模型完整性评分	平均分 (满分 10 分)	8.71 \pm 0.62
	优良率	70 (89.74%)
病灶定位空间误差	平均误差 / mm	2.13 \pm 1.04
	≤ 2 mm 病例数比例	54 (69.23%)
术前路径规划参考价值	有效辅助病例数	69 (88.46%)
	常见指导内容	入路选择 (79.4%)、切口设计 (65.1%)、骨窗定位 (52.0%)

2.5 ROC 曲线分析

ROC 曲线分析显示, MRI 联合 CT 三维融合组的 AUC 整体升高,且显著优于 MRI 组和 CT 组 ($P < 0.05$),如图 2 所示。

3 讨论

膝关节作为人体负重和运动最频繁的大关节之

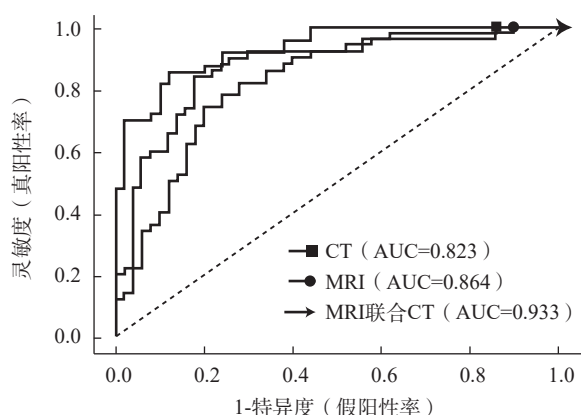


图2 单一 MRI、单一 CT 与 MRI 联合 CT 诊断模式的 ROC 曲线对比
Fig.2 Comparison of ROC curves of MRI alone, CT alone and MRI+CT combined diagnostic model

一，解剖结构复杂，软组织与骨性组织交叉密布，在遭遇外力冲击、扭转或长时间磨损后易发生多类型、多平面损伤。常见结构性病变包括半月板撕裂、交叉韧带损伤、软骨剥脱与隐匿性骨折等^[7]。传统单一影像检查如 X 线（DR）虽便于筛查骨折移位，但对软组织结构缺乏敏感性；MRI 以其出色的软组织对比能力成为诊断韧带、软骨及半月板病变的重要工具，但对于骨性微结构、复杂几何形态的空间感知仍存在局限性^[8]；CT 则在骨皮质连续性、骨小梁走行等方面具备优势，且便于三维重建^[9,10]。如何整合不同成像方式的优势，实现多结构高保真诊断，成为当前精准诊疗需求下的重要课题。

本研究基于 78 例膝关节损伤患者的真实临床数据，系统比较了单一 MRI、单一 CT 及 MRI 联合 CT 三维重建三种影像检查方式在结构性病变诊断中的效能，并以关节镜或术中所见为金标准进行验证，结果具有较强的现实指导意义。统计分析显示，MRI 联合 CT 三维重建的灵敏度（96.63%）、特异度（92.44%）和准确率（94.87%）均优于单项检查（ $P < 0.05$ ）。Kappa 一致性分析也表明，联合模式在诊断半月板撕裂、交叉韧带断裂及软骨病变方面均表现出高度一致性（Kappa 值 > 0.85 ）。ROC 曲线分析进一步验证其综合效能最强（AUC=0.933），在模型判别能力上显著优于 MRI（AUC=0.864）和 CT（AUC=0.823）（ $P < 0.05$ ）。在图像重建质量方面，MRI 联合 CT 模型的平均结构评分达到 8.71 分，病灶定位误差低至 2.13mm。值得注意的是，

MRI 虽然在软组织显示方面具有先天优势，但其空间结构还原能力较弱，尤其在骨性边界定位方面比较依赖经验判断。CT 虽然可进行三维重建，但无法显示韧带、半月板等结构，单独使用易导致漏诊。融合后的三维模型不仅克服了单一成像方式的短板，还借助软件算法完成了图像配准与结构识别，实现骨-软组织的空间联动，为术前评估与术中导航提供了直观依据。

综上，MRI 联合 CT 三维重建多模态融合技术可大幅提升膝关节复杂结构损伤的识别能力，其在病灶定位、结构重建、术前规划等多个层面均展现出临床优势。本研究基于真实病例数据，通过多维度、多指标的定量分析，验证了该影像技术在实际临床场景中的可行性和准确性，具有较高的推广价值。未来建议在融合图像重建的基础上，进一步探索人工智能自动分割算法、骨-软组织力学建模、术中实时导航系统的集成，推动影像诊断从二维观察向可操作三维可视化转变，助力数字化骨科与个体化精确医疗的发展。

参考文献

- [1] 周静, 郑孝众, 丁建平, 等. 基于 MRI 研究业余马拉松运动员大腿肌肉与膝关节损伤及跑步因素的相关性[J]. *临床放射学杂志*, 2024, 43(11): 1956-1960.
ZHOU Jing, ZHENG Xiaozhong, DING Jianping, *et al.* The correlation between thigh muscle and knee joint injury and running factors in amateur marathon runners[J]. *Journal of Clinical Radiology*, 2024, 43(11): 1956-1960.
- [2] 许建生, 崔金涛. 基于广义估计方程探讨三维 MRI 联合 CT 影像学检查对膝关节骨性关节炎病变的诊断价值[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2024, 22(3): 168-170.
XU Jiansheng, CUI Jintao. To explore the diagnostic value of three-dimensional MRI combined with CT imaging in joint lesions of knee osteoarthritis based on generalized estimation equation[J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2024, 22(3): 168-170.
- [3] 简田芳. 膝关节韧带损伤的 X 线、CT 影像表现及诊断价值分析[J]. *现代医用影像学*, 2021, 30(1): 84-86.
LIN Tianfang. Analysis of X-ray, CT imaging performance and diagnostic value of knee ligament injury[J]. *Modern Medical Imageology*, 2021, 30(1): 84-86.
- [4] 王佩, 吴立共. 多层螺旋 CT、MRI 对膝关节损伤的诊断效能比较

- 研究[J]. **浙江创伤外科**, 2025, 30(2): 352-355.
- WANG Pei, WU Ligong. A comparative study of the diagnostic efficacy of multislice spiral CT and MRI in knee injuries[J]. **Zhejiang Journal of Traumatic Surgery**, 2025, 30(2): 352-355.
- [5] 侯照成, 丁建. CT 与 MRI 联合诊断腕关节损伤的效果及对不同类型损伤的检出率[J]. **中国医药指南**, 2025, 23(5): 112-114.
- HOU Zhaocheng, DING Jian. The effect of combined CT and MRI in the diagnosis of wrist joint injury and the detection rate of different types of injury[J]. **Guide of China Medicine**, 2025, 23(5): 112-114.
- [6] 袁钰晓, 黄伟. 高场强 MRI 与 CT 三维重建联合诊断膝关节外伤的临床价值[J]. **浙江创伤外科**, 2024, 29(8): 1577-1579.
- YUAN Yuxiao, HUANG Wei. Clinical value of high-field-intensity MRI combined with CT three-dimensional reconstruction in the diagnosis of knee trauma[J]. **Zhejiang Journal of Traumatic Surgery**, 2024, 29(8): 1577-1579.
- [7] 袁斌, 张伟. 半月板内突指数和内侧胫股关节软骨损伤程度的相关性研究[J]. **中国骨伤**, 2023, 36(10): 965-969.
- YUAN Bin, ZHANG Wei. Analysis of the correlation between medial meniscus displacement index and medial tibiofemoral articular cartilage damage[J]. **China Journal of Orthopaedics and Traumatology**, 2023, 36(10): 965-969.
- [8] 靳莉丹, 申瑞田. 三维 CT 联合 MRI 分析膝关节 ACL 损伤重建术后移植术、周围结构与膝关节稳定性关系[J]. **影像科学与光化学**, 2022, 40(2): 418-423.
- JIN Lidan, SHEN Ruitian. The relationship between graft, surrounding structure and knee stability after reconstruction of ACL injury was analyzed by three-dimensional CT combined with MRI[J]. **Imaging Science and Photochemistry**, 2022, 40(2): 418-423.
- [9] 胡清华, 汪康胜, 李俊. CT 与 MRI 检查对膝关节损伤的临床诊断价值[J]. **医疗装备**, 2024, 37(16): 42-44, 48.
- HU Qinghua, WANG Kangsheng, LI Jun. Clinical diagnostic value of CT and MRI examinations for knee joint injuries[J]. **Medical Equipment**, 2024, 37(16): 42-44, 48.
- [10] 陈红育. 研究比较 X 线与 CT 诊断在膝关节损伤中的价值[J]. **微量元素与健康研究**, 2019, 36(3): 76-77.
- CHEN Hongyu. Comparison study on the value of X-ray and CT diagnosis in knee injuries[J]. **Studies of Trace Elements and Health**, 2019, 36(3): 76-77.