

Agreement of 3.0T Magnetic Resonance in the Diagnosis of Knee Meniscus Injury and Arthroscopy*

论著

3.0T磁共振诊断膝关节半月板损伤与关节镜的一致性研究*

马为彬¹ 罗禹^{1,*} 刘坚林²王明月¹ 陶全¹ 高科¹

1.上海市第四人民医院放射科(上海 200000)

2.上海市第四人民医院骨科(上海 200000)

【摘要】目的 分析3.0T磁共振(MRI)二维快速自旋回波(2D-FSE)、三维快速自旋回波(3D-SPACE)诊断膝关节半月板损伤与关节镜的一致性。**方法** 选定上海市第四人民医院2020年10月至2022年10月接诊的64例膝关节半月板损伤患者，均给予MRI检查，分别进行2D-FSE、3D-SPACE扫描，将关节镜作为膝关节半月板损伤的诊断“金标准”，比较2D-FSE、3D-SPACE诊断准确率、灵敏度及特异度，Kappa检验2D-FSE、3D-SPACE与金标准的一致性，比较2D-FSE、3D-SPACE扫描下半月板组织对比噪声比(CNR)。**结果** 3D-SPACE诊断准确率(95.31%)、灵敏度(96.55%)均高于2D-FSE(78.13%、79.31%)， $P<0.05$ ；3D-SPACE诊断特异度(83.33%)与2D-FSE比较， $P>0.05$ ；Kappa检验2D-FSE与关节镜一致性一般(Kappa值=0.586)， $P<0.05$ ；3D-SPACE与关节镜一致性较好(Kappa值=0.792)， $P<0.05$ 。3D-SPACE扫描下半月板与关节液、半月板与软骨CNR与2D-FSE比较， $P>0.05$ ；3D-SPACE扫描下半月板与韧带CNR高于2D-FSE， $P<0.05$ 。**结论** 3D-SPACE在膝关节半月板损伤诊断中的准确率、灵敏度均较高，可准确评估半月板与韧带损伤程度，图像质量更高，具有一定的参考价值。

【关键词】 磁共振；二维快速自旋回波；三维快速自旋回波；膝关节半月板损伤；关节镜

【中图分类号】 R445.2

【文献标识码】 A

【基金课题】 虹口区卫生健康委员会医学科研课题
(虹卫2103-02)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.09.054

MA Wei-bin¹, LUO Yu^{1,*}, LIU Jian-lin², WANG Ming-ming¹, TAO Quan¹, GAO Ke¹.

1. Department of Radiology, Shanghai Fourth People's Hospital, Shanghai 200000, China

2. Department of Orthopedics, Shanghai Fourth People's Hospital, Shanghai 200000, China

ABSTRACT

Objective To analyze the consistency of 3.0T magnetic resonance imaging (MRI) 2D rapid spin echo (2D-FSE) and 3D rapid spin echo (3D-SPACE) in the diagnosis of knee meniscus injury and arthroscopy. **Methods** A total of 64 patients with knee meniscus injury received in Shanghai Fourth People's Hospital from October 2020 to October 2022 were selected to receive MRI examination, 2D-FSE and 3D-SPACE scanning, respectively. Arthroscopy was used as the gold standard for the diagnosis of knee meniscus injury. The diagnostic accuracy, sensitivity and specificity of 2D-FSE and 3D-SPACE were compared. The consistency of 2D-FSE and 3D-SPACE with gold standard was tested by Kappa, and the contrastive noise ratio (CNR) of meniscus tissue under 2D-FSE and 3D-SPACE scanning was compared. **Results** The diagnostic accuracy (95.31%) and sensitivity (96.55%) of 3D-SPACE were higher than those of 2D-FSE (78.13% and 79.31%), $P<0.05$. The diagnostic specificity of 3D-SPACE (83.33%) was higher than that of 2D-FSE ($P>0.05$). Kappa test showed general consistency between 2D-FSE and arthroscopy (Kappa value=0.586), $P<0.05$, and good consistency between 3D-SPACE and arthroscopy (Kappa value =0.792), $P<0.05$. Comparison of meniscus and articular fluid, meniscus and cartilage CNR and 2D-FSE in 3D-SPACE scanning ($P>0.05$); The CNR of meniscus and ligament in 3D-SPACE scan was higher than that in 2D-FSE, $P<0.05$. **Conclusion** The accuracy and sensitivity of 3D-SPACE in the diagnosis of knee meniscus injury are both high, which can accurately evaluate the degree of meniscus and ligament injury, and the image quality is higher, which has certain reference value.

Keywords: Magnetic Resonance; Two-dimensional Fast Spin Echo; Three-dimensional Fast Spin Echo; Knee Meniscus Injury; Arthroscopy

半月板是膝关节的重要组成部分，具有维持膝关节稳定、润滑等作用，在维持膝关节结构稳定及缓冲膝关节负重方面具有重要意义^[1]。半月板损伤是骨科较为常见的膝关节病，多是由于不当运动、外力冲击等所致，发病率较高^[2]。及早对半月板损伤作出准确的诊断，及早给予针对性治疗，是降低致残率、改善患者预后的关键。CT是既往临床诊断膝关节损伤的常用影像学技术，难以将半月板损伤程度清晰地显示出来，容易受到操作者工作经验、操作水平等因素的影响^[3]。磁共振(MRI)是一种经济、高效的诊断方法，对软组织分辨率较高，可以清晰地显示出软组织损伤程度^[4]。二维快速自旋回波(2D-FSE)、三维快速自旋回波(3D-SPACE)均为MRI常见的扫描方式，关于两种扫描方式在膝关节半月板损伤诊断中的诊断效能是目前临床研究的热点。基于此，为探究3.0TMRI2D-FSE、3D-SPACE诊断膝关节半月板损伤与关节镜的一致性，本文选定上海市第四人民医院2020年10月至2022年10月接诊的64例膝关节半月板损伤患者研究，具体如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选定上海市第四人民医院2020年10月至2022年10月接诊的64例膝关节半月板损伤患者，18例男性、46例女性；年龄在24-90岁，平均(57.62 ± 3.04)岁；损伤部位：3例双侧、36例右侧、35例左侧；受伤至入院时间在3.2-7.6h，平均(5.43 ± 0.67)h。医院伦理委员会已审批。

纳入标准：均为首次发生膝关节半月板损伤，存在明显膝关节扭伤史。年龄 $\geqslant 18$ 周岁，不限男、女。依从性、配合度良好。沟通、视听能力均正常，可配合医生完成本研究。患者及家属均知情本研究目的，并自愿参与。排除标准：合并严重骨质疏松症或骨折等骨科疾病者。同期参与其他研究者。合并关节畸形、关节感染、关节内肿瘤等疾病者。哺乳期、妊娠期女性。半月板先天畸形者。存在MRI检查禁忌症者，例如植入心脏支架者。合并狂躁症、焦虑症等精神障碍疾病者。检查前接受过手术等对症治疗者。中途由于病情变化从本研究退出者。

1.2 方法 (1)MRI检查：采用西门子Prisma 3.0T磁共振扫描仪检查，指导患者采取仰卧位，采用15通道膝关节专用线圈，足部先进，分别进行2D-FSE、3D-SPACE扫描。2D-FSE扫描参数设置：轴位、矢状位、冠状位：TE是17ms，TR是3600ms，视野(FOV)是180，3mm层间距，3mm层厚，带宽是222，采集体素是 $0.6\times0.6\times3.0$ ，扫描时间为2min40s。3D-SPACE参数设置：TE是52ms，TR是1000ms，视野(FOV)是180，0.6mm层间距，0.6mm层厚，带宽是330，采集体素是 $0.6\times0.6\times0.6$ ，扫描时间为7min50s。所有受检者MRI检查均由同2名临床经验丰富、具有相关资格证书的MRI医生完成，并做出诊断，对于存在异议的地方，应再次讨论，并确定最终诊断结果，详见图1-图5。(2)关节镜检查：硬膜外麻醉患者，常规消毒术区，从患侧膝关节前内侧入路，详细探查膝关节半月板损伤情况，而后进行半月板修复手术或半月板部分切除术治疗。

【第一作者】 马为彬，男，主治医师，主要研究方向：骨关节影像。E-mail: jy02205772@126.com

【通讯作者】 罗禹，男，主任医师，主要研究方向：神经影像。E-mail: april2002@163.com

1.3 观察指标 将关节镜作为膝关节半月板损伤的诊断“金标准”，比较2D-FSE、3D-SPACE诊断准确率、灵敏度及特异度， $(\text{真阳性}+\text{真阴性}) / (\text{假阴性}+\text{真阴性}+\text{假阳性}+\text{真阳性}) \times 100.00\% = \text{准确率}$ ； $\text{真阳性} / (\text{假阴性}+\text{真阳性}) \times 100.00\% = \text{灵敏度}$ ； $\text{真阴性} / (\text{假阳性}+\text{真阴性}) \times 100.00\% = \text{特异度}$ 。比较2D-FSE、3D-SPACE扫描下半月板组织对比噪声比(CNR)。



图1 柄桶状撕裂；图2 关节镜半月板撕裂；图3 横行撕裂；图4 横行撕裂横断位；图5 斜行撕裂

2 结 果

2.1 2D-FSE、3D-SPACE诊断效能比较 3D-SPACE诊断准确率(95.31%)、灵敏度(96.55%)均高于2D-FSE(78.13%、79.31%)， $P < 0.05$ ；3D-SPACE诊断特异度(83.33%)与2D-FSE比较， $P > 0.05$ ；Kappa检验2D-FSE与关节镜一致性一般(Kappa值=0.586)， $P < 0.05$ ；3D-SPACE与关节镜一致性较好(Kappa值=0.792)， $P < 0.05$ 。见表1、表2、表3。

1.4 统计学方法 数据处理选择SPSS 26.0软件，计量资料正态分布t检验，以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，计数资料 χ^2 检验，以“[n/(%)]”表示，Kappa检验2D-FSE、3D-SPACE与“金标准”的一致性，Kappa值 ≥ 0.75 ，表示一致性较好， $0.4 \leq \text{Kappa值} < 0.75$ 表示一致性一般，Kappa值 < 0.4 表示一致性较差， $P < 0.05$ ，对比存在差异。

关节镜	2D-FSE		合计	Kappa值	P
	阳性	阴性			
阳性	46	12	58	0.586	0.003
阴性	2	4	6		
合计	48	16	64		

组别	准确率		灵敏度	特异度
	2D-FSE	3D-SPACE		
2D-FSE	78.13(50/64)	95.31(61/64)	79.31(46/58)	66.67(4/6)
3D-SPACE			96.55(56/58)	83.33(5/6)
χ^2	8.207		8.123	0.444
P	0.004		0.004	0.505

关节镜	3D-SPACE		合计	Kappa值	P
	阳性	阴性			
阳性	56	2	58	0.792	0.000
阴性	1	5	6		
合计	57	7	64		

组别	例数(n)	半月板与关节液	半月板与韧带	半月板与软骨
		3D-SPACE	2D-FSE	t
3D-SPACE	64	315.66±25.61	318.62±28.16	29.62±3.52
2D-FSE	64			123.62±15.05
t	--	0.622	22.18±1.45	126.82±16.34
P	--	0.535	15.635	1.152
			0.000	0.251

3 讨 论

膝关节半月板损伤可发生于任何年龄段的人群，但多见于青壮年，主要是由于青壮年运动量较大，半月板更容易受损，半月板损伤后关节局部会出现肿胀、疼痛、屈伸不利、无法下蹲、关节附近有压迫感等症状^[5-6]。但也有一部分半月板损伤患者在受伤后缺乏典型症状，极易被患者忽视，从而发展成为不可逆性病变，错过最佳治疗时间，一定程度上增加了致残率^[7-8]。关节镜是既往临床诊断半月板损伤的金标准，但毕竟具有一定的创伤性，患者耐受性较差，且具有价格昂贵、不能重复检查等缺点，患者接受度较低^[9-10]。因此，寻求一种准确、可靠的诊断技术提高膝关节半月板损伤诊断准确率成为目前临床高度关注的内容。

本研究显示：3D-SPACE诊断准确率(95.31%)、灵敏度(96.55%)均高于2D-FSE(78.13%、79.31%)，P<0.05。说明3D-SPACE的诊断效能更高。分析如下：2D-FSE是诊断膝关节病变的传统技术，可以显示出半月板、骨髓、韧带、肌腱等组织解剖结构，在诊断半月板损伤方面具有较高的特异度、灵敏度^[11-12]。但由于2D-FSE扫描的层厚相对较高，在诊断半月板损伤时，受到部分容积效应等因素的影响，2D-FSE无法显示出<1mm的病变组织^[13]。另外，2D-FSE由于扫描时间较短，所获得的图像质量更差，对微小病変的诊断准确率更低^[14]。3D-SPACE具有高SNR、无间隔、薄层等优点，可以短期内获得各向同性在1mm以下的图像，将半月板病变显示出，方便医生更加直观地观察半月板厚度、形态等^[15-16]。3D-SPACE可以获取任意平面、不同角度的图像，层厚是0.6mm，进行无间隔的各向性扫描，极大地减少了部分容积效应的伪影，提高了空间分辨率，可以将微小地解剖病変更加清晰地显示出来^[17-18]。本研究显示：3D-SPACE诊断特异度(83.33%)与2D-FSE比较，P>0.05。说明3D-SPACE与2D-FSE诊断膝关节半月板损伤的特异度差异性不大。究其原因，与本研究样本病例数较小等因素有关，因此，仍旧需要临床扩大样本病例数，为对比3D-SPACE、2D-FSE诊断膝关节半月板损伤的特异度提供更多参考依据。

本研究显示：3D-SPACE扫描下半月板与韧带CNR高于2D-FSE，P<0.05。说明3D-SPACE扫描中半月板与韧带的CNR相对更高，主要是由于3D-SPACE可以更加清晰地显示出桶柄状撕裂、放射状撕裂、垂直边缘撕裂等损伤，帮助医生区分撕裂移位程度、分离程度等^[19]。在凌岳等^[20]研究中，3D-SPACE扫描半月板与韧带CNR(29.82±23.01)高于2D-SPACE(22.27±13.26)，P<0.05，接近本研究结果，验证了3D-SPACE扫描下半月板与韧带的CNR相对较高。但3D-SPACE扫描也存在一定的不足，例如耗费时间相对较长，从本次研究发现，3D-SPACE的检查耗时相当于2D-FSE的3倍。扫描时间越长，患者检查过程中膝关节不自主移动的可能性就越高，就越容易出现图像伪影，部分信号也会被医生误诊为半月板损伤，这也是导致本研究中3D-SPACE扫描与关节镜相比，误诊2例的原因之一。因此，在3D-SPACE扫描过程中，医生应进行图像重组，必要时展开二次扫描，综合考虑病灶显示清晰程度、图像采集时间、图像质量等，进一步优化3D-SPACE扫描参数。

综上所述，3D-SPACE在膝关节半月板损伤中与2D-FSE相比，具有准确率高、灵敏度高等优点，在判断半月板与韧带损伤方面具有较高的参考价值，临床可考虑将其作为诊断半月板损伤的首选影像学技术。

参考文献

- [1] Qi Y, Tang R, Shi Z, et al. Wnt5a/Platelet-rich plasma synergistically inhibits IL-1 β -induced inflammatory activity through NF- κ B signaling pathway and prevents cartilage damage and promotes meniscus regeneration[J]. J Tissue Eng Regen Med, 2021, 15 (7): 612-624.
- [2] 郑守超, 石晶, 王峰, 等. 关节镜下半月板成形术治疗膝关节半月板损伤患者的效果观察及对Lysholm评分、关节生理功能的影响[J]. 解放军医药杂志, 2021, 33 (3): 82-86.
- [3] 高强, 马小伟. CT与MRI诊断膝半月板和关节软骨损伤的临床价值比较[J]. 贵州医药, 2022, 46 (6): 956-957.
- [4] 张海飞, 康鑫威. MRI诊断胫骨平台骨折患者半月板损伤的价值观察[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19 (4): 171-173.
- [5] Kodama Y, Furumatsu T, Okazaki Y, et al. Transtibial pullout repair of medial meniscus posterior root tears: effects on the meniscus healing score and ICRS grade among patients with mild osteoarthritis of the knee[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2021, 29 (9): 3001-3009.
- [6] 马维理, 陈国奋. PRP联合关节镜半月板成形术治疗老年膝关节半月板损伤的疗效及对患者关节功能的影响[J]. 海南医学, 2021, 32 (1): 68-71.
- [7] 陈昊, 王瑞, 姜少伟, 等. MRI定量测量内侧半月板外凸值与内侧半月板损伤模式及软骨损伤的相关性[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27 (22): 3567-3572.
- [8] 邓翔天, 郑占乐, 邵德成, 等. 关节镜下评估胫骨平台骨折合并半月板撕裂和交叉韧带损伤的临床研究[J]. 中华外科杂志, 2021, 59 (6): 464-469.
- [9] 高志, 罗仲流, 范志航, 等. 关节镜下不同缝合修复方法对3度半月板损伤患者手术效果、膝关节本体感觉及BGP、IGF-1、MMP-1水平的影响[J]. 现代生物医学进展, 2021, 21 (18): 3494-3497, 3442.
- [10] Liu Y, Joseph GB, Foreman SC, et al. Determining a threshold of medial meniscal extrusion for prediction of knee pain and cartilage damage progression over 4 years: data from the osteoarthritis initiative[J]. Am J Roentgenol, 2021, 216 (5): 1318-1328.
- [11] 梁良, 李宝珍, 孙勤学. 比较3D各向同性FSE脉冲序列CubeT2与传统2D FSE序列成像质量的差异[J]. 中国现代医生, 2020, 58 (9): 147-150.
- [12] 宋春娟, 张怡. MRI CS-3D-MATRIX序列在膝关节前交叉韧带损伤诊断中的应用研究[J]. 医疗卫生装备, 2020, 41 (6): 73-76.
- [13] 汪伟, 马玉佩, 李涛. MRI 3D-SPACE序列对膝关节交叉韧带及内侧半月板后根梳状结构的评估价值[J]. 影像研究与医学应用, 2021, 5 (14): 40-43.
- [14] 钟小东, 刘伟, 李先民, 等. 3.0T 3D FS-SPGR在膝关节软骨损伤的临床研究[J]. 影像研究与医学应用, 2021, 5 (8): 58-59.
- [15] 王亚魁, 金笑, 袁慧书. 压缩感知三维快速自旋回波序列在膝关节前交叉韧带成像中的应用[J]. 临床放射学杂志, 2020, 39 (2): 363-367.
- [16] 钟小东, 刘伟, 李先民, 等. 3.0T 3D FS-SPGR在膝关节软骨损伤的临床研究[J]. 影像研究与医学应用, 2021, 5 (8): 58-59.
- [17] 赵红亮, 唐小力, 王亚魁, 等. 优选膝关节压缩感知三维体素各向同性快速自旋回波采集序列成像加速系数[J]. 中国介入影像与治疗学, 2021, 18 (9): 553-557.
- [18] 陈嘉艺, 叶春涛, 李仕红, 等. 磁共振增强三维短时反转恢复变角激发T₂WI快速自旋回波序列在成人精道解剖结构显示中的应用价值[J]. 中华解剖与临床杂志, 2020, 25 (1): 20-25.
- [19] 林成才, 李丽娟, 陈吉波, 等. 三维快速自旋回波与常规序列诊断膝关节交叉韧带损伤的对比研究[J]. 中国医学装备, 2020, 17 (2): 71-74.
- [20] 凌岳, 叶小玲, 阮兵, 等. 3.0T MRI 3D-SPACE序列对膝关节半月板损伤的诊断价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2019, 17 (5): 477-479.

(收稿日期: 2022-11-30)
(校对编辑: 韩敏求)