

论 著

MR 3D CUBE与常规MRI在膝关节前交叉韧带损伤中的应用价值*

袁 雁¹ 仇馨悦¹ 邓迎杰²
鲁雪红^{1,*}

1.新疆医科大学附属中医医院影像中心
2.新疆医科大学附属中医医院骨二科
(新疆 乌鲁木齐 830000)

【摘要】目的 探究MR 3D CUBE与常规磁共振成像(MRI)在膝关节前交叉韧带损伤中的应用价值。方法 选取2022年1月至2024年4月本院收治的136例膝关节前交叉韧带损伤患者,根据患者损伤程度分为I级、II级和III级;患者均进行MR 3D CUBE与常规MRI检查;Kappa检验分析MR 3D CUBE、常规MRI与关节镜诊断的一致性;以关节镜检查结果为金标准,采用四格表分析MR 3D CUBE与常规MRI对膝关节前交叉韧带不同损伤分级的诊断价值;膝关节前交叉韧带损伤治疗效果的影响因素采用Logistic回归分析。结果 MR 3D CUBE、常规MRI与关节镜诊断的一致性较好(Kappa=0.664、0.832, P<0.05)。MR 3D CUBE在诊断膝关节前交叉韧带损伤I级时准确率为91.91%,II级时准确率为91.18%,III级时准确率为94.85%;常规MRI在诊断膝关节前交叉韧带损伤I级时准确率为85.29%,II级时准确率为83.09%,III级时准确率为87.50%,MR 3D CUBE在诊断膝关节前交叉韧带损伤III级时准确度显著高于常规MRI(P<0.05)。不良组和良好组病程和既往损伤比较有差异(P<0.05)。多因素Logistic回归分析得知,病程和既往损伤是影响膝关节前交叉韧带损伤患者治疗效果的危险因素(P<0.05)。结论 MR 3D CUBE与常规MRI均能诊断膝关节前交叉韧带损伤,但MR 3D CUBE诊断效能高于常规MRI,可在临床应用。

【关键词】MR 3D CUBE; 常规磁共振成像; 膝关节; 前交叉韧带损伤; 诊断
【中图分类号】R445.2; R686
【文献标识码】A
【基金项目】新疆医科大学附属中医医院
院级课题(ZYY202322);
新疆自治区重点研发计划项目
(2021B03006-2)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.09.055

Application Value of MR 3D CUBE and Conventional MRI in Anterior Cruciate Ligament Injury of the Knee Joint*

YUAN Yan¹, QIU Xin-yue¹, DENG Ying-jie², LU Xue-hong^{1,*}.
1. Image center, Traditional Chinese Medical Hospital Affiliated to Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China
2. Department of Orthopedics II, Traditional Chinese Medical Hospital Affiliated to Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

ABSTRACT
Objective To explore the application value of MR 3D CUBE and conventional magnetic resonance imaging (MRI) in anterior cruciate ligament injury of the knee joint. **Methods** A total of 136 patients with anterior cruciate ligament injury of the knee joint admitted to our hospital from January 2022 to April 2024 were collected, and were classified into grade I, grade II, and grade III according to the degree of injury. All patients underwent MR 3D CUBE and routine MRI examinations. Kappa test was applied to analyze the consistency between MR 3D CUBE, conventional MRI, with arthroscopic diagnosis. Using arthroscopic examination results as the gold standard, four grid table was used to analyze the diagnostic value of MR 3D CUBE and conventional MRI for different injury grades of the anterior cruciate ligament of the knee joint. The influencing factors of the treatment effect on anterior cruciate ligament injury of the knee joint were analyzed using logistic regression. **Results** The consistency between MR 3D CUBE, conventional MRI with arthroscopic diagnosis was good (Kappa=0.664, 0.832, P<0.05). The accuracy of MR 3D CUBE in diagnosing anterior cruciate ligament injury of the knee joint was 91.91% at level I, 91.18% at level II, and 94.85% at level III. The accuracy of conventional MRI in diagnosing anterior cruciate ligament injury of the knee joint was 85.29% at level I, 83.09% at level II, and 87.50% at level III. The accuracy of MR 3D CUBE in diagnosing grade III anterior cruciate ligament injury of the knee joint was greatly higher than that of conventional MRI (P<0.05). There was a difference in the course of disease and previous injuries between the adverse group and the good group (P<0.05). Multivariate logistic regression showed that the course of the disease and previous injuries were risk factors affecting the treatment effectiveness of patients with anterior cruciate ligament injury of the knee joint (P<0.05). **Conclusion** Both MR 3D CUBE and conventional MRI can diagnose anterior cruciate ligament injury of the knee joint, but the diagnostic efficiency of MR 3D CUBE is higher than that of conventional MRI and can be applied clinically.
Keywords: MR 3D CUBE; Conventional Magnetic Resonance Imaging; Knee Joint; Anterior Cruciate Ligament Injury; Diagnosis

膝关节损伤是常见的一种疾病,其中较为常见的是前交叉韧带损伤^[1],前交叉韧带是维持膝关节稳定的结构,韧带以矢状位附着在股骨和胫骨,分前内和后外侧束,因其位置较为特殊,成为最易损伤的一条韧带,前交叉韧带损伤大多是小腿上端后方受到撞击(向前的暴力)造成的^[2-3]。前交叉韧带发生损伤后很难自我修复,需尽早进行对症治疗,降低软骨损伤程度,防止半月板发生退变,临床治疗时需要结合临床症状进行检查,将损伤位置、形态和损伤程度明确,从而有效的进行针对性治疗^[4]。关节镜是目前临床诊断前交叉韧带损伤的金标准,然而该方法会对患者产生一定的损伤,患者接受度低,常规CT和X线能对韧带损伤进行准确判断,但对于韧带损伤程度不能进行有效的诊断^[5-6]。因此寻找一种高效安全的诊断方法尤为重要。常规磁共振成像(MRI)可多方位和多参数成像,其软组织分辨率良好,能有效分析病灶部位的软组织分辨率,直观分析韧带外侧形态和信号等,可有效诊断膝关节损伤病情^[7]。随着影像学技术的发展,以三维韧带成像为基础的MR 3D CUBE在临床逐步得到应用,可三维立体化的将病灶部位损伤情况呈现出来,还能进行多层次分析,从而进一步分析膝关节损伤程度^[8]。临床关于常规MRI和MR 3D CUBE在具体应用和诊断中存在一定差异,且目前关于二者在膝关节前交叉韧带损伤中比较的研究鲜有报道,因此本研究旨在探讨MR 3D CUBE与常规MRI在膝关节前交叉韧带损伤中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年1月至2024年4月本院收治的136例膝关节前交叉韧带损伤患者,其中男82例,女54例,平均年龄(37.64±3.50)岁,体重指数(24.55±3.12)kg/m²,患病部位左侧68例,右侧68例,病程(7.41±1.41)d。根据患者损伤程度分为I级、II级和III级;患者均进行MR 3D CUBE与常规MRI检查。
纳入标准: (1)符合膝关节前交叉韧带损伤诊断标准^[9],经过关节镜以及病理检查确诊;(2)临床症状表现为患侧膝关节肿痛、松弛无力等;(3)单侧受伤;(4)资料完整;(5)患者及家属签署承诺书。**排除标准:** (1)既往存在膝关节手术史者;(2)重要脏器功能衰竭者;(3)类风湿性等关节损伤;(4)精神疾病者;(5)精神障碍无法配合研究者;(6)妊娠

【第一作者】袁 雁,女,主治医师,主要研究方向:骨关节影像诊断。E-mail: YuanY20240526@163.com
【通讯作者】鲁雪红,女,副主任医师,主要研究方向:呼吸系统疾病及心血管疾病、骨关节影像诊断。E-mail: 389189626@qq.com

期/哺乳期女性。医院伦理委员会批准本研究。

1.2 方法

1.2.1 MR 3D CUBE检查方法 所有患者均使用1.5T MRI扫描仪(美国通用电气公司),取患者仰卧位并将腿伸直,患侧外旋15°,快速三维脉冲序列MR 3D CUBE T2序列参数包括层厚0.7mm,间距1 mm,视野18mm×18 mm,矩阵260×260,回波链80个,TR为2500ms,将获得的图像传到工作站进行处理,安排2名影像科医师对图像进行分析,二者判断相同时则为最终的结论。

1.2.2 常规MRI检查方法 所有患者均使用1.5T MRI扫描仪(美国通用电气公司),取患者仰卧位,将患肢放入表面线圈中,双膝关

节呈伸直状态,患侧膝关节外旋15°,然后对其病灶位置进行扫描,横轴位压脂参数:层厚4 mm,间距1 mm,TR为2212ms,TE为30ms;冠状位T1WI参数:层厚4 mm,间距1 mm,TR为634ms,TE为44.3 ms;冠状位压脂参数:层厚4 mm,间距1 mm,TR为2366ms,TE为30 ms;矢状位T2WI参数包括层厚4 mm,间距1 mm,TR为2817ms,TE为68 ms,矢状压脂参数:层厚4 mm,间距1 mm,TR为2547 ms,TE为30 ms。将获得的图像传到工作站进行处理,安排2名影像科医师对图像进行分析,二者判断相同时则为最终的结论。

1.2.3 MR 3D CUBE与常规MRI判断标准 两种检查标准见表1。

表1 MR 3D CUBE与常规MRI判断标准

检查方法	损伤程度分级	主要特征
MR 3D CUBE	I 级	前交叉韧带形态正常,信号均匀,无异常
	II 级	前交叉韧带轻度或者中度劳损,病灶呈现线性或者点状低信号,未完全断裂
	III 级	前交叉韧带完全断裂,出现高信号灶
常规MRI	I 级	韧带形态连续,纤维束连续,信号清晰均匀,伴周围皮下水肿
	II 级	韧带部分撕裂,韧带形态不规则,信号不均匀
	III 级	韧带纤维完全撕裂,韧带形态不规则,断端呈现高信号

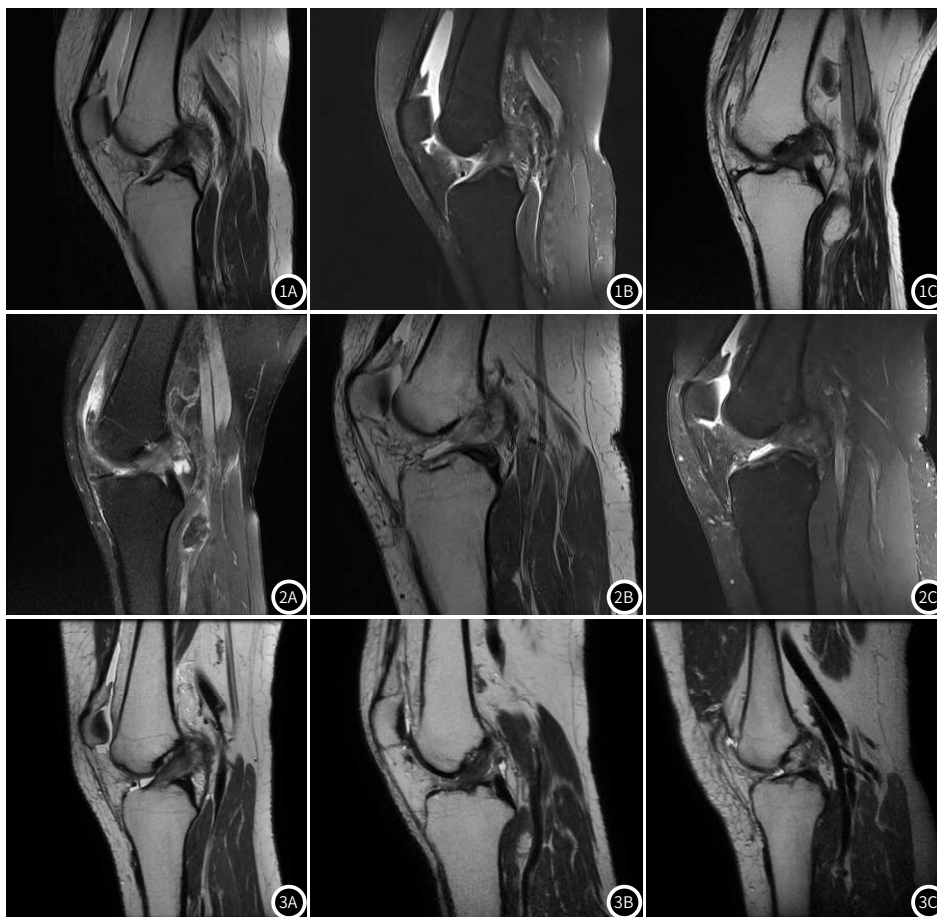
1.3 观察指标 (1)比较MR 3D CUBE与常规MRI影像图特征;(2)分析MR 3D CUBE、常规MRI与关节镜诊断的一致性;(3)以关节镜诊断为金标准,分析MR 3D CUBE与常规MRI诊断不同损伤程度分级的结果;(4)患者术后4周对其疗效进行评估^[10],根据治疗效果情况将患者分为良好组和不良组,分析其临床资料比较;(5)采用Logistic回归分析影响治疗效果不良的影响因素。

1.4 统计学分析 SPSS 25.0处理数据,计量数据均经过Shapiro-Wilk正态性检验,计量资料均符合正态分布,以($\bar{x} \pm s$)表示,采用t检验;计数资料用n表示,行 χ^2 检验;Kappa检验分析MR 3D

CUBE、常规MRI与关节镜诊断的一致性;以关节镜检查结果为金标准,采用四格表分析MR 3D CUBE与常规MRI对膝关节前交叉韧带不同损伤分级的诊断价值。膝关节前交叉韧带损伤治疗效果的影响因素采用Logistic回归分析; $P < 0.05$ 有差异。

2 结果

2.1 MR 3D CUBE与常规MRI影像图特征比较 常规MRI检查T2以及压脂序列扫描时未见前交叉韧带损伤或者显示不清,见图1和2。MR 3D CUBE扫描诊断发现前交叉韧带损伤,见图3。



2.2 MR 3D CUBE、常规MRI与关节镜的一致性分析 MR 3D CUBE、常规MRI与关节镜诊断的一致性较好(Kappa=0.664、0.832, $P<0.05$), 见表2和表3。

2.3 MR 3D CUBE与常规MRI对膝关节前交叉韧带不同损伤分级的诊断价值 MR 3D CUBE在诊断膝关节前交叉韧带损伤I级时准确度为91.91%, II级时准确度为91.18%, III级时准确度为94.85%; 常规MRI在诊断膝关节前交叉韧带损伤 I 级时准确度为85.29%, II级时准确度为83.09%, III级时准确度为87.50%, MR 3D CUBE在诊断膝关节前交叉韧带损伤III级时准确度显著高

于常规MRI($P<0.05$)。见表4和表5。

2.4 良好组和不良组一般资料的比较 不良组和良好组病程和既往损伤比较有差异($P<0.05$), 其他比较无差异($P>0.05$), 见表6。

2.5 膝关节前交叉韧带损伤患者治疗效果的影响因素分析 以膝关节前交叉韧带损伤患者治疗效果是否不良为因变量(是=1, 否=0), 以上述有差异指标为自变量(病程为实测值、既往损伤: 有=1、无=0), 多因素Logistic回归分析得知, 病程和既往损伤是影响膝关节前交叉韧带损伤患者治疗效果的危险因素($P<0.05$), 见表7。

表2 常规MRI与关节镜的一致性分析

常规MRI	关节镜		
	I 级	II 级	III级
I 级	46	7	3
II 级	6	30	5
III级	4	5	30
Kappa	0.664		
P	<0.001		

表3 MR 3D CUBE与关节镜的一致性分析

MR 3D CUBE	关节镜		
	I 级	II 级	III级
I 级	50	4	1
II 级	4	36	2
III级	2	2	35
Kappa	0.832		
P	<0.001		

表4 MR 3D CUBE与常规MRI对膝关节前交叉韧带不同损伤分级的诊断结果

程度分级	诊断方法		金标准		合计
			阳性	阴性	
I 级	常规MRI	阳性	46	10	56
		阴性	10	70	80
	MR 3D CUBE	阳性	50	5	55
		阴性	6	75	81
合计			56	80	136
II 级	常规MRI	阳性	30	11	41
		阴性	12	83	95
	MR 3D CUBE	阳性	36	6	42
		阴性	6	88	94
合计			42	94	136
III级	常规MRI	阳性	30	9	39
		阴性	8	89	97
	MR 3D CUBE	阳性	35	4	39
		阴性	3	94	97
合计			38	98	136

表5 MR 3D CUBE与常规MRI对膝关节前交叉韧带不同损伤分级的诊断效能

严重程度	诊断方法	准确度(%)	灵敏度(%)	特异度(%)	阳性预测值(%)	阴性预测值(%)
I 级	常规MRI	85.29(116/136)	82.14(46/56)	87.50(70/80)	82.14(46/56)	87.50(70/80)
	MR 3D CUBE	91.91(125/136)	89.29(50/56)	93.75(75/80)	90.91(50/55)	92.59(75/81)
	χ^2	2.949	1.167	1.839	1.824	1.166
	P	0.086	0.280	0.175	0.177	0.280
II 级	常规MRI	83.09(116/136)	71.43(30/42)	88.30(83/94)	73.17(30/41)	87.37(83/95)
	MR 3D CUBE	91.18(124/136)	85.71(33/42)	93.62(88/94)	85.71(33/42)	93.62(88/94)
	χ^2	2.267	0.571	1.617	0.331	2.141
	P	0.132	0.450	0.204	0.565	0.143
III级	常规MRI	87.50(119/136)	78.95(30/38)	90.82(89/98)	76.92(30/39)	91.75(89/97)
	MR 3D CUBE	94.85(129/136)	92.11(35/38)	95.91(94/98)	89.74(35/39)	96.91(94/97)
	χ^2	4.570	2.657	2.060	2.308	2.409
	P	0.033	0.103	0.151	0.129	0.121

表6 良好组和不良组一般资料的比较

一般资料	良好组(n=110)	不良组(n=26)	t/ χ^2	P
年龄(岁)	37.65±3.58	37.59±3.15	0.079	0.938
男/女	76/34	16/10	0.548	0.459
体质量指数(kg/m ²)	24.56±3.12	24.51±3.14	0.073	0.942
患病部位			0.190	0.663
左侧	54(49.09)	14(53.85)		
右侧	56(50.91)	12(46.15)		
病程(d)	6.56±1.38	11.03±1.56	14.483	<0.001
既往损伤	20(18.18)	12(46.15)	9.145	0.002

表7 膝关节前交叉韧带损伤患者治疗效果的影响因素分析

指标	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
病程	1.240	0.369	11.299	<0.001	3.457	1.677~7.125
既往损伤	1.275	0.245	27.086	<0.001	3.579	2.214~5.785

3 讨 论

膝关节作为人体较为重要的关节,结构较为复杂,而且其关节囊较为薄弱和松弛,前交叉韧带是机体关节腔内滑膜外的一种纤维组织,与螺旋状类似,可维持膝关节稳定,还可维持胫骨迁移以及内旋^[11]。当前交叉韧带损伤时还会伴随有半月板等损伤,患者会立刻出现膝关节剧烈疼痛、肿胀等,若不能及时诊断会影响膝关节稳定性,还会影响患者的生活质量,及时诊断可为临床治疗措施提供依据,有效改善患者预后^[12]。关节镜检查可全方位清晰观察前交叉韧带损伤程度,还能发现半月板等损伤,还能在镜下进行相应的手术,作为诊断前交叉韧带损伤的金标准,然而其为有创性操作,在检查时存在一定的风险,检测费用较高,还对于操作者有较高的要求,因此在常规检查时存在一定的局限性^[13-14]。

MRI能在多序列和多参数下进行诊断,对软组织分辨率好,能分析膝关节韧带损伤的解剖结构和病变特征,在机体处于正常状态时MRI呈现低信号,当出现病情时韧带表面的光滑性降低,局部还会呈现水肿并且增厚,纤维束可能完全中断,MRI则表现为等信号或者低信号发生改变,T2WI中则出现高信号改变^[15-16]。MRI通过冠状位和矢状位扫描,组织对比度较高,能清晰显示前交叉韧带有无损伤等,可提高对膝关节前交叉韧带损伤的诊断准确性,而且属于无创、无辐射检查,费用较低,可用来诊断膝关节前交叉韧带损伤^[17]。本研究结果发现,常规MRI与关节镜诊断的一致性较好,而且常规MRI在诊断膝关节前交叉韧带损伤Ⅰ级、Ⅱ级和Ⅲ级时准确度为85.29%、83.09%、87.50%,说明常规MRI能较为准确的诊断前交叉韧带损伤分级。然而MRI也会在矢状位上不能完整的将前交叉韧带损伤完全显示出来,因其扫描层面少,也存在一定的局限性^[4]。随着影像学的发展,三维立体成像在临床中逐渐得到应用,可判断患者的损伤部位以及严重程度^[18],MR 3D CUBE扫描时间短,能在多角度和多方位进行扫描,能完整显示前交叉韧带走行以及信号强度,空间分辨率高,可在多个层面将前交叉韧带显示出来,较少漏诊和误诊几率^[19]。本研究结果发现,MR 3D CUBE与关节镜诊断的一致性较好,且MR 3D CUBE在诊断膝关节前交叉韧带损伤Ⅰ级、Ⅱ级和Ⅲ级时准确度为91.91%、91.18%、94.85%,说明MR 3D CUBE能准确的诊断前交叉韧带损伤分级,且MR 3D CUBE诊断膝关节前交叉韧带损伤Ⅲ级时准确度显著高于常规MRI,说明MR 3D CUBE检查时能显著提高诊断效能。因为本研究选取的MRI扫描仪,采集时间缩短,带宽更宽,而且有较好的梯度性,还能提升图像质量,在诊断过程中还能根据患者体重指数等进行及时调整,能有效提高诊断效率^[20]。

本研究还发现,不良组和良好组病程和既往损伤比较有差异,其还是影响膝关节前交叉韧带损伤患者治疗效果的危险因素,因为病程延长以及损伤部位发生炎症反应等都会对韧带恢复产生影响,影响患者术后恢复^[21]。

综上所述,MR 3D CUBE与常规MRI均能诊断膝关节前交叉韧带损伤,但MR 3D CUBE诊断效能高于常规MRI。

参考文献

- [1] 常丽鹏,赵敏,龚国龄,等.MRI在膝关节半月板损伤、前交叉韧带损伤诊断中的应用价值研究[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(8):164-167.
- [2] 孙小煜,宋璐,张雪峰,等.应用MRI、MSCT检查在外伤性膝关节交叉韧带损伤诊治中临床价值研究[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(9):180-182.
- [3] 李延皎,李超,张竞睿,等.探讨MRI检查在膝关节前交叉韧带损伤及半月板损伤临床诊断中的应用价值[J].当代医学,2019,25(19):71-73.
- [4] 陈金铭.MRI检查在膝关节前交叉韧带撕裂诊断中的应用价值[J].医疗装备,2022,35(4):15-16.
- [5] 鲁瓊.磁共振检查在膝关节前交叉韧带撕裂诊断中的应用价值分析[J].基层医学论坛,2020,24(28):4098-4099.
- [6] 敖建辉,高军峰,阎晓宇.CT与MRI对膝关节前交叉韧带损伤的诊断价值比较[J].临床医学,2022,42(4):75-76.
- [7] 易剑华,陈升浩,蔡平原,等.慢性踝关节不稳定的骨质特征研究[J].基因组学与应用生物学,2019,38(10):4655-4659.
- [8] 刘晓华,石慧生,张磊,等.两种腓骨侧固定踝外侧韧带复合体重建的比较[J].中国矫形外科杂志,2021,29(22):2027-2031.
- [9] 马国强.膝关节前交叉韧带完全撕裂的MRI征象及诊断价值[J].基层医学论坛,2020,24(5):689-690.
- [10] Yao W,Zhang Y,Zhang L,et al.MRI features of and factors related to ankle injuries in asymptomatic amateur marathon runners[J].Skeletal Radiol,2021,50(1):87-95.
- [11] 王家骥,刘浩,王湘彬,等.膝前交叉韧带自体肌腱保残重建术后静态脑功能磁共振成像的初步研究[J].中华医学杂志,2019,99(19):1479-1483.
- [12] 王勇.关节镜下保留残端重建术治疗前交叉韧带损伤的疗效观察[J].中国实用医刊,2019,46(7):52-54.
- [13] 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-I、MMP-1水平的影响[J].现代生物医学进展,2021,21(18):3494-3497,3442.
- [14] 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].AJR Am J Roentgenol,2021,216(5):1318-1328.
- [15] 颜佳凤,陈本宝.多层螺旋CT联合MRI在隐匿性踝关节骨折诊断中的应用价值[J].中医正骨,2022,34(8):46-48,53.
- [16] 高艺洋,李相生.踝关节软骨损伤的功能磁共振成像研究进展[J].磁共振成像,2022,13(9):167-170.
- [17] 黄耀强.膝关节前交叉韧带断裂磁共振成像技术的临床诊断价值研究[J].河南外科学杂志,2021,27(2):143-144.
- [18] Wenning M,Gehring D,Lange T,et al.Clinical evaluation of manual stress testing,stress ultrasound and 3D stress MRI in chronic mechanical ankle instability[J].BMC Musculoskelet Disord,2021,22(1):198-205.
- [19] 李少连,苗爱军,孟月杰.MR 3D CUBE T2对踝关节外侧韧带损伤评估价值分析[J].临床军医杂志,2022,50(12):1317-1320.
- [20] 李大伟,郭嘉亮.MRI 3D CUBE T2序列检查在踝关节外伤者韧带损伤诊断中的价值[J].中外医学研究,2023,21(31):65-69.
- [21] Kon E,Di Matteo B,Verdonk P,et al.Aragonite-based scaffold for the treatment of joint surface lesions in mild to moderate osteoarthritic knees:results of a 2-year multicenter prospective study[J].Am J Sports Med,2021,49(3):588-598.

(收稿日期:2024-06-05)

(校对编辑:赵望淇、韩敏求)