

论 著

基于3.0T MRI探讨膝关节半月板术后发生软骨损伤的相关性因素*

蔡 钰¹ 戴 慧^{2,*} 赵俊功³

1.上海市第八人民医院放射科

(上海 200235)

2.苏州大学附属第一医院

(江苏 苏州 215006)

苏州大学影像医学研究所

(江苏 苏州 215006)

苏州市智能医学与装备重点实验室

(江苏 苏州 215123)

3.上海交通大学附属第六人民医院放射科

(上海 200233)

【摘要】目的 借助磁共振成像(MRI)对关节软骨的显影优势,探讨半月板撕裂术后软骨损伤的相关危险性因素。方法 回顾性分析上海市第六人民医院膝关节半月板关节镜手术患者的临床及影像资料,术前患者均有半月板的撕裂,无明显软骨损伤影像表现。以膝关节术后3年内MRI表现有无软骨损伤分为两组:软骨损伤组和无软骨损伤组,分别评价患者年龄性别、BMI指数、手术方式、手术部位、半月板半脱位情况、术前半月板撕裂类型、撕裂范围、术后时间的差异,采用卡方检验统计差异的统计学规律,利用Logistic回归分析各因素与术后软骨损伤的相关性。结果 入组的半月板术后患者为88例。术后发生软骨损伤共43例,无软骨损伤共45例。两组资料在性别($P=0.010$)、手术方式($P<0.001$)、手术部位($P=0.026$)及BMI指数($P=0.047$)均具有统计学差异。进一步Logistic回归分析发现,手术方式($P<0.001$)、BMI指数($P=0.047$)均与软骨损伤相关。结论 软骨损伤作为关节镜术后的常见并发症,其发生与患者的性别、手术部位、手术方式、BMI指数显著相关,其中手术方式是发生术后软骨损伤的重要危险因素。

【关键词】MRI;半月板;关节软骨;关节镜

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

【基金项目】国家自然科学基金面上项目(81971573)

姑苏卫生青年拔尖人才项目

(GSWS2020019)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.01.050

Study on Relative Factors of Cartilage Injury After Knee Meniscus Surgery Based on 3.0T MRI*

CAI Yu¹, DAI Hui^{2,*}, ZHAO Jun-gong³

1.Department of Radiology, Shanghai Eighth People's Hospital, Shanghai 200235, China

2.Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, Jiangsu Province, China

Institute of Medical Imaging, Soochow University, Suzhou 215006, Jiangsu Province, China

Suzhou Key Laboratory of Intelligent Medicine and Equipment, Suzhou 215123, Jiangsu Province, China

3.Department of Radiology, the Sixth People's Hospital Affiliated to Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200233, China

ABSTRACT

Objective To study on the relative risk factors of cartilage injury after the surgery of meniscus tear with the help of the advantages of Magnetic Resonance Imaging (MRI) on the development of articular cartilage. **Methods** A retrospective analysis of the clinical and imaging data of patients undergoing arthroscopic surgery of the knee joint meniscus in Shanghai Sixth People's Hospital was carried out. All the patients were diagnosed as meniscus tears by MRI and no obvious cartilage damage was found before surgery. They were divided into two groups based on the MRI findings of the knee joint within 3 years after surgery: the cartilage injury group and no cartilage injury group. Age, gender, BMI index, surgical method, surgical site, meniscus subluxation, preoperative meniscus tear type, tear range, postoperative time were collected and analyzed by chi-square test. Logistic regression was applied to analyze the correlation between various factors and postoperative cartilage damage. **Results** A total of 88 patients were enrolled, 43 cases had cartilage injury after operation while 45 cases had no cartilage injury. There were significant differences on gender ($P=0.010$), surgical method ($P<0.001$), surgical site ($P=0.026$) and BMI index ($P=0.047$) between two groups. Further logistic regression analysis found that surgical methods ($P<0.001$) and BMI index ($P=0.047$) were all bound up with the cartilage damage. **Conclusion** The occurrence of cartilage injury was significantly bound up with the patient's gender, surgical site, surgical method, and BMI index. The surgical method might be an important risk factor in postoperative cartilage injury.

Keywords: Magnetic Resonance Imaging; Meniscus; Articular Cartilage; Arthroscopy

软骨损伤是骨性关节炎出现最早、也是最主要的病理改变。这不仅仅是好发于老年人,年轻的运动爱好者亦可发生,而年轻患者对于半月板损伤手术的预期效果往往要求更高,因此对半月板术前和术后的准确评估在整个诊疗过程中尤其重要。3.0T MRI因其卓越的软组织分辨率从而对于关节成像,尤其是对关节软骨的显示具有得天独厚的优势,有研究显示有半月板撕裂病史或者半月板手术病史的患者更易发生软骨损伤、进而进展成严重的骨关节炎(osteoarthritis, OA)^[1],随着半月板撕裂关节镜手术的广泛开展,国内的手术量逐年递增,常规的三种手术方式包括半月板修补术、局切术和全切术,在临床中展开不同程度的普遍应用,但国内对于关节镜术后关节软骨的全面影像评估分析甚少,虽然国外有研究^[2]证实不同术式对软骨发生退变的风险不同,但仍然缺少针对术后患者的综合评估以及相关因素分析。因此,本文拟对膝关节半月板关节镜术后的病例进行回顾性研究,借助MRI对膝关节的显像优势,分析探讨关节镜手术后软骨损伤的相关危险性因素。

1 资料与方法

1.1 一般资料 搜集2016年1月至2019年12月年在上海市第六人民医院行半月板关节镜手术、术后三年内进行了MRI检查随访的患者,根据以下入组标准及排除标准进行病例筛选。

入组标准:术前MRI影像诊断提示半月板撕裂;术前MRI未见明显软骨损伤表现;接受半月板关节镜手术为首次治疗(包含膝关节半月板修补、局切、全切手术);膝关节半月板术后3年内在本院随访MRI。排除标准:膝关节先天变异(盘状半月板、关节畸形、髌骨滑车发育不良,骨髓线未完全闭合的成人);膝关节合并伤(骨折、韧带撕裂等);膝关节肿瘤或膝关节肿瘤样病变;合并严重心脑血管疾病、代谢性疾病、肝肾等器官器质性疾病。

所有的入组患者以膝关节术后MRI表现有无软骨损伤分为两组:软骨损伤组和无软骨损伤组,分别统计两组患者的年龄、性别、BMI指数、手术方式、手术部位、半月板半脱位情况、半月板撕裂类型、撕裂范围、术后随访时间(术后随访MR检查评价软骨损伤,距离手术的时间),并统计其组间差异。

【第一作者】蔡 钰,女,主治医师,主要研究方向:骨科系统。E-mail: 84633395@qq.com

【通讯作者】戴 慧,女,副主任医师,主要研究方向:脑功能成像。E-mail: huizi109208@126.com

1.2 MRI扫描技术及方法 所有患者均应用3.0 T Siemens skyra 超导型磁共振成像仪和膝关节专用线圈检查。选择的序列有：矢状位PDWI、矢状位T₁WI、冠状位PDWI、轴位PDWI。其中各序列的参数见表1~表2。患者采取仰卧位，膝关节伸直外旋 5~10°或在扫描时膝关节向内侧偏5~10°。矢状位T₁WI：TR 500 ms/TE 8ms，FOV 170×170mm。矢状面PDWI 脂肪抑制，TR 3010ms/TE44 ms，FOV 160×160mm。冠状面PDWI 脂肪抑制，TR 2580ms/TE41ms，FOV 160×160mm。轴位PDWI脂肪抑制，TR 2830 ms/TE 41.00ms，FOV 160×160mm，层厚3mm，层间距0.6 mm。

1.3 图像分析 由3名高年资影像科医生对常规膝关节MRI图像进行独立诊断，如果意见不统一，由其中两名影像医师共同认定的结果为准，主要观察矢状面PDWI、冠状面PDWI加权图像，结合轴位PDWI加权图像，结合临床病历记载的患者手术方式，PDWI序列观察关节软骨有无磨损及毗邻骨质信号情况等。MRI诊断软骨损伤的依据标准为：软骨变薄，软骨表面不规则、出现裂隙或缺损、剥离。

1.4 统计学分析 将两组数据进行统计学分析观察是否有统计学差异。本次数据的分析使用SPSS 25.0(Chicago, USA)软件，在单因素分析中，计数资料百分比差异比较采用卡方检验。多因素分析采用二元Logistic回归，将单因素检验 $\alpha < 0.1$ 纳入多因素模型， $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本临床资料 两组患者的基本资料(见表1)如下：入组的半月板关节镜术后患者共88例，其中男性43例、女性45例，平均年龄37.01±1.35岁，年龄跨度为13~76岁。根据影像诊断结果判断，软骨损伤组43例，无软骨损伤组患者共45例。

通过对各组的多种因素进行单因素分析，其结果如表1-1所示，膝关节半月板三种手术方式之间存在显著差异($P < 0.001$)，性别、BMI指数及手术部位也存在显著的差异(P 分别等于0.010、0.013、0.026)。而年龄、是否合并半月板半脱位、半月板撕裂类型、撕裂范围及术后随访时间不存在组间差异($P > 0.05$)。

2.2 软骨损伤因素分析 为进一步探究存在统计学差异的多个参数对于术后发生软骨损伤的影响，我们将88例患者的手术方式、性别、BMI指数和手术部位纳入多因素模型，进行Logistic回归分析，其结果见表2。

Logistic回归分析结果显示性别和手术部位对于术后发生软骨损伤无明显统计学差异($P > 0.05$)，而手术方式和BMI指数则与膝关节软骨损伤之间具有统计学差异($P < 0.05$)，其中手术方式对于半月板损伤关节镜术后发生软骨损伤具有重要影响，其比值比(odds ratio, OR)为8.061(2.771-23.447)，而BMI指数对于术后发生的软骨损伤具有一定的影响，OR值为1.711(0.925-3.165)。

2.3 病例图片

表1 两组患者临床基本资料及相关性差异

		软骨损伤组n (%)	无软骨损伤组n (%)	χ^2	P
手术方式	修补	3(9.7)	20(44.4)	28.935	<0.001***
	局切	21(63.6)	24(53.3)		
	全切	19(26.7)	1(2.3)		
性别	男	15(34.9)	28(62.2)	6.577	0.010**
	女	28(65.1)	17(37.8)		
年龄分组	<40岁	27(62.8)	28(62.2)	0.003	0.956
	≥40岁	16(37.2)	17(37.8)		
BMI指数(kg·m ⁻²)	<23	9(20.9)	23(51.1)	8.747	0.013*
	23-25	11(25.6)	8(17.8)		
	>25	23(53.5)	14(31.1)		
手术部位	内侧半月板	5(11.6)	14(31.1)	4.930	0.026*
	外侧半月板	38(88.4)	31(68.9)		
半月板半脱位	有	8(18.6)	7(15.6)	0.145	0.704
	无	35(81.4)	38(84.4)		
术前半月板撕裂类型	斜行撕裂	17(39.5)	17(37.8)	2.827	0.419
	水平状撕裂	9(20.9)	16(35.6)		
	桶柄状撕裂	12(27.9)	8(17.8)		
	复合型撕裂	5(11.7)	4(8.8)		
撕裂累及范围	外1/3	13(30.2)	22(48.9)	3.196	0.202
	内2/3	4(9.3)	3(6.7)		
	全部	26(60.5)	20(44.4)		
术后随访时间(月)	0~12	28(65.1)	28(59.6)	0.121	0.941
	13~24	11(25.6)	13(27.7)		
	25~36	4(9.3)	4(12.7)		

注：*即 $P < 0.05$ ，**即 $P < 0.01$ ，***即 $P < 0.001$

3 讨论

本研究发现手术方式和BMI指数与半月板撕裂术后软骨损伤的发生存在相关性。其中手术方式的不同(修补、局切和全切)是导致术后发生软骨损伤的重要危险因素。这提示对于半月板可修复的患者，应积极考虑半月板修补术，尽可能避免切除术，以增

强膝关节的功能恢复，降低日后发生软骨损伤或进展成OA的风险。目前我国临床上对于半月板撕裂的治疗有不同的术式，包括修补、局切和全切，缺乏统一规范的术式选择指征^[3]，以半月板切除术使用最多^[4]，且临床骨科与影像学科缺乏统一共识和标准化规范。有研究表明，半月板术后发生膝关节软骨损伤的危险

表2 软骨损伤因素的Logistic回归分析

相关因素	赋值	B	标准误	Wald	P	OR	95%CI上限	95%CI下限
手术方式	1=修补							
	2=局切	2.087	0.545	14.676	<0.001***	8.061	2.771	23.447
	3=全切							
性别	0=女							
	1=男	0.900	0.560	2.587	0.108	2.460	0.821	7.367
手术部位	0=内侧半月板							
	1=外侧半月板	-0.453	0.654	0.480	0.488	0.635	0.176	2.291
BMI指数	1=<23							
	2=23-25	0.537	0.314	2.930	0.047*	1.711	0.925	3.165
	3=>25							

注：*即 $P<0.05$ ，***即 $P<0.001$ 

图1 患者女、50岁，膝关节疼痛就诊，术前MRI如图1A、图1B提示内侧半月板后角撕裂(箭头所示)，患者行关节镜半月板局切手术，手术后7个月MRI随访，如图1C可见术后残余半月板形态及信号异常，毗邻胫骨平台内侧软骨磨损。图2 患者女，54岁，关节痛，如图2A、图2B示PDWI序列外侧半月板前角撕裂并半月板囊肿形成(箭头)，图2C行外侧半月板全切术后14个月随访可见关节间隙狭窄，图2D局部放大后示股骨远端软骨局部缺损(箭头)。

因素与手术过程中半月板残余组织的量有关^[5]，关节镜下半月板部分切除术不应该作为半月板病变的一线治疗，关节镜下半月板部分切除术应该在经过适当的标准化临床和放射学评估，以及对保守治疗效果不满意时才考虑^[6]。半月板与关节软骨相似，在减轻膝关节负荷方面起着重要的作用。半月板切除后，关节软骨受力过度，可能发生软骨变性。有学者利用白鼠手术诱导骨关节炎后观察软骨细胞排列^[7]，该研究将白鼠内侧半月板做了失稳手术后对其关节软骨进行了观察，证实了大鼠软骨细胞组织随OA进展而恶化。早期的骨性关节炎中，软骨细胞排列紊乱，同样，细胞密度随着OA的进展显著下降，软骨细胞排列与软骨内环境平衡有关，在骨关节炎的发生发展中起重要作用。Koji Murakami^[8]采用T₂ mapping定量评价半月板部分切除术后不久的关节软骨，膝关节正中矢状面相对于股骨纵轴每隔10度设置一次。该方法证实

了相对于股骨轴的20°、30°、40°和50°弯曲点处的胶原排列不规则，水分含量增加，尤其在30°弯曲处表现出明显的变化，术后T₂测量值明显长于术前，切除半月板任何节段的边缘都可能导致软骨的早期退变。亦有文献对于半月板修补及半月板部分切除术后近20年的术后随访中得出，半月板修补术后发生骨关节炎的风险比半月板局切手术小25%-50%，半月板修补术后发生骨关节炎的就诊率是普通人群的2倍^[2]，这与我们的研究结果是一致的。

3.0T MRI卓越的软组织分辨率非常适合膝关节半月板术前术后的对比评估，尤其是对于关节软骨的显示具有独一无二的优势^[9]，通过对减肥患者关节软骨的T₂值测量得出，BMI下降对软骨基质变性有益影响，BMI下降10%与OA风险因素相关的个体T₂值的缓慢进展有关，这表明BMI值的下降，对软骨有利影响，相反，肥胖是造成软骨损伤的危险因素^[10]，也是许多研究证实软

骨损伤的危险因素^[11-13]，一方面因为肥胖患者的高BMI使得膝关节负荷增加，膝关节软骨的负重也随之增加，因此软骨面磨损加剧，另一方面由于肥胖患者体内的高血脂以及髌下脂肪垫的炎症反应，都可造成软骨损伤的发生^[14]，引起膝关节疼痛、骨关节炎，也有研究^[15]认为肥胖是膝关节疼痛的独立放射学因素这与我们的研究数据相吻合，BMI值越大，术后发生软骨损伤风险越高，越容易发生骨关节炎^[16]。

本研究发现软骨损伤组和非软骨损伤组的性别和手术部位也存在组间差异，但与术后发生软骨损伤并不相关。女性与男性患者的组间差异可能与女性特殊的生理结构有关^[17]：(1)女性发生膝关节炎的发生率会随着年龄的增加而增长，并在绝经前后到达高峰，在50~55岁之间，女性关节炎的发病率是男性的4倍^[18]；(2)女性对高跟鞋的青睐，易引起足部损伤，使足前掌动态稳定性降低，足部受力增加；长期穿着高跟鞋可使足弓塌陷，导致足趾畸形，引发膝关节炎和腰肌劳损等^[17]；势必对关节软骨造成一定损害。

手术部位的内外侧半月板的疗效差别目前文献报道^[4]存在不一致性，手术部位的差别对关节软骨损伤的影响存在较大分歧^[19,20]，本研究显示手术部位的差异软骨损伤有统计学差异，尚需进一步大数据的论证。

本研究发现软骨损伤组和非软骨损伤组的年龄、是否合并半月板半脱位、半月板撕裂类型、撕裂范围及术后随访时间不存在组间差异。根据大鼠模型试验^[21]，随着年龄的增长，膝关节软骨的厚度逐渐变薄，但软骨磨损发生骨关节炎最主要的因素是机械应力的变化而非年龄，负荷越不平衡，越容易发生软骨损伤，不论是否合并半月板的半脱位，半月板撕裂类型及范围差异可能会采取不同的手术方式，但都会引起膝关节动态及静态平衡力学的改变^[20]，从而带来关节机械应力的改变，进而发生骨关节炎，但其具体机制仍待进一步大型研究的探索。

本研究针对目前临床上存在的半月板撕裂过度手术的现状，通过临床资料与影像资料相结合的方法，探讨半月板撕裂术后发生软骨损伤的危险因素，发现手术方式、性别、手术部位和BMI指数存在组间差异，其中手术方式和BMI指数与半月板撕裂术后软骨损伤的发生存在相关性。手术方式的不同是导致术后发生软骨损伤的重要危险因素。本研究仍然存在一些不足，主要表现在入组样本量较少，取样相对局限，仍需更大样本、多中心的大规模研究证实。

参考文献

- [1] Barile A, Conti L, Lanni G, et al. Evaluation of medial meniscus tears and meniscal stability: weight-bearing MRI vs arthroscopy[J]. Eur J Radiol, 2013, 82(4): 633-9.
- [2] Persson F, Turkiewicz A, Bergkvist D, et al. The risk of symptomatic knee osteoarthritis after arthroscopic meniscus repair vs partial meniscectomy vs the general population[J]. Osteoarthritis Cartilage, 2018, 26(2): 195-201.
- [3] 方中明, 黄鹏, 胡剑峰, 等. 关节镜下两种术式对膝关节半月板损伤的研究[J]. 中国现代医生, 2018, 56(20): 109-111.
- [4] 朱越, 赵金忠, 何耀华. 关节镜下部分切除内侧和外侧半月板的近期疗效比较 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2008, (1): 16-8.
- [5] Hede A, Larsen E, Sandberg H. The long term outcome of open total and partial meniscectomy related to the quantity and site of the meniscus removed [J]. Int Orthop, 1992, 16(2): 122-5.
- [6] Beaufils P, Becker R, Kopf S, et al. Surgical management of degenerative meniscus lesions: the 2016 ESSKA meniscus consensus[J]. Knee Surg Sports

- Traumatol Arthrosc, 2017, 25(2): 335-46.
- [7] Takahashi H, Tamaki H, Yamamoto N, et al. Articular chondrocyte alignment in the rat after surgically induced osteoarthritis[J]. J Phys Ther Sci, 2017, 29(4): 598-604.
- [8] Murakami K, Arai Y, Ikoma K, et al. Total resection of any segment of the lateral meniscus may cause early cartilage degeneration: Evaluation by magnetic resonance imaging using T2 mapping[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(23): e11011.
- [9] Chanchek N, Gersing A S, Schwaiger B J, et al. Association of diabetes mellitus and biochemical knee cartilage composition assessed by T2 relaxation time measurements Data from the osteoarthritis initiative [J]. J Magn Reson Imaging, 2018, 47(2): 380-90.
- [10] Serebrakian A T, Poulos T, Liebl H, et al. Weight loss over 48 months is associated with reduced progression of cartilage T2 relaxation time values: data from the osteoarthritis initiative[J]. J Magn Reson Imaging, 2015, 41(5): 1272-80.
- [11] Blagojevic M, Jinks C, Jeffery A, et al. Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults: a systematic review and meta-analysis[J]. Osteoarthritis Cartilage, 2010, 18(1): 24-33.
- [12] Laberge MA, Baum T, Virayavanich W, et al. Obesity increases the prevalence and severity of focal knee abnormalities diagnosed using 3T MRI in middle-aged subjects—data from the Osteoarthritis Initiative[J]. Skeletal Radiol, 2012, 41(6): 633-41.
- [13] Kulkarni K, Karssens T, Kumar V, et al. Obesity and osteoarthritis[J]. Maturitas, 2016, 89: 22-8.
- [14] Thijssen E, Van Caam A, Van Der Kraan P M. Obesity and osteoarthritis, more than just wear and tear: pivotal roles for inflamed adipose tissue and dyslipidaemia in obesity-induced osteoarthritis[J]. Rheumatology (Oxford), 2015, 54(4): 588-600.
- [15] Goulston L M, Kiran A, Javaid M K, et al. Does obesity predict knee pain over fourteen years in women, independently of radiographic changes? [J]. Arthritis Care Res (Hoboken), 2011, 63(10): 1398-406.
- [16] Kanthawong T, Bodden J, Joseph G B, et al. Obese and overweight individuals have greater knee synovial inflammation and associated structural and cartilage compositional degeneration: data from the osteoarthritis initiative [J]. Skeletal Radiol, 2021, 50(1): 217-29.
- [17] Farrag A, Elsayed W. Habitual Use of High-Heeled Shoes Affects Isokinetic Soleus Strength More Than Gastrocnemius in Healthy Young Females [J]. Foot Ankle Int, 2016, 37(9): 1008-16.
- [18] Prieto-Alhambra D, Judge A, Javaid MK, et al. Incidence and risk factors for clinically diagnosed knee, hip and hand osteoarthritis: influences of age, gender and osteoarthritis affecting other joints[J]. Ann Rheum Dis, 2014, 73(9): 1659-64.
- [19] Krych A J, Bernard C D, Kennedy N I, et al. Medial versus lateral meniscus root tears: Is there a difference in injury presentation, treatment decisions, and surgical repair outcomes? [J]. Arthroscopy, 2020, 36(4): 1135-41.
- [20] Jiang D, Luo X, Ao Y, et al. Risk of total/subtotal meniscectomy for respective medial and lateral meniscus injury: correlation with tear type, duration of complaint, age, gender and ACL rupture in 6034 Asian patients [J]. BMC Surg, 2017, 17(1): 127.
- [21] Hamann N, Bruggemann GP, Niehoff A. Topographical variations in articular cartilage and subchondral bone of the normal rat knee are age-related [J]. Ann Anat, 2014, 196(5): 278-85.

(收稿日期: 2021-04-25)

(校对编辑: 姚丽娜)