

文章编号 1006-8147(2022)03-0318-06

论著

内侧半月板不同部位突出危险因素的MRI评价

曹毅^{1,2}, 乔清理¹, 马信龙³, 黄竞敏³

(1.天津医科大学生物医学工程与技术学院, 天津 300070; 2.天津市天津医院放射科, 天津 300211; 3.天津市天津医院骨科, 天津 300211)

摘要 目的:探讨应用MRI评价内侧半月板突出的危险因素、分析多部位突出的原因及半月板突出程度与胫股内侧关节退变程度的相关性。方法:本研究纳入2019年2月—2020年3月因膝关节内侧间室慢性疼痛来我院就诊行患侧膝关节MRI检查的成年患者387例,对照组104名。分别记录内侧半月板前角、体部、后角突出的距离。比较内侧半月板前角、体部、后角突出组与对照组间内侧半月板前角、体部、后角、后角根部和前交叉韧带损伤程度的差别。比较单纯内侧半月板体部突出组、体部伴前角突出组和体部伴后角突出组上述结构的损伤程度的差别。应用Spearman相关分析评价半月板突出距离与股骨内髁和胫骨内侧平台关节软骨软化程度的关系。结果:内侧半月板前角、体部、后角突出组分别与对照组在内侧半月板前角、体部、后角、后角根部和前交叉韧带损伤程度的比较差异有统计学意义($Z=-4.517, -5.793, -3.676, -3.174, -3.346$, 均 $P<0.01$; $Z=-3.162, -9.966, -6.923, -6.318, -4.479$, 均 $P<0.01$; $Z=-2.870, -6.522, -7.196, -3.021, -0.866$, $P=0.004, 0.000, 0.000, 0.003, 0.386$)。内侧半月板突出组半月板前角、体部、后角、后角根部及前交叉韧带的损伤程度总体上较对照组严重。单纯内侧半月板体部突出组、体部伴前角突出组和体部伴后角突出组上述结构的损伤程度差异有统计学意义($F=5.053, 6.642, 21.172, 2.991, 1.609$, $P=0.007, 0.002, 0.000, 0.052, 0.202$)。内侧半月板体部伴前角突出者半月板前角、体部的损伤程度较单纯体部突出者为重,而体部伴后角突出者半月板体部、后角的损伤程度较单纯体部突出为重。内侧半月板突出与股骨内髁和胫骨内侧平台关节软骨软化程度呈正相关($r=0.526, 0.581$; 均 $P=0.000$)。结论:内侧半月板及前交叉韧带损伤为内侧半月板突出的危险因素。内侧半月板突出者多为体部突出,并可随前角、后角的损伤加重同时伴有前角和后角突出。内侧半月板突出程度越重,胫股内侧间室关节软骨软化的程度越重。

关键词 内侧半月板突出; 损伤; 软骨软化**中图分类号** R681.8**文献标志码** A

Evaluation on risk factors of medial meniscus extrusion in different portions using MRI

CAO Yi^{1,2}, QIAO Qing-li¹, MA Xin-long³, HUANG Jing-min³

(1.College of Biomedical Engineering and Technology, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China; 2.Department of Radiology, Tianjin Hospital, Tianjin 300211, China; 3. Department of Orthopedics, Tianjin Hospital, Tianjin 300211, China)

Abstract Objective: To explore the risk factors of medial meniscus extrusion evaluated by MRI, analyze the causes of multiple sites of meniscus extrusion and the correlation between the degree of meniscus extrusion and the degree of medial tibiofemoral joint degeneration.

Methods: A total of 387 adult patients with chronic pain in the medial compartment of the knee joint who underwent MRI examination on the affected side of the knee joint from February 2019 to March 2020 were included, and 104 patients in the control group. The extrusion distances of the anterior horn, body and posterior horn of the medial meniscus were recorded respectively. The injury degrees of anterior horn, body, posterior horn, root of posterior horn and anterior cruciate ligament of medial meniscus were compared between the extrusion group of anterior horns, bodies, and posterior horns and the control group. The damage degrees of the above structures were compared among the simple medial meniscus body extrusion group, the body and anterior horn extrusion group and the body and posterior horn extrusion group. Spearman correlation analysis was used to evaluate the relationship between the distance of meniscus extrusion and the degree of chondromalacia of the medial femoral condyle and medial tibial platform. **Results:** Comparison of injury degree of anterior horn, body part, posterior horn, root of posterior horn and anterior cruciate ligament of medial meniscus between the extrusion group of anterior horns, bodies, and posterior horns and the control group, the differences were significant ($Z=-4.517, -5.793, -3.676, -3.174, -3.346$, all $P<0.01$; $Z=-3.162, -9.966, -6.923, -6.318, -4.479$, all $P<0.01$; $Z=-2.870, -6.522, -7.196, -3.021, -0.866$, $P=0.004, 0.000, 0.000, 0.003, 0.386$). The injury degree of anterior horn, body, posterior horn, root of posterior horn and anterior cruciate ligament in the medial meniscus extrusion group were more serious than those in the control group. The damage degree of the above structures among simple medial meniscus body extrusion group, body and anterior horn extrusion group and body and posterior angle extrusion group were compared and the differences were significant ($F=5.053, 6.642, 21.172, 2.991, 1.609$, $P=0.007, 0.002, 0.000, 0.052, 0.202$). The injury degree of the anterior horn and body of medial meniscus in the body and anterior horn extrusion group were more severe than those in the simple body extrusion group,

作者简介 曹毅(1981-),男,副主任技师,硕士在读,研究方向:医学影像技术;通信作者:乔清理, E-mail:qlqiao@tmu.edu.cn。

while the injury degree of the body and posterior horn of medial meniscus in the body and posterior horn extrusion group were more severe than those that in the simple body extrusion group. The extrusion of medial meniscus was positively correlated with the degree of chondromalacia of the medial femoral condyle and medial tibial platform ($r=0.526, 0.581$; both $P=0.000$). **Conclusion:** The injury of medial meniscus and anterior cruciate ligament are the risk factors of medial meniscus extrusion. Most of the patients with medial meniscus extrusion are extruding of the body, and can be accompanied by protruding anterior and posterior horns with the aggravation of the injury of the anterior and posterior horns. The more serious the extruding degree of the medial meniscus is, the more severe the chondromalacia of the medial tibiofemoral compartment is.

Key words medial meniscus extrusion; magnetic resonance imaging; injury; chondromalacia

内侧半月板突出,也称内侧半月板半脱位、内侧半月板周缘性移位,是指内侧半月板超出胫骨内侧平台内缘一定距离^[1]。半月板具有吸收震荡、润滑关节、本体感觉、承载负荷等作用,其可增加胫骨平台和股骨髁的接触面积、分散关节表面的轴向应力,保护关节软骨的完整性,负担着膝关节轴向应力的40%~70%^[2]。这些功能是在半月板处于正常位置前提下实现的,位于正常位置的半月板在负重过程中,轴向压力作用于楔形的半月板,使半月板产生环形应力(箍形力)以抵抗轴向应力。而一旦内侧半月板突出,其生物力学结果类似于内侧半月板部分切除或全切除术后,会导致胫股内侧关节软骨接触应力和承重负荷增加,最终引起胫股内侧关节软骨软化、软骨下骨质增生、骨髓水肿、囊性变等膝关节内侧间室骨关节炎的发生、发展^[3]。诸多研究对内侧半月板突出的原因进行了深入探讨,膝内翻、胫骨后倾、内侧半月板后角根部退变、损伤及撕裂、内侧半月板水平或复杂撕裂、前交叉韧带损伤等均可造成内侧半月板突出^[4]。但是,这些学者多以内侧半月板体部突出者作为研究对象,大部分研究也是测量体部突出距离。少有研究对内侧半月板按照前角、体部、后角突出进行细致分析,对半月板不同部位突出的发病率和危险因素、多部位突出的病因进行探讨。本研究旨在获得内侧半月板前角、体部、后角各自的突出率,探讨导致半月板突出的危险因素、分析多部位突出的原因及半月板突出程度与胫股内侧关节退变程度的相关性。

1 对象与方法

1.1 研究对象 本研究经我院伦理委员会审批,患者知情同意。本研究纳入2019年2月—2020年3月

间因膝关节内侧间室慢性疼痛来我院门诊就诊行患侧膝关节MRI检查的成年患者387例,其中,男107例,女280例,左膝180例,右膝207例,平均年龄(60.2 ± 9.3)岁。选择行膝关节镜半月板修补手术患者206例,保守治疗患者181例。无内侧半月板前角、体部、后角突出者(对照组)104名。

下肢力线排列不良是造成半月板突出的重要危险因素,本研究为回顾性研究,一部分入组患者未行双下肢全长力线平片检查,只能在膝关节MRI图像上进行力线测量。排除标准:(1)患者具有膝内翻。在MRI冠状位图像上找到显示股骨远端和胫骨近端的最大层面,在该层面上测量胫股角,若小于 180° 提示膝内翻。(2)患者具有胫骨后倾。在MRI矢状位图像上找到显示胫骨内侧平台最大的层面,在该层面上测量胫骨后倾角,大于 10° 认为胫骨后倾。(3)患者既往有患侧膝关节退变而行治疗者、有膝外伤和手术史。(4)患者膝关节有感染、免疫、内分泌或代谢等疾病。

1.2 影像学检查 患者均行患侧膝关节的MRI检查,在3.0T磁共振设备(MR750,GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA)上进行,使用8通道膝关节专用线圈。患者呈仰卧位,双膝关节屈曲 20° ,膝关节下方垫支撑垫,髌骨朝前,扫描范围自股骨内、外上髁连线至胫骨前结节下缘。MRI检查序列及具体参数见表1。

1.3 测量指标 国内外学者对内侧半月板突出的评价方法较多,最常用的是Breitenseher等^[5]提出的测量方法。本研究采用此方法对内侧半月板突出距离进行测量。在冠状脂肪抑制(fat suppression, FS)质子密度加权(proton density weighted imaging, PDWI)图像上分别找到内侧半月板前角、体部、后角内缘

表1 膝关节MRI检查序列及参数

Tab 1 MRI sequence and parameters of knee joint

序列	重复时间(ms)	回波时间(ms)	视野(cm)	层厚(mm)	层间距(mm)	矩阵	激励次数
冠状位 FS PDWI	2 500	40	22×22	3.5	0.5	320×224	3
矢状位 FS PDWI	2 500	40	22×22	3.5	0.5	320×256	3
矢状位 3D SPGR T1WI	8.5	3.5	22×22	3.5	0.5	320×256	3
横断位 FS T2WI	4 000	85	24×16	3.5	0.5	320×224	6

注: MRI: 磁共振成像; FS: 脂肪抑制; PDWI: 质子密度加权像; SPGR: 扰相梯度回波序列

超出胫骨平台内缘的最大层面,经半月板内缘引一垂线,再经胫骨内侧平台内缘划另一垂线,两线平行,测量两线间的最短距离。若测量值 ≥ 3 mm 则为内侧半月板突出,测量时排除骨赘干扰(图 1),分别记录内侧半月板前角、体部、后角突出的距离。测量由一名副主任医师和一名主治医师共同阅片,协商一致、达成选取测量图像层面的统一意见后再进行测量,测量数据取两者的平均值以减小误差。参考 Stoller 等^[6]的半月板损伤 MRI 标准。内侧半月板后角根部损伤按以上标准的 0~Ⅲ级进行分级,而后角根部撕裂,即Ⅳ级损伤的诊断标准为:(1)冠状位 MRI 示垂直线样缺损征,即内侧半月板后角根部未显影。(2)矢状位 MRI 示鬼影征,即后交叉韧带前内侧面未见内侧半月板后角根部图像。若 MRI 显示两个及以上层面有这两种表现中的任何一种,则可判定为内侧半月板后角根部撕裂^[7]。参考膝关节软骨损伤 MRI 分级标准^[8]前交叉韧带的损伤分为 0~Ⅳ度,在冠状位及矢状位 PDWI 序列上进行诊断:0 级:韧带形态完整,边缘光滑,未见明显异常信号;Ⅰ度:韧带形态完整,内部未见异常信号,周边可见条片状高信号;Ⅱ度:韧带局部或弥漫性增粗、肿胀,边缘不清或韧带变细,但连续性尚存在,断裂程度未超过韧带总宽度的 50%;Ⅲ度:韧带形态变细或粗细不均,断裂程度超过韧带总宽度的 50%;Ⅳ度:韧带完全断裂,失去正常形态、轮廓。

1.4 统计学处理 本研究使用 SPSS23.0 进行统计学分析。计数资料以百分数表示,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,等级资料以中位数(四分位

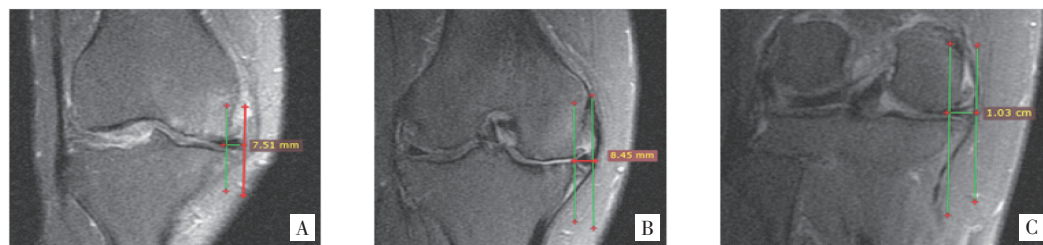
差)表示。采用 Mann—Whitney *U* 检验。多组间均数比较应用单因素方差分析(Analysis of Variance, ANOVA)及 LSD 检验。应用 Spearman 相关分析评价半月板突出距离与股骨内髁和胫骨内侧平台关节软骨软化程度的关系。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 内侧半月板前角、体部、后角突出的距离 内侧半月板前角突出者 21 例,平均突出距离为 (7.2 ± 2.0) mm,前角突出者中伴有体部突出者 19 例(19/21, 90.5%),伴后角突出者 1 例(1/21, 4.8%);内侧半月板体部突出者 279 例,平均突出距离为 (6.8 ± 4.1) mm,单纯体部突出者 227 例,体部突出者中伴有前角突出者 19 例(19/279, 6.8%),伴后角突出者 33 例(33/279, 11.8%);内侧半月板后角突出者 36 例,平均突出距离为 (6.0 ± 1.5) mm,后角突出者中伴有前角突出者 1 例(1/36, 2.8%),伴体部突出者 33 例(33/36, 91.7%)。

按照内侧半月板突出的不同部位,分为内侧半月板前角突出、体部突出和后角突出。内侧半月板体部突出,常伴有前角突出和后角突出,对体部突出分为 3 个亚组,单纯内侧半月板体部突出组、体部伴前角突出组和体部伴后角突出组。因为内侧半月板前角和后角突出组病例较少,就不再进行亚组分组。

2.2 内侧半月板前角、体部、后角突出组危险因素的分析结果 与对照组相比,除内侧半月板后角突出组在前交叉韧带的损伤程度上无明显差别外,内侧半月板前角、体部、后角、后角根部及前交叉韧带的损伤程度均较严重(均 $P < 0.05$),见图 2,表 2~4。



注:A:前角;B:体部;C:后角;

图 1 内侧半月板前角、体部、后角突出距离测量

Fig 1 The extrusion distances of the anterior horn, the body and the posterior horn of the medial meniscus



注:A:前角;B:体部;C:后角;患者内侧半月板前角、体部、后角严重磨损,为Ⅳ级损伤,后角根部撕裂

图 2 内侧半月板前角、体部、后角均突出患者

Fig 2 Patients with medial meniscus extrusion in the anterior horn, the body and the posterior horn

表 2 内侧半月板前角突出危险因素分析结果 $[M(P_{25}, P_{75})]$ Tab 2 Analysis of risk factors for medial meniscus extrusion in the anterior horn $[M(P_{25}, P_{75})]$

组别	例数	内侧半月板前角 磨损程度	内侧半月板体部 磨损程度	内侧半月板后角 磨损程度	内侧半月板后角根部 磨损程度	前交叉韧带 磨损程度
内侧半月板前角突出组	21	0(0,2)	3(2.5,4)	3(2,3.5)	0(0,1.5)	1(0,2)
对照组	104	0(0,0)	1(0,2)	1(0,2)	0(0,0)	0(0,1)
Z		-4.517	-5.793	-3.676	-3.174	-3.346
P		0.000	0.000	0.000	0.002	0.001

表 3 内侧半月板体部突出危险因素分析结果 $[M(P_{25}, P_{75})]$ Tab 3 Analysis of risk factors for medial meniscus extrusion in the body $[M(P_{25}, P_{75})]$

组别	例数	内侧半月板前角 磨损程度	内侧半月板体部 磨损程度	内侧半月板后角 磨损程度	内侧半月板后角根部 磨损程度	前交叉韧带 磨损程度
内侧半月板体部突出组	278	0(0,0)	3(2,4)	2(2,3)	0(0,3)	1(0,1)
对照组	104	0(0,0)	1(0,2)	1(0,2)	0(0,0)	0(0,1)
Z		-3.162	-9.966	-6.923	-6.318	-4.479
P		0.002	0.000	0.000	0.000	0.000

表 4 内侧半月板后角突出危险因素分析结果 $[M(P_{25}, P_{75})]$ Tab 4 Analysis of risk factors for medial meniscus extrusion in the posterior horn $[M(P_{25}, P_{75})]$

组别	例数	内侧半月板前角 磨损程度	内侧半月板体部 磨损程度	内侧半月板后角 磨损程度	内侧半月板后角根部 磨损程度	前交叉韧带 磨损程度
内侧半月板后角突出组	36	0(0,1)	4(2,4)	4(3,4)	0(0,1)	0(0,1)
对照组	104	0(0,0)	1(0,2)	1(0,2)	0(0,0)	0(0,1)
Z		-2.870	-6.522	-7.196	-3.021	-0.866
P		0.004	0.000	0.000	0.003	0.386

2.3 内侧半月板单纯体部突出、体部伴前角突出、体部伴后角突出组比较结果 内侧半月板单纯体部突出组、体部伴前角突出组、体部伴后角突出组的内侧半月板前角、体部、后角损伤程度不同,体部伴前角突出者内侧半月板前角、体部的损伤程度较单纯体部突出者为重,而体部伴后角突出者半月板体部、后角的损伤程度较单纯体部突出为重,后角根部及前交叉韧带损伤程度在 3 组间无明显区别,见

表 5。

2.4 内侧半月板突出距离与胫骨内侧平台、股骨内髁关节软骨软化程度相关性分析结果 本研究共有内侧半月板突出者 283 例(283/387,73.1%),经 Spearman 相关分析发现,内侧半月板突出与股骨内髁关节软骨软化程度呈正相关($r=0.526, P=0.000$),与胫骨内侧平台关节软骨软化程度也呈正相关($r=0.581, P=0.000$)(图 3)。

表 5 内侧半月板单纯体部突出、体部伴前角突出、体部伴后角突出组间比较结果 $[M(P_{25}, P_{75})]$ Tab 5 Comparison among the groups of simple medial meniscus body extrusion, body with anterior horn extrusion, and body with posterior horn extrusion $[M(P_{25}, P_{75})]$

组别	例数	内侧半月板 前角磨损	内侧半月板 体部磨损	内侧半月板 后角磨损	内侧半月板 后角根部磨损	前交叉 韧带磨损
内侧半月板单纯体部突出组	227	0(0,0)	3(2,4)	2(2,3)	0(0,3)	1(0,1)
内侧半月板体部伴前角突出组	19	0(0,2) ^a	3(3,4) ^a	3(2,4)	0(0,1)	1(0,2)
内侧半月板体部伴后角突出组	33	0(0,1)	4(2,4) ^a	4(3,4) ^{ab}	0(0,1)	0(0,1)
F		5.053	6.642	21.172	2.991	1.609
P		0.007	0.002	0.000	0.052	0.202

注:与内侧半月板单纯体部突出组比较 ^a $P<0.05$,与内侧半月板体部伴前角突出组比较, ^b $P<0.05$

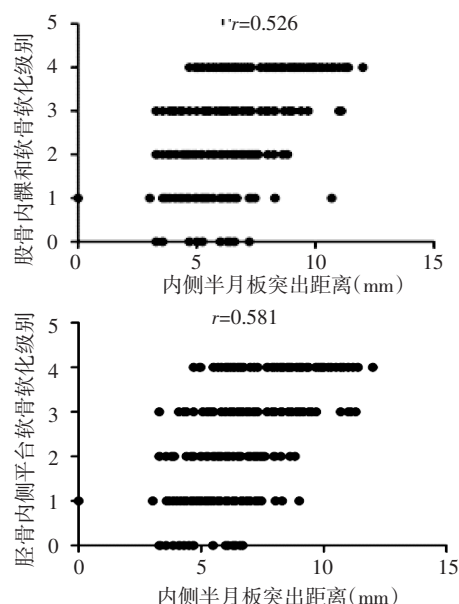


图 3 内侧半月板突出与股骨内髁和胫骨内侧平台关节软骨软化程度相关性

Fig 3 The relationship between the distance of medial meniscus extrusion and the degree of chondromalacia of the medial femoral condyle and medial tibial platform

3 讨论

本研究表明,膝关节内侧间室疼痛患者内侧半月板突出率较高,占研究人群的 73%,与国内其他学者^[9-10]的研究一致,说明内侧半月板突出是造成膝内侧间室疼痛的重要原因。突出的危险因素包括半月板前角、体部、后角、后角根部及前交叉韧带损伤。内侧半月板突出者多为体部突出,此类患者若半月板前角、体部损伤严重则可伴前角突出,若体部、后角损伤严重可伴后角突出。内侧半月板突出程度越重,股骨内髁和胫骨内侧平台关节软骨软化的程度越重。

对于内侧半月板突出的诊断标准学术界存在争论。Achtlich 等^[11]认为 3 mm 以内的内侧半月板突出多为生理性,而突出程度大于 3 mm 提示为病理性突出。本研究参考其研究结果,并结合 Breitenseher 等提出的测量方法对内侧半月板前角、体部、后角突出程度分别进行测量。

内侧半月板突出的原因是国内外学者广泛关注的临床问题,并对此做了大量的研究工作。目前,多数学者认为内侧半月板后角根部撕裂和半月板体部、后角严重撕裂是内侧半月板突出的重要原因之一^[12-17]。但是这些作者评价内侧半月板是否突出和突出程度大多测量半月板体部突出距离,而对前、后角是否突出和突出原因并未做深入分析。本研究较之前进行了更为细化的分析,对内侧半月板前角、体部、后角是否突出、突出程度和原因分别进

行研究,力求探寻内侧半月板不同部位突出的各自原因。结果表明,内侧半月板前角、体部、后角、后角根部和前交叉韧带损伤均会导致内侧半月板不同部位突出,而半月板体部突出更为多见,半月板损伤部位越多,半月板突出的部位就越多。

对于内侧半月板突出的后果,国内外学者对此类患者进行了较长时间的随访,最终认为内侧半月板突出是膝关节内侧间室骨关节炎的发生、发展的重要原因^[18-20],如 Zhang 等^[20]发现初始内侧半月板重度突出是 72 个月之后发生胫股内侧间室骨关节炎的独立危险因素。本研究也对内侧半月板突出与膝内侧间室骨关节炎的关系进行了横断面研究,结果与以往研究一致,即内侧半月板突出程度越重,膝内侧间室骨关节炎的程度越重。而对内侧半月板突出造成骨关节炎的原因,Gokkus 等^[21]进行有限元分析发现,内侧半月板突出导致膝关节应力负荷增加,尤其胫骨内侧平台负荷最大,从而容易造成膝内侧间室骨关节炎。因为内侧半月板突出造成半月板吸收震荡,承载负荷的功能减退或丧失,胫股内侧关节软骨承担过大的轴向应力负荷造成软骨和软骨下骨损伤、退变。

本研究尚有一些不足,既往研究表明膝内翻、胫骨后倾^[22]等也是内侧半月板突出的危险因素。因本研究为回顾性研究,大部分入组患者未做下肢全长或膝关节站立位 X 线片,只能在膝关节 MR 图像上进行力线测量,测量结果的准确性难以保证,因此,最终本研究未将膝内翻和胫骨后倾者纳入研究中。今后,随着我院 PACS 系统的完善,将结合患者站立位下肢全长和膝关节 X 线检查更全面地分析膝关节力线异常对内侧半月板突出的影响。

膝关节内侧间室疼痛患者内侧半月板突出率高,半月板及前交叉韧带损伤为内侧半月板不同部位突出的危险因素。内侧半月板突出者多为体部突出,并可随前角、后角的损伤加重同时伴有前角和后角突出。内侧半月板突出程度越重,股骨内髁和胫骨内侧平台关节软骨软化的程度越重。

参考文献:

- [1] KIM J Y, BIN S I, KIM J M, et al. Tear gap and severity of osteoarthritis are associated with meniscal extrusion in degenerative medial meniscus posterior root tears[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2019, 105(7):1395-1399.
- [2] PROKOPI N, ANDRIKOPOULOS K S, BEOBIDE A S, et al. Collagen orientation probed by polarized Raman spectra can serve as differential diagnosis indicator between different grades of meniscus degeneration[J]. Sci Rep, 2021, 11(1):20299.
- [3] EMMANUEL K, QUINN E, NIU J, et al. Quantitative measures of meniscus extrusion predict incident radiographic knee osteoarthritis.

- tis—data from the osteoarthritis initiative[J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2016, 24(2): 262–269.
- [4] 韩雪. 膝关节半月板损伤MRI分级与半月板半脱位的相关性分析[J]. *临床医药文献电子杂志*, 2018, 5(3): 46–47.
- [5] ARIYACHAIPANICH A, KAYA E, STATUM S, et al. MR imaging pattern of tibial subchondral bone structure: considerations of meniscal coverage and integrity[J]. *Skeletal Radiol*, 2020, 49(12): 2019–2027.
- [6] JUNG E Y, JEONG S, KIM S K, et al. A useful MRI classification for symptomatic discoid lateral meniscus[J]. *Knee Surg Relat Res*, 2021, 33(1): 31.
- [7] JONES L D, MELLON S J, KRUGER N, et al. Medial meniscal extrusion: a validation study comparing different methods of assessment[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26(4): 1152–1157.
- [8] CHAUDHARI A S, GRISSOM M J, FANG Z, et al. Diagnostic accuracy of quantitative multicontrast 5-minute knee MRI using prospective artificial intelligence image quality enhancement [J]. *Am J Roentgenol*, 2021, 216(6): 1614–1625.
- [9] 刘晓宁, 于海驰, 李颖智, 等. 关节镜下经胫骨双隧道牵引拉出修复技术治疗内侧半月板后根部损伤 [J]. *中国骨伤*, 2019, 32(12): 1094–1096.
- [10] 靳波, 甄俊平. 盘状半月板周缘稳定性的MRI评估[J]. *医学影像学杂志*, 2021, 31(3): 527–528, 538.
- [11] ACHTNICH A, PETERSEN W, WILLINGER L, et al. Medial meniscus extrusion increases with age and BMI and is depending on different loading conditions[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26(8): 2282–2288.
- [12] 李达, 梁洁, 刘存兵, 等. 内侧半月板半脱位与后根部撕裂的相关性[J]. *中国医学影像技术*, 2016, 32(3): 433–436.
- [13] BIN S I, JEONG T W, KIM S J, et al. A new arthroscopic classification of degenerative medial meniscus root tear that correlates with meniscus extrusion on magnetic resonance imaging[J]. *Knee*, 2016, 23(2): 246–250.
- [14] SWAMY N, WADHWA V, BAJAJ G, et al. Medial meniscal extrusion: detection, evaluation and clinical implications[J]. *Eur J Radiol*, 2018, 102: 115–124.
- [15] CERCIELLO S, MORRIS B J, PANNI A S, et al. The rising moon sign is specific and sensitive in the diagnosis of bucket handle tears of the medial meniscus[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2021, 29(4): 1114–1119.
- [16] 李飞, 孟帆, 富聪聪, 等. 内侧半月板半脱位与膝关节损伤的MRI评价[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2014, 25(3): 182–185.
- [17] EVERHART J S, MAGNUSSEN R A, ABOULJOD M M, et al. Meniscus tears accelerate joint space loss and lateral meniscal extrusion increases risk of knee arthroplasty in middle-aged adults[J]. *J Orthop Res*, 2020, 38(11): 2495–2504.
- [18] 李嘉添, 吴紫莺, 李满骁, 等. 膳食维生素C摄入水平对膝关节骨赘及关节间隙狭窄的影响研究[J]. *中国全科医学*, 2019, 22(1): 54–58.
- [19] HUBERT J, BEIL F T, ROLVIEN T, et al. Cartilage calcification is associated with histological degeneration of the knee joint: a highly prevalent, age-independent systemic process[J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2020, 28(10): 1351–1361.
- [20] ZHANG F, KUMM J, SVENSSON F, et al. Risk factors for meniscal body extrusion on MRI in subjects free of radiographic knee osteoarthritis: longitudinal data from the Osteoarthritis initiative[J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2016, 24(5): 801–806.
- [21] GOKKUS K, ATMACA H, UÇUR L, et al. The relationship between medial meniscal subluxation and stress distribution pattern of the knee joint: finite element analysis[J]. *J Orthop Sci*, 2016, 21(1): 32–37.
- [22] GOTO N, OKAZAKI K, AKIYAMA T, et al. Alignment factors affecting the medial meniscus extrusion increases the risk of osteoarthritis development[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 27(8): 2617–2623.

(2021-10-31 收稿)

(上接第317页)

- loss, cigarette smoking and plasma cotinine levels[J]. *J Int Acad Periodontol*, 2002, 4(2): 39–43.
- [9] 钱铭怡, 武国城, 朱荣春, 等. 艾森克人格问卷简式量表中国版(EPQ-RSC)的修订[J]. *心理学报*, 2000, (3): 317–323.
- [10] 汪向东, 王希林, 马弘. 心理卫生评定量表手册[M]. 增订版. 北京: 中国心理卫生杂志社, 1993: 238–241.
- [11] 温忠麟, 侯杰泰, 张雷. 调节效应与中介效应的比较和应用[J]. *心理学报*, 2005, (2): 268–274.
- [12] HAYES A F, ROCKWOOD N J. Regression-based statistical mediation and moderation analysis in clinical research: observations, recommendations, and implementation[J]. *Behav Res Ther*, 2017, 98: 39–57.
- [13] HANSEN V, LIU S S, SCHRADER S M, et al. Personality traits as a potential predictor of willingness to undergo various orthodontic treatments[J]. *Angle Orthod*, 2013, 83(5): 899–905.
- [14] CIOFFI I, MICHELOTTI A, PERROTTA S, et al. Effect of somatosensory amplification and trait anxiety on experimentally induced orthodontic pain[J]. *Eur J Oral Sci*, 2016, 124(2): 127–134.
- [15] 徐晓梅, 张利华, 蒋亚华, 等. 音乐缓解正畸治疗性疼痛的临床研究[J]. *华西口腔医学杂志*, 2013, 31(4): 365–368.
- [16] MENDONÇA D L, ALMEIDA-PEDRIN R R, PEREIRA N C, et al. The influence of text messages and anxiety on pain perception and its impact on orthodontic patients routine[J]. *Dental Press J Orthod*, 2020, 25(5): 30–37.
- [17] NAGHSH N, MOGHAREHABED A, KARAMI E, et al. Comparative evaluation of the cortisol level of unstimulated saliva in patients with and without chronic periodontitis[J]. *Dent Res J (Isfahan)*, 2019, 16(6): 421–427.
- [18] LOO R. Note on the relationship between trait anxiety and the Eysenck Personality Questionnaire[J]. *J Clin Psychol*, 1979, 35(1): 110.
- [19] 余鹏, 孔繁芝, 经海永, 等. 不同年龄错畸形患者和个别正常学生患者EPQ测量结果的比较[J]. *江苏大学学报(医学版)*, 2012, 22(1): 63–65.
- [20] ATANVEER S, AFAQ A, ALQUTUB M N, et al. Association of self-perceived psychological stress with the periodontal health of socially deprived women in shelter homes[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(10): 5160.

(2021-11-08 收稿)