

## 兔髌骨全切除术后膝关节退变研究

段飞<sup>1,2△</sup> 郑盼盼<sup>2</sup> 朱以海<sup>2</sup> 李文省<sup>2</sup> 王炳晨<sup>2</sup> 孙全波<sup>2</sup>  
蒋冬升<sup>2</sup> 庞永冰<sup>2</sup> 李阵林<sup>2</sup> 肖善文<sup>2</sup>

**[摘要]** 目的:研究兔髌骨全切除术后膝关节形态及病理改变。方法:20 只新西兰大白兔随机分为空白组、对照组和观察组,其中观察组大白兔膝关节行髌骨全切除术。1 年后处死动物,切取髌韧带、股骨滑车、股骨和胫骨关节面软骨和半月板,并观察形态学及组织学改变;半月板切片苏木精-伊红染色,通过 ImageJ 图像处理分析软件定量分析半月板软骨陷窝深染的老化细胞面积。结果:空白组与对照组的股骨滑车沟深度和角度、Mankin 评分、半月板软骨陷窝深染的老化细胞面积,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。观察组原髌骨所在的髌韧带无新生骨形成,股骨滑车软骨细胞病理表现相较于空白组和对照组退变明显,股骨滑车沟角度、Mankin 评分及半月板软骨陷窝深染的老化细胞面积明显大于空白组和对照组,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。结论:髌骨全切除术后髌韧带无软骨再生,股骨滑车沟变浅,软骨及半月板退变加速,对后期可能进行的膝关节置换术影响深远,因此应慎重选择髌骨全切除术。

**[关键词]** 兔髌骨全切除术;新生骨;股骨滑车;膝关节;半月板

**[中图分类号]** R-33 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2025)01-0001-06

**DOI:** 10. 20085/j. cnki. issn1005-0205. 250101

## A Study about Knee Joint Degeneration after Total Patellectomy of Rabbits

DUAN Fei<sup>1,2△</sup> ZHENG Panpan<sup>2</sup> ZHU Yihai<sup>2</sup> LI Wenxing<sup>2</sup> WANG Bingchen<sup>2</sup>  
SUN Quanbo<sup>2</sup> JIANG Dongsheng<sup>2</sup> PANG Yongbing<sup>2</sup> LI Zhenlin<sup>2</sup> XIAO Shanwen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Affiliated Hospital of Heze Medical College, Heze 274000, Shandong China;

<sup>2</sup> Heze Medical College, Heze 274000, Shandong China.

**Abstract Objective:** To investigate the morphology and pathological changes of the knee joint after total patellar resection in rabbits. **Methods:** 20 New Zealand white rabbits were randomly divided into blank group, control group and observation group, and the observation group underwent total patellar resection of the knee joint. One year later, the animals were euthanized and the patellar ligament, femoral trochlear, femoral and tibial articular cartilage, and meniscus were harvested, and morphological and histological changes were observed. The hematoxylin eosin staining of meniscus slices was used to quantitatively analyze the aging cell area of deep stained meniscus cartilage pits using ImageJ image processing analysis software. **Results:** There was no statistically significant difference ( $P>0.05$ ) in the depth and angle of the femoral trochlear groove, Mankin score, and the area of aged cells with deep staining of meniscus cartilage pits between the blank group and the control group. There was no new bone formation in the patellar ligament where the original patella was located in the observation group. The pathological manifestations of femoral trochlear chondrocytes showed significant degeneration compared to the blank group and control group. The angle of the femoral trochlear groove, Mankin score, and the area of deeply stained aging cells in the meniscus cartilage fossa were significantly larger than those in the blank group and the control group, and the difference was statistically significant ( $P<0.05$ ). **Conclusion:** After total patellar resection, there

is no cartilage regeneration in the patellar ligament, the trochlear groove of the femur becomes shallower, and the degeneration of cartilage and meniscus accelerates, which has a profound impact on the possible knee replacement surgery in the later stage. Therefore, total patellar resection should be carefully selected.

**Keywords:** total patellectomy in rabbits; new bone forma-

基金项目:山东省医药卫生科技发展计划项目(202204070831)

<sup>1</sup> 菏泽医学专科学校附属医院(山东 菏泽, 274000)

<sup>2</sup> 菏泽医学专科学校

△通信作者 E-mail: 670019131@qq.com

tion; femoral trochlear; knee joint; meniscus

髌骨骨折手术治疗方法多种多样<sup>[1]</sup>,髌骨全切除术仅在无较大骨块可以保留、内固定极易失效等情况下才考虑应用<sup>[2]</sup>,但该术式会导致膝关节伸膝肌力下降49%<sup>[3-4]</sup>。部分研究者认为髌骨切除会导致关节面受损,也有研究者认为髌骨切除术后原髌韧带髌骨附着处有新生骨形成,对膝关节的功能无显著影响<sup>[5-6]</sup>。本研究对新西兰大白兔行髌骨全切除术<sup>[7]</sup>,术后观察膝关节病理改变,为髌骨全切除术的选择提供参考,现报告如下。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验动物

选取健康成年雄性新西兰大白兔20只(12个月龄)(济南金丰实验动物有限公司,许可证号为SCXK鲁20230008),适应性喂养1周,所有实验动物状态良好,采用随机数字表法将实验动物随机分为2组,每组10只,分笼饲养。其中10只作为空白组,不做任何处理;另外10只兔的左右膝随机分为观察组和对照组(各5只),观察组兔膝关节行髌骨全切除术,对照组不做任何处理;动物饲养于菏泽医学专科学校动物房,实验于本校中心实验室进行,病理检查由本校附属医院病理科完成。

### 1.2 实验试剂

自动脱水机、包埋机、冷冻台、推片烤片仪、自动染色机均购自徕卡公司;TEC2500漂烘仪购自常州市郝思琳医用仪器有限公司,货号为101221044;苏木素颗粒购自上海蓝季科技发展有限公司,货号为20230400266;无水乙醇、95%乙醇、甲醛、二甲苯购自烟台精细化工有限公司,货号为20230207911;EDTA脱钙液购自赛维尔生物科技有限公司,货号为20234153399。

### 1.3 方法

**1.3.1 兔髌骨全切除模型制备** 观察组兔称重后,行全身麻醉,麻醉药品为20%乌拉坦(5 mg/kg)行耳缘静脉注射,麻醉成功后呈仰卧位,捆绑四肢固定于手术台上,硫化钠8 g溶于100 mL水内,配成8%硫化钠水溶液脱去实验兔膝关节周围的兔毛,常规碘伏消毒术区,铺无菌单、巾。膝关节稍屈曲,沿膝关节前方正中依次切开皮肤、皮下组织,显露髌骨内、外侧支持带,完整切除髌骨,无菌生理盐水冲洗术区,缝合皮肤,无菌辅料覆盖。术后膝关节于屈曲90°位用石膏固定3周,术前30 min和术后每天肌肉注射青霉素40万单位以预防切口感染,1次/d,共5 d,3周后去除石膏;每天驱赶各組动物强制膝关节活动60 min,共2个月。

**1.3.2 标本采集** 术后1年处死动物,分别切开空白组(每只随机切取单膝)、对照组(每只切取双膝)和观察组(每只切取双膝)兔膝关节囊,切取髌韧带、股骨滑车、股骨和胫骨关节面软骨和半月板。

### 1.4 检测指标

1)观察原髌骨所在的髌韧带形态变化,是否有新生骨形成;病理学检查髌韧带变化。

2)测量股骨滑车沟深度和股骨滑车沟角;病理学检查股骨滑车软骨细胞变化。

3)观察膝关节软骨外观、颜色、光泽度,有无软骨软化、损坏、溃疡、裂隙、血管翳样组织等;病理学检查软骨细胞变化,关节软骨细胞进行病理Mankin评分(评分越高说明软骨退变越严重)。

4)观察半月板结构有无磨损、裂痕、分层等;苏木精-伊红染色,通过ImageJ图像处理分析软件定量分析半月板软骨陷窝深染的老化细胞面积。

### 1.5 统计学方法

采用SPSS 17.0统计学软件进行分析。所有计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 形式表示,进行 $t$ 检验, $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 原髌骨所在的髌韧带形态及病理学检查

1)肉眼见观察组原髌骨所在的髌韧带无新生骨形成,以瘢痕组织代替,髌韧带宽度及厚度均增加,见图1。

2)病理检查示髌韧带原髌骨附着处无新生软骨细胞,取而代之的是瘢痕结缔组织,见图2。



图1 肉眼所见髌骨附着处再生的瘢痕结缔组织(圆圈中所示)

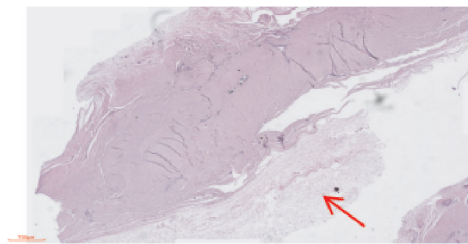


图2 病理检查示髌骨附着处再生的瘢痕结缔组织(箭头所指)

### 2.2 股骨滑车沟深度、角度及病理学检查

空白组及对照组股骨滑车外形正常,表面光滑;观察组股骨滑车变扁平,滑车沟深度均变浅,平均值为

( $0.7 \pm 0.3$ )mm, 与对照组( $1.4 \pm 0.2$ )mm 及空白组( $1.5 \pm 0.2$ )mm 比较, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ); 对照组及空白组对比差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

空白组股骨滑车沟角度为  $131.0^\circ \pm 2.3^\circ$ , 对照组

股骨滑车沟角度为  $132.0^\circ \pm 2.1^\circ$ , 观察组股骨滑车沟角度为  $145.0^\circ \pm 2.5^\circ$ , 观察组滑车沟角度大于对照组及空白组, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 对照组及空白组滑车沟角度差异无统计学意义( $P > 0.05$ ), 见图 3。

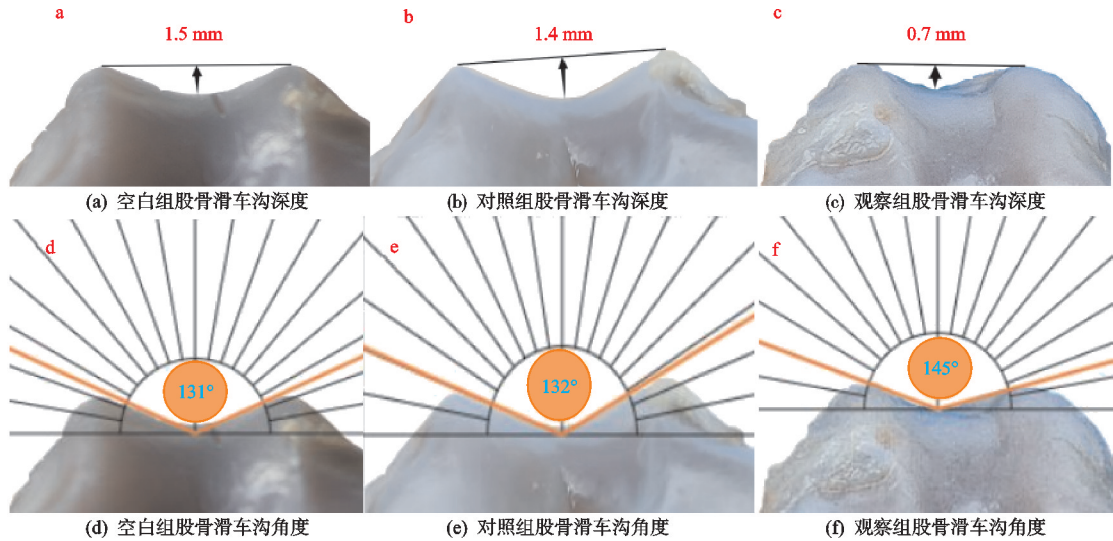


图 3 空白组、对照组及观察组兔股骨滑车沟深度和角度对比

空白组及对照组股骨滑车沟软骨细胞病理检查示: 表层、移行层、辐射层及钙化层软骨细胞排列整齐有序, 表层为梭形的软骨细胞, 移行层为圆形, 辐射层为柱状; 观察组则表现为表层软骨细胞变扁, 各层软骨细胞大小、形态不一, 排列极不整齐且极不规则, 潮线紊乱, 见图 4。

2.3 膝关节软骨肉眼观察及病理学检查和评分

肉眼观察空白组和对照组的股骨软骨及髌骨软骨呈蓝白色, 质地较硬, 软骨表面光滑, 未见软化病灶、溃疡、血管翳样组织及裂隙; 观察组股骨软骨呈灰白色, 表面粗糙不平, 颜色晦暗, 光泽度欠佳, 可见软骨裂隙、

肿胀及发泡样改变, 见图 5。

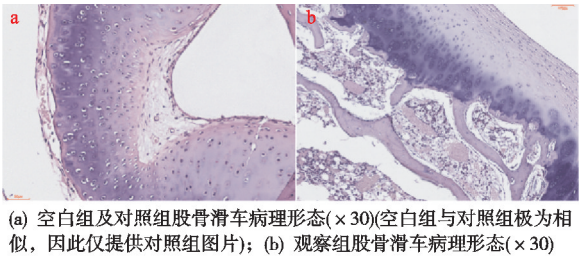
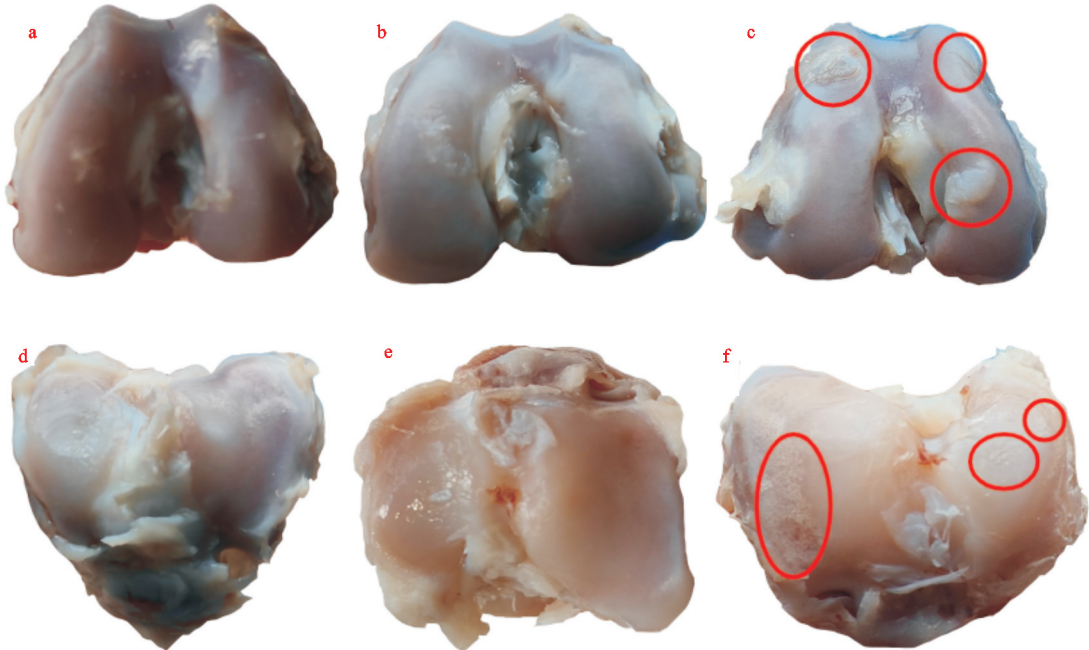


图 4 空白组、对照组及观察组兔股骨滑车沟软骨组织学观察对比(苏木精-伊红染色)



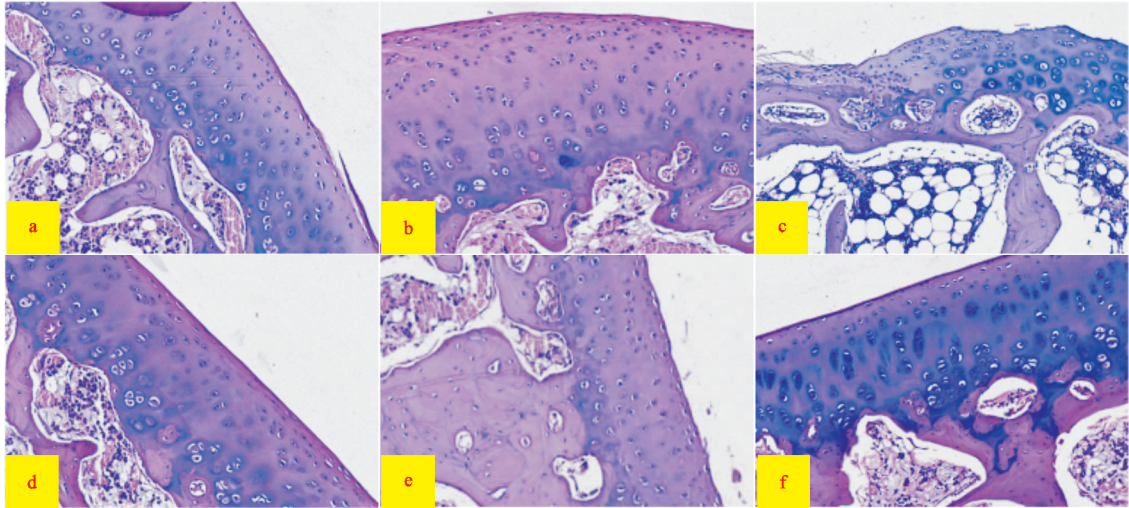
(a)(b) 空白组、对照组股骨软骨表现, 表面光滑, 色泽鲜明; (c) 观察组股骨软骨表现, 圈中箭头所示为软骨裂隙、肿胀及发泡样改变; (d)(e) 空白组、对照组胫骨软骨表现, 表面平坦, 色泽鲜明; (f) 观察组胫骨软骨表现, 圈中所示为软骨肿胀及软化区

图 5 空白组、对照组及观察组兔股骨和胫骨软骨肉眼观察对比



病理学检查股骨及胫骨软骨细胞示:1)空白组及对照组膝关节软骨表面光滑,表层细胞呈梭形,移行层细胞圆形,细胞分布较为分散,辐射层细胞为柱状,排列整齐有序;钙化层细胞较大,散在分布,四层结构清晰可辨,各层细胞形态大小基本一致,潮线清晰且规则。

2)观察组膝关节软骨表面粗糙,凹凸不平;各层软骨细胞大小、形态差异明显,排列紊乱,无规律;辐射层细胞失去柱状形态,辐射层及钙化层可见血管深入,并可见局部细胞簇形成;潮线紊乱,部分连续性缺失,细胞层次无法精确识别,见图 6。



(a)(d) 空白组股骨及胫骨软骨病理形态 (×40); (b)(e) 对照组股骨及胫骨软骨病理形态 (×40); (c)(f) 观察组股骨及胫骨软骨病理形态 (×40)

图 6 空白组、对照组及观察组兔股骨和胫骨软骨组织学观察对比(苏木精-伊红染色)

膝关节软骨细胞病理 Mankin 评分见表 1,评分越高说明软骨退变越严重;空白组(0.500 0±0.707 1)分与对照组(0.800 0±0.632 5)分比较差异无统计学意义( $P>0.05$ );观察组(6.700 0±1.059 3)分与空白组和对照组相比差异有统计学意义( $P<0.001$ )。

表 1 各组兔膝关节软骨细胞 Mankin 病理评分对比( $\bar{x}\pm s$ )

组别	样本数/膝	Mankin 评分/分
空白组	10	0.500 0±0.707 1
对照组	10	0.800 0±0.632 5
观察组	10	6.700 0±1.059 3

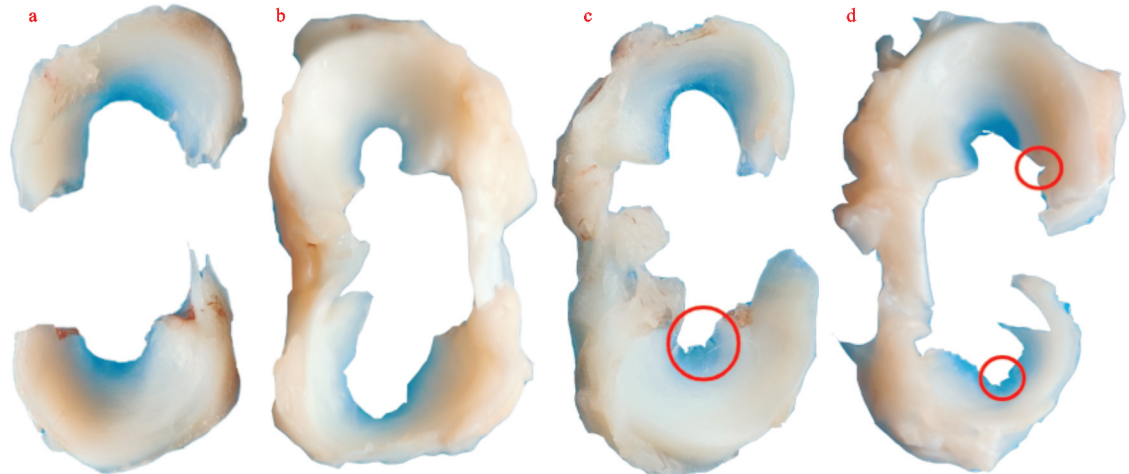
2.4 半月板外观

肉眼观察半月板结构有无磨损、裂痕、分层等;空

白组和对照组的半月板表面光滑,无撕裂、分层及磨损;观察组半月板色泽欠光滑,局部有撕裂、分层,尤其多见于体部,见图 7。

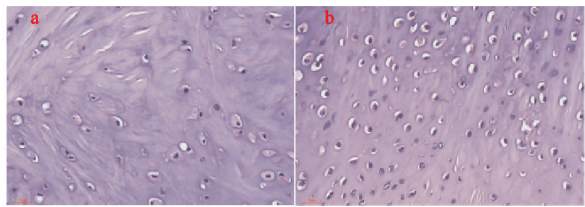
苏木精-伊红染色示:空白组和对照组染色均匀,半月板软骨陷窝深染的老化细胞少,且面积小;观察组半月板软骨陷窝深染的老化细胞明显增多,且面积明显大于空白组和对照组,见图 8。

苏木精-伊红染色后通过 ImageJ 图像处理分析软件定量分析半月板软骨陷窝深染的老化细胞面积;观察组( $105\,913.75\pm7\,084.87\mu\text{m}^2$ )明显大于空白组( $21\,281.33\pm1\,744.06\mu\text{m}^2$ )及对照组( $22\,609.50\pm2\,489.34\mu\text{m}^2$ ),差异有统计学意义( $P<0.05$ ),见图 9。



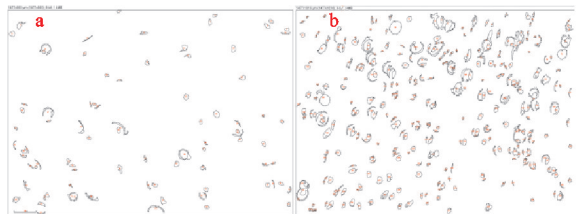
(a) 空白组半月板; (b) 对照组半月板; (c)(d) 观察组半月板, 圆圈中所示均为局部撕裂

图 7 空白组、对照组及观察组兔半月板肉眼观察对比



(a) 空白组及对照组半月板软骨病理图示（空白组与对照组极为相似，因此仅提供对照组图片）；(b) 观察组半月板软骨病理图示

图 8 空白组、对照组及观察组兔半月板软骨组织学观察对比(苏木精-伊红染色,×40)



(a) 空白组及对照组半月板软骨ImageJ 图像处理分析结果（空白组与对照组极为相似，因此仅提供对照组图片）；(b) 观察组半月板软骨ImageJ 图像处理分析结果

图 9 空白组、对照组及观察组兔半月板软骨 ImageJ 图像处理分析对比(苏木精-伊红染色,×40)

3 讨论

髌骨粉碎性骨折(尤其是复位困难、内固定失效风险高)的患者在手术方式的选择上还存在一定的争议,本研究对新西兰大白兔行髌骨全切除术,着重在病理学方面研究其改变,探讨髌骨全切除术的后果及对膝关节整体的影响。Mitchell 等<sup>[8]</sup>将新西兰大白兔的髌骨下表面的关节软骨切除,观察软骨切除后是否再生及切除后是否导致退行性关节炎,手术后对动物进行了长达 15 个月的随访观察,并未发现软骨再生和退行性关节炎,由此认为浅表的软骨缺损既不能再生修复,又不会引起退行性关节炎,考虑其原因应该是伸膝装置并未受损,股骨和胫骨软骨未受影响;本研究中髌韧带原髌骨附着处病理检查示无新生软骨细胞,取而代之的是瘢痕结缔组织,与其研究结论一致,髌骨切除术后骨组织并不能再生。

髌股关节具有特殊性,是典型的应力性关节,股骨滑车沟和髌骨的正常发育、塑形均是依靠生物力学刺激,在后天正常活动过程中形成的,因为软骨下骨和松质骨受到生物力学刺激后可诱导成骨细胞的大量增殖。Qin 等<sup>[9]</sup>将 24 只兔子的髌骨远端 1/3 切除,通过组织学观察发现髌腱与髌骨愈合界面由瘢痕组织连接,残余髌骨软骨愈合界面附近出现瘢痕组织化生,残余髌骨也出现代偿性增大,残余髌骨骨小梁的生长也会增加残余髌骨的关节面;由此认为部分髌骨切除术后,由于骨小梁的生长和化生,随着时间的推移,残余髌骨的长度可能会增加。其优点是增加了髌股接触面积,减少了术后髌股关节的接触压力,因此部分髌骨切除术后会由瘢痕结缔组织代偿性取代。髌骨切除术所

导致的异常机械应力是滑车槽发育不良的关键因素<sup>[10]</sup>,髌骨的支点作用去除,观察组股骨滑车变扁平,滑车沟深度变浅,髌韧带为适应股骨滑车,宽度及厚度均增加,但柔韧性降低;因此,髌骨作用于股骨滑车的正常应力性刺激是股骨滑车后天发育的重要刺激因素,生物力学刺激促进骨骼的正常发育和形态塑形这一现象在其他研究中已经得到验证<sup>[11-12]</sup>。异常的机械应力会加剧软骨的退变,也是骨性关节炎的诱因之一<sup>[13]</sup>,本研究观察组的软骨病理表现也佐证了这一点。

Leung 等<sup>[14]</sup>将家兔单侧部分髌骨切除后,认为不论是髌骨全切除还是部分切除,残余髌骨软骨和股骨滑车软骨势必出现不同程度的退变。Cuzzupoli 等<sup>[15-16]</sup>整理分析髌骨全切除术和部分髌骨切除术治疗粉碎性髌骨骨折的文献资料,发现尽管髌骨全切除术改变了膝关节的形状,但并不会导致严重的功能障碍;另一方面,部分切除髌骨虽然对生理结构破坏少,但可能是导致髌股关节炎的诱因。笔者切开观察组膝关节观察软骨变化,股骨软骨呈灰白色,表面粗糙不平,颜色晦暗,光泽度欠佳,可见软骨裂隙、肿胀及发泡样改变;通过病理学检查发现膝关节软骨表面粗糙,凹凸不平;各层软骨细胞大小、形态差异明显,排列紊乱,无规律;辐射层细胞失去柱状形态,辐射层及钙化层可见血管深入,并可见局部细胞簇形成;潮线紊乱,部分连续性缺失,细胞层次无法精确识别;软骨细胞病理 Mankin 评分观察组远大于对照组和空白组,差异有统计学意义,证明髌骨全切除术虽短时间内不会导致严重功能障碍,但随着时间推移,软骨退变必然加速。笔者还观察了半月板的变化,发现观察组半月板色泽欠光滑,局部有撕裂、分层,尤其多见于体部;病理学检查发现半月板软骨陷窝深染的老化细胞明显增多,且面积明显大于空白组和对照组,差异有统计学意义。髌骨全切除术后股四头肌力臂长度增加,导致伸膝装置破坏,膝关节在负重状态下稳定性欠佳,加剧了软骨损伤和退变,异常的机械应力也加速了半月板的磨损。

本研究证实髌骨全切除术改变了膝关节原有功能形态及稳定性<sup>[4,17]</sup>,本研究认为髌韧带原髌骨附着处不再有软骨再生,髌骨的支点作用完全丧失;观察组关节软骨及半月板较对照组与空白组退变明显加速,对于接受此术式的患者,后期进行膝关节置换的概率将大大上升<sup>[18]</sup>。此术式所带来的股四头肌萎缩是膝关节稳定性缺失的原因之一,另外屈膝时胫骨的过度前移都会造成膝关节软组织失衡,从而直接影响到后期膝关节置换术的假体选择;此外,对衬垫的磨损相较膝关节稳定患者为重,导致翻修率大幅增高<sup>[19]</sup>。本研究中观察组的髌韧带形态学发生改变,髌韧带为适应变浅的股骨滑车沟而出现宽度增加、厚度减小及质地变



韧,造成其与膝关节假体滑车沟的契合度降低,膝关节置换术后屈膝时出现脱出的概率大大增加。半月板的撕裂及退变证实了股骨与胫骨关节面之间存在异常的机械应力,此机械应力必然影响到前后交叉韧带及关节囊的张力,以上各种表现对膝关节假体均是严重考验。因此,在对髌骨切除术后患者行膝关节置换时应综合考虑股四头肌力量、股骨滑车沟深度及角度变化,同时针对软组织失衡进行矫正,并谨慎选择合适的假体。

此外,观察组在术后1年即出现软骨及半月板明显退变,因此应趁早干预,延缓软骨的退变。目前保守治疗方法主要有口服非甾体抗炎药、关节腔内注射透明质酸、富血小板血浆关节腔注射和医用臭氧注射、干细胞治疗等<sup>[20]</sup>,其中比较经济且效果较好的有富血小板血浆关节腔注射和医用臭氧注射,富血小板血浆技术是自身血液离心后得到的富含多种生长因子及细胞因子的高浓度血小板血浆成分<sup>[21]</sup>,对组织修复及再生有良好的促进作用。医用臭氧的作用机制已得到全面探索,有研究表明其有助于软骨的修复和再生<sup>[22]</sup>。

综上所述,髌骨全切除术对膝关节的影响是深远的,创伤性关节炎的发生往往不可避免,对于此类患者应尽早采取措施,终末期进行膝关节置换时综合考虑各种因素的影响,同时该术式应谨慎选择。

#### 参考文献

- [1] STEINMETZ S, BRÜGGER A, CHAUVEAU J, et al. Practical guidelines for the treatment of patellar fractures in adults[J]. *Swiss Med Wkly*, 2020, 150: w20165.
- [2] SHARAFATVAZIRI A, ESFANDIARI S, VOSOUGHI F, et al. Patellectomy, an old treatment in patellar fracture which is still alive: a case report[J]. *Int J Surg Case Rep*, 2024, 118: 109604.
- [3] HIEMSTRA L A, FRIZZELL B, KERSLAKE S. Medial quadriceps tendon femoral ligament reconstruction after patellectomy: a treatment for a dislocating quadriceps tendon[J]. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*, 2017, 1(1): e001.
- [4] DENG X, ZHU L, HU H, et al. Comparison of total patellectomy and osteosynthesis with tension band wiring in patients with highly comminuted patella fractures: a 10-20-year follow-up study[J]. *J Orthop Surg Res*, 2021, 16(1): 497.
- [5] CHEN H, LU H, HUANG J, et al. Calcitonin gene-related peptide influences bone-tendon interface healing through osteogenesis: investigation in a rabbit partial patellectomy model[J]. *Orthop J Sports Med*, 2021, 9(7): 23259671211003982.
- [6] 王琳, 吕红斌, 霍碧君, 等. 兔髌骨-髌腱结合部新骨形成与大小预测其愈合程度[J]. *医用生物力学*, 2006, 21(4): 291-297.

- [7] 陈士文, 路屹, 陈传好, 等. 兔膝关节解剖学特点及在动物模型的意义[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2012, 30(1): 100-102.
- [8] MITCHELL N, SHEPARD N. Effect of patellar shaving in the rabbit[J]. *J Orthop Res*, 1987, 5(3): 388-392.
- [9] QIN L, LEUNG K S, CHAN C W, et al. Enlargement of remaining patella after partial patellectomy in rabbits[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 1999, 31(4): 502-506.
- [10] LU J F, WANG C H, LI F Q, et al. Changes in cartilage and subchondral bone of femoral trochlear groove after patellectomy in growing rabbits[J]. *Orthop Surg*, 2020, 12(2): 653-660.
- [11] PUTZ R, BOSZCZYK B, MILZ S. How the ends of bones evolve and what they do: the anatomical and biomechanical perspective[J]. *Semin Musculoskelet Radiol*, 2019, 23(5): 467-476.
- [12] TURNER C H. Biomechanics of bone: determinants of skeletal fragility and bone quality[J]. *Osteoporos Int*, 2002, 13(2): 97-104.
- [13] PARANJAPPE C S, CUTCLIFFE H C, GRAMBOW S C, et al. A new stress test for knee joint cartilage[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 2283.
- [14] LEUNG K S, QIN L, LEUNG M C, et al. Partial patellectomy induces a decrease in the proteoglycan content in the remaining patellar articular cartilage: an experimental study in rabbits[J]. *Clin Exp Rheumatol*, 1999, 17(5): 597-600.
- [15] CUZZUPOLI F, BOLTRI F. Anatomical, clinical and surgical features of total and partial patellectomy in the treatment of comminuted fractures of the kneecap[J]. *Arch Sci Med (Torino)*, 1969, 126(3): 93-99.
- [16] MILGRAM J W. Injury to articular cartilage joint surfaces. I. Chondral injury produced by patellar shaving: a histopathologic study of human tissue specimens[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1985, 192: 168-173.
- [17] 李旭, 李石伦, 李升, 等. 全切术和部分切除术对髌骨粉碎性骨折的远期疗效比较[J]. *河北医药*, 2020, 42(12): 1809-1812.
- [18] MASLOW J, ZUCKERMAN J D, IMMERMAN I. Total knee arthroplasty in patients with a previous patellectomy[J]. *Bull Hosp Jt Dis*, 2013, 71(3): 227-230.
- [19] DODDS A, CROWLEY R, MENZ T, et al. Outcome following total knee replacement in patients with a previous patellectomy[J]. *Acta Orthop Belg*, 2018, 84(3): 251-256.
- [20] 郭帅成, 黄健. 膝关节骨性关节炎治疗研究进展[J]. *内蒙古医科大学学报*, 2021, 43(3): 320-323.
- [21] 杨昆, 周游, 梁朝鑫, 等. 富血小板血浆在创面修复的研究进展[J]. *中国骨与关节杂志*, 2024, 13(6): 471-475.
- [22] 李海群, 张志仕, 李博, 等. 医用臭氧水对兔膝关节骨性关节炎软骨 IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$  与 VEGF 表达的影响[J]. *解剖科学进展*, 2018, 24(1): 12-14.

(收稿日期: 2024-07-18)