

复发性髌骨脱位重建髌股韧带的有限元分析

周晓寒¹ 李宗武¹ 钱超¹ 罗文¹ 夏煜博¹ 代颖¹ 温辉¹ 王涛^{1△} 郭英^{1△}

[摘要] 目的:基于传统“筋束骨”理论,通过有限元建模研究内侧髌股韧带(MPFL)与复发性髌骨脱位的力学关联,分析内侧髌股韧带股骨侧止点重建的最佳效应点。方法:选取29岁健康成年男性志愿者1名,摄右下肢64排螺旋CT片。另选取2022年4月至2022年6月收治的5例复发性髌骨脱位患者,收集并比较手术前后Lysholm膝关节评分、疼痛视觉模拟量表(VAS)评分、髌股适合角(CA)、胫骨结节-股骨滑车间距(TT-TG)及髌骨倾斜角(PTA)情况。建立6个分组(正常组、内侧髌股韧带损伤组、内侧髌股韧带重建A组、内侧髌股韧带重建B组、内侧髌股韧带重建C组、内侧髌股韧带重建D组),观察分析膝关节屈曲4种工况(30°,60°,90°,120°)下力学关联指标(髌股关节内外侧接触压力、接触面积、等效应力、内侧髌股韧带张拉应力、内侧髌股韧带长度、髌骨位移变化量)。结果:建立的膝关节有限元模型中,模拟膝关节屈曲的4种工况下,髌股关节内外侧接触压力、髌股关节接触面积、髌股关节等效应力、髌骨位移程度的变化量指标在30°~90°逐渐增大,90°~120°逐渐减小;内侧髌股韧带屈伸30°~90°张拉应力逐渐增大,90°~120°逐渐减小。其中内侧髌股韧带重建D组对应的髌股关节内外侧压力值、关节面接触面积、髌骨位移较接近膝关节正常组。手术后患者的Lysholm膝关节评分显著高于手术前,疼痛VAS评分、髌股适合角、胫骨结节-股骨滑车间距、髌骨倾斜角显著低于手术前,差异有统计学意义($P<0.05$)。结论:验证了股骨侧内侧髌股韧带重建的最佳效应点,证实了等效点对治疗复发性髌骨脱位的力学作用,为临床内侧髌股韧带重建股骨侧定位的选取提供了力学依据。

[关键词] 筋束骨;内侧髌股韧带;膝关节;复发性髌骨脱位;有限元分析

[中图分类号] R684.7 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2024)09-0058-07

DOI:10.20085/j.cnki.issn1005-0205.240912

Finite Element Analysis of Patellofemoral Ligament Reconstruction in Recurrent Patellar Dislocation

ZHOU Xiaohan¹ LI Zongwu¹ QIAN Chao¹ LUO Wen¹ XIA Yubo¹

DAI Ying¹ WEN Hui¹ WANG Tao^{1△} GUO Ying^{1△}

¹ Kunming Traditional Chinese Medicine Hospital, Kunming 650504, China.

Abstract Objective: Based on the traditional “tendon bone” theory, this study investigates the mechanical relationship between the medial patellofemoral ligament (MPFL) and recurrent patellar dislocation through finite element modeling, and investigates the optimal effect point for the reconstruction of the femoral lateral insertion point of the MPFL.

Methods: One healthy adult male volunteer aged 29 was selected to undergo 64 slice spiral CT of the right lower limb. Another 5 patients with recurrent patellar dislocation from April 2022 to June 2022 were selected to collect and compare the Lysholm knee joint score, pain visual analogue scale (VAS) score, congruance angle (CA), tibial tubercle to trochlear groove distance (TT-TG), and patellar tilt angle (PTA) before and after surgery. Establish 6 groups (normal group, MPFL injury group, MPFL reconstruction group A, MPFL reconstruction group B, MPFL reconstruction group C, MPFL reconstruction group D) to study 4 working conditions of knee joint flexion (30°, 60°, 90°, 120°), and analyze and observe

mechanical related indicators (patellofemoral joint internal and external contact pressure, contact area, equivalent stress, MPFL ligament tensile stress, MPFL ligament length, patellar displacement changes). **Results:** In the finite element model of knee joint, the internal and external contact pressure of

基金项目:云南省科技厅科技计划项目(202001AZ070001-070)

¹ 昆明市中医医院(昆明,650504)

[△]通信作者 E-mail:183070775@qq.com(王涛)

gy1200@126.com(郭英)

patellofemoral joint, patellofemoral joint contact area, patellofemoral joint equivalent stress and patellofemoral displacement degree gradually increased from 30° – 90° , and gradually decreased from 90° – 120° . The tensile stress of MPFL at 30° – 90° was gradually increased, and that at 90° – 120° was gradually decreased. In MPFL reconstruction group D, the internal and lateral pressure values of patellofemoral joint, joint surface contact area and patellar displacement were closer to those of normal knee joint group. After surgery, Lysholm knee joint score of patients was significantly higher than before surgery ($P < 0.05$), and pain VAS score, CA, TT-TG and PTA were significantly lower than before surgery ($P < 0.05$). **Conclusion:** The optimal effect point of MPFL reconstruction on femoral side was verified, and the mechanical effect of equivalent point on the treatment of recurrent patellar dislocation was confirmed, which provided a mechanical basis for the selection of clinical MPFL reconstruction on femoral side.

Keywords: tendon bundle bone; medial patellofemoral ligament; knee joint; recurrent patellar dislocation; finite element analysis

复发性髌骨脱位是膝关节常见病,临床上常采用内侧髌股韧带(Medial Patellofemoral Ligament, MPFL)重建术治疗,内侧髌股韧带股骨侧止点的选择是内侧髌股韧带重建的关键^[1-2]。安江东等^[3]为内侧髌股韧带股骨侧止点等距点的研究提供了新的思路,但是缺乏膝关节在屈曲角度下动态的生物力学研究及有限元分析,因此,内侧髌股韧带股骨侧重建点的有限元分析具有临床意义。内侧髌股韧带重建术也顺应了中医“筋骨平衡”理念,根据“筋”的重建以完善“骨”的作用^[4]。基于此,本研究在“宗筋束骨而利关节”理论指导下,采用有限元分析内侧髌股韧带对复发性髌骨脱位的治疗作用,以探究和证明内侧髌股韧带重建股骨侧止点的最佳效应点,现报告如下。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

选取 29 岁、常规健康体检健康成年男性志愿者 1 名,身高 175 cm,体重 74 kg;排除骨骼畸形、骨折、肿瘤、感染等疾病,膝关节正常且无创伤及手术病史;初步摄膝关节的正侧位、双斜位、动力位 X 线片;右下肢 64 排螺旋电子计算机断层扫描(CT),层厚为 0.7 mm,得到图像 1 005 张,分辨率为 514×514 ,输出保存为 DICOM 格式文件。本研究于 2020 年 10 月至 2022 年 4 月在昆明市中医医院放射科完成。另选取 2022 年 4 月至 2022 年 6 月昆明市中医医院 5 例复发性髌骨脱位患者为研究对象,根据有限元分析结果定位股骨止点,行内侧髌股韧带重建术。建立 6 个分组(正常组、内侧髌股韧带损伤组、内侧髌股韧带重建 A 组、内侧髌股韧带重建 B 组、内侧髌股韧带重建 C 组、内侧髌股韧带重建 D 组)。本研究已通过昆明市中医医院伦理委员会审核批准,患者及家属均签署知情同意书。

1.2 诊断标准

参照《坎贝尔骨科手术学》中诊断标准^[5]:1)膝部外伤史,髌骨脱位史 ≥ 2 次;2)髌骨恐惧试验、髌股关

节研磨试验、J-sign 征、髌骨内推过度移位征均阳性;3)髌骨明显脱位或时常软腿,膝关节不稳,髌骨周围疼痛,疼痛在跑跳、蹲起及上下楼梯时加剧;4)髌骨 Caton 指数在 0.6~1.3 之间,胫骨结节-股骨滑车间距在 12.4~20.0 mm 之间;5)X 线、CT 检查髌骨轴位可见股骨滑车及髌骨发育不良、髌骨向外侧偏斜,磁共振成像(MRI)显示髌股韧带受损。

1.3 纳入标准

1)符合上述诊断标准;2)未接受过手术治疗;3)无膝关节前后交叉韧带、内外侧副韧带损伤;4)同意参与本研究,签署知情同意书。

1.4 排除标准

1)合并其他严重器质性疾病者;2)认知功能存在异常者;3)中途因各种原因退出者。

1.5 方法

1.5.1 研究工具 德国西门子公司 64 排螺旋 CT, GE Lightspeed 64 排,层厚为 0.625 mm(由昆明市中医医院放射科提供);Apple Mac pro 个人计算机,apple M1 pro 处理器,512 GB 固态硬盘,MacOS 操作系统;Mimics 21.0, Geomagic Studio 2014, Hypermesh 14.0, MSC. Patran/Nastran 2019 软件由昆明市中医医院数字化骨科创新团队提供。

1.5.2 建立膝关节有限元模型-图像处理 将获得 DICOM 数据格式文件对应的 CT 数据导入专业医学三维重建软件 Mimics 21.0,并把需要内容转至 Mimics 21.0 所对应的工程文件,而后设定骨骼系统默认的阈值。在选取一定的完成目标区域后,进行选择区域增长这一步骤,生成相关的修补、擦除指令,初步得到研究所需目标结构组织所需的骨骼外轮廓,随后运行 Caculate 3D 功能产生三角面几何模型。而后通过 Mimics 21.0 软件所生成的三维几何模型进行自动三角划分,并使用立体光刻(STereo Lithography, STL) Smoother 对三角形表面网格进行平滑处理,得到一个三角面 STL 几何模型(见图 1)。

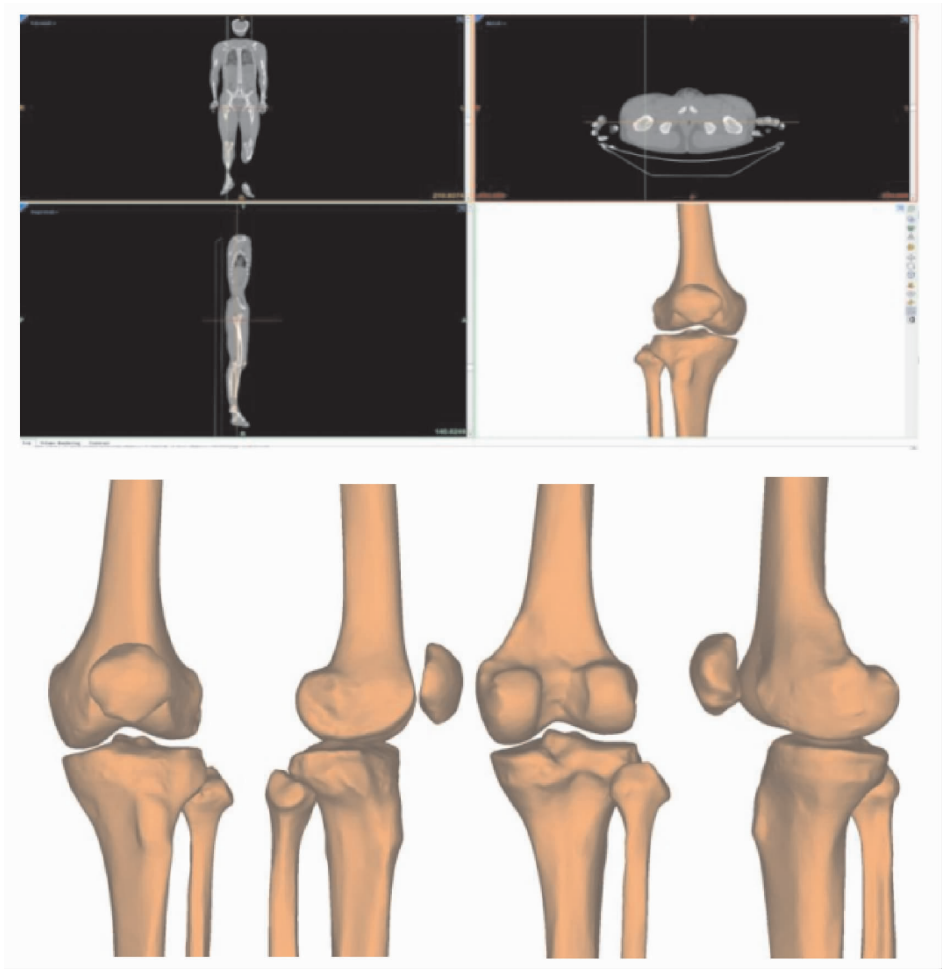


图 1 CT 三维重建膝关节骨骼模型(3-matic 处理过程图)

1.5.3 建立膝关节有限元模型-含韧带的膝关节-曲面拟合及几何实体处理 将膝关节 STL 文件导入 Geomagic Studio2014 软件,对导入的图像进行曲面拟合和光顺处理,最终形成研究所需要的正常膝关节三维几

何模型。随后将骨性组织(股骨、胫骨、腓骨、髌骨)分离出皮质骨、松质骨,然后补充筋性组织,包括膝关节软骨、内外侧半月板、重要的膝关节肌腱和韧带(见图 2)。

1.5.4 建立膝关节有限元模型-含韧带的膝关节的完

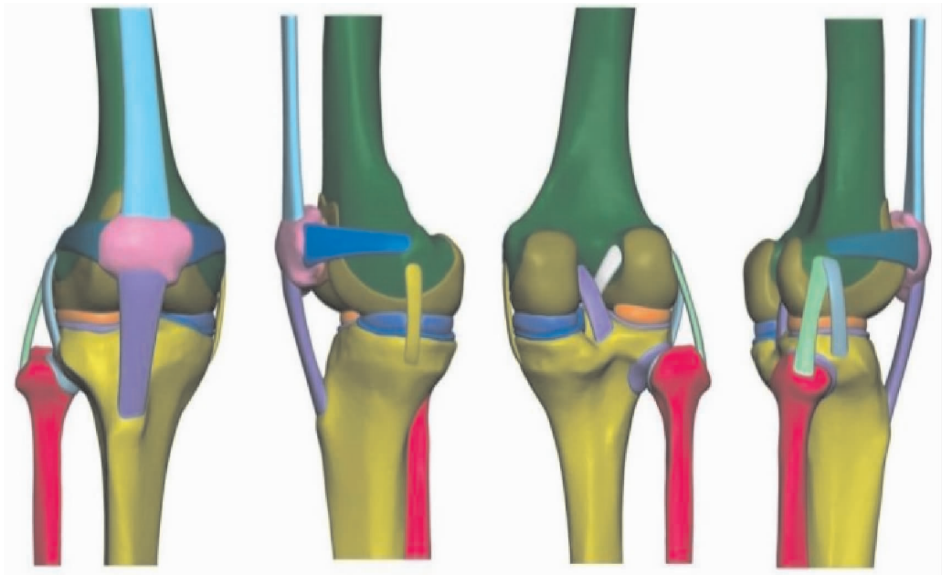


图 2 正常膝关节逆向装配图

善 对逆向处理好的正常膝关节进行完善处理,重新分布结构模型布线、共面、接触等问题。将逆向后的正

常膝关节模型几何模型分别导入有限元前处理软件 MSC. Patran2019(见图 3)。

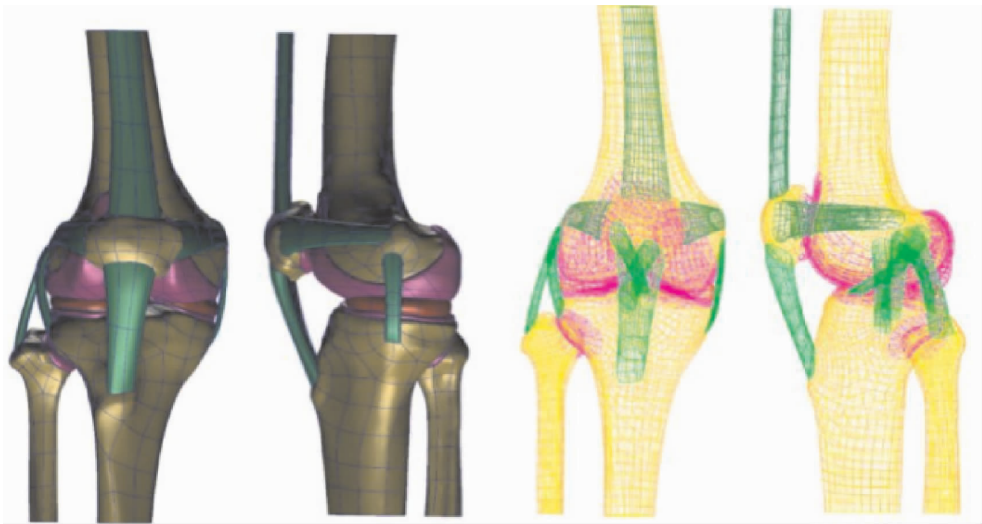


图 3 正常膝关节有限元几何模型图(含消影图)

1.5.5 膝关节有限元模型的有效性验证 本研究结果与安江东等^[3]采用的样本在传统生物力学实验中的人体解剖数据及相应关节应力结果较为接近,表明本模型是正确有效的。

1.5.6 模型分组 依据安江东等^[3]定位方法取髌骨中点及中上 1/3 位点建立髌骨隧道,对内侧髌股韧带重建时股骨定位选取 A、B、C、D 四个定位点进行造模(即 A 点为内收肌结节,B 点为股骨内上髁,1/3 圆弧的中点为 C 点,远点为 D 点,见图 4)。共分为内侧髌股韧带重建 A 组、B 组、C 组、D 组、内侧髌股韧带损伤组和膝关节正常组共 6 组。

1.5.7 网格划分与韧带参数定义 将所得的正常膝关节几何模型 STP 文件导入 Hypermesh14.0 软件,将其进行网格划分操作,随后导出所需的 BDF 格式文件,将 BDF 格式的膝关节文件导入有限元前处理软件 MSC. Patran2019。导入后进行操作,包括有限元网格属性的设置,将材料参数进行定义、施加荷载、确定边

界约束条件,最后提交有限元后处理软件 MSC. Nastran2019 进行计算,将所得数据进行分析 and 查看,各组有限元网格模型见图 5。正常膝关节的网格划分采用 TetMesh Tet4 Element 四面体实体网格单元,其网格单元数量为 259 664 个,节点数量为 56 314 个。

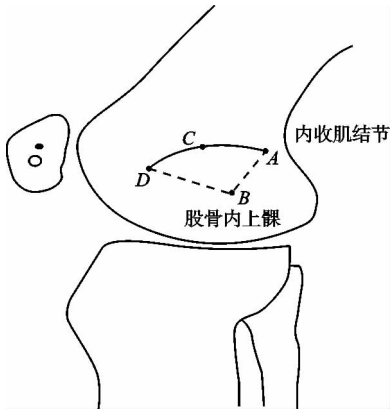


图 4 安江东等^[3]定位方法

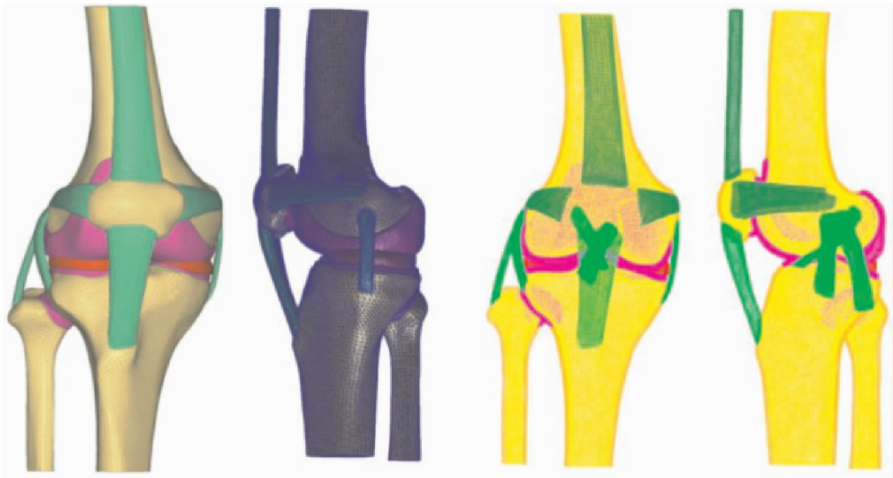


图 5 正常膝关节 Hypermesh 网格划分及网格模型图(含消影图)

参考文献中材料数据^[6-9],如表 1 所示。骨骼皮质骨、松质骨、关节软骨、半月板定义为各向同性、均匀、

连续的线弹性材料,各韧带及肌腱定义为只受拉力的非线性材料;半月板与股骨软骨、股骨软骨与胫骨软

骨、髌骨软骨与股骨软骨之间的接触摩擦系数设为 0.001,内侧髌股韧带重建移植植物与髌骨通道接触摩擦系数设为 0.001;皮质骨与松质骨、韧带与皮质骨、股四头肌腱与皮质骨、半月板与胫骨软骨之间设置为共节点绑定。

表 1 膝关节各结构材料参数

名称	弹性模量/MPa	泊松比
皮质骨	12 000	0.30
松质骨	100	0.20
关节软骨	15	0.30
半月板	59	0.49
股四头肌腱	80	0.30
髌腱	116	0.45
韧带	215	0.40

1.5.8 边界约束条件 参考相关文献,对膝关节约束、载荷等边界条件进行设定。既往研究指出当股骨处在恒定位置时,人体屈膝 90°到伸膝位过程中,股四头肌腱需承受大约 200 N 牵张力^[10]。本研究在膝关节不同屈曲角度下,对股四头肌上端施加 200 N 拉力^[10],对膝关节股骨上端施加 500 N 的垂直载荷^[6],并固定约束胫腓骨下端所有节点,限制其六个方向自由度。髌骨在膝关节屈曲 30°时最易脱出的主要原因是缺乏股骨外髌的骨性阻挡^[11]。本研究通过一个参考刚体块旋转促使股骨旋转 30°,60°,90°,120°来近似模拟膝关节屈曲的过程,股骨皮质骨与刚体块之间设置无摩擦接触。有限元边界约束条件(以正常膝关节为例)见图 6。

1.5.9 主要观察指标 有限元分析:不同屈曲角度下

的髌股关节内外侧接触压力、接触面积、等效应力、内侧髌股韧带张拉应力、内侧髌股韧带长度变化量、髌骨位移程度。

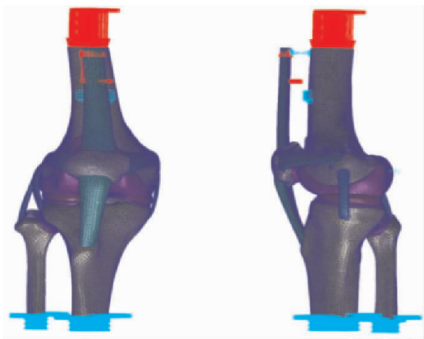


图 6 有限元边界约束条件

临床分析:观察组患者手术前后 Lysholm 膝关节评分、疼痛视觉模拟量表(VAS)评分、髌股适合角(Congruance Angle, CA)、胫骨结节-股骨滑车间距(Tibial Tubercletrochlear Groove Distance, TT-TG)及髌骨倾斜角(Patellar Tilt Angle, PTA)情况。

1.6 统计学方法

采用 SPSS 21.0 统计软件分析数据,正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 形式表示,手术前后比较采用配对样本 t 检验, $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 髌股关节应力峰值

本研究纳入患者男 2 例,女 3 例,平均年龄为 (41.23 ± 5.33) 岁。在不同屈伸角度下髌股关节等效应力均有所不同,髌股关节应力约在 1.16~5.34 MPa 间变化,见表 2。

表 2 各组髌股关节应力峰值变化

屈曲角度 /(°)	正常组 /MPa	内侧髌股韧带 损伤组/MPa	内侧髌股韧带重建			
			A 组/MPa	B 组/MPa	C 组/MPa	D 组/MPa
30	1.16	2.12	2.53	3.11	1.35	1.22
60	2.83	3.65	4.05	4.89	2.52	3.14
90	4.20	5.34	4.88	5.18	3.76	4.55
120	3.30	3.97	3.64	3.42	3.09	3.49

2.2 髌股关节内外侧接触压力

在不同屈伸角度下髌股关节内外侧接触压力值均有所不同,见表 3 和表 4。

2.3 髌股关节接触面积

膝关节在屈伸不同角度过程中髌股关节面接触面

积约在 72.8~239.5 mm² 间变化,见表 5。

2.4 韧带张拉应力峰值

在不同屈伸角度下内侧髌股韧带张拉应力也不尽相同,内侧髌股韧带张拉应力峰值约在 0.20~1.89 MPa 间变化,见表 6。

表 3 各组髌股关节内侧接触压力

屈曲角度 /(°)	正常组 /N	内侧髌股韧带 损伤组/N	内侧髌股韧带重建			
			A 组/N	B 组/N	C 组/N	D 组/N
30	34	31	54	37	27	30
60	43	45	71	42	29	37
90	71	106	102	103	36	49
120	55	80	69	63	32	40

表 4 各组髌股关节外侧接触压力

屈曲角度 /(°)	正常组 /N	内侧髌股韧带 损伤组/N	内侧髌股韧带重建			
			A 组/N	B 组/N	C 组/N	D 组/N
30	61	83	105	135	56	65
60	97	126	132	147	71	103
90	132	177	169	165	92	144
120	108	133	127	120	79	116

表 5 各组髌股关节接触面积

屈曲角度 /(°)	正常组 /mm ²	内侧髌股韧带 损伤组/mm ²	内侧髌股韧带重建			
			A 组/mm ²	B 组/mm ²	C 组/mm ²	D 组/mm ²
30	93.8	81.6	89.2	85.4	72.8	89.9
60	204.2	172.7	179.5	174.8	152.6	188.2
90	239.5	203.1	211.9	209.9	181.6	220.7
120	216.9	195.3	213.2	199.7	162.5	203.3

表 6 各组韧带张拉应力峰值

屈曲角度 /(°)	正常组 /MPa	内侧髌股韧带重建			
		A 组/MPa	B 组/MPa	C 组/MPa	D 组/MPa
30°	0.46	0.20	0.59	0.42	0.51
60°	1.16	0.57	0.91	0.67	1.47
90°	1.24	1.05	1.14	0.86	1.89
120°	1.10	0.61	0.97	0.79	1.21

2.5 韧带长度变化量

在不同屈伸角度下各组内侧髌股韧带长度变化量也不同,内侧髌股韧带长度增量约为 7.11~18.70 mm,见表 7。

2.6 髌骨位移

在不同屈伸角度下髌骨位移也不尽相同,髌骨位移约为 5.30~16.07 mm,主要呈现随着屈伸角度逐渐增加,屈伸 30°~90°过程中髌骨位移逐渐增大,然后屈伸 90°~120°过程中髌骨位移逐渐减小的现象,见表 8。

表 7 各组内侧髌股韧带长度变化量

屈曲角度/(°)	正常组/mm	内侧髌股韧带重建			
		A 组/mm	B 组/mm	C 组/mm	D 组/mm
30	8.22	11.26	10.83	12.12	7.11
60	10.31	14.41	12.74	15.81	9.28
90	13.26	17.33	14.86	18.70	13.51
120	8.88	12.11	11.71	13.92	8.54

表 8 各组髌骨位移

屈曲角度 /(°)	正常组 /mm	内侧髌股韧带 损伤组/mm	内侧髌股韧带重建			
			A 组/mm	B 组/mm	C 组/mm	D 组/mm
30	5.36	6.85	6.95	6.89	5.32	5.30
60	8.64	11.24	9.95	9.93	9.92	8.57
90	11.45	16.07	13.02	14.96	13.13	12.99
120	9.96	12.87	11.31	11.42	11.44	10.95

2.7 手术前后患者不同指标比较

手术后患者的 Lysholm 膝关节评分显著高于手术

前,疼痛 VAS 评分、髌股适合角、胫骨结节-股骨滑车间距、髌骨倾斜角显著低于手术前($P<0.05$),见表 9。

表 9 手术前后患者不同指标比较($\bar{x}\pm s$)

时间	髌股适合角/(°)	胫骨结节-股骨滑车间距/mm	髌骨倾斜角/(°)	Lysholm 评分/分	VAS 评分/分
手术前	25.11±5.67	25.68±4.11	24.85±4.38	50.16±7.26	6.81±1.25
手术后	13.12±2.54	10.36±1.52	15.24±2.33	85.16±6.31	2.83±0.34
<i>t</i>	4.315	7.817	4.331	8.136	6.870
<i>P</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

3 讨论

根据“筋束骨”理论,在临床上治疗经筋疾病时应抓住筋骨关系的生理特性,先理筋,后强筋,再束骨,注重调筋、理筋、柔筋,做到筋骨并重,使筋柔骨正,则病无从生^[12]。筋附属于骨,对联络人体骨骼、肌肉,协调关节运动、维持关节稳定性等都起到不可磨灭的作用^[13]。《医宗金鉴·正骨心法要旨》提出了“筋骨并重”的理念,并一直沿用至今,如今临床骨折的诊断、治疗及康复仍遵循这一原则^[14]。临床上复发性髌骨脱位这一疾病多是筋先发病,长时间后及骨,导致筋骨的平衡关系遭到破坏,因此对复发性髌骨脱位的治疗不但从筋论治,应筋骨并重,故本研究基于“筋束骨”的理论基础,分析探讨内侧髌股韧带重建术中股骨止点的选择,以选取较优点位改善患者治疗效果和预后。

本研究通过有限元建模模拟内侧髌股韧带缺失破坏动力平衡,结果验证了内侧髌股韧带具有维持膝关节稳定的作用,通过正常膝关节与内侧髌股韧带损伤(即模拟缺失内侧髌股韧带)比较,屈曲膝关节,髌骨位移轨迹明显改变可以看出;本研究中髌骨位移约为5.30~16.07 mm,主要呈现随着屈伸角度逐渐增加,屈伸30°~90°过程中髌骨位移逐渐增大,然后屈伸90°~120°过程中髌骨位移逐渐减少的现象,因此内侧髌股韧带对髌骨及髌股关节面具有约束作用。此外,本研究重建内侧髌股韧带后,重建A、B、C、D四点均可以使膝关节功能恢复正常并使髌骨轨迹处在股骨滑车中,实现髌骨轨迹的恢复。

复发性髌骨脱位的患者临床上多具有髌股关节的异常对合,然而髌股关节的异常对合所导致的直接结果是髌股接触压^[15]的异常分布。本研究中,当内侧髌股韧带断裂时,髌股关节面无论是等效力还是内外侧压力,在膝关节屈曲活动时外侧总是大于内侧;并且当内侧髌股韧带缺失屈膝90°时,髌股关节内外侧压力均在最高峰值。因此,当内侧髌股韧带断裂时,应注意减少膝关节屈曲超过90°,否则髌股关节面应力的改变会造成关节软骨的病损和膝关节的退变,甚至出现患者的功能障碍,同时这也体现了“筋束骨”的传统中医理论。

当发生复发性髌骨脱位时,内侧髌股韧带的张拉应力也是行内侧髌股韧带重建的关键,当内侧髌股韧带的张力过大时,会使髌骨向内侧发生偏移,重建的内侧髌股韧带发生再次撕裂甚至内侧髌股韧带起止点发生撕脱,最终导致手术的失败。相反,当内侧髌股韧带的张拉应力过小时,会使髌骨向外侧移位,易造成髌骨再次脱位。临床内侧髌股韧带重建时常用的体位^[16]是使膝关节屈曲60°,此时拉紧移植物,并且用拇指把髌骨向外侧推动,当不能推动髌骨且髌骨能在屈曲下

进入滑车中时,此时的内侧髌股韧带的张拉应力是适宜的,以此进行固定。但此种方法具有移动的主观性,此时韧带的张拉应力很难精确把握,因此选择韧带长度重建能达到正常膝关节的变化量,从而保证内侧髌股韧带的张拉应力,也是手术能成功的必不可少的环节。

内侧髌股韧带重建股骨止点的位置是内侧髌股韧带重建手术中的核心步骤,内侧髌股韧带股骨止点的位置选择成功与否决定内侧髌股韧带重建手术的成功^[17]。目前内侧髌股韧带重建术的术式很多,不同术式所采用的移植物也不尽相同,但不论采用何种术式重建内侧髌股韧带,术中准确定位股骨隧道都是手术成功的关键^[18]。本研究髌股关节等效力、髌股关节内外侧压力值、髌股关节接触面积、韧带长度、髌骨位移等方面,内侧髌股韧带重建D组各项数值均最接近膝关节正常组;在内侧髌股韧带张拉应力方面,相比膝关节正常组,在不同屈伸角度下内侧髌股韧带重建D组对应的内侧髌股韧带张拉应力整体均大于正常组,而内侧髌股韧带重建A、B、C组均小于正常组;且手术后患者的膝关节Lysholm评分显著高于手术前,疼痛VAS评分、髌股适合角、胫骨结节-股骨滑车间距、髌骨倾斜角显著低于手术前。

综上所述,本研究重建D点为内侧髌股韧带重建中股骨侧最佳效应点。本研究最终结果虽与传统意义上内侧髌股韧带股骨侧重建点的选择有一定差异,但跟安江东等^[3]通过新鲜冰冻尸体进行的实体生物力学研究结果基本相同,从而再一次证实了该模型建立的有效性;且后续临床数据表明,患者手术后的指标显著高于手术前,表明以D点为重建点具有良好的临床意义。但本研究仍存在小样本、单中心研究等不足,且未进一步对D点的临床简便识别及选取误差范围进行分析,有限元分析选取样本量较少,后续可开展大样本、多中心的研究,并对D点选取范围进行分析。

参考文献

- [1] 王琦,柯贤鹏. 关节镜下外侧支持带松解术联合小切口MPFL-R术治疗复发性髌骨脱位疗效观察[J]. 海南医学, 2023, 34(21): 3108-3113.
- [2] 代朋乙,常祺,王战朝. 改良的髌骨单隧道重建内侧髌股韧带手术治疗复发性外侧髌骨脱位[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2023, 38(12): 1297-1300.
- [3] 安江东,夏亚一,安丽萍,等. MPFL重建术中股骨等距点的研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23(22): 2089-2093.
- [4] 郑礼,秦大平,李磊,等. 筋骨平衡在骨质疏松症防治中的意义[J]. 中国骨质疏松杂志, 2023, 29(7): 1065-1068.

治疗冈上肌钙化性肌腱炎的临床疗效[J]. 中华手外科杂志, 2020, 36(5): 358-362.

[5] 冯赵慧子, 幸小玲, 刘培培. 热敏灸配合针刺治疗肩周炎的临床疗效观察[J]. 江西中医药大学学报, 2019, 31(3): 64-67.

[6] 陶嘉磊, 符仲华, 张宏如. 浮针疗法作用机制浅析[J]. 时珍国医国药, 2014, 25(12): 3006-3008.

[7] 李海馨, 皮敏, 黄达坤. 浮针治疗肩关节周围炎临床疗效的 Meta 分析[J]. 广州中医药大学学报, 2019, 36(4): 521-526.

[8] 孙晓伟, 潘婷婷, 刘婷婷, 等. 浮针疗法治疗肩周炎的理论及临床研究进展[J]. 针灸临床杂志, 2020, 36(4): 90-93.

[9] 范刚启, 符仲华, 曹树平, 等. 浮针疗法及其对针灸学发展的启示[J]. 中国针灸, 2005, 25(10): 733-736.

[10] 陈胜, 魏合伟, 刘治军, 等. 浮针疗法治疗急性钙化性肌腱炎的临床观察[J]. 中国中医急症, 2022, 31(2): 294-296.

[11] 冯传汉, 张铁良. 临床骨科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2004: 723-727.

[12] 符仲华. 浮针医学纲要[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016: 116-169.

[13] 符仲华. 肌肉学概要: 基于浮针诊疗实践的探索[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2023: 180-184.

[14] 徐美光, 陈保军, 韩潜, 等. 肩袖肌腱损伤病理机制的研究进展[J]. 中华创伤杂志, 2021, 37(11): 1042-1047.

[15] 苏文财, 赵茂胜, 邓银栓, 等. 肌腱病炎症机制的研究进展[J]. 中国医药, 2019, 14(4): 633-636.

[16] 国家中医药管理局. ZY/T001. 1~001. 9-94 中医病证诊断疗效标准[S]. 南京: 南京大学出版社, 1994: 187.

[17] 李仲廉, 安建雄, 倪家骧, 等. 临床疼痛治疗学[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2003: 387.

[18] 魏光成, 陈泓颖, 章金曦, 等. 肩关节周围炎中医病名考[J]. 环球中医药, 2023, 16(8): 1567-1571.

[19] 王海燕, 张雪君, 陈梦玲, 等. 中医诊治肩周炎研究进展[J]. 实用中医药杂志, 2023, 39(11): 2291-2294.

[20] 肖安菊, 夏有兵, 符仲华, 等. 浮针疗法治疗痛证研究进展[J]. 中国针灸, 2013, 33(12): 1143-1146.

[21] LI X W, TAN K P, DU J, et al. Therapeutic observation of Fu's subcutaneous needling for scapulohumeral periarthritis[J]. Journal of Acupuncture and Tuina Science, 2017, 15(4): 281-284.

[22] 徐培, 阚厚铭, 程志祥, 等. 针刺疗法在术后疼痛治疗中的应用现状[J]. 中国疼痛医学杂志, 2021, 27(5): 372-375.

[23] 符仲华, 吴凤芝, 甘秀伦. 气血是中医的主要指标[J]. 现代中医临床, 2021, 28(3): 34-38.

(收稿日期: 2024-01-16)

(上接第 64 页)

[5] CANALE S T, BEATY J H. 坎贝尔骨科手术学[M]. 10 版. 卢世璧, 王继芳, 王岩, 等译. 济南: 山东科学技术出版社, 2005: 2284-2288.

[6] 陈彦飞, 鲁超, 赵勇, 等. 基于筋束骨理论铍针松解髌骨外侧支持带改善髌股关节应力集中的有限元分析[J]. 中国骨伤, 2021, 34(2): 126-130.

[7] 刘蒙飞, 马鹏程, 尹灿, 等. 不同骨密度对膝关节单髁置换后关节内各结构影响的三维有限元分析[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(24): 3801-3806.

[8] LI J. Development and validation of a finite-element musculoskeletal model incorporating a deformable contact model of the hip joint during gait[J]. J Mech Behav Biomed Mater, 2021, 113: 104136.

[9] 曾露露, 谢红. 有限元法预测运动护膝在不同运动状态下对膝关节韧带的影响[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(36): 5771-5777.

[10] 陈彦飞, 鲁超, 赵勇, 等. 基于 CT 影像动态膝关节有限元模型的构建及仿真力学分析[J]. 中国骨伤, 2020, 33(5): 479-484.

[11] 王雄, 曹烈虎. 复发性髌骨脱位诊治进展[J]. 国际骨科学杂志, 2021, 42(6): 348-352.

[12] 陈奕历, 黄晓宇, 成永忠, 等. 基于筋束骨理论逆移位复位手法对尸体模型旋后-外旋型踝关节骨折的作用[J]. 中国中医药杂志, 2022, 37(5): 2764-2768.

[13] 班林强, 秦伟凯, 魏光成, 等. 基于筋束骨理论探讨理筋动髌手法治疗髌股关节炎[J]. 北京中医药大学学报, 2022, 45(8): 855-859.

[14] 邝高艳, 刘力菠, 卢敏, 等. “筋骨并重”理念对腰椎管狭窄症的诊治思路[J]. 江西中医药, 2023, 54(9): 15-17.

[15] YUAN B, MO Z, ZHANG K, et al. The effect of different posterior inclinations of tibial component on tibiofemoral contact pressures after unicompartmental knee arthroplasty[J]. J Orthop Surg Res, 2023, 18(1): 909.

[16] 孔朝勒门, 齐岩松, 吴海贺, 等. 复发性髌骨脱位的治疗现状及最新进展[J]. 国际骨科学杂志, 2023, 44(1): 10-15.

[17] 徐彪, 路坦, 杨骏良, 等. 不同股骨止点对内侧髌股韧带重建后髌股关节应力影响的三维有限元分析[J]. 中国组织工程研究, 2023, 27(22): 3463-3468.

[18] 印钰, 陈临新, 梅宇, 等. 内侧股四头肌腱股骨韧带重建联合单骨道内侧髌股韧带重建治疗复发性髌骨脱位的临床疗效[J]. 中国运动医学杂志, 2021, 40(12): 936-941.

(收稿日期: 2024-02-01)